La Grande Muraille Verte

Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux

Coordination scientifique
Professeur Abdoulaye DIA
Docteur Robin DUPONNOIS

IRD Éditions

La Grande Muraille Verte

Capitalisation des recherches et valorisation de savoirs locaux

La Grande Muraille Verte

Capitalisation des recherches et valorisation de savoirs locaux

Coordination scientifique

Professeur Abdoulaye DIA
Docteur Robin DUPONNOIS

IRD
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Coordination
Corinne Lavagne

Mise en page
Alain Doudiès Conseil

Maquette de couverture
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure
Pierre Lopez

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2012
ISBN : 978-2-7099-1738-4

Sommaire

Préface 9
Abdoulaye Dia, Secrétaire exécutif de l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte
Michel Laurent, Président de l'Institut de recherche pour le développement

Introduction
L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV) : contexte, vision et opérationnalisation 11
Abdoulaye Dia et Amadou Moctar Niang

Partie I
Contexte socio-économique et anthropologique 39

Capacités d'adaptation des populations burkinabè aux effets du changement climatique, questionnements sur leurs sociétés et perspectives de recherches 41
Ram Christophe Sawadogo

Connaissance des pratiques traditionnelles de gestion de l'environnement : préalable et base sociologique de l'efficacité des stratégies actuelles de sa conservation 63
Ram Christophe Sawadogo

Contraintes et opportunités des mécanismes « carbone » dans la mise en œuvre du Projet panafricain de la Grande Muraille Verte (PAGMV) 85
Olivier Hamel

Déterminants médico-sociaux de l'état de santé en milieu rural sénégalais : étude au niveau de deux sites de la Grande Muraille Verte 149
Lamine Gueye, Sidy Mohamet Seck, Assane Ndiaye, Maïmouna Toure, Gilles Boetsch

Partie II
Qualité des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques 161

État des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques 163
Luc Descroix, Arona Diedhiou

Partie III
Valorisation et gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux 201

Zaï et potentiel de l'association cultures annuelles-arbustes natifs 203
Rabah Lahmar, Hamma Yacouba

Programme de la Grande Muraille Verte : défis, stratégies et attentes des acteurs du Togo 225
Kouami Kokou, Kossi Adjonou, Adzo Dzifa Kokutse, Aboudou Raoufou Radji, Oyétoundé Djiwa, Tadanlenga Yatombo

Mycorhization contrôlée et fertilisation phosphatée. Applications à la domestication du jujubier, arbre fruitier forestier sahélien 253
Amadou M. Bâ, Tiby Guissou, Robin Duponnois, Christian Plenchette, Ousmane Sacko, Daouda Sidibé, Kondé Sylla, Baba Windou

La lutte contre les aléas climatiques au Burkina Faso. Acquis et défis de l'agro-écologie : le cas de la Région Nord 265
René Billaz

Partie IV
Gestion durable des terres : restauration, conservation, protection et valorisation 319

Aménagements hydrauliques innovants pour la gestion conservatoire des eaux et des sols sur le tracé de la Grande Muraille Verte 321
Jean Albergel, Salif Diop

La symbiose mycorhizienne et la fertilité des sols dans les zones arides : un outil biologique sous-exploité dans la gestion des terres de la zone sahélo-saharienne 351
Robin Duponnois, Mohamed Hafidi, Sanâa Wahbi, Arsène Sanon, Antoine Galiana, Ezékiel Baudoin, Hervé Sanguin, Amadou Bâ , Yves Prin, René Bally

Les rhizobactéries productrices d'exopolysaccharides et la gestion durable des sols 371
Thierry Heulin, Wafa Achouak

Inoculation des plantes cultivées avec des micro-organismes symbiotiques : du transfert de technologie à la construction d'un partenariat multi-acteurs 379
Marc Neyra, Hamet Aly Sow, Marius Dia, Ibrahima Ndoye, Aboubacry Kane, Diégane Diouf, Inamoud Yattara, Frédérique Jankowski, Joëlle Le Marec, Antoine Le Quéré, Tania Wade

Partie V
Développement des communautés locales et gouvernance des ressources naturelles 393

Analyse de quelques expériences de gestion locale des ressources naturelles communes au Sahel 395
Bernard Bonnet

***Jatropha curcas* L. au Sénégal : enjeux, état des lieux de sa culture et possibilités d'intégration dans les aménagements de la Grande Muraille Verte** 413
Ibrahima Diedhiou, Djiby Dia, Cheickh Sadibou Fall

Partie VI
Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement en milieux arides et semi-arides 431

Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement 433
Ronald Bellefontaine, Michel Malagnoux, Aboubacar Ichaou

Reboisements à base d'essences exotiques, allélopathie et mycorhization contrôlée. Améliorer la mise en œuvre de la Grande Muraille Verte 471
Arsène Sanon, Fatou Ndoye

Conclusion 489
Robin Duponnois, Abdoulaye Dia

Sur cd-rom joint à l'ouvrage

Partie VII
L'expertise collégiale du « projet Jachère »
Victor Hien, Dominique Masse, Christian Floret

L'expertise collégiale du « projet Jachère »
Résultats de recherches transférables en milieu paysan dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest
Christian Floret, Victor Hien, Philippe Jouve, Roger Pontanier

Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats
Philippe Jouve

Jachère et fertilité
Robin Duponnois

Jachères, produits de cueillette et biodiversité
Jean Lejoly

Jachères et production fourragère
Christian Floret

Jachères et agroforesterie
Pape N. Sall

Proposition de recherches complémentaires
Christian Floret, Robin Duponnois

Mettre les acquis des recherches au service du développement
Cécile Broutin,
avec la collaboration de Christian Castellanet et Philippe Lavigne Delville

Partie VIII
Pastoralisme en zone sèche.
Le cas de l'Afrique subsaharienne
Dossier thématique, Comité scientifique français de la désertification (CSFD)
Bernard Toutain, André Marty, André Bourgeot, Alexandre Ickowicz, Philippe Lhoste

Préface

La Grande Muraille Verte. Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux est le deuxième ouvrage consacré à la Grande Muraille Verte (GMV). Il fait écho à un premier ouvrage édité en 2010, *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte. Concepts et mise en œuvre*, qui proposait une approche conceptuelle et mettait en perspective des contributions sur les techniques utiles à l'édification de la Grande Muraille Verte.

Ce deuxième opus réunit, dans un même volume, les synthèses pluridisciplinaires scientifiques et techniques sur divers aspects de la gestion durable des zones arides d'Afrique. Cet exercice de synthèse et de capitalisation de données nécessaires à l'édification de la Grande Muraille verte est original et revêt une importance particulière dans la stratégie de mise en œuvre de la GMV.

La méthodologie adoptée est à la fois holistique et sectorielle. Capitaliser les données issues des programmes et travaux scientifiques et les savoirs locaux est une des conditions de réussite de la GMV.

L'introduction de l'ouvrage, « L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV) » expose la vision, les objectifs et les résultats attendus. Elle présente un panorama du contexte d'émergence, avec ses contraintes et ses défis, et revient sur les trois conventions des Nations unies sur la désertification, le changement climatique et la planification stratégique de sa mise en œuvre. Cette partie de l'ouvrage permet aux acteurs et aux partenaires d'avoir une meilleure compréhension du concept « Grande Muraille Verte » : son importance dans l'émergence d'un leadership africain, la contribution importante de l'Afrique dans les stratégies d'adaptation et de résilience et le développement d'une économie verte. La recherche thématique et opérationnelle et la valorisation des savoirs locaux disposent d'une place de choix dans le Portefeuille de programmes prioritaires « Recherche d'accompagnement et Développement » (RA&D) du plan d'action 2011-2015.

Les autres parties de l'ouvrage constituent une synthèse pluridisciplinaire. Elles présentent un état des lieux des connaissances et des initiatives sur la gestion des problématiques de la désertification, des changements climatiques, de la dégradation des terres et de leurs impacts socio-économiques ainsi que la caractérisation des systèmes de production agricoles et pastoraux. Elles agrègent, dans un même ouvrage, l'ensemble des résultats, expériences, techniques et autres données pertinentes issues de la recherche scientifique, des pratiques et des savoirs traditionnels acquis au cours des cinquante dernières années.

Enfin, le présent ouvrage de capitalisation sur la gestion des terres arides du Circum-Sahara arrive à point nommé. Il constitue une base référentielle, utile tant aux acteurs, bénéficiaires et partenaires de la Grande Muraille Verte qu'aux chercheurs, doctorants, et décideurs nationaux et internationaux qui ambitionnent de s'investir pour le développement rural des zones arides d'Afrique.

Ce recueil nous renvoie à des réalités que nous ne devons jamais perdre de vue :

– la lutte contre la désertification et les changements climatiques, la conservation des ressources naturelle et de la diversité biologique constituent des enjeux planétaires, mais aussi des priorités majeures pour les États de la bande sahélienne localisés dans des domaines arides et fortement assujettis à ces aléas ;

– la croissance démographique des pays des zones arides a connu une augmentation de 18 % au cours des années 1990, alors que sur la même période, la productivité des terres et les revenus ont fortement diminué, laissant place à la pauvreté et à la famine ;

– les zones rurales représentent le plus souvent plus de 60 % de la superficie des pays de la bande sahélienne et renferment néanmoins des potentialités naturelles souvent insuffisamment valorisées et encore peu intégrées dans les politiques nationales de développement ;

– la régénération naturelle de la strate végétale et du sol des zones arides tarde à venir.

L'Initiative Grande Muraille Verte s'impose comme une nouvelle stratégie de développement du monde rural, dont la mise en œuvre bénéficiera des apports de cet ouvrage.

Professeur Abdoulaye DIA
Secrétaire exécutif de l'Agence panafricaine
de la Grande Muraille Verte
APGMV

Michel LAURENT
Président de l'Institut de recherche
pour le développement
IRD

Introduction

L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV) : contexte, vision et opérationnalisation

Abdoulaye Dia
Professeur titulaire des Universités, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar;
Secrétaire exécutif Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte, BP 395, Bololo, N'Djamena, Tchad

Amadou Moctar Niang
Ingénieur des Eaux et Forêts, ancien Directeur Général du Centre de Suivi Écologique de Dakar, Sénégal

Résumé

En considérant l'arbre comme un élément majeur régissant l'évolution spatio-temporelle des milieux sahéliens et en conséquence toutes les activités socio-économiques qui en découlent, l'approche « Grande Muraille Verte » repose principalement sur l'identification et la promotion de pratiques de gestion durable des terres, le renforcement des services socio-économiques de base et l'autonomisation durable des populations rurales. Elle comporte un package cohérent d'actions et d'interventions multisectorielles à des fins de repositionner ces zones arides comme des catalyseurs de l'émergence économique des pays sahéliens, d'éradication de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire.

L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV), d'envergure continentale et à multiples défis et problématiques complexes, nécessite dans son opérationnalisation une stratégie multisectorielle, une synergie des interventions et une démarche participative. Au plan opérationnel, il s'agit d'une approche écosystémique et holistique intégrant toutes les composantes et contraintes des terroirs. La stratégie opérationnelle pour la GMV est régionale, toutefois du fait de quelques spécificités des contextes biophysiques, pédologiques, culturels et socio-économiques d'un pays à un autre, l'approche intègre le profil pays, notamment la situation de référence contextuelle touchant le développement humain et la situation environnementale.

Diverses politiques et stratégies opérationnelles à différentes échelles institutionnelles, traduites en programmes multisectoriels, ainsi que des recherches thématiques de

caractérisation, de prévention, de lutte et de restauration ont été menées sur les terres arides au cours des cinq dernières décennies de l'Afrique. Ces nombreuses et diverses actions déroulées dans des zones écogéographiques et phytobio-géographiques à caractéristiques variées ont permis de bâtir une masse importante d'expériences, de pratiques et de données scientifiques et techniques pertinentes, indispensables à capitaliser. À cela s'ajoute un important savoir traditionnel endogène qui a permis aux populations de lutter et de développer à travers des décennies des techniques d'adaptation et de résilience face aux aléas climatiques et environnementaux. Malheureusement, les effets conjugués de la désertification, du changement climatique et de la dégradation des écosystèmes ont rendu ces populations très exposées et très vulnérables.

La mise en œuvre de la Planification stratégique de l'Initiative repose d'abord et avant tout sur la capitalisation des données et pratiques pertinentes « best practices » et des éléments de situation de référence, notamment des informations scientifiques en matière d'environnement, de santé et de société afin d'établir un état des lieux au niveau des régions concernées par la GMV. C'est dans ce cadre que se positionne ce projet d'ouvrage intitulé *La Grande Muraille Verte. Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux*. Notre contribution introductive « Initiative africaine de la Grande Muraille Verte (IAGMV) : contexte, vision et opérationnalisation », ci-après, présente les divers aspects conceptuels, stratégiques et d'opérationnalisation de l'IAGMV, objet de l'ouvrage de capitalisation.

Mots clés :

ZONES ARIDES, CAPITALISATION, EXPÉRIENCES, SAVOIRS TRADITIONNELS, MURAILLE VERTE, OPÉRATIONNALISATION

1. Contexte de l'émergence de l'Initiative

Les pays sahélo-sahariens du Circum-Sahara sont confrontés depuis quelques décennies à plusieurs défis environnementaux, climatiques et une pression anthropique forte sur les ressources naturelles qui ont sérieusement perturbé les grands équilibres écologiques. Les changements climatiques et les actions anthropiques, en particulier les terroirs saturés et dégradés, le surpâturage et la transhumance, les défrichements expéditifs, les feux de brousse, les pratiques agricoles non appropriées et la surexploitation des sols peu productifs, sont autant de faits qui ont aggravé les impacts de l'irrégularité des pluies utiles, l'aridification du climat et favorisé l'avancée de la désertification et la dégradation des terres. Les effets conjugués et persistants de la désertification et des changements climatiques ont abouti à la destruction des équilibres triptyques *Développement/Ressources naturelles/Environnement* et ont engendré une forte détérioration des écosystèmes et des systèmes de production ainsi que des impacts sociaux, économiques et démographiques importants.

Dans la bande sahélienne au sud du Sahara, au moins 60 % des territoires sont arides à semi-arides et dans des zones rurales à vocation essentiellement agro-sylvo-pastorale. Les statistiques signalent à l'échelle des onze (11) pays sur l'axe Dakar-Djibouti, une perte annuelle de 1,8 million d'hectares (FAO, 2006) de couvert végétal et de superficies de terres arables. La dégradation poussée des terres et du couvert végétal a accéléré les processus de lessivage et altéré la structure, les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des terres. Ces processus ont entraîné dans les cycles biogéochimiques la perte de composants importants tels que C, N et P et de symbioses fongiques avec les champignons mycorhiziens et ont ainsi engendré une perte de la fertilité et de la résistance aux stress biotiques et abiotiques des sols. Des décennies durant, de mauvaises pratiques culturales et d'occupation des sols ont abouti à une chute de la productivité des systèmes productifs ruraux et à une baisse importante de la production agricole et pastorale.

En dépit des stratégies et des politiques agricoles développées tant au niveau national que sous-régional, le plus souvent encadrées par une loi agro-sylvo-pastorale, l'agriculture, jadis source importante de revenus et d'emplois, est devenue peu attractive et peu prometteuse dans ces « terres marginales ». La réponse des populations, face à l'hostilité du milieu, à la détérioration des systèmes et des capacités de production et en l'absence de ressources alternatives durables, a été le plus souvent le dépeuplement, l'intensification des flux migratoires, la transhumance et le nomadisme vers de « nouvelles zones » reliques. Cependant, les populations autochtones restées dans les terroirs ont toujours développé certaines formes d'adaptation et de résilience par des pratiques conservatoires issues de leurs savoirs traditionnels pour préserver un équilibre précaire entre prélèvement et renouvellement des ressources. Malheureusement, les impacts de la désertification exacerbés par les changements climatiques et la forte compétition sur les ressources naturelles ont rendu ces formes d'adaptation peu adaptées dans les terroirs. Les systèmes agraires, pastoraux et écologiques sont transformés et leurs fragiles équilibres rompus, ce qui entraîne des impacts et des conséquences directs sur les modes et moyens d'existence et le cadre de vie des populations. Cette situation à laquelle sont confrontées depuis quelques décennies les zones arides a installé la précarité, l'insécurité alimentaire voire la famine, la chute des revenus et des chaînes de valeur et la pauvreté, et a occasionné la destruction du tissu social et économique dans la plupart des terroirs du Sahel. Ainsi, plus de 60 % des foyers de pauvreté et exposés à l'insécurité alimentaire, voire à la famine, sont situés dans les zones rurales des pays subsahariens où sont enregistrés les Indices du développement humain (IDH) parmi les plus bas du monde et la plus faible probabilité d'atteinte des OMD d'ici à 2015. Cette situation, aberrante du fait de l'importance du potentiel existant, pose pour l'Afrique et le Sahel en particulier l'urgence de la prise en charge de la problématique de son Développement durable par d'autres alternatives et approches pour apporter une solution pertinente, au risque d'hypothéquer définitivement les potentialités de développement.

Certes, des efforts au plan technique, financier et institutionnel sont consentis pour infléchir ces tendances. Ils ont porté sur la mise en œuvre à l'échelle nationale et sous-régionale de projets de développement et de plans de gestion des ressources naturelles. En effet, la plupart des pays du Sahel ont initié depuis quelques années, en

application des conventions des Nations unies, des stratégies fondées sur la diversification agricole, les actions de lutte contre la désertification et la dégradation des sols, le développement des cultures de crue, les techniques efficientes de maîtrise, de gestion et de protection des ressources en eau. Les politiques et stratégies de développement rural, en particulier les politiques agricoles, forestières et pastorales, de développement communautaire et de gouvernance locale des ressources naturelles, fondées sur une plus grande responsabilisation des collectivités locales, menées dans ces pays n'ont pas, malgré quelques réussites ponctuelles, permis d'inverser les tendances et d'optimiser les potentialités économiques des terroirs. Les Programmes-cadres nationaux, sous-régionaux et régionaux mis en œuvre et ayant mobilisé d'importantes ressources financières – notamment le PDDAA (Programme détaillé de développement de l'agriculture en Afrique), les Plans d'action régionaux, sous-régionaux et nationaux (PAR, PASR, PAN) de lutte contre la désertification, les programmes TerrAfrica de restauration et de gestion des terres dégradées (GTD), ainsi que les Programmes économiques régionaux (PER) d'institutions communautaires – sont autant de mécanismes mis en œuvre. Malgré les stratégies et politiques et les investissements globaux, les contraintes subsistent et hypothèquent de plus en plus les capacités de développement durable des zones rurales, comme en témoigne la fréquence des crises alimentaires au Sahel.

Diverses approches conceptuelles de lutte, d'adaptation et de résilience aux effets de la désertification et du risque climatique ont été initiées à travers les PAR, PASR et PAN. Du concept *« ceinture verte »* à forte activité de reboisement, les approches ont évolué des actions classiques de reboisement vers celles de reverdissement associées à des techniques de gestion durable des terres. Malgré ces efforts, les effets et impacts de la désertification et du changement climatique demeurent au cœur des préoccupations prioritaires de l'Afrique. L'approche stratégique à ces problématiques d'envergure mondiale nécessite plutôt d'autres alternatives et stratégies. Par ailleurs, du bilan mitigé de plusieurs décennies de Plans d'action nationaux, l'une des leçons pertinentes est que, pris individuellement, aucun pays saharo-sahélien n'a ni les moyens techniques, ni les ressources humaines et financières nécessaires pour faire face aux contraintes techniques et financières. Cette situation appelle un changement de paradigme. Cependant, la complexité, les réalités endogènes et la structure anthropo-socio-économique des terroirs sahéliens imposent une approche holistique intégrant toutes les dimensions et composantes du développement rural dans un cadre de gestion concertée. C'est dans ce contexte qu'a émergé, par la volonté des Chefs d'État et de Gouvernement des États saharo-sahéliens, l'Initiative africaine de la Grande Muraille verte (IAGMV). Au-delà du caractère emblématique, l'appellation « Grande Muraille Verte » ou « Great Green Wall » Dakar-Djibouti véhicule la notion de protection contre la désertification d'une part et celle de développement d'autre part, centrées autour de l'arbre porteur de vie et de développement. En considérant l'arbre comme un élément majeur régissant l'évolution spatio-temporelle des milieux sahéliens et en conséquence toutes les activités socio-économiques qui en découlent, l'approche « Grande Muraille Verte » repose principalement sur la protection/conservation/valorisation par l'identification et la promotion de pratiques de gestion durable des terres et par le renforcement des services socio-économiques de base et l'autonomisation durable des populations rurales

2. Vision et cadre logique de cohérence

Le contexte global, les défis et enjeux multiples liés aux changements globaux de l'environnement et de la variabilité climatique nécessitent de traduire la vision de l'Initiative GMV dans un cadre stratégique et de logique de cohérence, un dispositif juridique et organisationnel et un mécanisme de suivi-évaluation bien maîtrisés.

La vision globale de la Grande Muraille Verte est de s'attaquer résolument aux principaux fléaux environnementaux et climatiques dans le cadre d'une coopération régionale et d'une synergie d'actions, pour créer à l'horizon 2025, avec la participation active de tous les acteurs, le rétablissement de la viabilité des écosystèmes et des systèmes productifs dans les zones rurales par des actions de restauration des terres, de réhabilitation et de renforcement des systèmes productifs. Dans le Sahel, le développement durable signifie d'abord « conservation des ressources naturelles et des écosystèmes et consolidation et diversification des systèmes de production ». La vision la plus cohérente à cette problématique très complexe s'oriente nécessairement vers la lutte contre la désertification et la dégradation des terres, vers la mise en valeur et la transformation des zones arides par la conservation, la gestion et l'optimisation des potentialités et des bases productives. L'approche viable et opérationnelle réside dans une gestion concertée intégrant les différents pays touchés à travers des mécanismes de coopération régionale et sous-régionale. Cependant, la réussite d'une telle stratégie régionale dépend fortement de la volonté et de l'engagement politiques, et de l'émergence d'un leadership africain dans la prise en charge et la gestion de ses propres défis. L'Initiative africaine de la Grande Muraille Verte[1] (IAGMV) est l'expression forte de cette acceptation de changement de paradigme et de stratégies d'approche, mais aussi de l'engagement politique des Chefs d'État et de Gouvernement des États sahélo-sahariens de mettre en œuvre, et ensemble, une Nouvelle Stratégie Africaine (NSA) de lutte contre ces aléas. La particularité de la vision « Grande Muraille Verte » est, tout en créant et consolidant une ligne de défense par des activités de reboisement, de restauration et de gestion écosystémique, de contribuer efficacement aux efforts de lutte contre la dégradation des terres, la pauvreté et l'insécurité alimentaire et de créer, par une approche holistique, la transformation des zones rurales traversées en pôles ruraux d'émergence économique. Elle se fonde notamment sur les cibles majeures des indicateurs pertinents suivants :

– à l'horizon 2020-2025, freiner l'avancée de la désertification, restaurer et valoriser les potentialités des zones arides et semi-arides, et installer les conditions d'un développement durable,

---

1– Initiative africaine dénommée « Grande Muraille Verte » proposée lors du 7e Sommet des Chefs d'État et de Gouvernement de la Communauté des États saharo-sahéliens tenu les 1er et 2 juin 2005 à Ouagadougou (Burkina Faso). Elle est endossée par l'Union africaine, par déclaration 137 (VIII), lors de la 8e session ordinaire de la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement tenue les 29 et 30 janvier 2007 à Addis-Abeba (Éthiopie). La dénomination « Grande Muraille Verte » est emblématique et caractérise un label de modèle de développement intégré. Elle véhicule deux messages importants : assurer une protection contre la désertification et réaliser le développement durable des zones arides fortement affectées en étant centrée sur la vision « l'arbre porteur de vie et de développement ».

– et à terme, réaliser la transformation des vastes étendues arides du Sahel en véritables pôles ruraux de production et de développement durable (PRPDD), puissants vecteurs d'incitation pour le retour aux terroirs des forces vives.

Le cadre logique de cohérence est fondé sur les orientations majeures des politiques et stratégies communautaires régionales et sous-régionales et celles des États membres, notamment en matière de développement social et économique, de lutte contre la désertification, le changement climatique, la pauvreté et l'insécurité alimentaire, de promotion de l'écodéveloppement et de gestion durable des ressources naturelles. Il intègre par ailleurs les orientations prioritaires des trois (03) Conventions des Nations unies sur la désertification, le changement climatique et la biodiversité. À l'échelle locale, il adopte une approche holistique, écosystémique et multisectorielle adaptée aux réalités locales du terroir et s'appuie également sur l'appropriation par les populations locales ainsi que sur la valorisation des savoirs et techniques locaux dans le processus de mise en œuvre. Il s'appuie par ailleurs sur un certain nombre d'outils scientifiques et techniques, d'instruments juridiques et financiers et de mécanismes de planification stratégique et de suivi-évaluation, et prend ainsi en compte les éléments suivants :

– un dispositif juridique et institutionnel opérationnel de coopération régionale, unissant tous les pays concernés dans le même combat et dans une nouvelle approche intégrée de développement et de gestion des ressources naturelles ;

– une coordination régionale dans la planification, l'exécution, le suivi-évaluation et la mobilisation des ressources ;

– une capitalisation des autres programmes pertinents, l'harmonisation des interventions et la rationalisation des ressources ;

– une base cohérente de planification stratégique assise sur la vision, les orientations stratégiques, les objectifs, les résultats attendus et les indicateurs avec des cibles/résultats visés. Elle se décline en Plan d'action régional tenant compte du profil pays ;

– une Plateforme de partenariat et de coopération scientifique, technique et financière ;

– un système de recherche opérationnelle multidisciplinaire d'accompagnement et d'échanges ;

– un Système d'information et de gestion fiable et un observatoire comme outil performant de suivi-évaluation sur objectifs, résultats attendus et indicateurs et cibles ;

– une feuille de route et une matrice de mise en œuvre.

Le cadre opérationnel prend en compte un certain nombre d'orientations :

l'IGMV est inscrite dans un cadre de cohérence nationale, sous-régionale et régionale. Au niveau pays, les actions GMV s'intègrent et renforcent les politiques nationales de développement, de promotion de l'écodéveloppement et de gestion durable des ressources naturelles ;

– la forte implication des communautés de base et leur autonomisation à court terme dans l'élaboration, la planification et la mise en œuvre des programmes de développement de leurs terroirs, par le renforcement de capacité des acteurs à la base ;

– le renforcement des axes de coopération inter-terroirs et Sud-Sud, ainsi que le transfert de technologies adaptées dans la transition vers l'économie verte ;

– l'inventaire et la valorisation des savoirs traditionnels et le renforcement de la coopération entre acteurs locaux, en favorisant les échanges d'expériences et de savoir-faire dans les programmes notamment de restauration des terres, de gestion durable, de protection des forêts, d'agroforesterie, de pastoralisme, de gouvernance locale, de valorisation des produits forestiers ;

– la mise en place d'une recherche scientifique thématique d'accompagnement sur les aspects intéressant la mise en œuvre, l'exploitation, le suivi et l'évaluation des réalisations et des impacts de la GMV par une mise en réseau régionale de centres et d'institutions de recherche et de formation. Le renforcement de la Plateforme de partenariat et de coopération scientifique, technique et financière (PPCSTF) servira à l'harmonisation et à la concertation entre partenaires ;

– la création et le fonctionnement efficient de systèmes de collecte et de dissémination d'informations accessibles.

3. Cadre juridique et institutionnel

Le dispositif juridique et institutionnel opérationnel sur lequel s'appuie la mise en œuvre de l'Initiative est ainsi structuré :

• La tutelle politique de l'Initiative GMV est assurée par L'Union africaine et la CENSAD. l'Initiative a été approuvée par la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement de l'Union africaine lors de sa 8e session ordinaire des 29 et 30 janvier 2007 à Addis-Abeba (Éthiopie) par la déclaration 137 (VIII). Le 17e Sommet tenu à Malabo (Guinée équatoriale) a salué la création de l'Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte et son rôle de coordination et d'agence d'exécution, et réaffirmé par ailleurs l'ancrage politique de l'Initiative GMV dans l'Union africaine à travers la Décision Assembly/AU/Dec.-14 (XVII).

• À l'échelle régionale, la coordination est assurée par l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte (APGMV)[2], en relation avec la Commission de l'Union africaine et les Communautés économiques régionales (CER) de la CEDEAO, de la CEEAC et de l'IGAD. Elle est dotée d'un statut juridique international inter-étatique, sous la tutelle politique de l'Union africaine. Elle a pour objet la mise en œuvre de la Grande Muraille Verte. Elle a pour missions en relation avec les États

2– L'Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte (APGMV) est créée par la Convention signée le 17 juin 2010 à Ndjamena (République du Tchad) par les Chefs d'État et de Gouvernement des États membres de la Grande Muraille Verte. Les organes statutaires sont la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement, le Conseil des Ministres, le Secrétariat exécutif et le Comité Technique des Experts.

membres d'élaborer le cadre stratégique, le plan d'action global et d'assurer la coordination de leur mise en œuvre ainsi que la mobilisation des ressources nécessaires. Elle est relayée dans chaque État membre par une structure nationale de la GMV en charge de la réalisation des activités opérationnelles de mise en œuvre de la composante nationale de la GMV. L'APGMV s'appuie dans ses missions sur les structures spécialisées locales, nationales, sous-régionales et internationales publiques ou privées, compte tenu de leurs avantages comparatifs et du contexte du milieu d'implantation. Elle assure la cohérence transversale des actions par une coordination dynamique à travers des orientations communes concertées à toutes les étapes du processus de conception, de planification, de mise en œuvre, de suivi et d'évaluation des actions et de leurs impacts.

L'approche en synergie et par faisceau dans les différents domaines d'intérêt de la GMV associe divers partenaires institutionnels, techniques et financiers à philosophie et expertises différentes. Par ailleurs, la complexité des préalables, procédures et mécanismes dans la mise en œuvre des programmes rend indispensable la disponibilité en temps opportun des données techniques d'aide à la décision, de suivi-évaluation et des statistiques fiables, ainsi que la concertation entre acteurs et partenaires. Dans ce cadre, la mission de coordination, de mise en cohérence, d'harmonisation et de rationalisation des initiatives et programmes de l'Agence est facilitée par la mise en place d'un cadre contractuel dynamique de coopération technique, scientifique et financière, de concertation et d'échanges d'informations. Les statuts de L'APGMV ont prévu la mise en place d'une Plateforme de partenariat et de coopération scientifique, technique et financière (PPCSTF) comme organe de concertation et d'aide à la décision. La PPCSTF est ouverte aux institutions partenaires qui soutiennent et accompagnent techniquement et financièrement la réalisation de la Grande Muraille Verte. Elle joue un rôle de facilitation auprès des institutions partenaires pour assurer la durabilité des investissements et la pérennisation des impacts socio-économiques positifs des programmes et projets mis en œuvre.

Au niveau de la coordination centrale, l'Agence dispose d'un texte fondateur à travers la Convention du 17 juin 2010 de Ndjamena et d'instruments juridiques (statuts et règlement intérieur) et de gestion administrative, comptable et financière (manuel de procédures) approuvés par règlement N° 2011/002/CM/APGMV/NDj du 03 mars 2011 par le Conseil des ministres des États membres. Ce dispositif organisationnel et réglementaire balise correctement les procédures et la planification à travers les organes statutaires : la Conférence des Chefs d'État et de Gouvernement, le Conseil des ministres et le Secrétariat exécutif doté d'un Comité technique des experts. Dans son fonctionnement, la PPCTSF appuie et facilite les missions de gestion et de suivi-évaluation. Elle comprend un Comité technique, un Comité de suivi/évaluation, un Comité d'investissement et un Comité de plaidoyer.

• À l'échelle nationale. Afin d'assurer une cohérence entre les actions de la GMV et celles des politiques nationales, une structure nationale dédiée à la GMV est créée au niveau de chaque État membre. Elle assure la promotion de l'Initiative et la réalisation sur le terrain des activités opérationnelles dont les orientations globales sont contenues dans le Plan d'action régional. Elle travaille en étroite collaboration

avec les services techniques des ministères sectoriels chargés notamment du développement rural, de l'agriculture, de l'élevage, des collectivités locales, de la décentralisation, de l'action sociale, de la santé, des questions foncières, de la jeunesse, des petites et moyennes entreprises, du microcrédit, de la recherche scientifique et de la culture.

• À l'échelle locale. La logique de la démarche participative, garante de l'engagement, de l'appropriation et de la maîtrise par les populations des processus du cycle du programme centre la stratégie de mise en œuvre sur la communauté de base, à la fois cible et bénéficiaire. L'organe de gestion à la base est *l'Unité communautaire intégrée de développement durable (UCIDD)*[3], qui correspond au « Bloc intégré de construction » de développement et de gouvernance communautaire à l'échelle locale. Elle est appuyée par un plateau technique d'Appui-Conseil, « Task Force Rural », formé d'acteurs publics, privés et d'ONG, pourvoyeurs de services spécialisés se rapportant principalement au climat, à l'agriculture, l'élevage, la foresterie, l'hydraulique, au développement communautaire, à la communication par la fourniture de données, d'informations et de conseils appropriés permettant de bâtir un Système de réponse et d'alerte précoce (SRAP) et de passer les messages aux cibles dans les formats et langues locales appropriés.

4. Objectifs et impacts attendus

L'objectif global de la Grande Muraille Verte est la contribution à la lutte contre l'avancée du désert et la mise en valeur des zones saharo-sahéliennes, afin de réaliser à terme leur transformation par l'installation de conditions propices à l'émergence de Pôles ruraux de production et de développement durable (PRPDD), capables d'éradiquer la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Il s'agira à cet effet d'entreprendre des activités opérationnelles de reboisement, d'agroforesterie, de restauration des terres et des systèmes de production et de valorisation des potentialités naturelles, tout en favorisant des mesures d'accompagnement en termes d'activités génératrices de revenus et de renforcement des infrastructures de base pour l'accès aux besoins sociaux et économiques de base.

La traduction de la vision en résultats et impacts positifs est planifiée à travers huit (08) Objectifs stratégiques majeurs (OSM). Le tableau I ci-après présente ces OSM et les Activités phares conséquentes de réalisation.

3– UCIDD: Unité communautaire intégrée de développement durable. Populations ou communautés de populations d'un même ou de plusieurs terroirs. Le terroir est considéré comme une entité géographique et sociale caractérisée par l'homogénéité spatiale, culturelle et d'intérêts communs et solidaires de la gestion durable de l'espace géographique.

Tableau I
Objectifs stratégiques majeurs (OSM) et Activités phares de la Grande Muraille Verte

Objectif spécifique 01 Promouvoir des activités de restauration/conservation/protection/valorisation des terres, de la biodiversité, des ressources en eaux et des forêts à travers une gestion efficiente et durable des ressources naturelles	
Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 01.1 La caractérisation du milieu et l'inventaire des ressources naturelles et du capital humain sont améliorés	AP1.1/1 : établir la situation de référence du terroir (biophysique, socio-économique, gouvernance locale, occupation du sol, développement humain, niveau d'accès aux services de base, transhumance, etc.)
	AP1.1/2 : identifier les sites prioritaires et les techniques et programmes probants.
	AP1.1/3 : créer des zones protégées gestion décentralisée et sensibiliser à la gestion participative des aires pour favoriser le développement de la faune sauvage et la biodiversité
Résultats 01.2 Les meilleures pratiques et techniques de restauration, conservation, protection et valorisation sont améliorées et introduites et accessibles aux populations	AP1.2/1 : entreprendre l'inventaire des techniques locales pertinentes (RNA, Mise en défens, approche holistique, agroforesterie) et leur amélioration par des échanges entre acteurs d'horizons divers et techniciens
	AP1.2/2 : assurer la sensibilisation des populations aux objectifs et aux bénéfices attendus et prévoir des incitations (accès à la propriété) afin de pérenniser les acquis
	AP1.2/3 : renforcer les capacités des communautés de base, des techniciens d'encadrement (ONG et étatiques), organiser des visites d'échanges entre acteurs ruraux
	AP1.2/4 : créer et diffuser des supports didactiques de communication et des publications sur les pratiques pertinentes et les réussites d'acteurs innovateurs

Objectif spécifique 02 Renforcer et diversifier les systèmes de production et de transformation agricoles et pastoraux	
Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 02.1 Les potentialités forestières, agricoles et pastorales sont inventoriées et renforcées	AP2.01/1 : inventorier les systèmes de production et de transformation agricoles et pastoraux affectés et quantifier leur état de dégradation.
	AP2.01/2 : faire l'inventaire des potentialités rurales et la planification stratégique de leur valorisation
	AP1.01/3 : identifier les connaissances et savoir-faire des populations maîtrisant particulièrement bien l'élevage et l'agriculture dans leurs milieux
	AP2.01/4 : circonscrire des parcours et des zones de pâturage et édicter des règles d'utilisation, notamment par rapport à la capacité de charge

Résultat 02.2 Les infrastructures de soutien à une production agro-sylvo-pastorale diversifiée et durable sont réalisées	AP2.02/1 : identifier et caractériser les systèmes de production, les infrastructures de soutien et les potentialités du milieu (eau, sources d'énergie, pâturages, terres arables)
	AP2.02/2 : établir un schéma d'aménagement d'infrastructures de soutien à la production et à la transformation agricole et pastorale (ouvrages hydrauliques, retenues, forages, puits cimentés, bassins de rétention, aires de pâturages et couloirs de transhumance, magasins de stockage, centres d'insémination)
	AP2.02/3 : appuyer et encadrer la réalisation et la diversification des aménagements de base et des systèmes d'accès à l'eau pour les populations et le bétail (puits, bassins de rétention, forages, mares, etc.),
	AP2.02/4 : identifier les aires agricoles et pastorales et les possibilités de diversification et entreprendre leur exploitation à échelle familiale et en coopérative
	AP2.02/5 : développer des centres de proximité de multiplication, d'insémination artificielle de vaccination du bétail, d'identification et d'acquisition de géniteurs
	AP2.02/6 : Créer des dépôts témoins de produits sanitaires
	AP2.02.7 : encourager la création dans chaque terroir de banques fourragères
Résultat 02.3 La diversification, l'intensification et la modernisation des systèmes de production sont effectives	AP2.03/1 : améliorer l'utilisation des outils de biotechnologie verte pour améliorer la résistance à la sécheresse et la productivité des espèces végétales,
	AP2.03/2 : entreprendre la réduction de la dépendance par rapport aux pesticides (agriculture biologique) et renforcer la lutte contre les ravageurs et déprédateurs des cultures
	AP2.03/3 : encourager la domestication des espèces ligneuse fruitières forestières alimentaires
	AP2.03/4 : faciliter la mise en place de systèmes de production durables par l'intégration des arbres à usages multiples
Résultat 02.4 Le cadre de concertation et d'échanges et le modèle de gestion participative des espaces agro-sylvo-pastoraux sont mis en place	AP2.4/1 : proposer à la gouvernance locale un modèle de dialogue et d'échanges inclusif sur les questions rurales et la nécessité d'un développement de synergies dans les interventions. Créer les possibilités d'émergence des leaders locaux
	AP2.4/2 : entreprendre en relation avec les populations la sélection des sites et appuyer la mobilisation des ressources financières et humaines nécessaires et la sensibilisation des bénéficiaires
	AP2.4/3 : accompagner l'identification, l'installation, la capacitation et le fonctionnement des structures de gestion et de gouvernance locale

Objectif spécifique 03
Promouvoir des activités agro-sylvo-pastorales et socio-économiques aptes à assurer la création durable de richesses et la satisfaction des besoins domestiques des populations

Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 03/01 Le contexte socio-économique est bien établi	AP.03.1/1 : entreprendre une collecte et synthèse des données sur le contexte socio-économique des communautés de base dans l'emprise de la GMV
Résultat 03/02 Les pratiques, expériences, techniques et données pertinentes en systèmes d'exploitations agricole et pastorale et de GDT dans les zones arides sont identifiées et labellisées	AP.03.2/1 : analyser et capitaliser des expériences et techniques réussies en matière d'activités agro-sylvo-pastorales et socio-économiques pratiquées dans les zones ciblées ou dans des contextes similaires
	AP.03.2/2 : promouvoir l'adoption de pratiques et de technologies novatrices améliorées par les résultats de la recherche
	AP.03.2/3 : aménager et équiper des pépinières multifonctionnelles et favoriser l'accès aux intrants (semences, matériel, produits phytosanitaires)
Résultat 03/03 Création et diversification des filières de production et d'exploitation	AP.03.3/1 : introduire des espèces à croissance rapide *Acacia auriculiformis*, espèces de bois d'œuvre et arbres fruitiers à valeur ajoutée, plantations en lisières, concessions d'espèces, notamment les plantes médicinales et autres espèces forestières
	AP.03.3/2 : favoriser la commercialisation des produits forestiers de cueillette et pastoraux
	AP.03.3/3 : former et encadrer des pépiniéristes privés aux meilleures techniques de production et de manutention de plants
	AP.03.3/4 : identifier et développer les diverses filières de produits forestiers et autres activités génératrices de richesses
Résultat 03/04 L'accès à la propriété foncière est facilité	AP.03.4/1 : identifier les problèmes de gestion foncière et entreprendre la facilitation de l'accès à la propriété
Résultat 03/05 Un Fonds d'appui au développement local et à la réinsertion (FADLR) dans les terroirs est mis en place et fonctionne correctement	AP.03.5/1 : développer l'artisanat (menuiserie, objets d'art, etc.) et l'industrie forestiers
	AP.03.5/2 : assurer la formation des groupements d'intérêt économique à l'économie rurale et aux techniques appropriées de gestion et de bonne gouvernance locale
	AP.03.5/3 : organiser et développer le crédit commercial avec la création d'un Fonds d'impulsion à l'artisanat et l'entreprenariat forestiers (FIAEF)

Objectif spécifique 04
Réhabiliter et renforcer les services socio-économiques de base en termes de santé, d'éducation, d'infrastructures de communication, d'énergies domestiques et d'eau

Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 04 /01 Le schéma d'implantation des infrastructures sociales de base est bien élaboré et les implantations sont réalisées	AP04.01/1 : identifier et analyser en relation avec les communautés de base les besoins en infrastructures socio-économiques de base (écoles, forages, bassins de rétention, cases de santé, des unités d'énergie solaire, pistes de production et magasins témoins, etc.),
	AP04.01/2 : planifier et réaliser les infrastructures ciblées en tenant compte des réalités des terroirs et en particulier dans les zones de transhumance
	AP04.01/3 : assurer la sensibilisation nécessaire à l'appropriation et à la gestion communautaire des infrastructures.
Résultat 04 /02 Les communautés sont organisées et formées à la gestion et à la maintenance technique de base	AP04.02/01 : identifier et former des leaders animateurs locaux
	AP04.02/02 : appuyer la mise en place et le fonctionnement des comités de gestion et l'élaboration de chartes de gestion communautaire

Objectif spécifique 05
Créer un système d'information et de gestion et un observatoire sur les ressources naturelles des zones arides du Sahel

Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 05/01 Une Plateforme de coopération et de partenariat scientifique et technique entre institutions travaillant sur la désertification, les changements climatiques et le développement local est établie	AP.05.1/01 : mettre en place au niveau de la coordination régionale un système de gestion, de diffusion et de partage des connaissances (expériences, approches, techniques, etc.) et données fiables sur les sciences du climat et de la dégradation des terres accessibles aux pays
	AP.05.01/02 : un système d'alerte précoce est mis en place en relation avec d'autres institutions spécialisées régionales, sous-régionales et nationales
	AP.05.01/03 : un observatoire Homme/Milieu est créé avec l'appui des institutions régionales et nationales
	AP.05.01/04 : mettre en place et animer à travers la PPCSTF un réseau d'échanges et de coopération scientifique et technique entre États et institutions existantes pour l'aide à la décision

Résultat 05/02 Des supports d'information et de communication scientifiques sont créés	AP5.05.2/01 : créer un bulletin d'information bimestriel (les Échos du Sahel) et une revue scientifique « Terroir, Désertification et Économie verte »
	AP5.05.2/0 : assurer une bonne promotion des supports d'information et de communication
	AP5.05.2/03 : encourager la création ou le renforcement de l'accès à l'information des terroirs (radios et télévisions rurales, causeries, sensibilisation) et voyages d'étude
Résultat 05/03 Un système d'Information scientifique régional et un observatoire modulaire sont mis en place et accessibles de l'échelle locale à l'échelle internationale	AP5.05.3/01 : élaborer et mettre en place un Système géo-information et d'observatoire (type Atlas numérique de gestion des terres, de l'environnement et de gouvernance locale) avec composantes pays
	AP5.05.3/02 : élaborer et mettre en place un site web convivial avec forum de discussions (grandemurailleverte.org) avec pages pays

Objectif spécifique 06
Mettre en place un plateau technique d'appui à la recherche et à la formation par un réseau de recherche-développement et favoriser la recherche opérationnelle et la mobilité scientifique dans l'espace GMV

Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 06/01 Des programmes de formation par la recherche et de perfectionnement sont élaborés et des allocations sont disponibles	AP.06.1/01: identifier et définir des programmes de formation et de soutien à la recherche et mettre en place un système de financement et de sélection de bourses par l'Agence et les Partenaires
Résultat 06/02 Des thématiques de recherche sont identifiées et sélectionnées par un Comité d'experts	AP.06.2/01 : identifier des thématiques prioritaires de recherche pluridisciplinaire et des projets de recherche opérationnelle sur certains sujets forestiers et pastoraux
Résultat 06/03 Une Plateforme et un Plateau scientifiques et techniques sont mis en place et fonctionnent	AP.06.3/01 : mettre en place des réseaux nationaux et régionaux pluridisciplinaires d'équipes de recherche et de laboratoires travaillant et produisant des résultats de haut niveau pertinents pour la mise en œuvre, le suivi et l'exploitation des Composantes de la GMV
	AP.06.3/02 : encourager une recherche stratégique et opérationnelle en sciences du climat sur l'identification et à la gestion du risque climatique dans les projets de développement des zones arides

Objectif spécifique 07 Améliorer les conditions de vie des Communautés locales et inverser les flux migratoires vers les zones restaurées	
Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 07/01 Des Pôles ruraux d'émergence de développement durable sont créés dans les zones rurales	AP07/1/01 : mettre en place des politiques intégrées de développement local et de gouvernance dans les unités de développement de base
	AP07/1/02 : faciliter le développement d'activités durables d'exploitation et de transformation des produits de la Grande Muraille Verte et créer le plaidoyer et le marketing nécessaires ainsi que les conditions d'incitation (facilitation de l'accès à la propriété, aux intrants, à la logistique et à l'encadrement pour le retour aux terroirs)
	AP07/1/03 : faciliter la mise en place de politiques de gestion durable des terres et la prise de mesure par les États pour soutenir les activités agro-sylvo-pastorales et intégrer le risque climatique pour assurer une production agricole et pastorale suffisante pour garantir la sécurité alimentaire

Objectif spécifique 08 Améliorer la séquestration de CO_2 dans les couvertures végétales, les sols par la mise en œuvre de stratégies et techniques durables et efficientes d'occupation des terres	
Résultats attendus	Activités phares (AP)
Résultat 08/1 Les puits de carbone sont bien identifiés et caractérisés	AP08.1/01 : cartographier les sources de séquestration de CO_2 et instaurer les meilleures pratiques culturales, pastorales et d'occupation des terres
Résultats 08/2 Un projet de finance carbone est bien élaboré et soumis et financé	AP08.2/02 : entreprendre l'élaboration du projet de finance carbone et identifier les parties prenantes

Les impacts multiples et divers se situent à tous les niveaux et ont une portée aussi bien locale, nationale qu'internationale. Ils bénéficient à plusieurs catégories d'acteurs locaux et nationaux et à la communauté internationale. Ces impacts portent notamment sur :

– la réduction de l'érosion et la restauration des sols dégradés et des ressources forestières ;

– l'arrêt de la déforestation, l'accroissement du taux de reforestation et la protection des forêts ;

– la restauration, la récupération et la protection des équilibres éco-climatiques, de la diversité biologique et des écosystèmes dégradés, l'aménagement d'espaces agro-sylvo-pastoraux et l'instauration de meilleures pratiques dans les systèmes de gestion des terres (agroforesterie, pastoralisme, agriculture, infrastructures rurales) ;

– la relance, le développement, la diversification et l'amélioration notable et durable de la productivité des systèmes agro-sylvo-pastoraux par le renforcement des infrastructures de soutien à la production et à la transformation ;

– la rationalisation de la transhumance pour une coexistence pacifique dans les aires agro-sylvo-pastorales ;

– l'émergence de pôles ruraux de production et de développement durable (PRPDD) ;

– l'amélioration notable de l'accès aux services socio-économiques de base et à l'alimentation ;

– le renforcement des capacités de gestion technique et de gouvernance locale des ressources naturelles dans les terroirs ;

– l'éradication de la pauvreté, de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition;

– l'accélération des conditions d'atteinte des OMD par l'extension de la couverture sanitaire, du taux de scolarisation, de l'accès à l'eau potable, à l'alimentation et à un cadre de vie adéquat ;

– le développement et la diversification des filières agricoles, pastorales, sylvicoles porteuses et la valorisation des produits forestiers à travers la capitalisation des bonnes pratiques et l'exploitation des résultats de la recherche et des savoirs locaux et traditionnels ;

– le développement et le renforcement de la coopération SUD-SUD, SUD-NORD, de la mobilité scientifique par la Recherche&Développement et la formation dans les écoles, instituts, universités et centres de recherche avec la création de réseaux scientifiques thématiques et l'amélioration des plateaux techniques ;

– l'amélioration notable des connaissances scientifiques sur les processus et interactions de la désertification, de la sécheresse, des changements climatiques et sur les technologies d'adaptation et de résilience, ainsi que sur la caractérisation des espèces végétales adaptées au stress hydrique et à l'aridité des sols;

– la maîtrise des ressources en eau, à travers la mise en place de bassins de rétention, de lacs artificiels et d'ouvrages hydrauliques ;

– la création d'emplois, le développement de l'entreprenariat et du micro-crédit par l'organisation et l'amélioration des circuits commerciaux ainsi que la diversification des filières porteuses ;

– la couverture durable des besoins en produits forestiers, en pharmacopée et en énergie domestique ;

– le renforcement de la sécurité et de la paix dans l'espace saharo-sahélien et l'intégration socio-économique des peuples du Sahel ;

– la forte contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) par des pratiques et techniques durables d'occupation des terres et de génération de biomasse et forte capacité de séquestration du CO_2.

Le tableau synoptique ci-après donne un aperçu des catégories de bénéficiaires et d'impacts.

Tableau 11
Synoptique des bénéficiaires et des impacts attendus de la GMV

Bénéficiaires	Principaux types de bénéficiaires/Impacts
Communauté internationale	• diminution des émissions de GES et leurs effets sur les changements climatiques • exemples pertinents de mise en œuvre des trois conventions des Nations unies (UNCCD, UNCDB, UNCCC) et leurs interactions • contribution africaine notable à l'alliance mondiale contre les changements climatiques, la désertification, la dégradation des terres et la perte de biodiversité • maîtrise et inversion des migrations (économiques, écologiques) dans les terroirs • renforcement de la sécurité et de la paix dans l'espace saharo-sahélien et intégration socio-économique des peuples du Sahel • contribution à la caractérisation des espèces végétales et des systèmes de production soumis au stress hydrique et à l'aridité
Les États	• éléments pertinents pour élaboration et suivi de politiques nationales en matière de gestion durable des ressources naturelles et d'approche holistique de la question des zones arides • opportunité de relancer et de consolider les programmes de gestion durable des ressources naturelles, et d'inverser les tendances de dégradation des écosystèmes • disponibilité d'outils de conception et de planification stratégique, de coordination et de suivi-évaluation • contribution à l'éradication de la pauvreté et à l'atteinte de la sécurité et de la souveraineté alimentaires • approches, procédés, pratiques capitalisés et base d'échanges et de concertation avec les pairs en Afrique et dans la sous-région et contribution notable à l'intégration et l'approche communautaire • réhabilitation et incorporation des vastes domaines arides du patrimoine national dans les politiques et stratégies de développement durable • émergence d'un leadership du continent dans la gestion des problématiques des ressources naturelles et de l'environnement
Producteurs primaires	• amélioration de la qualité des bases productives et de la gestion des sols et des nutriments, biomasse et rendements plus élevés, diversité agrobiologique, couverture végétale et productivité animale accrues • amélioration de la disponibilité de l'eau et des techniques de gestion durable des ressources en eaux limitées aux eaux de pluie, paysages restructurés et moins vulnérables aux intempéries • disponibilités de données fiables de système d'alerte précoce • élargissement de l'offre en quantité et qualité de terres cultivables • renforcement et amélioration des systèmes de production et de transformation agricoles et pastoraux
Entrepreneurs privés	• opportunités de création/aménagement de parcs animaliers, fermes modernes, sites éco-touristiques, aires protégées… • fournisseur de semences, de plants… • offres de services (plantation, entretien…)

Bénéficiaires	Principaux types de bénéficiaires/Impacts
Populations riveraines	• amélioration de la sécurité alimentaire (récupération des terres à des fins agricoles, pastorales, forestières, périmètres maraîchers, fruitiers… surtout à l'endroit des femmes et des jeunes), y compris l'accès à des produits et nutriments de qualité • larges opportunités d'activités sources de richesse et d'emplois (contre le sous-emploi, l'exode, les conflits…) à partir des pôles ruraux de développement durable • facilités de ramassage bois de chauffe, fourrage, autres produits forestiers non ligneux • amélioration du cadre de vie (bonification des paysages) • apprentissage, familiarisation avec technologies et procédés avantageux • accès aux technologies nouvelles de transition vers l'économie verte
Structures Enseignement/ Recherche	• inter et multidisciplinarité dans les thématiques de recherche • disponibilité de données scientifiques nouvelles et de supports à la recherche et à la formation notamment la couverture satellitale, l'observatoire, dans divers domaines du développement rural (foresterie, agriculture, pastoralisme, économie, et sociologie et gouvernance) • aménagement de parcelles de recherche et de champs écoles • formations ciblées et formation par la recherche, renforcement et perfectionnement de l'expertise nationale, préparation de mémoires de masters et thèses, vocations, débouchés • renforcement du plateau technique pour la R&D et la mobilité scientifique • caractérisation, valorisation et diversification de filières d'exploitation des produits agricoles, forestiers et pastoraux.

5. Opérationnalisation de la Grande Muraille Verte

5.1. Stratégie opérationnelle

Une telle initiative nécessite une stratégie multisectorielle, une approche holistique, une synergie des interventions et une démarche participative. Elle est fondée sur l'approche sur demandes et besoins prioritaires des Communautés à la base et s'appuie sur une planification stratégique par objectifs, résultats attendus, et indicateurs et cibles de performance.

Elle est bâtie sur l'identification d'Axes stratégiques majeurs (ASM) fédérateurs issus des orientations de la vision et de l'analyse des approches, expériences et résultats pertinents existants et des programmes en cours ou à réaliser. Elle s'appuie également sur l'implication active et effective des populations à toutes les étapes de la mise en œuvre. La sélection des sites, des espèces végétales et des programmes d'appui au développement communautaire et à la gouvernance locale se fera en relation avec l'UCIDD de la Communauté de base. Une telle stratégie est nécessairement

multisectorielle, adoptant une approche holistique, mais nécessite également une dose de réalisme pour établir des priorités et adopter une démarche graduelle et un séquençage. La stratégie opérationnelle consiste à réaliser sur le terrain des activités opérationnelles de gestion durable des ressources et à entreprendre parallèlement des mesures d'accompagnement sous forme d'activités génératrices de richesse, de renforcement des infrastructures et des services sociaux de base et de développement de programmes de recherche d'accompagnement sur des thématiques pertinentes dans la mise en œuvre. Elle est structurée autour des concepts et composantes suivants :

• le concept de tracé « bande d'unités végétales multi-espèces », intégrant d'autres systèmes d'utilisation des terres. Certes, la situation est préoccupante dans toutes les zones sahéliennes du Circum-Sahara et justifie leur prise en charge dans l'Initiative GMV. Toutefois, la complexité et l'ampleur des défis et l'importance des moyens à mobiliser pour une mise en place correcte d'une telle initiative imposent un séquençage à plusieurs étapes. Le concept Grande Muraille Verte Dakar-Djibouti sur les onze (11) pays du sud du Sahara *(Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Tchad, Soudan, Éthiopie, Érythrée, Djibouti)* traduit l'idée de base et se justifie simplement par le caractère prioritaire et l'urgence d'agir d'abord sur la partie au sud du Sahara. En effet, l'état de dégradation des terres et l'avancée inexorable de la désertification dans cette partie de l'Afrique revêtent un caractère particulier fait de désolation, de précarité, de pauvreté et d'insécurité alimentaire. Agir d'abord sur cette zone est la priorité des priorités dans le séquençage de l'Initiative, qui sera étendue au terme de la revue à mi-parcours à d'autres zones du Circum-Sahara ;

• la contrainte « minimum 100 mm » de moyennes annuelles pluviométriques. Les paramètres écologiques déterminants dans les zones arides restent la pluviométrie et la variabilité climatique, tandis que les leviers sûrs du développement demeurent la gestion durable des ressources naturelles, en particulier agricoles, sylvicoles et pastorales. L'agriculture sous pluie et le pastoralisme sont les bases de la production rurale. La prise en compte de la limite « minimum pluie 100 » est fondamentale dans la délimitation du tracé, contenu dans les moyennes annuelles pluviométriques entre 100 et 400 mm ;

• l'adaptabilité et l'acceptabilité des espèces végétales et animales

Les espèces sont essentiellement autochtones et à fonctions et usages multiples, sélectionnées pour leur résistance au stress hydrique, leur adaptation aux terres arides mais aussi pour leurs valeurs économiques et écologiques, leur plasticité écologique et leur acceptabilité par les populations locales.

Dans sa structure, la bande végétale renferme diverses composantes à vocations différentes :

(1) des unités végétales multi-espèces. Elles comprennent :

– des formations naturelles reliques (forêts classées, communautaires et privées) ;

– des formations artificielles anciennes ou nouvelles (y compris les forêts privées issues des programmes et projets de la zone), ou à créer à travers des programmes de reboisement ou de regarnissage ;

– des réserves botaniques pour la conservation de la biodiversité végétale, des mises en défens et des périmètres de Régénération Naturelle Assistée au niveau d'aires forestières plus ou moins dégradées.

(2) des unités agro-sylvo-pastorales. Les unités de systèmes de production intégrés agricoles, sylvicoles et pastoraux restaurés comprennent :

– des cultures annuelles sous verger, périmètres hydro-agricoles arborés, parcs arborés, périmètres maraîchers, vergers de plantations fruitières et jardins polyvalents ;

– des pâturages et des zones de parcours et de transhumance villageoises et inter-communautaires ;

– des parcs animaliers, des couloirs de migration de la faune, des aires protégées, notamment des aires et réserves communautaires de faune avec les installations de support, des parcs nationaux en intégralité ou en partie.

(3) des corridors d'ouvrages hydrauliques et autres points d'eau. Il est prévu de réaliser sur le long du tracé et au niveau des points bas et des zones humides fossiles un ensemble de bassins de rétention des eaux de pluie et de ruissellement, des mini-barrages, des forages hydrauliques et des puits pastoraux, et de réhabiliter tous points d'eau existants.

(4) des infrastructures sociales et commerciales de base. Il s'agit d'accompagner les activités opérationnelles par l'aménagement d'infrastructures de production et de transformation des produits de la Grande Muraille Verte, par la mise en place d'opportunités de création de richesses, mais également de services socio-économiques de base dans les domaines de l'énergie (privilégier les énergies renouvelables et domestiques traditionnelles), de l'éducation, de la santé et de l'eau (forages, puits, mares, lacs...) dans les zones d'emprise de la GMV.

Le management et la coordination de la stratégie reposent sur le respect d'un certain nombre de principes directeurs et l'atteinte des cibles des indicateurs et défis :

– la flexibilité dans l'approche. La stratégie de gestion, de coordination et de suivi est orientée vers la responsabilisation accrue des Communautés à la base dans la gestion des programmes de leurs terroirs. La GMV ne se substitue pas aux efforts nationaux de lutte, mais leur apporte une nouvelle approche stratégique et une autre conception de gestion intégrée du faisceau matriciel des problématiques de désertification, changement climatique, protection, restauration, conservation et gestion durable des systèmes de production interférant sur le développement des terroirs ;

– l'approche participative. La stratégie opérationnelle GMV place les bénéficiaires et les acteurs locaux à l'amont et à l'aval des activités, avec un encadrement institutionnel pratique, non contraignant et non dirigiste. L'atteinte des objectifs et la pérennisation des impacts seront facilitées par la forte implication des populations ;

– le pragmatisme et le réalisme sur les ressources. Le contexte économique mondial actuel très peu favorable aux appuis financiers durables justifie le pragmatisme et le réalisme dans les attentes de financements extérieurs et recommande au moins pour les deux à trois premières années du Plan d'action quinquennal que les États membres comptent d'abord sur leurs capacités et moyens propres pour impulser la dynamique, tout en exploitant les opportunités offertes à travers les

mécanismes financiers (Climdev, Fonds Vert, finances carbones, guichets FEM, etc.) et la mobilisation populaire dans les différentes strates de nos populations ;

– le cadre logique axé sur les résultats. La stratégie d'approche est axée sur les priorités et besoins de la Communauté de base (UCIDD) à travers un modèle de gouvernance locale conférant à la population locale l'autonomie et la responsabilité de gestion par des techniques à leur mesure ;

– l'éradication de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire, par l'émergence de Pôles ruraux de production et de développement durable (PRPDD) et l'instauration de systèmes de gestion durable des ressources naturelles et de gouvernance locale. Dans le cas spécifique du développement de l'agriculture, de la foresterie et du pastoralisme, secteurs clefs dans les stratégies d'éradication de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire dans la GMV, les défis portent sur le risque climatique, l'insuffisance d'infrastructures et d'aménagements hydro-agricoles de qualité, la faiblesse des investissements structurants et l'insuffisance de ressources humaines aptes à prendre en charge la problématique globale, intégrée et multidisciplinaire du développement rural. La stratégie met l'accent sur ces contraintes ;

– le renforcement de capacités techniques dans divers aspects de mise en œuvre de la GMV, notamment la planification stratégique, la cartographie de l'occupation des sols, la gestion et le suivi-évaluation des ressources naturelles, l'identification, la rédaction et la gestion de programmes efficients d'adaptation et de résilience aux défis climatiques et environnementaux, le plaidoyer et la problématique genre ;

– l'identification et le transfert de technologies alternatives appropriées susceptibles de favoriser la transition à l'économie verte ;

– le taux zéro pour cent (0 %) de dégradation des terres, la restauration qualitative et quantitative des terres et la gestion durable et rationnelle des ressources naturelles ;

– la réhabilitation et l'aménagement des systèmes de production agricoles et pastoraux dans les terroirs de la GMV ;

– la mise en place du réseau GMV de systèmes harmonisés de gestion et de suivi-évaluation en temps réel au niveau des structures GMV ;

– la gestion correcte des conflits. La forte compétition sur l'espace rural entre acteurs et activités, notamment entre éleveurs et agriculteurs, transhumance et reverdissement, aires agricoles, pastorales et boisées implique dans la gestion du terroir une concertation inclusive, une appropriation par tous les acteurs des contraintes et obligations et ensuite une gouvernance locale appropriée ;

– la mise en place d'une plateforme technique de recherche opérationnelle et d'échange de données scientifiques et de valorisation des savoirs traditionnels ;

– la promotion d'une bonne communication, d'un plaidoyer et d'un marketing des programmes, permettant une forte implication des populations à tous les cycles de mise en place de l'initiative GMV ;

– la mobilisation et l'utilisation efficiente des ressources en eau. La mobilisation et la gestion des ressources en eau constituent un défi majeur. Des actions et techniques adaptées et accessibles de mobilisation, de récupération et de gestion des eaux de surface, des précipitations et des eaux souterraines sont indispensables ;

– la mise en cohérence et la coordination opérationnelle des activités de lutte et de développement rural ;

– la prise en charge correcte des réalités, des mentalités et des cultures des populations des zones agro-sylvo-pastorales, et en majorité nomades et pasteurs ;

– la sécurisation des biens et initiatives privés. L'hétérogénéité des contextes et des systèmes juridiques, notamment sur le foncier, à l'échelle des États membres pays ne facilite pas la mise en place d'une politique d'accès à la terre et de sécurisation de l'initiative privée, nécessaire à la pérennisation et à la durabilité de l'investissement et de l'engagement à long terme des partenaires techniques, scientifiques et financiers.

5.2. Planification stratégique

La diversité des interventions et des intervenants, la complexité et les spécificités des problématiques dans les différentes zones éco-géographiques recommandent l'identification d'axes majeurs fédérateurs sur lesquels sera fondée la planification stratégique de mise en œuvre de la Grande Muraille Verte.

Les systèmes et techniques ciblés dans l'Initiative visent les meilleures techniques, expériences et pratiques réussies, « best practices », notamment en technique de mise en défens, régénération naturelle non assistée (RNA), restauration des terres dégradées, aménagement de systèmes agricoles et pastoraux, protection de forêts et bassins versants, sensibilisation et mobilisation. La capitalisation servira de base dans la sélection des techniques et systèmes d'exploitation et dans l'identification de la situation de référence, tant au plan du développement humain qu'environnemental. Les références locales seront améliorées par les données nouvelles de la recherche d'accompagnement. La capitalisation des expériences et des savoirs locaux et la planification à la base validée par les populations sont les leviers de la stratégie. Cette démarche traduit l'accent mis sur l'implication active et effective des populations à toutes les étapes de la mise en œuvre.

L'opérationnalisation de la GMV s'appuie sur une planification stratégique sur objectifs traduite en Plan d'action régional à cycle quinquennal, une coordination et un mécanisme de suivi-évaluation tant à l'échelle régionale que nationale. L'élaboration du Plan d'action régional part de la consolidation des divers Plans d'action nationaux (PAN) des États membres issus d'un dialogue national inclusif et participatif de la base au niveau central pour bâtir une alliance nationale forte et durable dans la mise en œuvre de la GMV.

La planification stratégique s'articule autour des orientations majeures suivantes, cadrant avec la vision, les objectifs, les résultats attendus et la stratégie opérationnelle :

– un document cadre de planification par la consolidation des Plans d'action nationaux de mise en œuvre de la GMV, mis en cohérence avec les politiques nationales en la matière et traduit en Plan d'action régional à cycle quinquennal doté de mécanismes d'évaluation et de revues à mi-parcours chaque deux ans ;

– quatre (04) paradigmes d'objectifs « Conservation/Protection/Restauration/ Développement » ;

– une stratégie de management sur trois véhicules C, Communication, Concertation, Capitalisation ;

– des activités d'information et de partage, de sensibilisation et de renforcement des capacités techniques et de gestion des acteurs à la base ;

– une capitalisation et une valorisation des résultats, expériences et données pertinents,

– un Système de suivi-évaluation et d'observatoire de l'évolution de la Muraille Verte et de ses impacts sur le développement humain et l'environnement ;

– une Recherche scientifique d'accompagnement et de valorisation de savoirs traditionnels, à travers un Réseau régional de centres d'excellence de recherche et de formation (RERCERF) ;

– une Plateforme de partenariat et de coopération scientifique, technique et financière (PPCSTF) : organe statutaire consultatif de partage d'informations, de concertation et de suivi et évaluation des actions ;

– une stratégie de mise en œuvre centrée sur « le terroir et la Communauté de base » et s'appuyant sur l'Unité communautaire intégrée développement durable (UCIDD), organe de gestion de la Communauté de base.

5.3. Le Plan d'action quinquennal (PAQ) 2011-2015

Le premier cycle quinquennal 2011-2015 de planification stratégique a pour objectif final d'installer dans ces terroirs arides au terme des cinq ans les bases durables et opérationnelles d'une transformation socio-économique et environnementale favorables à l'émergence de Pôles Ruraux de Développement Durable (PRDD) capables de faire face aux défis environnementaux et climatiques et de juguler la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

Approche conceptuelle

Le Plan d'action quinquennal 2011-2015 s'articule autour de l'approche conceptuelle suivante :

– des activités opérationnelles (AO) de terrain, de reboisement, restauration, conservation et de protection des terres et des ressources en eau et de la biodiversité par une gestion durable ;

– un package d'activités d'accompagnement relatives au développement communautaire et à la gouvernance locale. Il s'agit de promouvoir des activités de création de richesse, de réhabilitation et de renforcement des aménagements d'appui aux systèmes de production et d'exploitation agro-sylvo-pastoraux, d'infrastructures communautaires socio-économiques et commerciales de base (santé, éducation, énergie, communications, etc.) ainsi que de renforcer les bases de bonnes pratiques de gouvernance locale et de gestion à l'échelle nationale, locale et à la base (UCIDD) ;

– la Recherche d'accompagnement & développement (RA&D) et la valorisation des savoirs locaux à travers des programmes de recherche thématique, de recherche opérationnelle sur des sujets d'intérêt pour la réalisation, le suivi et la valorisation de la GMV ;

– des modules de renforcement des capacités, de perfectionnement et d'échanges d'expériences ;

– des actions périodiques de suivi & évaluation ;

– de la communication, du marketing et du plaidoyer.

Axes stratégiques majeurs et piliers programmatiques

Le Plan d'Action (PAQC 2011-2015) repose sur quatre (04) socles GMV en Axes stratégiques majeurs (ASM), s'appuie sur des Piliers programmatiques en Objectifs stratégiques majeurs (OSM) et se réalise en Programmes/Projets prioritaires (PP), identifiés des piliers programmatiques. Les programmes et projets prioritaires sont répartis dans quatre portefeuilles de programmes prioritaires calés sur les ASM qui sont ainsi définis :

• ASM 01. Communication, Marketing et Plaidoyer (CMP)
Ce volet est particulièrement important dans l'adhésion et la mobilisation des masses populaires et de la communauté internationale. Il s'agit sur la base de Plans de communication basés sur l'utilisation des médias, de leaders d'opinion dans les différents genres et générations et divers supports de communication de dérouler une stratégie de communication, de plaidoyer et de marketing pour assurer une bonne appropriation de l'Initiative et réaliser une grande mobilisation et une forte adhésion des populations, des acteurs et des partenaires autour de la Grande Muraille Verte.

• ASM2. Développement communautaire et de gouvernance locale (DC/GL)
Il s'agit d'un package d'actions d'accompagnement de type : Promotion d'activités génératrices de richesse, Renforcement de la disponibilité et de l'accès aux services socio-économiques de base, Organisation et installation des bases efficientes de gouvernance locale et de gestion durable des ressources naturelles.

• ASM3 : Recherche d'accompagnement & développement (RA&D)
L'opérationnalisation de l'Initiative s'appuie sur la disponibilité de données scientifiques et techniques fiables de conception et d'aide à la décision acquises par capitalisation mais aussi par des activités de recherche thématique d'accompagnement et la valorisation des savoirs traditionnels. L'atteinte d'un tel objectif passe par la mise en place d'un réseau régional de centres d'excellence de recherche et de formation (RCERF) et de supports à la production et la dissémination d'informations et de résultats scientifiques pertinents à travers une mise en réseau au niveau régional de laboratoires et d'équipes de recherche.

• ASM 04. Activités opérationnelles (AO)
Les Activités Opérationnelles visent des actions de lutte contre la désertification, de conservation/protection de la biodiversité, des terres et des ressources en eau, notamment celles d'agroforesterie, de reboisement, d'agriculture familiale, de foresterie et de pastoralisme, et d'amélioration des systèmes de production agro-sylvo-pastoraux.

Le tableau III donne un aperçu de l'architecture du Plan d'action quinquennal 2011-2015 et indique les Piliers programmatiques et les quatre (04) Portefeuilles avec leurs Programmes prioritaires.

Tableau III

AXES STRATÉGIQUES MAJEURS (ASM) SOCLES	Objectifs stratégiques majeurs (OSM) Piliers programmatiques (PP)	**PORTEFEUILLES**	Programmes/Projets prioritaires *Sous-programme SP*	*Matrice de mise en œuvre 2011-2015*				
				2011	*2012*	*2013*	*2014*	*2015*
ACTIVITÉS OPÉRATIONNELLES (AO)	PP/AO.1 : Restauration, Conservation des Terres, des Eaux et la Biodiversité	**AO**	Restauration, Conservation et Gestion durables des Ressources naturelles et de la biodiversité					
	PP/AO.2 : Agroforesterie & Reboisement		Agroforesterie et Reboisement					
	PP/AO.3 : Agriculture, Forêts et Pastoralisme		Amélioration et renforcement des systèmes de production					
	PP/AO.4 : Systèmes de Suivi et de Gestion des Ressources		Systèmes de Suivi et de Gestion des Ressources					
COMMUNICATION, MARKETING & PLAIDOYER (CMP)	PP/CMP.1 : Communication et Plaidoyer	**CMP**	Communication et Plaidoyer					
	PP/CMP.2 : Système d'Information et Gestion		SIG, Observatoire & Publications					
RECHERCHE D'ACCOMPAGNEMENT DÉVELOPPEMENT (RA&D)	PP/RA&D.1 : Formation et perfectionnement	**RA&D**	Formation, Perfectionnement et Échanges					
	PP/RA&D.2 : Capitalisation et valorisation des savoirs locaux		Savoirs traditionnels et technologies améliorées					
	PP/RA&D.3 : Recherche scientifique thématique		Réseaux et Mobilité scientifiques					
	PP/RA&D.4 : Recherche opérationnelle		Recherche opérationnelle et valorisation					
DÉVELOPPEMENT COMMUNAUTAIRE ET GOUVERNANCE LOCALE (DC/GL)	PP/DC/GL.1 : Richesses et Sécurité alimentaire	**DC/GL**	Activités génératrices de richesses					
	PP/DC/GL.2 : Infrastructures communautaires de base		Accès aux besoins domestiques et aux services socio-économiques de base					
	PP/DC/GL.3 : Gouvernance locale et retour aux terroirs		Gouvernance locale et retour aux terroirs					
	PP/DC/GL.4 : Amélioration des capacités de séquestration du CO_2 des systèmes de production		Budget carbone de la GMV					
	PP/DC/GL.5 : Suivi & Évaluation des impacts des Programmes de Développement		Évaluation des impacts sur le Développement humain et l'Environnement					

5.4. Gestion, suivi et évaluation

Le management dans la mise en œuvre de la planification repose sur le triptyque *Communication, Concertation, Capitalisation* par les divers acteurs et bénéficiaires. L'approche participative impliquant les populations locales, les producteurs et usagers de même que la régie participative sont des approches adoptées dans la GMV. Elles visent la responsabilisation et l'autonomie des cibles et bénéficiaires dans la gestion et l'évaluation et nécessitent à ce titre l'identification et la mise en place d'un important programme de renforcement de capacité des acteurs dans les domaines prioritaires.

L'APGMV s'appuie dans ses missions sur les structures spécialisées locales, nationales, sous-régionales et internationales publiques ou privées, compte tenu des avantages comparatifs et du contexte du milieu d'implantation. Elle assure ainsi la cohérence transversale des actions par une coordination dynamique à travers des orientations communes concertées à toutes les étapes du processus de conception, de planification, de mise en œuvre, de suivi et d'évaluation des actions et de leurs impacts.

Les dispositifs nationaux existants de surveillance et de protection ainsi que de suivi-évaluation seront consolidés et renforcés par l'utilisation de données satellitales et de Systèmes d'information géographique et l'établissement de cartes thématiques.

L'évaluation des programmes et projets se fera sur la base des objectifs fixés, des impacts positifs, des indicateurs de performance et cibles vérifiables et la durabilité des acquis. Elle se fera par pays et à l'échelle régionale. Les programmes feront l'objet de revues à mi-parcours tous les deux (02) ans selon les procédures définies en relation avec les acteurs, les partenaires et les bénéficiaires pour adopter les corrections et réorientations nécessaires.

La production de rapports périodiques pays et du rapport global annuel de l'Agence Panafricaine sur le fonctionnement, l'avancement et performance, les résultats et les impacts des programmes ainsi que les rapports de sessions du Conseil des Ministres sont autant de sources d'informations.

La création d'un portail numérique *grandemurailleverte.org* dans lequel sont logées toutes les données accessibles aux partenaires et acteurs permet également d'avoir une meilleure visibilité sur les programmes et leurs performances et de la transparence dans la gestion.

Références

APGMV (2010)
Convention portant création de l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte, 13 p, *Publication interne Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte.*

CILSS (2012)
Caractérisation des milieux : évaluation et gestion des ressources naturelles transfrontalières des zones du tracé de la GMV : *Atelier régional PNUE/APGMV, 05-07 mars 2012, Ouagadougou, Burkina Faso.*

Dia A (2011)
Document cadre de Plan d'Action quinquennal 2011-2015 de l'Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte, 79 p., *Publication interne Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte*

Dia. A & Duponnois. R. (2010)
Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre, *IRD Editions, 2010,438 p.*

ENDA Énergie (2012)
Évaluation rapide de la situation socio-économique des pays de la GMV et de leur capacité d'adaptation aux changements climatiques : *Doc. atelier régional PNUE/APGMV, 05-07 mars 2012, Ouagadougou, Burkina Faso, 61 p.*

PNUE (2012)
Évaluation rapide sur les services écosystémiques et les forces motrices de changement dans le contexte de la Grande Muraille Verte : *Atelier régional PNUE/APGMV, 05-07 mars 2012, Ouagadougou, Burkina Faso.*

Partie I

Contexte socio-économique et anthropologique

Capacités d'adaptation des populations burkinabè aux effets du changement climatique, questionnements sur leurs sociétés et perspectives de recherches

Professeur Ram Christophe Sawadogo
Sociologue
Université Ouagadougou, Burkina Faso
UFR – Sciences humaines – Département de sociologie

Résumé

Trois études réalisées en 2001, 2002 et 2005 au Burkina Faso identifient un éventail d'expériences d'adaptation aux effets des perturbations environnementales et des changements climatiques.

Celles-ci constituent des réponses adaptatives à trois types de préoccupations et de situations :

– la biodiversité agricole,

– la dégradation environnementale,

– la variabilité et les changements climatiques.

Les acteurs des expériences sont des producteurs du monde rural, exerçant dans l'agriculture et/ou dans l'élevage et répondant de statuts de chefs d'exploitation, de chefs de ménage, de femmes et de célibataires.

Les expériences présentées ont vu leur efficacité et leurs impacts positifs évalués par les producteurs eux-mêmes et également par des études ayant procédé à des mesures d'indicateurs.

Des analyses sur la vulnérabilité et les capacités évolutives des sociétés concernées ont également été conduites. Des perspectives de recherche sont envisagées.

Mots clés

SOCIÉTÉS AFRICAINES, CAPACITÉS ET EXPÉRIENCES D'ADAPTATION, BIODIVERSITÉ AGRICOLE, DÉGRADATION ENVIRONNEMENTALE, VARIABILITÉ ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES, RECHERCHES

Introduction

La prise de conscience de la fragilité de l'écosystème de la planète Terre, née de la conférence de Rio de Janeiro de 1992, s'est particulièrement renforcée avec l'accentuation des effets des changements climatiques, observables surtout dès la moitié des années 1990 (Protocole de Kyoto signé le 11 décembre 1997, entré en vigueur le 16 février 2005).

Au Burkina Faso, pays sahélien, ces effets des changements climatiques se trouvent renforcés d'une part, par ceux engendrés par les sécheresses répétées depuis 1973 et d'autre part, par les conséquences d'événements sociopolitiques et économiques : retours massifs des émigrés burkinabè rapatriés de la Côte d'Ivoire en 1999 (conflits fonciers), mais surtout crise sociopolitique en 2002 (Lors du recensement général de la population et de l'habitation du pays en décembre 2006, ces retours cumulés ont représenté 613 662 personnes immigrées entre 1996 et 2006 (RGPH 2006, Rapport sur le thème 9, page 4)), crise alimentaire consécutive au renchérissement des prix en 2008 et désarroi des sinistrés des inondations du 1er septembre 2009.

Cette prise de conscience s'est traduite de plusieurs manières selon les cadres d'action des acteurs : les plans d'interventions et d'actions de secours sur le terrain pour les acteurs étatiques et assimilés, les recherches pour les structures compétentes dans ce domaine, de niveau international, régional, ou national : les programmes Amma, Ammanet et Ripiecsa en sont des illustrations.

Pour le présent ouvrage dont l'une des intentions est d'établir le bilan de 50 ans d'expériences de connaissances scientifiques, techniques et de savoirs locaux, cette contribution se propose de faire le point des expériences qui témoignent des capacités d'adaptation des producteurs ruraux aux effets des perturbations environnementales, à travers quatre recherches réalisées au Burkina Faso en 2001, 2002, 2005 et 2009.

Les études de 2001 (projet IPGRI/*in situ*), de 2002 (projet NIRP), et de 2005 (projet Sirba) présentent les capacités d'adaptation face aux effets de sécheresse, de dégradation écologique et de changement climatique sur les systèmes de production ruraux et plus particulièrement :

– pour l'étude de 2001 : identifier les niveaux de connaissance, répertorier les facteurs sociaux, culturels, économiques et écologiques qui, chez les paysans, interviennent dans les choix de diversité biologique agricole et les stratégies de leur réalisation ; appréhender, sous l'angle économique, les niveaux des productions ainsi que leurs destinations principales ;

– pour l'étude de 2002 : identifier, dans un contexte de péjoration climatique et de détérioration des conditions de la production agricole, les niveaux de connaissance des effets de sécheresse et répertorier les facteurs sociaux, culturels, économiques et écologiques qui interviennent dans les choix génétiques des producteurs ; elle a concerné un échantillon de 180 chefs d'unités domestiques et de 539 producteurs répartis dans 16 localités de trois sites ;

– pour l'étude de 2005, effectuée dans une coopération entre le CILSS, Agryhmet, le ministère de l'Agriculture du Burkina Faso et l'université de Ouagadougou, à

travers les aspects socio-économiques d'un projet intitulé « Adaptation au changement climatique pour le système hydrologique des fleuves sahéliens et des bassins versants de leurs affluents : cas de la Sirba au Burkina Faso » : repérer les formes d'adaptation des producteurs aux effets du changement climatique et les perspectives d'amélioration envisagées à leur niveau ; l'échantillon a concerné 910 producteurs comprenant des agriculteurs, des agropasteurs, des éleveurs d'embouche et des maraîchers, de la région est du Burkina Faso ;

– pour l'étude 2009, au-delà des témoignages de capacités d'adaptation aux effets de toutes les perturbations environnementales que portent les quatre études, la présente contribution discute également l'efficacité de ces formes d'adaptation au regard d'indicateurs possibles de mesure des effets de celles-ci sur le maintien des niveaux de productions agricoles, de celui de l'alimentation et des revenus des producteurs ruraux.

Enfin, l'exploitation des résultats de ces quatre études a permis d'ouvrir deux séries de perspectives :

– des analyses structurelles et organisationnelles sur les sociétés concernées, explicitant à la fois, leur niveau de vulnérabilité et leurs capacités évolutives ;

– deux projets de recherche, en vue de contribuer au renforcement de la recherche scientifique dans le repérage des solutions de gestion actives, participatives et efficientes des effets des perturbations environnementales.

Expériences de capacités d'adaptation des producteurs ruraux face aux effets des perturbations environnementales

La présentation de ces expériences, à travers les quatre études mentionnées, traitera, pour chacune d'elles, de trois aspects principaux, à savoir la problématique, la méthodologie et les formes d'adaptation constatées.

Projet IPGRI/*in situ*

Problématique et méthodologie

Le niveau et la qualité des productions agricoles dont l'homme et la société ont besoin sont fonction de facteurs à la fois naturels et humains. Les facteurs naturels, souvent considérés comme des contraintes, connaissent depuis les trois dernières décennies, une péjoration prononcée qui en affecte le potentiel productif de manière générale et sensible et introduit des différences notables entre plusieurs saisons successives ou à l'intérieur d'une même saison, entre les régions, les localités, etc.

L'homme et la société, par leurs capacités de créativité, d'adaptabilité et d'organisation, donc d'inflexion, de correction, de conservation et de promotion de ce potentiel de production, deviennent les acteurs finalement déterminants du niveau et de la qualité de ces productions, notamment par le capital de connaissances des espèces de cultures et des conditions de leur meilleure productivité.

Plusieurs questions alors se profilent :

– quels sont les éléments constitutifs de ce capital ?

– à quels référents culturels, économiques, écologiques, humains se rapportent les choix qu'opère le producteur pour une campagne ou pour une culture donnée ?

– à quelles stratégies de réalisation obéissent les choix décidés ? ou quels moyens met-il en œuvre pour les réaliser ?

– se donne-t-il des perspectives d'amélioration, de perfectionnement, de meilleure utilisation/exploitation de la diversité biologique agricole ?

L'étude a couvert trois villages de trois régions écologiquement différentes (Ouahigouya, Tougouri et Thiougou) et a, pour une meilleure représentativité à la fois statistique et qualitative des résultats, concerné 180 personnes dont 60 chefs d'exploitations familiales et 120 autres membres de ces mêmes unités domestiques

Pour chacune de ces sous-catégories, la recherche de la plus grande diversité dans la représentation des diverses réalités sociales requiert la ventilation entre les variables telles que le sexe, l'âge, la religion, les activités économiques, le statut migratoire, le niveau d'instruction, l'ethnie, retenues comme discriminantes dans les attitudes et les opinions qui seront enregistrées. Au total, l'échantillon global a réuni 359 personnes individuelles et réalisé 17 entretiens de localités.

Principaux résultats sur l'adaptation aux effets des perturbations environnementales

Les principaux résultats ont concerné trois domaines, dont les deux plus importants sont :

• La connaissance de la biodiversité génétique et la logique du comportement des paysans :

– un répertoire de 81 espèces différentes distingue des groupes d'arbres, de plantes et des herbes ;

– 53 espèces sont déclarées utiles dans un champ, sur la base d'au moins sept effets positifs et leurs modes d'identification reposent sur au moins six repères précis : la taille de l'arbre, le caractère d'arbres épineux, la couleur et la forme du tronc, la forme des feuilles, la couleur et la forme des fruits, la taille et la forme des herbes ;

– de même, 70 % des paysans enquêtés utilisent des critères précis pour justifier pourquoi certaines plantes sont maintenues expressément sauvages : l'existence de l'espèce en grand nombre, son caractère inhabituel, l'ignorance des conditions d'une domestication de l'espèce, le manque de moyens pour réussir sa domestication ;

– au moins 51,4 % des paysans identifient les parties utiles des plantes et 71,7 % d'entre eux en précisent les domaines d'usages actuels ;

– 94,3 % et 94,1 % des paysans identifient le lieu et la période propices à la germination des espèces végétales.

Ainsi, 84,9 % des paysans évoquent les comportements préconisés qui visent à la protection, la sauvegarde et la promotion de l'environnement, à savoir : la plantation d'arbres (reboisement), la sauvegarde de la nature, la lutte contre le ruissellement des eaux, etc.

• Les aménagements et les déplacements de champs, les classements des spéculations et des espèces, les abandons de cultures et les nouvelles cultures toujours souhaitées :

– sur 60 chefs d'unités domestiques qui pratiquent les déplacements des champs (mise en jachère), près d'un tiers (27,3 %) justifient ces déplacements de champs par le mauvais rendement du champ (6,2 %), le vieillissement du sol (7,2 %), l'infertilité ou la pauvreté du sol (13,9 %), le déguerpissement (1,4 %) ;

– les aménagements sont réalisés pour restaurer la fertilité du sol : 52 % ;

– de même, le classement par ordre d'importance des cultures actuellement pratiquées répond à une logique contextuelle donnant la priorité successivement aux produits de base de l'alimentation, puis à ceux secondaires et enfin à ceux destinés à la commercialisation.

Projet NIRP : étude sur la « Participation des agriculteurs aux projets de lutte contre l'érosion : un problème d'intervention adapté aux problèmes sociaux » (2002)

Problématique et méthodologie

La problématique de ce sujet prend en compte des considérations théoriques et empiriques.

Au plan théorique, il s'agit de relever que la prise de conscience de la fragilité de notre environnement et de la nécessité de déployer des efforts pour sa conservation et sa pérennisation s'est surtout consolidée, notamment dans les pays du Sud, avec la première conférence mondiale des Nations unies sur l'environnement humain durable de 1992 à Stockholm. L'écologie humaine, déjà différenciée de l'écologie biologique, précise davantage les aspects dynamiques de cette relation de l'homme à son environnement : elle est « une étude des relations spatiales et temporelles des êtres humains en tant qu'elles sont affectées par les forces sélectives, distributives et adaptatives de l'environnement » (Mckenzie, cité par Glaeser, 1997 : 30).

Aussi, en concédant que les actions de lutte contre l'érosion et la désertification s'inscrivent nécessairement dans cette mise en rapport active, dynamique des hommes avec leur environnement, notre sujet relève assurément de la problématique générale de l'écologie humaine et par-delà, de l'écodéveloppement et plus spécifiquement de l'agriculture biologique.

Dans cette perspective, figuraient, parmi les objectifs du projet, les deux préoccupations suivantes :

– évaluer les capacités, les structures institutionnelles existantes dans les communautés rurales pour une action collective de lutte contre l'érosion ;

– développer un modèle fondé sur les résultats de l'étude, précis et sensible aux dimensions sociales pour une intervention des décideurs politiques tant au niveau régional (ONG, extension de services…) que national.

Outre l'exploitation documentaire, une enquête de terrain a été réalisée. L'échantillon de celle-ci a concerné des localités choisies en fonction de l'état de la dégradation écologique (forte et faible) et du niveau d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols (CES : fort et faible). Dans chaque localité, 35 exploitations agricoles ont été retenues ; dans chaque exploitation, sont soumises à l'étude 4 personnes : le chef de famille, un chef de ménage, une femme, et un jeune célibataire titulaire d'un champ individuel. Sur les deux régions retenues, l'échantillon global est de 702 personnes soumises à l'enquête dont 173 chefs d'exploitations familiales, 177 chefs de ménages, 175 célibataires, 177 femmes.

Les outils utilisés ont été constitués de questionnaires, de guide-entretiens individuels et collectifs, du focus group et de la Méthode active de recherche participative (Marp) (profil historique, carte de ressources, classification préférentielle des technologies et diagramme de Venn).

Principaux résultats sur l'adaptation aux effets des changements climatiques

Les résultats des analyses effectuées ont concerné les quatre niveaux suivants :

– le niveau de connaissance de l'état de dégradation de l'environnement par les populations,

– l'état de leurs connaissances sur les innovations dans les pratiques culturales, les procédures de leur adoption et l'identité des acteurs sociaux, l'accès pour les autres membres de l'exploitation,

– les facteurs déterminants des adoptions (motifs et connaissance des effets positifs ou négatifs),

– la question de genre dans ces processus.

Le niveau de connaissance de l'état de dégradation de l'environnement par les populations des zones de l'étude

Par la carte des ressources de la Marp, les paysans ont pu relever les écarts dans le couvert végétal existant il y a trente ans : la flore du terroir était très riche et très variée dans les cinq localités (lianes goïnes : *Saba senegalensis*, cailcédrats : *Kaye senegalensis*, jujubiers : *Zizyphus mauritiana*, kapokiers : *Bombax cotatum*, néré : *Pakia biglobosa*, karité : *Vittelaria paradoxa*, etc.). Elle se réduit aujourd'hui à des épineux (*Acacia seyal*, *Acacia albida*, etc.) et à des espèces exotiques telles que l'*Azadirachta indica* ou neem, etc. ; le nombre et les superficies des mares et des forêts se sont considérablement amenuisés, les aires de champs se sont agrandies (Somiaga, Kamena) ou ont changé de localisation (Lanfiéra), les sols pauvres sont devenus plus étendus (Yaran).

De même, plusieurs des espèces d'animaux sauvages (lions, panthères, éléphants, antilopes, gazelles, hyènes, buffles, zèbres) présentes il y a trente ans, ont aujourd'hui disparu.

Beaucoup d'espèces de la faune piscicole à Yaran, autrefois très abondantes, ont fortement régressé en effectifs, telles : le capitaine, le poisson dormeur, le poisson chien, le poisson cheval, les tilapias, et le poisson pana.

L'état de leurs connaissances sur les innovations dans les pratiques culturales

• Contexte : le besoin d'innovations culturales s'est révélé avoir été fonction de l'intensité de l'activité agricole des familles (effectif moyen et superficie moyenne des champs : entre 4 et 5 champs) et des statuts familiaux (viennent en tête les célibataires (5), suivis par les femmes (4,5), ensuite les chefs de ménage (4) et enfin les chefs d'exploitation familiale (3,5) ; pour les superficies, c'est l'ordre inverse : 2 à 2,5 ha pour les chefs d'exploitation familiale (CE) et les chefs de ménage (CM), 0,5 ha pour les femmes et les célibataires.

• L'état des connaissances de ces innovations culturales par les paysans : les plus forts taux sont détenus par les chefs de ménage pour les mesures de CES-AGF et les aménagements anti-érosifs (81 % fumier, 46 % zaï), tandis que les chefs d'exploitation détiennent les scores les plus élevés pour la connaissance des intrants (fumier : 81 %) et de l'équipement agricole (charrue : 57 %). Les femmes viennent en troisième position dans le cas des mesures de CES-AGF, mais cèdent leur place aux célibataires dans l'équipement agricole.

• Les modes d'acquisition : le plus usuel est l'achat.

• La propriété : la forme dominante est la propriété familiale, entendue au double niveau du ménage comme à celui de la concession ou encore de l'exploitation : charrue : 77 % contre 22 %, charrette : 66 % et 32 %.

• Les acteurs sociaux, personnes ou structures intermédiaires : majoritairement les chefs d'exploitations familiales, par l'intermédiaire de l'Église catholique et des ONG.

• Les modes d'accès à ces innovations par les autres membres de l'exploitation : les liens internes à l'exploitation familiale.

Les facteurs déterminants des adoptions

• Motifs d'adoption : pour les quatre statuts de producteurs, c'est la recherche de meilleurs rendements et de la fertilité des sols, surtout pour les deux plus importants d'entre eux, le zaï et les cordons pierreux (11 % à 15 %).

• Effets positifs : reconnus pour les intrants par les quatre statuts de producteurs sur les quatre plans suivants : la protection, la bonne croissance, l'humidification, la fertilisation, avec de meilleurs effets reconnus au fumier par rapport à l'engrais (25 % pour l'engrais, 46 % pour le fumier) par les femmes et par 55 % des célibataires, 57 % des chefs de ménage et 60 % des chefs d'exploitation). Parmi les effets positifs des aménagements antiérosifs sur ces mêmes sols, en termes de fertilisation et d'humidification, le zaï réalise au moins trois fois plus de rendements que les cordons pierreux (14 %, 17 % et 25 % pour les chefs de ménage et d'exploitation et les célibataires contre environ 3 % pour eux tous).

La question de genre dans ces processus

La question de genre est ici entendue dans le sens de la distribution des croisements en prenant en compte la différence de sexe : les analyses différenciées ont été faites aux quatre niveaux que sont le niveau de connaissance, le type de propriété, les techniques d'utilisation et la connaissance des effets des innovations culturales.

Dans leur ensemble, se confirme une certaine unanimité des avis et des opinions des femmes avec ceux des hommes, sur ces quatre thèmes, même en faisant intervenir les variables d'ethnie, de religion, de niveau de formation, ou de catégories socio-économiques (activités secondaires pendant les deux saisons).

Étude sur l'« Adaptation au changement climatique pour le système hydrologique des fleuves sahéliens et des bassins versants de leurs affluents : cas de la Sirba au Burkina Faso (2005) »

Problématique et méthodologie

La problématique de cette étude, centrée sur la variabilité et les changements climatiques, a une double référence :

– le constat que les productions agricoles de l'Afrique subsaharienne sont souvent insuffisantes, du fait que non seulement les outils de travail aratoire des populations sont de faibles performances, mais aussi que ces populations sont ignorantes et ne se soucient pas des besoins de conservation des eaux et des sols, ni des apports en fertilisants de ces derniers.

– quand bien même il leur arrive de parvenir à des niveaux élevés de production qui pouvaient couvrir leurs besoins d'alimentation, elles font preuve d'imprévoyance et de gaspillage dans le rythme et le niveau de consommation des productions obtenues.

Sans prétendre nier les cas de comportements isolés qui corroboreraient de telles assertions, les données livrées ici, de portée générale pour l'échantillon de populations soumises aux enquêtes, remettent fortement en cause ces préjugés.

En dépassant ces appréciations, dans un contexte de conditions physiques difficiles et de péjoration climatique, le problème est de savoir comment l'homme et la société, par leurs capacités de créativité, d'adaptabilité et d'organisation, donc d'inflexion des contraintes de la nature, de conservation et de promotion du potentiel de production, deviennent les acteurs finalement déterminants du niveau et de la qualité de ces productions, notamment par le capital de connaissances des espèces de cultures et des conditions de leur meilleure productivité.

Dès lors, peuvent se formuler les questions ci-après :

– quels sont les éléments constitutifs de ce capital ?

– à quels référents culturels, économiques, écologiques, humains se rapportent les choix qu'opère le producteur pour une campagne ou pour une culture donnée ?

– à quelles stratégies de réalisation obéissent les choix décidés ? ou quels moyens met-il en œuvre pour les réaliser ?

La méthodologie a procédé par une recherche documentaire et une collecte de données de terrain.

Pour cette dernière, l'échantillon, tout comme la zone d'étude, est très composite dans sa diversité ethnique, sociale et professionnelle : sur un effectif total de 91 personnes, sont représentés quatre groupes ethniques (Gourmantché : 32, Mossé : 52,

Peul : 5, Zaossé : 2), quatre corps de métiers, (agriculteurs : 62, agropasteurs, 24, éleveurs embouche : 4 maraîchers : 1), six statuts sociaux (chefs de village ou de clan : 39, notables : 6, responsables administratifs villageois : 11, religieux : 2, responsables d'organisations paysannes : 6, autres : 27), etc.

Principaux résultats sur l'adaptation aux effets des changements climatiques

Ils se présentent sous l'angle des perceptions des effets de la variabilité et des changements climatiques d'une part, et des modalités de réponses qui y sont données, d'autre part.

Perceptions des effets de la variabilité et des changements climatiques

Les analyses ont d'abord repéré les perceptions des effets de la variabilité et des changements climatiques sous les aspects de rapport au climat et de rapport aux activités.

Le rapport au climat ou la perception autochtone de la variabilité et des changements climatiques est vu à travers les perceptions des incidences de la variabilité climatique, notamment celles suscitées par la sécheresse et les pluies abondantes, les problèmes alors posés et les tentatives de réponses des populations.

Les perceptions des incidences de la sécheresse et des pluies abondantes sont livrées dans le tableau ci-après.

Tableau I
Incidences de la variabilité climatique : cas de la sécheresse.

Modalités	Effectifs	Pourcentage
Pauvreté, famine	55	60,.4
Mort d'animaux	10	11,0
Dégradation de l'environnement	22	24,2
Fuite des bras valides	8	8,8
Manque de point d'eau	28	30,8
Vente d'animaux	12	13,2
Vol d'animaux	11	12,1
Coût élevé des céréales	3	3,3
Excès de chaleur	14	15,4
Maladies	28	30,8
Manque de produits de traitement	2	2,2
Insuffisance de pâturage	12	13,2
Rigidité des sols	17	18,7
Autres	3	3,3

Pour des pluies abondantes, les problèmes découlant de cette variabilité climatique sont identifiés par les populations : la famine et la pauvreté (67 %), les maladies (50 %), la désertification.

Face à toutes ces situations, quelles sont les réactions d'adaptabilité des producteurs ?

Les modalités de réponses des populations

Ces modalités comprennent les réponses directes à des incidences négatives de la variabilité climatique d'une part, et le repérage d'indices et la prise d'actions de prédiction de saison, d'autre part.

Le premier aspect est illustré par une dizaine de dispositions, dont les trois plus importantes sont la pratique des cordons pierreux et des diguettes, celle du reboisement et des fosses fumières (pour environ 40 % des répondants).

Pour renforcer davantage ces actions, les paysans mentionnent surtout la formation des groupements villageois et l'alphabétisation, l'entraide mutuelle, avec des fréquences de 21 % et 26 % respectivement. Un paysan sédentaire, membre du groupement villageois de Bilanga-Yanga nous en précise le contenu : « La formation des groupements (est faite) pour les travaux tels que les fosses fumières, les cordons pierreux. Nous avons changé de variété : auparavant, il y avait des variétés d'une durée de 120 jours ; maintenant, on sème des variétés de 60 à 70 jours ». L'étude IPGRI/*in situ*, réalisée en 2001, rapporte qu'entre 1970 (année des premières grandes sécheresses) et 2001 (année d'observation de terrain), une centaine de tentatives d'introduction de nouvelles cultures ont été réalisées dans les zones affectées, selon des stratégies basées sur le statut des acteurs sociaux qui introduisent ces cultivars, les moyens et les techniques culturales qui les accompagnent, et les moyens organisationnels mis en place (Sawadogo, 2011b).

Font également partie de ces réponses, mais dans des fréquences moindres, le déstockage des animaux, la lutte contre les feux de brousse, la production fourragère, les sacrifices et le maraboutage.

Le second aspect concerne la capacité dont disposent les paysans d'identifier des indices de repérage, à l'avance, de la qualité bonne ou mauvaise, de la saison à venir et, le cas échéant, d'initier des actions correctives.

Ainsi, dans la Gnagna et le Gourma, les informateurs « déclarent que si des arbres tels que le karité, le néré, le jujubier produisent beaucoup de fruits, cela traduit que la saison sera bonne. Ils déplorent aussi l'absence de certains arbres qui permettaient de savoir que la saison est arrivée et qu'il faut commencer les semis. L'absence de ces arbres a fait que les paysans partent au champ comme ils veulent ».

Dans le Kourittenga sont rapportés les cas suivants :

– « Si le raisinier a produit beaucoup, la prochaine saison des pluies sera bonne » ;

– « Dans le mois de juin, si le vent souffle beaucoup vers le sud, il y aura une sécheresse » ;

– « Dans le mois de décembre ou de janvier, si le vent souffle fort vers le sud, la prochaine saison des pluies sera bonne » ;

– « Lorsque les arbres à épines ont fait beaucoup de fleurs, la prochaine saison des pluies sera bonne ».

Vulnérabilité et capacités évolutives des sociétés africaines

Les témoins de vulnérabilité

Les régions concernées par les trois études dont les résultats sont présentés ici relèvent toutes de sociétés dans lesquelles la sécurité alimentaire est une préoccupation permanente soit du fait de l'état avancé de dégradation écologique, soit du fait des méthodes culturales traditionnelles peu performantes, soit du fait que les zones d'accueil de migrants n'évoluent pas rapidement vers le même état de dégradation écologique. La sous-productivité globale des systèmes de production en vigueur dans ces régions est donc le premier témoin de cette vulnérabilité des sociétés traditionnelles.

De manière générale, plusieurs auteurs des études de terroirs africains et notamment burkinabè ont, chacun selon ses formulations, relevé les caractères soit « archaïque », soit « peu évolué », soit « peu performant » du paquet technologique et des méthodes culturales de nos sociétés : à titre illustratif, citons Michel Benoit et « Les oiseaux du mil », Georges Savonnet et les capacités d'évolution de certaines sociétés du Sud-Ouest burkinabè, etc.

Au plan des structures sociales et des types d'acteurs qui président à l'organisation de l'autorité sociale, d'autres auteurs ont également soutenu la thèse de « société bloquée » pour le cas des Moosé, où l'autoritarisme et la politique du nivellement sociétal par le bas inhibent les innovations structurelles et technologiques (cf. Sawadogo R. C., 2009).

L'adaptabilité comme manifestation de capacités évolutives

Les innovations culturales constatées dans les trois études présentées ici contiennent des résurgences et des revalorisations de savoirs et de savoir-faire traditionnels, tant dans le domaine des techniques agricoles que de celui de la nécessité de l'organisation du monde paysan (cas du zaï et des groupements naam).

Ces études ont également identifié les acteurs porteurs de ces innovations et même précisé les préférences des producteurs quant au mode de propriété de ces innovations et à leur circulation à l'intérieur des membres d'une exploitation familiale, tout comme au niveau de la collectivité villageoise.

Ces éléments constituent, malgré des formes de résistances toujours persistantes dans ces sociétés d'une part, et des contraintes d'ordre matériel, financier et culturel qui sont susceptibles de retarder l'accès aux équipements nécessaires d'autre part, des forces porteuses de ces innovations, donc des capacités évolutives des sociétés concernées.

Néanmoins, ces capacités évolutives requièrent, pour plus d'effectivité et d'efficience, des soutiens extérieurs multiformes toujours utiles.

Discussions

Synthèse des principales formes d'adaptation aux effets des perturbations environnementales

Les principales formes d'adaptation des producteurs aux effets des perturbations environnementales s'inscrivent, pour leur majorité, dans les trois grands domaines suivants :

– la biodiversité agricole, avec les résultats du projet IPGRI,

– la dégradation environnementale, avec ceux du projet NIRP,

– la variabilité et les changements climatiques, avec ceux du projet Sirba.

Discussions sur leur efficacité par la mesure de certains indicateurs

L'évaluation de cette efficacité a été, dans le cas de l'étude NIRP, d'abord réalisée de manière qualitative, sur la base des appréciations de cette efficacité par les producteurs. Ainsi, ceux-ci témoignent de leurs connaissances des effets induits des innovations sur les sols et les plantes sur les trois plans suivants :

– la protection (résultats relativement faibles) ;

– la bonne croissance (10 % pour l'ensemble des statuts pour l'engrais et 25 % pour le fumier) ;

– le rendement élevé (5 % pour tous les statuts et pour les deux produits).

Les aménagements antiérosifs sont attributaires des mêmes effets positifs sur les cultures, sauf que la protection ne reçoit ici pratiquement pas de score, que la bonne croissance due au zaï est estimée deux fois plus faible que celle résultant des cordons pierreux (10 %), que, par contre, le rendement du zaï atteint 15 % et 18 % chez les chefs de ménage et d'exploitation, alors qu'il reste autour de 5 % pour les cordons pierreux.

Le fumier a, en plus, la particularité de permettre d'autres combinaisons d'apports positifs, il est utilisé par 36 % des femmes et 47 % des chefs d'exploitation et des célibataires.

Pour ce qui concerne les effets positifs sur les sols, deux grands apports sont relevés, autant pour l'engrais que pour le fumier :

– la fertilisation (25 % pour l'engrais, mais, pour le fumier 46 % par les femmes et 55 %, 57 % et 60 % respectivement par les célibataires, les chefs de ménage et les chefs d'exploitation) ;

– l'humidification (5 %).

Sur ces mêmes sols, les mêmes effets positifs sont reconnus aux aménagements antiérosifs :

– la fertilisation : le zaï réalise au moins trois fois plus d'appréciations positives que les cordons pierreux (14 %, 17 % et 25 % pour les chefs de ménage et d'exploitation et les célibataires contre environ 3 % pour eux tous) ;

– l'humidification : les taux sont ici deux à trois fois plus élevés que pour les intrants ; de plus, ici également, les cordons pierreux réalisent une combinaison d'effets positifs sur les sols, que ne font pas les intrants.

Enfin, le monde des producteurs étant constitué d'hommes et de femmes, terminons cet état des lieux au niveau de la gente féminine. Ici, le lien social avec le chef d'exploitation (facteur socio-démographique) et la religion (facteur socio-culturel) a servi de base pour apprécier ce niveau de connaissance des effets induits par le recours aux innovations culturales.

Les musulmanes dans leur majorité (42,2 %) comme la majorité de la minorité catholique (40 %) identifient l'effet cumulé de la bonne croissance et du rendement élevé des plantes, tandis que la majorité des épouses de chefs d'exploitation comme de ménage optent pour la fertilisation des sols.

Au total, se confirme une certaine unanimité des avis et des opinions des femmes sur les apports des différents supports, ce qui constitue une différence notable avec les constatations souvent diversifiées faites chez les hommes des quatre groupes-cibles (chefs d'exploitation, chefs de ménage, femmes et célibataires), chacun à son niveau interne.

En plus de cette évaluation qualitative des effets réels des innovations culturales en termes de gains mesurables, une autre étude, initiée dans le cadre du CILSS, a bénéficié de méthodes d'agronomes pour la mesure de ces gains (Bélemviré *et al.*, 2008) sur les différents niveaux suivants :

– l'analyse statistique confirme des différences significatives entre les techniques CES (Conservation des eaux et des sols) de la saison agricole 2007 et ce, par-delà les caprices pluviométriques : les gains de rendement grains sur les champs sans CES sont de 78 % pour le zaï, de 32 % pour les cordons pierreux et de 120 % pour la combinaison cordons pierreux + zaï, pour une des grappes de villages (Ranawa), les cordons pierreux ont produit un gain de rendement de 41 % et le zaï de 114 % ; dans une autre grappe de villages (Noh), les gains de rendement en grains sont de 44 % pour le zaï, 45 % pour les cordons pierreux et de 102 % pour la combinaison zaï + bandes enherbées. Les gains de rendement grains par rapport aux champs sans CES sont de 53 %, 39 % et 112 % respectivement pour le zaï, les cordons pierreux et la combinaison zaï + bandes enherbées ;

– dans le cas du recours à la fumure, cette étude montre également que ce fertilisant a un effet significatif sur le rendement : dans la grappe de Ziga, les rendements grains des champs sans fumure sont de 305 kg/ha pour le grain et de 1 257 kg/ha pour la paille. Les champs fumés avec des doses de 1 à 5 tonnes ont produit un rendement en grains de 719 kg/ha et 2 282 kg/ha de paille, soit un doublement du rendement grains par rapport aux champs non fumés ; quand la quantité de fumure dépasse 5 tonnes, ces chiffres atteignent, respectivement, 1 077 kg/ha de grains et 2 991 kg/ha de paille, doublant ainsi les rendements, d'une situation à une autre ; la proportion est de deux fois et demi dans la grappe de Ranawa ;

– portant l'exercice sur une longue période de 21 ans (de 1984 à 2004), cette étude, pour la zone sahélienne concernée (Yatenga et Bam), montre que le recours aux innovations culturales va dans le sens d'une amélioration des rendements avec

cependant des variations importantes d'une année à l'autre : en dents de scie suivant les saisons agricoles, mais le niveau des rendements est plus élevé de nos jours que pour les années 1980 ;

– pour la sécurité alimentaire : si l'étude ne constate pas, pour celle-ci, de différence significative entre les 344 ménages avec CES et les 312 ménages sans CES (21,30 % et 21,60 % de couverture des besoins vivriers à partir de l'autoproduction) ; par contre, les villages fortement aménagés achètent moins de vivres que ceux faiblement aménagés : soit, respectivement, les quantités moyennes de 200 kg de sorgho, 30 kg de mil, 75 kg de maïs et 11 kg de niébé, contre 238 kg de sorgho, 33 kg de mil, 102 kg de maïs et 8 kg de niébé ;

– pour la conservation de l'environnement, l'effet positif des aménagements est attesté : la densité et le nombre d'espèces végétales recensées sont supérieurs dans les situations avec aménagement par rapport à celles sans aménagements.

Autres sujets

Précisions sur l'identité des acteurs sociaux porteurs des innovations culturales

Les études effectuées ont identifié :

– pour les personnes physiques : les chefs de famille, en distinguant les chefs d'exploitation ou de concession ou de la grande famille d'une part et le chef de ménage, d'autre part. En ce qui concerne les autres acteurs de l'activité de production, dont les femmes et les jeunes, qui peuvent avoir leurs propres besoins, cette distinction permet de savoir qui, dans la même exploitation, s'adresse à qui pour quel besoin, d'une part ; et d'autre part (bien que les éléments n'aient pas été abordés ici), elle permet aussi d'apprécier le niveau d'adhésion aux innovations selon le statut familial de la personne qui en fait la proposition ;

– pour les structures : les organisations paysannes ont le préjugé *a priori* favorable, en tant qu'émanation du milieu des paysans et souvent leur propre création ; viennent ensuite les organisations non gouvernementales, souvent plus attentives aux doléances des populations de la base et plus promptes à y répondre.

Toutefois, les expériences diverses déjà vécues par certaines populations rurales tant du côté des organisations paysannes que des ONG, les amènent à ne donner leur confiance et leur sympathie que sur la base des actes concrets posés, répondant à leurs principes et valeurs de référence dans les rapports avec eux. Il serait utile que de telles expériences puissent faire l'objet d'échanges, de manière à permettre d'en faire, à l'avenir, l'économie.

Formes préférentielles de propriété des innovations culturales

Entre les formes individuelles, familiale et communautaire de propriété des innovations culturales, la forme familiale a été, de loin, la préférée. Viendrait en seconde position la forme communautaire, si l'on entend par là la forme collective à l'intérieur d'une organisation paysanne dont tous les membres se sont cooptés et se font mutuellement confiance.

Toutefois, certaines expériences amères des cautions solidaires dans les opérations de crédits ont dû conduire à des révisions pour des formules de constitution très restrictives (cas de la substitution des anciens groupements villageois par les groupements de producteurs cotonniers, au Burkina Faso).

De plus, il conviendrait de suivre de près l'évolution de plus en plus croissante au Burkina Faso de la propriété privative, en cours d'émergence par le fait des « nouveaux acteurs » ou de la politique de l'agro-business dans les zones rurales, mais pour lesquels des inquiétudes se manifestent (acquisition de domaines fonciers souvent importants de plusieurs centaines d'hectares, niveau de mise en valeur effective très faible, risque de prolétarisation rapide des petits producteurs), les mesures de contrôle de tels dérapages, existantes ou envisagées, devraient être partagées.

Innovations culturales et productivité

Les justifications par lesquelles les paysans apportent leur adhésion aux innovations culturales mentionnent clairement l'espoir de l'élévation des rendements et de la production agricole (15 % à 25 % des paysans affirment les avoir obtenus grâce à ces innovations culturales).

Se posent néanmoins, d'une part, le problème des conditions d'effectivité de cet objectif, tant les paramètres qui y interfèrent sont nombreux (respect strict des consignes d'application des principes de mise en œuvre de ces innovations, régularité du suivi par des personnes compétentes et disponibles, incidences des aléas pluviométriques, etc) ; d'autre part, une certaine fixation sur cet objectif peut conduire à des dérives productivistes, au mépris à la fois de la préservation et de la conservation de l'environnement et des valeurs humaines au risque de ne plus voir dans l'homme que le premier outil de la production et d'oublier toute notion de droits humains : quelles précautions peuvent en constituer des mesures préventives ?

Sociétés africaines et environnement

L'invite à la promotion des innovations culturales pose le problème de la prise en compte des savoirs et savoir-faire traditionnels en matière environnementale, dont des formes de revalorisations sont susceptibles de donner de meilleurs résultats, avec moins d'effets pervers, que les produits importés (cas de fumure et des engrais chimiques). Toutefois, comme le remarque un auteur, « il ne suffit pas de recenser simplement des techniques, des comportements mystiques ou des proverbes accompagnant telle ou telle opération dans un milieu donné. Il faut un vrai travail d'analyse et de synthèse en vue d'identifier les aspects effectivement utiles... Il s'agit donc d'une double lecture du milieu physique (lecture paysanne, lecture scientifique) (Drissa Diallo, *in* Agence universitaire de la francophonie, 2004, tome 2, page 337).

De même, évoquer le problème de la conservation de l'environnement aujourd'hui en Afrique ne saurait se faire sans le situer dans le contexte de la mondialisation/globalisation : un contexte défavorable où la place au soleil se mesure à la capacité de mettre sur le marché mondial des marchandises compétitives, alors même que les pays du Nord bafouent les règles du commerce international, tout en enjoignant les pays du Sud à les respecter ; un combat périlleux où la pauvreté galopante oblige

des franges importantes des populations du Sud à recourir inconsidérément au peu de ressources naturelles de plus en plus réduites, pendant que nos richesses agricoles et minières sont bradées sans retour conséquent de devises.

C'est une invite supplémentaire à un rôle effectif de l'expertise scientifique et technique dans la recherche de stratégies éprouvées de prévention et de conservation du patrimoine écologique encore restant dans nos pays, de manière qu'à côté d'autres cadres d'actions, ce rôle contribue à un développement durable effectif de l'Afique.

Perspectives de recherche

Deux exemples sont présentés ici.

Projet déjà soumis à Amma Afrique : **« Étude sur les mesures d'adaptation des producteurs ruraux aux effets du changement climatique dans les zones d'immigration au Burkina Faso »**

Ce projet avait, en effet, d'abord été présenté à la rencontre de Amma Afrique tenue à Ouagadougou du 25 au 27 février 2009.

Lors de l'atelier de Ammanet (Abidjan, 19 au 19 mai 2010), il a été retenu dans le volet *Priorités sociétales de Ammanet* « Impacts socio-économiques, politiques publiques et stratégies d'adaptation au changement climatique », axe 2 « Dynamiques socio-économiques, perceptions du changement climatique et stratégies d'adaptation », composante 3 « Stratégies d'adaptation », sous le même titre que ci-dessus.

Durant cet atelier, les stratégies d'adaptation ont été définies comme des « réponses variées et différentes d'un contexte à un autre, pouvant prendre les formes de migrations, d'innovations dans les techniques culturales, de transformations des habitudes alimentaires, de déplacements de zones agro-pastorales ou encore de diversifications des sources de revenus » (cf. rapport du groupe adhoc : 5).

La justification de cette composante relevait la faible mise en relief des changements climatiques dans l'explication des mobilités humaines.

Du point de vue du contexte, plusieurs études ont certes déjà abordé la thématique de l'étude, telles, par exemple : l'étude IPGRI ou *in situ* en 2001 (provinces différentes du point de vue agro-climatique : Ouahigouya, Tougouri et de Thiougou), l'étude NIRP en 2002 (provinces d'origine et destination des migrants : Yatenga et Sourou), l'étude de bassins fluviaux, Projet CILSS et Agrymet, Sirba, 2005 : adaptation climatique des producteurs des bassins fluviaux, étude pour un Sahel vert, CILSS, 2008 (volet sociologique). Dans leur ensemble, ces études ont fait le

point sur l'état de connaissance et de conscience des effets des changements climatiques exprimés par les producteurs ruraux, les réponses adaptives qu'ils y ont apportées et leur évaluation sur les conditions d'une plus grande efficacité.

Toutefois, de nos jours, les déficits pluviométriques constatés lors de la campagne agricole 2011, s'ajoutent au taux d'accroissement annuel élevé de la population (3 % selon le RGPH 2006) et à l'insécurité de l'accueil dans les pays d'émigration traditionnelle (cf. Côte d'Ivoire), pour contribuer à alourdir davantage la pression sur les ressources naturelles (foncier et couvert végétal) et à accentuer la mobilité spatiale des populations à la recherche de contrées plus propices à leurs activités de production.

Dans un tel contexte, une connaissance toujours plus précise et actualisée des réponses adaptatives des producteurs ruraux face aux effets des changements climatiques, devient alors de plus en plus nécessaire, surtout celle des migrants, dont le déplacement est précisément lié aux effets de ces changements climatiques.

La présente recherche, qui sera conduite dans un échantillon de zones d'immigration selon leur ancienneté et leur intensité, a pour objectifs essentiels :

– évaluer le niveau des réponses adaptatives aux effets des changements climatiques,

– apprécier leur efficacité par le niveau de couverture des besoins des familles des producteurs et par le niveau de restauration des ressources naturelles (plantations, éléments déterminants des choix de cultures des campagnes agricoles, etc.)

Les principaux résultats attendus sont:

– l'éventail des réponses adaptatives des producteurs ruraux dans les zones écologiques fragilisées par les changements climatiques est connu avec plus de précision, autant dans les zones de départ des migrants que dans leurs zones d'accueil,

– les dispositions d'amélioration évolutive de ces adaptations sont connues,

– les mesures d'accompagnement de ces réponses adaptatives des producteurs, attendues de leurs partenaires au développement (services publics, ONG) sont connues.

L'étude sera réalisée, dans le cadre de notre laboratoire (Sociétés, Mobilité, Environnement), avec la contribution d'étudiants de maîtrise, sinon des doctorants du LMD, qui, par une participation active à toutes les phases de la recherche, accroîtront leurs capacités d'analyse des réponses adaptatives aux effets des changements climatiques. De même, les producteurs qui constitueront la population d'enquête, prendront davantage conscience des enjeux des changements climatiques sur leurs systèmes de production et sur leurs conditions de travail et de vie.

Nouveau projet : « Suivi des populations en situation difficile au Burkina Faso »

La présentation de ce projet se conformera également au schéma général adopté lors de l'atelier Ammanet de mai 2010 à Abidjan.

Contexte

Le Burkina Faso, au cours de la dernière décennie, a connu une série de crises (situation du retour forcé des immigrés de Côte d'Ivoire à partir de 1999, crise

financière internationale de 2007 avec son corollaire de hausse des prix des denrées alimentaires et de dégradation des conditions de vie des ménages, et enfin inondations du 1er septembre 2009) qui ont nécessité de la part de l'État et de ses partenaires, des interventions en termes d'assistance et d'aides.

Dans les interventions initiées en faveur des personnes concernées, les structures aussi bien gouvernementales que privées distinguèrent généralement et assez rapidement, les mesures d'urgence et celles de long terme. Parmi les dernières se positionne la question de l'insertion ou de la réinsertion sociale et économique de toutes ces personnes en situation difficile, qu'il s'agisse de « rapatriées » ou de « sinistrées », dans une perspective d'« insertion » ou de « réinsertion » durable. S'il est vrai par ailleurs que des études ont déjà tenté de rendre compte de ces situations (cf. Gval de septembre 2011 et dossiers de stages de terrain de notre département de sociologie, etc.), bien des aspects demandent à être approfondis. Ainsi, peuvent se formuler les questions de recherche suivantes :

– de quoi disposaient ces personnes au début de ces situations ?

– quel accueil et quelles assistances leur ont été proposés ?

– quelle en a été l'efficacité ?

– quelles perceptions ont-elles eu de cette assistance et de son efficacité ?

– quelles perspectives se représentent-elles, à leur propre niveau et à celui des partenaires ?

Objectif général

– Analyser les stratégies et les mécanismes de réinsertion sociale des personnes victimes de situations difficiles (expulsés, rapatriés, sinistrés des inondations) dans les provinces frontalières avec la Côte d'Ivoire (les quatre provinces de la Région du Sud-Ouest, les provinces de la Comoé et de la Léraba, quelques zones rurales dans lesquelles les concentrations des rapatriés et des expulsés sont les plus élevées), et les deux grandes villes du pays que sont Ouagadougou et Bobo-Dioulasso.

La perspective sociologique permet d'appréhender, tant du point de vue des victimes que de celui des structures et institutions, les représentations, les pratiques et les contraintes sociales qui conditionnent ou contrarient la réinsertion sociale des personnes victimes de ces situations difficiles au Burkina Faso.

Objectifs secondaires

– Décrire les actions mises en œuvre par les différentes institutions œuvrant en faveur de ces victimes, en vue de leur réinsertion sociale et économique ;

– Cerner la perception que les victimes ont d'elles-mêmes et celle que la société a des victimes ;

– Repérer et caractériser les contraintes handicapant la réinsertion sociale et économique des personnes victimes ;

– Présenter et évaluer les initiatives prises par les personnes victimes elles-mêmes pour retrouver ou se créer une place au sein d'une société, dans la perspective d'une auto-prise en charge.

Les résultats attendus

– Les actions de réinsertion sociale et économique mises en œuvre par les différentes institutions œuvrant en faveur de ces victimes sont connues ;

– La perception que les victimes ont d'elles-mêmes et celle que la société a des victimes sont connues ;

– Les contraintes handicapant la réinsertion sociale et économique des personnes victimes sont identifiées ;

– Les initiatives prises par les personnes victimes elles-mêmes pour retrouver ou se créer une place au sein d'une société, dans la perspective d'une auto-prise en charge, sont repérées ;

– L'association des étudiants de master 2 et doctorants à la réalisation de cette recherche contribuera à renforcer davantage les ressources humaines compétentes dans ce domaine de recherche.

Stratégie de mise en œuvre

Dans sa stratégie de mise en œuvre, le projet réunira des chercheurs seniors et juniors du monde universitaire, d'instituts de recherche et de jeunes chercheurs (master, doctorat) du Burkina Faso et d'éventuels autres pays. Ce faisant, par cette association collaborative de chercheurs confirmés et de chercheurs plus jeunes, ce projet de recherche ambitionne de participer au renforcement des capacités de recherche des pays dont les populations se retrouvent souvent dans ces situations difficiles.

Institut responsable du projet

Notre laboratoire de Sociétés, Mobilité et Environnement regroupe des chercheurs confirmés dans les trois domaines de son champ d'action.

Conclusions

La présente contribution vient en complément d'une autre centrée sur l'état de connaissance de pratiques de gestion rationnelle de leur environnement par les populations des sociétés africaines. Ce fonds de patrimoine écologique apparaît comme la base sociologique préalable et nécessaire pour bâtir des stratégies actuelles efficaces de lutte contre la désertification et contre les effets des changements climatiques.

Cette contribution en poursuit le prolongement en livrant précisément un éventail de pratiques de lutte contre toutes les formes de perturbations environnementales, dont les sécheresses et les inondations, bien que phénomènes opposés, en forment les éléments constitutifs.

Tout comme l'état de connaissances, cet inventaire des expériences de formes de lutte contre les perturbations environnementales, apparemment propres aux populations

des sociétés du Burkina Faso, se veut également suggestif pour les populations des autres sociétés africaines qui composent la longue ceinture de la « grande muraille verte africaine ». Ici également, comme pour le premier thème, les deux récentes rencontres de Cotonou sont des réservoirs larges et variés, à partir desquels de nombreuses autres expériences peuvent être repérées, analysées, retenues.

Les analyses conduites ici pour discuter et conforter l'efficience des expériences relatées pourraient également s'y retrouver.

La grande muraille verte africaine, dans ses grandes ambitions de reverdir le Sahel aride et semi-aride, devrait, en forgeant ses fondations sur de telles bases, réussir à reconstituer un espace géopolitique, non seulement de verdure retrouvée, mais aussi et surtout de contexte de construction et de reconstruction de sociétés viables, assumant leur être et leur devenir de manière plus autonome et plus souveraine.

Dans l'ensemble, des orientations à suivre pour définir des stratégies d'adaptation aux changements climatiques pourraient, dans ce contexte :

– déployer des actions d'accompagnement, de renforcement, d'amélioration de ce qui se fait déjà ou est déjà envisagé : de telles actions permettraient de consolider les niveaux de prise de conscience, de rechercher ensemble les meilleures réponses locales possibles, afin de rendre les résultats finaux encore plus performants, plus efficients par rapport aux problèmes et aux situations à résoudre ;

– soutenir la recherche scientifique et technique pour qu'elle renforce ses capacités d'inventaires, d'analyses et d'accompagnement des stratégies de développement : ses résultats, comme outils d'aide à la prise de décisions, permettront de mieux ajuster celles-ci, pour une plus grande efficacité au bénéfice de la conservation de l'environnement et d'un développement durable à travers une sécurité alimentaire mieux assurée.

Bibliographie

Bélemviré Adama, Maîga Alkassoum, Sawadogo Hamado, Sawadogo Moumini, Ouédraogo Souleymane
Etude des impacts biophysiques et socio-économiques des investissements dans les actions de gestion des ressources au Nord du plateau central du Burkina Faso : CILSS, août 2008, 101 pages, version provisoire, multigr.

Burkina Faso :
Stratégie nationale de mise en œuvre de la convention sur les cangements climatiques
Décembre 2001, 80 pages, multigr.

Burkina Faso :
Stratégie nationale et plan d'action du Burkina Faso en matière de diversité biologique
(sans date), 163 pages, multigr.

Hien Mwinbaléopouor Héliane
Rôle social et culturel de l'artisanat face à la déforestation : cas des artisans de Ouolonkoto (Province du Houet).
Mémoire de Maîtrise de Sociologie, Département de Sociologie, UFR Sciences Humaines, Université de Ouagadougou, année académique 2006-2007,
69 pages, multigr.

Nikièma Habibou
Perception des coupons alimentaires
du PAM par les ménages pauvres de la ville
de Ouagadougou.
Mémoire de Maîtrise de Sociologie,
Département de Sociologie, UFR Sciences
Humaines, Université de Ouagadougou,
année académique 2010-2011,
63 pages, multigr.

Pablo Pacheco
Investissements internationaux
dans l'agriculture : les impacts négatifs
sont-ils plus importants que les bénéfices ?
Center for International Forestry Research
multigr.

Padiéne Harouna
Auto-promotion des rapatriés
dans leur réinsertion socio-économique :
cas de l'Association féminine Teg-Taaba
pour la survie des rapatriés de Côte d'Ivoire
(ATETASR).
Mémoire de Maîtrise de Sociologie,
Département de Sociologie, UFR Sciences
Humaines, Université de Ouagadougou,
année académique 2008-2009,
92 pages et annexes pages. multigr.

Programme ACP Sciences et Technologies
Perturbations environnementales
et adaptation des politiques agricoles
pour la sécurité alimentaire en Afrique de l'ouest.
Rapport général du deuxième forum
du deuxième forum régional, Cotonou,
27 au 29 septembre 2011. 31 pages, multigr.

Sawadogo, Ram Christophe
- 2011a : Expériences de capacités
d'adaptation des populations Burkinabè
aux effets du changement climatique
et perspectives de recherches.
Atelier final du Programme RIPIECSA,
Cotonou (Bénin), 18 au 18 octobre 2011,
14 pages, multigr.

- 2011b : Les populations burkinabè face
aux perturbations environnementales :
expériences de réponses adaptatives
des producteurs et questionnements
sur leurs sociétés. Deuxième forum régional
de « Projet de gestion et de valorisation
de la recherche dans le domaine de la sécurité
alimentaire en Afrique de l'ouest (GVal-Sécurité
alimentaire) », Cotonou, Bénin,
27 au 27 septembre 2011, 22 pages, multigr.

- 2005 : Adaptation au changement climatique
pour le système hydrologique des fleuves sahéliens
et des bassins versants de leurs affluents :
cas de la Sirba au Burkina Faso,
44 pages. multigr.

- 2004a : Innovations agricoles paysannes
au Burkina Faso : prédominance de stratégies
collectives, de leur adoption et de leur utilisation
et perspectives de l'économie rurale durable :
étude de cas dans les provinces du Yatenga
et du Sourou Congrès AISLF, Tours, 2004,
23 pages, multigr.

- 2004b : Adaptation au changement climatique
pour le système hydrologique des fleuves
sahéliens et des bassins versants de leurs
affluents : cas de la Sirba au Burkina Faso
juillet 2004. 43 pages, multigr.

- 2002 : Les études socio-économiques de base
du Projet IPGRI (IN SITU) au Burkina Faso :
approche méthodologique et résultats
préliminaires. Avril 2002, 36 pages. multigr.

- 1993 : Aspects sociologiques de l'éducation
à l'environnement : connaissances et gestion
rationnelle de l'environnement par les peuples
du Burkina Faso : 37 pages, 1 tableau, 5 annexes
dont 1 graphique.
Document produit dans le cadre du Programme
Sahélien d'Education (PSE) pour le Séminaire
de formation à l'environnement de responsables
de l'enseignement secondaire
et de Chefs d'établissement :
Ouagadougou, 26 au 30 octobre 1992
et 4 au 18 janvier 1993, multigr.

Sawadogo (Ram Christophe)
et Zongo (Mahamadou)
Les innovations culturales comme forme
de participation des producteurs à la lutte
contre l'érosion et la désertification :
contexte et facteurs déterminants.
Contribution de l'Université de Ouagadougou
à l'étude approfondie du Projet NIRP.
Novembre 2002, 134 pages, multigr.

Sawadogo (Ram Christophe),
Maïga (Alkassoum), Bidima (Yamba),
(sous la direction de)
Inventaire, état de la régénération naturelle
et domestication des espèces ligneuses utilisées
dans l'artisanat d'art dans l'ouest du Burkina Faso.
Rapports de stage de terrain obligatoire rédigés
par les étudiants. Année académique 2008-2009.
73 pages. multigr.

Sawadogo (Ram Christophe),
Maïga (Alkassoum), Ouattara (Siaka),
Ouédraogo (Abdoulaye),
(sous la direction de) (2009) :

- Situation socio-économique des sinistrés du 1er septembre 2009 et de leurs attentes vis-à-vis de l'Etat et de ses partenaires : cas de cinq sites d'hébergement (Pissy I, Pissy II, Hippodrome, INJPS, Samandin). 34 pages, multigr.

- La problématique du logement des sinistrés : politique envisagée par 'Etat et préoccupations des sinistrés. 32 pages, multigr.

- La cohabitation des sinistrés du 1er septembre 2009 sur les sites d'accueil dans la ville de Ouagadougou. 63 pages, multigr.

- La problématique de la fréquentation scolaire (au primaire) des enfants sinistrés de la ville de Ouagadougou : cas du site de l'hippodrome (Hamdallaye) et du site de l'INJEPS. 40 pages. multigr.

Yaméogo Zoubi
Initiative et pouvoir créateur de la femme : cas de l'Association féminine « Teg-Taaba » pour la survie des rapatriés de Côte d'Ivoire (A. Te. Ta.S.R.) dans l'Arrondissement de Sig-Noghin.
Mémoire de Maîtrise de Sociologie,
Département de Sociologie,
UFR Sciences Humaines,
Université de Ouagadougou,
année académique 2008-2009,
99 pages et annexes. multigr.

Zongo Anatole
La dégradation de l'environnement : est-ce un effet important de la migration ? Etude cas du département de To (Province de la Sissili).
Mémoire de Maîtrise de Sociologie,
Département de Sociologie,
UFR Sciences Humaines,
Université de Ouagadougou,
année académique 1995-1996,
159 pages. multigr.

Connaissance des pratiques traditionnelles de gestion de l'environnement : préalable et base sociologique de l'efficacité des stratégies actuelles de sa conservation

Professeur Ram Christophe Sawadogo
Sociologue
Université Ouagadougou, Burkina Faso
UFR – Sciences humaines – Département de sociologie

La présente contribution tire l'essentiel de sa substance de la référence suivante : « Aspects sociologiques de l'éducation à l'environnement : connaissance et gestion traditionnelles de l'environnement par les peuples du Burkina Faso ».

Résumé

Contrairement à une certaine opinion répandue, les sociétés africaines ont une conscience claire de la fragilité de l'environnement. Leurs rapports à cet environnement sont fondés sur les références cosmogoniques des êtres et des éléments qui le constituent. Elles en assurent la protection et la sauvegarde par des pratiques séculaires.

Les stratégies officielles de conservation, de protection et de sauvegarde de l'environnement adoptent généralement des attitudes d'ignorance et/ou de distanciation vis-à-vis de ce patrimoine endogène.

Le Projet Majeur Africain de Grande Muraille Verte s'inscrit dans les perspectives d'un développement viable et durable de la région concernée. Ses stratégies de mise en œuvre doivent alors envisager et réussir une synergie d'action collaborative entre les deux catégories d'acteurs et de systèmes.

Mots clés

ENVIRONNEMENT, SOCIÉTÉS AFRICAINES, MONDE INVISIBLE, RAPPORTS À L'ENVIRONNEMENT, GESTION RATIONNELLE, PRATIQUES TRADITIONNELLES, DÉGRADATION, PROTECTION

Introduction

C'est depuis 1987 que suite à un sommet des chefs d'État des pays membres du Sahel, a été lancé le Programme sahélien d'éducation (PSE). Son but était de préparer les générations montantes des populations du Sahel à mieux assumer les relations de l'homme avec son environnement, dans le sens d'une meilleure protection, conservation et amélioration de celui-ci. Cet objectif devait leur permettre d'atteindre, à travers la formation, un « savoir, un savoir-faire et un savoir-être » qui leur permettent de tirer le meilleur parti de leur environnement (PSE, 1987, page 4).

De nos jours sont nombreuses les initiatives de mobilisation de ressources et d'acteurs pour la lutte contre la dégradation de l'environnement, la désertification, les effets des changements climatiques. Ainsi, à titre illustratif, beaucoup de gouvernements de l'Afrique subsaharienne, accompagnés et soutenus par les décisions et recommandations des conférences internationales (Stockholm en 1972, Rio en 1992, Copenhague en 2009, Durban en 2011), disposent d'institutions de haut niveau, en charge de cette préoccupation : le ministère de l'Environnement et du Développement durable du Burkina Faso vient de tenir, les 27 et 28 octobre 2011, un colloque international au titre évocateur et significatif : « Pour un développement créatif et durable : déchets et énergies, énergies renouvelables et collectivités locales ».

Comme l'évoque le dernier élément du titre de ce colloque, certaines de ces initiatives se soucient de la participation des populations.

Toutefois, se préoccupe-t-on toujours de connaître l'héritage de pratiques de conservation, de préservation sinon de promotion de l'environnement par les populations ? Leurs pratiques et leurs stratégies en la matière ?

Bien qu'un nombre important d'études et de recherches aient déjà été réalisées sur ce sujet, la prise en compte de ces savoirs endogènes est encore insuffisante.

Le projet de la « Grande Muraille Verte » postule, à juste titre, l'existence d'un « important potentiel de développement » à travers un « important savoir traditionnel, endogène qui a permis aux populations endogènes de lutter et de développer à travers des décennies une forme de résilience face aux perturbations environnementales » (document du projet d'ouvrage GMV, 2011 : 1). La présente contribution se propose d'en apporter une illustration à travers des expériences de pratiques et des comportements qui témoignent de cette reconnaissance, par les populations rurales, de la fragilité de leur écosystème, de la nécessité d'en préserver la conservation et d'en promouvoir la valorisation.

Les expériences sont celles des populations du Burkina Faso, repérées et consignées lors de plusieurs recherches des années 1980, 1990 et 2000. Toutefois, les expériences similaires pratiquées par les populations d'autres pays sont évoquées chaque fois que de besoin.

Cette contribution présente d'abord deux éléments consubstantiels au rapport des populations africaines à l'environnement : une certaine conception de ses composantes et les perceptions et représentations qu'elles s'en font, tous constituant les fondements

de leurs comportements vis-à-vis de l'environnement. Sont ensuite abordées les pratiques de sa gestion rationnelle et les formes de lutte contre la désertification et contre les effets des changements climatiques.

Sont enfin esquissées les formes de collaboration et d'harmonisation souhaitables entre pratiques traditionnelles et stratégies actuelles de lutte contre la désertification et contre les effets des changements climatiques.

Appréhension de l'environnement par les populations africaines : présence du monde invisible indissociable

Pendant longtemps, la littérature disponible relative à l'environnement a été largement dominée par les études, les recherches et les analyses de botanistes, de forestiers, de géographes. Il en est ainsi depuis les auteurs les plus anciens (R. P Sébixe qui dès 1889, fit ses premières observations sur le Sénégal ; Aubreville, Inspecteur général des Eaux et Forêts des colonies et son ouvrage *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale* de 1949 ; le Professeur Auguste Chevalier et ses nombreuses communications à l'Académie des sciences en France, dans les années 1950, etc.).

L'on constate ainsi que les définitions proposées sur l'environnement ont ce trait commun qu'elles appréhendent presqu'uniquement le monde visible dans ses différentes composantes physiques, chimiques, biologiques. Même lorsqu'elles font une place aux facteurs humains et sociaux, ces derniers se réfèrent surtout aux actes concrets que les hommes posent avec ou sur leur environnement. Ceci est illustré dans les deux définitions suivantes :

– pour le Conseil international de la langue française, « l'environnement est l'ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques, biologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines » ;

– pour Aubreville, « la protection de la nature dans son ensemble, c'est la protection du milieu dans lequel vit l'humanité africaine, c'est-à-dire les sols qu'elle cultive, les eaux sont indispensables à la vie, celles qui viennent du ciel sous forme de pluies, celle du sol et des rivières et enfin… La couverture végétale spontanée qui est la protection principale des sols et des eaux ».

Or, sous l'angle sociologique ou anthropologique (au sens large de ce dernier terme), aucun auteur sérieux ne définit une société, un groupe humain ayant à la fois son histoire et son organisation spatiale donnée, en l'amputant de son monde invisible, c'est-à-dire le monde des ancêtres des hommes et celui des esprits et divinités qu'ils

ont adorés et vénèrent toujours : la place de cette partie de l'humanité me semble importante pour l'appréhension complète de l'environnement, pour au moins deux raisons :

– les divinités et les ancêtres constituent le registre de référence des valeurs de comportement d'individus et des groupes sociaux, dans beaucoup d'aspects de leur vie quotidienne et parmi ces aspects, figurent les éléments physiques de l'environnement ;

– les divinités, tout comme les esprits des ancêtres, possèdent, dans l'imaginaire des individus et des groupes sociaux, des habitacles physiques précis, identifiés et localisés, objets d'une rétention d'accès ou d'actes pouvant être considérés comme des agressions punissables. De cette rétention de certains comportements des hommes et des groupes sociaux tient le caractère sacré qui entoure ces habitacles et qui impose respect.

Ainsi ont été conservés, contre souvent le désir de tel groupe social ou de telle autorité administrative, des bois sacrés, des arbres sacrés, des espèces sacrées, etc., ou ont été bloquées des actions publiques, par exemple de lotissements ou d'ouverture de voies (à Ouagadougou : mosquée de la place de la gare conservée, dans la région de Yako : le panthéon de Pilimpiku et la déviation de routes de la région, ou encore ailleurs : les sites sacrés et les renoncements à telle ou telle réalisation : forage, construction, etc.). À l'inverse, des révélations de consultations des forces invisibles ont pu conduire à des destructions d'éléments de la nature, ou à des expulsions de l'espace d'habitation et de circulation des hommes (exemple des sorciers et sorcières), etc.

Parce que ce monde des forces invisibles induit donc le comportement des hommes et des groupes sociaux vis-à-vis de certains éléments de l'environnement, de façon permanente ou ponctuelle, il me semble utile de les inclure dans l'appréhension du fait environnemental.

L'esprit cartésien s'indignera certainement de cette proposition. Cependant, la sociologie religieuse et celle politique montrent à souhait comment la dimension de l'invisible est omniprésente dans la vie des hommes, qu'ils soient d'hier ou d'aujourd'hui, qu'ils relèvent de sociétés arbitrairement et idéologiquement séparées en « traditionnelles » et « modernes » : la voyance est bien présente aujourd'hui en Europe et en Afrique, les projets de développement échoués comme signalés ci-dessus, parce que s'étant heurtés à ce domaine, sont bien connus.

La reconnaissance de la place des forces du monde invisible permettra, au contraire, une bien meilleure stratégie d'approche du problème de l'environnement, chaque fois que cela sera nécessaire. Elle préviendra les réticences de tous genres et facilitera davantage la réalisation d'actions jugées utiles à la sauvegarde et à l'amélioration de la partie physique de l'environnement.

Au demeurant, cette dimension de la partie invisible de l'environnement n'est pas absente des perceptions et des représentations que s'en font les individus et les groupes sociaux. Ces perceptions et ces représentations informent à leur tour des rapports des hommes et des groupes sociaux avec leur environnement.

Perceptions et représentations de l'environnement : fondements des facteurs anthropiques

Il est bien connu que les facteurs de modification de l'environnement se classent en deux grands groupes : les uns, abiotiques, liés au milieu physique et les autres biotiques, liés à celui des êtres vivants, dont l'homme.

Les facteurs liés à l'homme et à ses actions, individuelles ou collectives, dénommés anthropiques, sont ceux qui nous intéressent ici.

Avant d'en examiner les formes, certainement variées, il nous semble important d'en rechercher d'abord les fondements.

L'environnement : objet de rapports spécifiques selon les types de sociétés

Les perceptions et les représentations, ici, sont les formes conscientes dans lesquelles les éléments de l'environnement apparaissent aux hommes et les idées, images, figures, signes ou symboles que ceux-ci s'en font.

Les facteurs anthropiques ci-dessous évoqués sont en fait les différentes formes de rapports, que les hommes initient avec leur environnement, en tant que cadre de leur vie, formes d'expression des différents besoins des hommes, dont ceux-ci recherchent la satisfaction auprès de leur cadre de vie.

On peut regrouper ces différents besoins autour des principaux axes ci-après :
– l'habitat ;
– la production des biens de l'existence biologique ;
– l'organisation sociale ;
– la vie spirituelle.

Par rapport à chacun de ces axes, les sociétés humaines ont établi des rapports différents avec l'environnement qui ont été à la base de la classification des types de sociétés par rapport à tel ou tel repère.

Par rapport à l'habitat

– Les sociétés à habitat dispersé : sans qu'il y ait un seuil de distance établi à cet effet, ce genre d'habitat laisse assez d'espace entre les unités d'habitation, ce qui permet par exemple à chaque unité de déployer ses activités de production autour de son habitation, donc d'être pratiquement le seul gérant de l'environnement autour de cette habitation et donc de répondre seul de l'état de son évolution.

– Les sociétés à habitat concentré ont la pratique inverse.

– Des sociétés se situent entre ces deux grands types et reçoivent les appellations de sociétés à habitat semi-dispersé, semi-concentrique, etc.

Dans le cas du Burkina Faso, les exemples peuvent être cités pour les localités de Tanghin-Dassouri, Houndé, Tougan, Djibo, Garango : habitées majoritairement

(du moins traditionnellement), par, respectivement les Moose, les Bwaba, les Samos, les Fulbé et les Bisa, les habitats étaient classés comme dispersés pour les Moose, les Fulbe et les Bisa, mais concentrés pour les Bwaba et les Sana.

Cependant, ces types ont, de nos jours, subi beaucoup d'altérations dans l'un comme dans l'autre cas, en raison de l'évolution de divers facteurs conditionnant la vie ou l'activité de production des groupes sociaux concernés : par exemple, les Moose dans les plaines aménagées où l'autorité a décidé que les zones d'habitat seraient regroupées d'un côté, les zones de culture de l'autre. Il en est de même chez des Fulbe et des Bwaba qui se retrouveraient dans les mêmes zones ou dans les villes : là aussi, la mise à disposition du cadre de vie ne relève plus des anciens canons de décision.

Par rapport aux activités de production et à l'organisation sociale

Les sociétés humaines sont classées en types selon l'activité dominante ou selon le moyen de travail le plus utilisé, ou encore selon le type d'organisation sociale qui préside aux conditions de la production des biens matériels de l'existence biologique.

Ainsi dans le contexte du Burkina Faso, on peut distinguer :

– les sociétés agraires opposées aux sociétés pastorales ;

– les sociétés à pouvoir politique centralisé opposées aux sociétés acéphales ou segmentaires (aujourd'hui qualifiées d'intermédiaires : P. C. Hien et M. Gomgnibou, 2009).

Les groupes sociaux majoritaires de nos cinq zones expérimentales appartiennent aux types :

– agraire et à pouvoir politique centralisé (Moose et Bisa) ;

– agraire et intermédiaire (Bwaba, Sana) ;

– pastorale et à pouvoir politique centralisé (Fulbe).

Comme on le constate, chaque société humaine donnée relève de plusieurs types de classification selon le critère utilisé, ce qui en fait varier leurs regroupements.

Pour notre présent propos, rapprochons les différentes typologies pour chacune des sociétés prises en exemple, de manière à voir le type de rapport à l'environnement qui y prédomine.

Tableau de synthèse des classifications.

Groupes sociaux	Habitat		Production		Organisation sociale	
	Dispersé	Concentré	Agraire	Pastorale	Centralisée	Segmentaire
Moose	+		+		+	
Bisa	+		+		+	
Fulbe	+			+	+	
Sana			+			+
Bwaba			+			

Selon cette synthèse, les types d'habitat et d'organisation sociale semblent se correspondre, donc induire les mêmes types de rapports à l'espace.

Cependant, l'observation quotidienne des hommes laisse penser que c'est dans le cadre de leurs activités de production des biens matériels qu'ils ont les rapports les plus fréquents avec leur environnement. Dans le cas du Burkina Faso, les zones de dégradation écologique plus prononcée se retrouvent dans l'aire d'habitat traditionnel des Fulbé, puis des Moose, bien qu'ils diffèrent par leur type de production. Au contraire, l'aire d'habitat traditionnel des Bwaba et des Samos est moins dégradée bien qu'ils partagent le même type d'activités de subsistance. Cela nous conduit à penser que ces mises en rapport doivent être encore mieux précisées soit en introduisant d'autres types de classement dans l'habitat (par exemple, taux d'occupation humaine dans l'espace dans une aire donnée) ou dans la production (par exemple, type d'outil de travail), soit en recherchant l'incidence relative des facteurs abiotiques (nature des sols, évolution des cycles pluviométriques), etc.

Dans tous les cas, pour les facteurs anthropologiques, leurs expressions, c'est-à-dire les formes qu'ils prennent, sont fonction des prestations et des représentations que les hommes se font de leur environnement.

Les perceptions et les représentations : fondement des rapports avec l'environnement

Les perceptions et représentations du cadre de vie des hommes s'énoncent, dans nos sociétés, d'abord en vision du monde et ensuite en symboles.

La vision bipolaire du monde

La vision du monde est bipolaire :

– le monde visible, avec ses éléments abiotiques et biotiques, y compris l'homme lui-même ;

– le monde invisible, constitué des mânes des ancêtres, des esprits et des divinités : les uns bienveillants envers l'homme, les autres malveillants, mais tous susceptibles de modifier leurs attitudes envers lui selon ses comportements à leur égard. Ainsi, un sacrifice peut réparer une offense et éviter les sévices qui auraient pu survenir. Dans le domaine de l'environnement, les peuples de la province de la Kossi, par exemple, connaissent l'interdiction des relations sexuelles en brousse. Dans le cas où elles surviennent néanmoins, la réparation se fait par un attouchement des organes coupables au feu ou par un sacrifice à base d'une somme ou d'animaux domestiques. De même, un autre sacrifice peut gratifier l'officient de bienveillances diverses qui rendent plus facile la réalisation d'un vœu, ou décuplent l'effet bénéfique d'une action : ainsi procède-t-on pour assurer la fécondité d'une femme, obtenir les bonnes récoltes d'une saison agricole, la bonne marche d'un commerce, etc.

Ce qui importe, ici, est la croyance que les éléments du monde invisible ont des pouvoirs très étendus sur les humains et sur l'efficacité de leurs activités et avec lesquels ceux-ci doivent se concilier grâce aux sacrifices : les éléments de ce monde invisible ont des espaces d'évolution ou des habitacles précis (bosquets et bois

sacrés, clairières hantées, arbres sacrés, etc.), sur lesquels l'homme doit s'abstenir de certaines formes d'action : ainsi sont nés les interdits et les tabous, ayant pour contenu les prescriptions de faire ou de ne pas faire, c'est-à-dire réglementant les comportements et les attitudes des hommes envers des éléments de l'environnement.

C'est en tant que facteur modulant ces comportements des hommes que ce monde invisible mérite sa mention dans l'appréhension de l'environnement et dans les stratégies d'actions sur l'environnement.

Les perceptions individualisées des éléments et leurs symboles : témoins de la connaissance et fondements des rapports avec l'environnement

Les perceptions s'expriment sur deux plans : la dénomination et les symboles qu'elle véhicule.

La dénomination

La dénomination des éléments de l'environnement est la première forme de conscience de leur existence : le fait de nommer indique que le sujet qui nomme a une idée de ce qui est nommé.

C'est ici le premier niveau par lequel l'homme des sociétés traditionnelles relève le défi de l'un des préjugés que lui attribuent le plus souvent les intellectuels du savoir cartésien, à savoir qu'il est très souvent taxé d'ignorant.

Le deuxième niveau de sa connaissance des éléments constitutifs de son environnement se révèle à travers la symbolique des dénominations attribuées.

La symbolique des dénominations des éléments

Elle est faite selon deux références :

– ou bien en rapport avec d'autres éléments de l'environnement, pour traduire une qualité différente, ou opposée, un rapport d'interaction, d'interférence : nous en verrons des exemples dans le domaine des sols notamment plus pauvres, plus riches ;

– ou bien en rapport avec le monde invisible, au regard de l'esprit ou de la divinité dont l'élément est censé être l'habitacle et donc au regard des prescriptions positives ou négatives imparties aux hommes en raison de l'identité de l'esprit. Des exemples en seront également donnés dans plusieurs domaines.

Toutefois, c'est certainement en raison de cette référence que certaines formes traditionnelles de gestion de l'environnement diffèrent le plus de celles qu'aurait adoptées un esprit cartésien. Ainsi par exemple, Robert Delavignette a pu apprécier en des termes aussi cocasses le fait d'utiliser la bête, non comme animal de trait dans l'agriculture, mais plutôt comme objet de sacrifice : il disait : « Pour l'agriculteur africain, l'animal utile n'est pas la bête qui tire, mais celle qu'on abat pour savoir si le champ a été bien choisi » !

Enfin, il convient de relever que les perceptions et représentations des éléments de l'environnement se réfèrent aux types de sociétés selon les critères de classification ci-dessus évoqués.

C'est en fonction de ces références que sont organisées la gestion de l'environnement ainsi que, lorsque la situation l'exige, les formes de lutte contre sa dégradation.

Gestion de l'environnement : pratiques traditionnelles de sa protection et stratégies de lutte contre sa dégradation

Contrairement à l'opinion généralement répandue, plusieurs recherches déjà effectuées témoignent d'un niveau de connaissance très élevé des éléments constitutifs de l'environnement par les populations des sociétés traditionnelles et de leur gestion rigoureusement organisée, en fonction des particularités spécifiques des sociétés et des symboliques ci-dessus précisées.

Les présentations qui suivent en donneront des illustrations et poseront une double question quelque peu préjudicielle : ces pratiques traditionnelles sont-elles prises en compte par les stratégies officielles étatiques et autres de lutte contre la dégradation de l'environnement ? Si oui, comment ? Si non, pourquoi et que faire ?

Conscience de la fragilité de l'environnement et pratiques de sa gestion rationnelle

Dans le cas du Burkina Faso, deux exemples devenus classiques illustrent à la fois la connaissance des éléments constitutifs de l'environnement, la fragilité de celui-ci et la nécessité d'en faire une gestion rationnelle.

Le premier est constitué par les résultats de l'étude faite au village fulani de Sambo Na'i (14°8 N et 0°3 E), situé près de Dori, dans la province du Seno.

La recherche de terrain y a décelé trois axes de connaissance et de gestion de l'environnement par les populations.

• L'inscription spatiale des groupes humains et leur conception de l'organisation territoriale : avec l'opposition village/brousse, espace agricole/espace pastoral, espace habité/espace non habité.

• La perception du temps et son découpage en saisons, dont la dénomination se réfère à des critères climatiques (température et humidité) et qui rythme les différents types d'activités :
– *Dabbunde* : saison sèche froide ;
– *Ceedu* : saison sèche chaude ;
– *N'dumngu* : saison des pluies ;
– *Yaande* : temps des récoltes.

• La perception des sols, des points d'eau, de la végétation dont les dénominations renvoient au taux de recouvrement végétal et aux espèces dominantes :
– *Bolaare* : terre argileuse, couverte de 80 à 100 % d'une herbacée (*Panicum laetum*) et dominée au niveau arbustif par l'*Acacia seyal* et l'*Acacia sénégal* : c'est un espace réservé au pâturage ;
– *Senno* : accumulation sableuse d'épandage ou de dune : herbacées : *ceucheus biflorus*, cram cram, *andropogon gayanus* ; arbustes : *combretum gluturosum*, *bacitrinua rufenscens* ; c'est le seul milieu cultivé avec l'iller et dont les phases d'érosion sont suivies de près par les Fulbe ;

– *Kollangal* : sol fortement érodé, ne porte aucune culture, pâturage maigre ;
– *Goru'ol* : axe de drainage principal ;
– *Ceekol* : marigot ;
– *Yaayre et weendu* : grandes mares.

Le deuxième exemple de connaissance et de gestion rationnelle de l'environnement est celui des populations moose de la province du Bam, chez lesquelles intervient le Projet d'aménagement des terroirs et conservation des ressources dans le plateau central (Patecore). Des études de toposéquences ont identifié, de façon précise, les dénominations des différents types de sols et de relief, leurs caractéristiques physico-chimiques, les types de végétation herbacée et/ou arbustive dominante, l'utilisation agropastorale qui en est faite ainsi que la localisation préférentielle des sites d'habitat par rapport à ces sols : le tableau de l'annexe 1 en présente la synthèse.

Les deux exemples, donnés ici à titre illustratif, sont loin d'être des cas exceptionnels : les autres régions du Burkina Faso en fournissent également.

Dans le cas des Moose, l'ex. AVV (Autorité des aménagements des vallées des Volta) avait édité un calendrier grégorien, avec les mois en *moore* : toutes les dénominations des mois se référaient explicitement au temps et à ses relations avec le cycle des activités agricoles, les caractéristiques et les niveaux de la température, etc.

Dans le domaine de l'artisanat d'art, sont nombreuses les études et les recherches (H. Hien : 2010, D. Ido : 2010, M. Ido : 2010) qui ont montré que, dans les régions qui pratiquent cette activité, des règles traditionnelles précises codifient celle-ci, en vue d'assurer la préservation et la régénération des ligneux. Cette réglementation intervient pour les moments de prélèvement des espèces d'arbres, les modes recommandés de prélèvement, la pratique des espèces interdites et totémiques. Ainsi :

– l'autorisation de faire les prélèvements est donnée pour la saison sèche, la saison hivernale est interdite de tout prélèvement. L'autorisation de coupe part du mois de novembre et est précédée de rituels autorisant la consommation du nouveau mil par les autorités villageoises. La coupe du bois en hivernage entraînant la destruction des récoltes par les vents, le contrevenant est convoqué et encourt une amende par la cour de justice « Kondugu » en guise de réparation ;

– de même, des intervalles assez longs (pouvant atteindre 40 ans dans certaines zones) sont observés dans le cas du prélèvement de certains arbres intervenant dans la fabrication de masques, de manière à permettre la régénérescence des espèces concernées ;

– le mode de coupe prend en compte l'espacement des arbres (par exemple, un sur deux ou trois), la taille et la capacité de régénération de l'arbre (les petits arbres sont épargnés et la coupe laisse à l'arbre la possibilité de faire des repousses. Kéré (2010) nous rapporte la manière dont l'artisan de l'ethnie samo s'assure que les autorités coutumières agréent la coupe d'un arbre pour les masques : l'artisan implante sa hache dans l'arbre et rentre au village. Le lendemain si la hache est toujours implantée dans l'arbre, cela signifie que ce dernier accepte de se sacrifier. C'est seulement à ce moment-là qu'il est coupé. Dans le cas contraire, le sculpteur ramasse sa hache

et les autorités choisissent à nouveau un autre arbre en respectant toujours la même procédure ;

– enfin, des espèces sont pratiquement interdites de coupe : elles sont, dans la majorité des cas, soit des espèces totémiques, mythiques dont un groupe social s'interdit toute coupe, soit des espèces utilitaires intervenant dans le domaine alimentaire (consommation de feuilles, fruits, graines, amandes) et/ou médical (écorces, feuilles, racines), dont l'interdiction en permet la préservation et la perpétuation, soit encore des espèces situées sur les sites sacrés, porteuses de l'esprit de protection de la collectivité et pouvant être des lieux de refuge pour l'homme en cas de danger : pour la zone de Bobo-Dioulasso, l'annexe 2 nous en livre un tableau indicatif. Les arbres des lieux de cultes, de sacrifices, habitacles des génies, relèvent naturellement de cette catégorie.

Au-delà des frontières du Burkina Faso, nous avons déjà noté la bibliographie générale de Dominique Juhé-Beaulaton sur les références relatives aux trois pays du Bénin, du Burkina Faso et du Togo. De même, bien d'autres auteurs ont réalisé des études et des recherches similaires pour d'autres pays concernés par le projet de la muraille verte (Sénégal, Mali, Ghana, etc.).

Dans l'ensemble et comme cela a été dit, l'on constate que cette gestion de l'environnement, qui part de l'identification des éléments, de leurs caractéristiques et de leurs symboliques, se réfère aux grands axes d'organisation des sociétés, en vue de répondre à leurs besoins d'habitat, de production de biens de subsistance ; tout en accordant à la dimension symbolique toute sa place dans le rapport de l'homme à l'environnement.

Les formes traditionnelles de protection et de lutte contre la dégradation de l'environnement : la question de leur efficacité et les perspectives

Dans le contexte actuel de dégradation écologique accélérée nécessitant les actions énergiques de réhabilitation de notre environnement, le paragraphe précédent, comme celui-ci, n'a aucun esprit thuriféraire, tendant à ne voir que des aspects positifs dans les rapports homme/environnement dans nos sociétés traditionnelles. Cependant, les mêmes présentations entendent également s'élever contre les négations systématiques de l'existence de quelque rapport positif entre l'homme de nos sociétés traditionnelles et son environnement.

C'est dans cette perspective de recherche que nous partageons ici les analyses critiques sur les positions et stratégies de lutte contre la désertification et contre les effets des changements climatiques qui négligent sinon excluent de prendre en compte le patrimoine de savoirs, de savoir-faire et de savoir-être des populations africaines en rapport avec leur environnement : Guillaume Lecuyer (sd), Philippe Méral, Denis Requier-Desjardins (2006) et Jacques Weber (1995) en font des présentations suffisamment illustratives. Ici, référons-nous à la précaution prise par notre collègue Bognounou dans une présentation de 1991 fort à propos : il a listé d'abord les critères d'efficacité aujourd'hui reconnus en la matière et a ensuite invité le lecteur à apprécier les pratiques traditionnelles en conséquence.

Les neuf critères, identifiés par le Regular Information System on Environment and Development (RISED) et rapportés par Bognounou (1991 : 7), sont les suivants :
– absence de substances toxiques ;
– absence de vecteurs de maladies ;
– sol fertile et stable ;
– climat favorable à l'agriculture, aux autres activités, agréable et sain ;
– conservation des ressources génétiques ;
– conservation des ressources cynégétiques, halieutiques ou de cueillette ;
– environnement correspondant aux désirs et aux aptitudes des populations à le gérer ;
– maintien des processus régulateurs.

Les mesures traditionnelles de protection et de lutte contre la dégradation de l'environnement, également déjà listées dans la même référence, sont les suivantes :
– les techniques de lutte antiérosive : culture en terrasse, technique du zaï ;
– les techniques de lutte contre le ruissellement : billions, buttes ;
– la préservation, dans les champs de culture, d'espèces à usages multiples : néré, *Acacia albida*, karité ;
– la pratique de jachères de longue durée, lorsque les réserves foncières le permettent ;
– la préservation des bois sacrés ;
– la protection d'espèces végétales et animales de valeur totémique et culturelle ;
– certaines techniques d'assainissement : le *tampouré* chez les Moose ;
– la pratique de techniques de fertilisation et de régénérescence des sols : fumure organique et animale, empaillage avec les chaumes des récoltes ou les bottes d'herbes transportées, etc.

Ces différentes techniques, de même que l'utilisation différentielle des toposéquences mentionnées ci-dessus, confirment donc le souci de l'homme des sociétés traditionnelles à obtenir le rapport le moins agressif possible, ou les thérapies qu'il a utilisées pour atténuer les effets négatifs d'autres pratiques.

L'on peut alors s'étonner du grave état actuel de dégradation de notre environnement.

Les trois paragraphes qui suivent vont, le premier, confirmer l'image de forte dégradation à travers l'historique des sécheresses, le deuxième, évaluer l'efficacité des formes traditionnelles de lutte contre cette dégradation, le troisième, envisager les formes de collaboration nécessaire entre le patrimoine endogène et les stratégies officielles.

Forte dégradation écologique : entre facteurs anthropiques et facteurs abiotiques

La forte dégradation de l'environnement dans la zone sahélienne, dont fait partie le Burkina Faso, peut être illustrée par la succession des sécheresses et des campagnes agricoles déficitaires dont certaines études et recherches établissent le bilan. Dans le cas du Burkina Faso, deux sources permettent d'établir la chronologie des grandes crises écologiques que représentent les sécheresses :

– La première source, à notre connaissance, ne couvre malheureusement qu'une seule région du Burkina Faso, à savoir le Yatenga, mais reste très documentée. C'est

la monographie du géographe français Jean-Yves Marchal, intitulée : *Récoltes et disettes en zone nord-soudanienne. Chronique des saisons agricoles au Yatenga (Haute-Volta) 1907-1973.* Orstom, section de géographie, mai 1974.

– La deuxième source, beaucoup plus récente, couvre tout le Burkina Faso et l'ensemble du Sahel. Elle a été réalisée en 1986 par D. Steve Sepp : *Réflexions sur l'arbre et les formations ligneuses au Sahel burkinabè.* Ministère de l'Environnement et du Tourisme. Division de l'Environnement. Burkina Faso/GTZ.

Selon la monographie de Marchal, qui couvre une période de 67 années :

– seulement 20 années ont été qualifiées de très bonnes ;

– 19 ont été bonnes ;

– 11 ont été médiocres : 1909, 1910, 1911, 1921, 1928, 1947, 1956, 1961, 1968, 1969 (et ?) ;

– 6 ont été mauvaises : 1909, 1925, 1962, 1966, 1967, 1933 ;

– 13 ont été très mauvaises : 1914, 1926, 1929, 1930, 1934, 1940, 1941, 1942, 1970, 1971, 1972, 1973 (et ?).

Parmi ces 13 dernières, certaines ont été suivies de famines, particulièrement graves : 1914 et 1930.

Auparavant, les périodes de 1831-1834 et 1879-1901 auraient également été marquées par des pénuries très graves, ce qui fit dire au géographe que « l'équilibre que le travail des champs, la paix et les fluctuations des pluies instaurent entre les ressources et les besoins des populations a toujours été précaire et souvent rompu » (page 7).

Selon les données livrées par l'auteur, les pénuries alimentaires n'ont pas toujours été causées par le déficit pluviométrique, mais plus souvent par d'autres facteurs, tels les tornades violentes (1913), les invasions acridiennes (1920 avec 80 % des récoltes perdues, 1930, 1933, 1941, 1942) ou des chenilles (1930, 1966). Signalons également la non-prise en compte explicite du contexte politique colonial de l'époque qui conduit l'auteur à évoquer une « économie agraire en sursis », dans cette sphère des « tropiques abandonnés », en proclamant « qu'il ne paraît plus temps de songer à un développement possible du Yatenga, mais seulement de tenter de ralentir le processus de dégradation des conditions de vie des paysans... » (page 65).

La deuxième source, l'étude de Steve, mentionne, entre le début du siècle et la période de 1986, les périodes de sécheresse suivantes :

– 1911-1913 ;

– 1938-1941 : sécheresse très sévère dans le moyen et le Sud-Oudalan ;

– 1977-1985.

Comme on l'aura constaté, les crises écologiques, dont la sécheresse est l'une des manifestations les plus préjudiciables à la vie des êtres vivants, dont l'homme, ne datent pas d'aujourd'hui, dans l'écosystème régional sahélien. Quels rôles respectifs entre les facteurs anthropiques et ceux abiotiques ?

Selon les spécialistes des études relatives à l'écosystème, les deux grands types intervenant dans les modifications des écosystèmes sont les facteurs abiotiques et les facteurs biotiques, parmi lesquels figurent ceux anthropiques, résultant des actions

de l'homme. Par ailleurs, il conviendrait de pouvoir définir les plus déterminants entre les facteurs abiotiques et anthropiques d'une part, et d'autre part d'identifier les éléments qui composent les facteurs anthropiques et enfin de rechercher parmi eux ceux qui sont les plus caractéristiques.

Dans le rapport facteurs abiotiques et facteurs anthropiques, Duvigneaud déclarait dès 1965 que « La désertification est souvent le fait de l'homme et non celui du climat ; et on peut parler de faux déserts lorsque l'aridité est le résultat d'une destruction des moyens d'irrigation, d'un déboisement généralisé, ou de l'action des feux et des troupeaux ».

En réalité, rien n'est tranché puisque le problème est précisément de savoir, dans une situation donnée, quelle est la part de l'homme et quelle est celle du climat. La question mérite d'autant plus d'être posée qu'hier comme aujourd'hui, nous constatons qu'à des saisons déficitaires succèdent des saisons excédentaires avec abondance de récoltes, alors que, dans le laps de temps, il est difficile d'identifier des changements importants dans le comportement des hommes.

Toutefois, nous sommes d'accord avec notre collègue Bognounou et d'autres chercheurs pour dire que, dans nos écosystèmes, l'homme demeure l'animal le plus doué de raison, capable donc de forger son devenir en domptant les contrariétés de la nature, il lui appartient toujours de trouver et d'imaginer les mesures correctives face à la dégradation de son environnement.

Aussi convient-il d'examiner celles de ses actions qui détruisent cet environnement.

Selon les synthèses les plus récentes sur le sujet (E. G. Bonkoungou, 1985, cité par Bognounou, 1989), les quatre grandes causes de dégradations écologiques au Burkina Faso sont :

– les défrichements agricoles ;
– la crise énergétique du bois de chauffe ;
– le surpâturage ;
– les feux de brousse.

À ces facteurs, le Plan national de lutte contre la désertification, élaboré en 1986, a ajouté le phénomène migratoire, en raison des densités particulièrement élevées dans certaines régions, des départs forcés massifs qui en résultent, suivis de leurs effets dans les régions d'accueil. Cependant, lorsqu'on sait que ce qui, dans les zones d'accueil, agresse le plus l'écologie, est constitué par les activités agricoles et pastorales, l'on peut inclure ce nouvel élément dans les défrichements agricoles et dans le surpâturage.

Quant au niveau des conséquences respectives de ces facteurs, on peut retenir :

– Pour les défrichements agricoles : selon l'étude de Bonkoungou (1985), bien que l'ensemble des terres mises en culture ne représentent qu'environ un tiers des 9 millions d'hectares arables du pays, les possibilités d'extension des terres cultivées sont en réalité très limitées dans certaines régions, en raison de la médiocre qualité des sols, de la faible disponibilité des ressources en eau, d'un taux déjà trop élevé d'occupation du sol, ce qui amène à défricher même des zones marginales très fragiles. Aussi, selon cet auteur, qui arrête le seuil maximum d'occupation des sols à 40/km^2 en raison des conditions actuelles générales de la production

(qualité des sols et niveau technologique), la surface agricole utile se rétrécit de plus en plus. Dans le même sens, la carte mondiale de la désertification (Unep/FAO/Unesco/WHO) de 1977 classe ainsi une bonne partie du Burkina Faso dans les zones à risque de désertification élevé.

Sur ce même plan, la dégradation accélérée des galeries forestières, véritable réserve de « château d'eau » du pays, par une occupation anarchique des migrants ou des éleveurs, pourrait constituer un danger aux conséquences incalculables.

– Pour la crise énergétique du bois de chauffe : elle est de plus en plus accentuée en raison surtout du rythme d'urbanisation accélérée (environ 10 à 20 % depuis 1985), de l'augmentation globale de la population (2,67 % depuis 1985), des faibles possibilités de recours aux énergies nouvelles et renouvelables (gaz), face à une productivité jugée faible du matériel ligneux (0,92 m^3/ha/an et 0,31 à 1,66 m^3/ha/an respectivement par la savane arbustive et la savane arborée, lesquelles constituent l'essentiel de notre couvert végétal national).

Au niveau du budget des ménages, le coût des dépenses énergétiques absorbe presque la moitié des dépenses familiales, ce qui a fait dire à un observateur qu'il faut souvent « dépenser autant, sinon plus, pour faire bouillir la marmite que pour la remplir » ! (J. Kellermann, cité par Bognounou, 1989 : 35).

– Pour le surpâturage : dans le pays, la superficie des terres à vocation pastorale est estimée à 13 millions d'hectares. Cependant, les conditions de l'élevage extensif, auxquelles s'ajoutent les sécheresses fréquentes, suscitent un rythme de dégradation assez inquiétant de ces terres pastorales.

– Enfin les feux de brousse : bien que les premières mesures de leur réglementation, sinon de leur interdiction, datent de 1935, et malgré la vive réactivation de ces mesures par la proclamation des trois luttes de 1985, les feux continuent de décimer régulièrement le couvert herbacé et ligneux de nos campagnes, à des époques de l'année où ils les consument sans restriction.

Au total, entre les facteurs abiotiques et anthropiques, la place déterminante sera toujours un sujet à controverse. Toutefois, convenons que c'est à l'homme, l'animal doué de raison et de capacités d'agir, comme l'ont exprimé d'autres auteurs cités plus haut, de trouver et d'imaginer les mesures correctives face à la dégradation de son environnement.

C'est le lieu de souligner la nécessité de la prise en compte du patrimoine endogène des populations en matière de lutte contre la dégradation de l'environnement dans les actuelles stratégies officielles.

De la prise en compte nécessaire entre patrimoine endogène et stratégies actuelles de lutte contre la dégradation environnementale

Nombreuses sont les études et les analyses qui constatent et regrettent que, sur le terrain des acteurs intervenant dans la lutte contre la dégradation de l'environnement, subsistent une distance, une non-collaboration entre le patrimoine endogène des populations et les stratégies officielles menées notamment par les services étatiques.

Pourtant on constate que des similitudes existent entre les préoccupations et même les éléments de stratégies, sur plusieurs plans, comme le note Kéré dans son étude sur la région de Bobo-Dioulasso (2010) :

– au niveau des espèces interdites : des similitudes sont manifestes entre les espèces identifiées par les prescriptions traditionnelles et les listes des agents forestiers étatiques et auraient pu faire l'objet d'une articulation à travers un protocole commun de protection réciproque : l'annexe 3 en donne un tableau illustratif.

– les moments de prélèvement chez les artisans et les périodes de délivrance de permis de coupe chez les forestiers se retrouvent être la même période : la saison sèche. La saison hivernale est interdite de prélèvement des deux côtés.

– les bosquets sacrés, pratiquement régis de la même manière que les forêts classées, peuvent bénéficier également de la protection des forestiers.

– la prise en compte des spécificités des zones par le code forestier reposant sur une généralité, vu qu'elles ne vivent pas toutes les mêmes réalités. L'esprit de décentralisation de plus en plus poussé au Burkina Faso constitue une aubaine pour les administrations provinciales et les collectivités locales pour accompagner cette combinaison.

Certes, les attitudes de méfiance, voire de rejet de collaboration sont partagées entre les deux catégories d'agents, entre les deux ordres de protection de l'environnement : du côté des populations, la référence à l'immuabilité de la coutume est souvent évoquée, comme l'atteste ce propos d'un artisan de 45 ans apporté par Kéré : « Tu vois, chez nous c'est une question de coutume, on fait des sacrifices. Je ne pense donc pas qu'on puisse articuler les deux » ; pour les agents de l'administration publique, l'ignorance, réelle ou feinte du patrimoine endogène existe certes, comme en témoigne ce propos d'un responsable provincial de l'environnement de la même région : « Du point de vue officiel, nous ignorons l'existence de connaissances traditionnelles des artisans en matière de gestion de ligneux » (*ibid.*). Toutefois, ces attitudes relèvent davantage de positionnements idéologiques d'un système à la fois de pensées et de gouvernance sociale, dont plusieurs auteurs ont fait l'analyse critique : Saidou Sanou et Albert Sanon (2003 : 23), Doti Bruno Sanou (2005 : 47) à partir des constatations faites sur la région de Bobo-Dioulasso, Yamba Bidima (1996) pour la zone lobi.

Hors du Burkina Faso, les analyses de Bernard Bonnet (1999) centrées sur les capacités locales, de Weber (1995) qui oppose la notion de « développement viable » à celle de « développement durable », de Lecuyer (sd) qui critique les qualificatifs de « modernes » et de « traditionnelles » rejoignent les mêmes préoccupations.

Au total, la perspective du « Projet majeur africain de la grande muraille verte » devrait pouvoir réussir à susciter, encourager et soutenir hardiment une synergie d'action collaborative entre les acteurs des traditions africaines de protection de l'environnement et les agents officiels en charge de cette préoccupation.

Dans le principe, il convient de dépasser les fausses oppositions entre « tradition » et « modernité », car, comme le confirme Georges Balandier (1974 : 210) : « la tradition intervient dans le façonnage du présent, elle contribue à la réalisation de nouvelles combinatoires sociales et culturelles. Ce qui conduit à constater que toute

modernité fait apparaître des figurations associant "traits" moderne et traditionnel. La relation entre ceux-ci n'est pas dichotomique mais dialectique ».

Au plan des résultats attendus, la mise en commun des idées, des stratégies et des moyens à déployer (matériels, humains, financiers, logistiques, etc.) ne peut que rendre plus crédibles et acceptables les actions dans ce domaine, encourager la participation active des populations et faire partager à tous les retombées bénéfiques.

Au demeurant, la plupart des pays situés dans cette future « ceinture verte » réalisent déjà une expérience avancée de la décentralisation, comportant des transferts de compétences et de ressources, appuyés par des cadres stratégiques de développement décidés au niveau central : c'est le cas au Burkina Faso, avec la « Stratégie de croissance accélérée et de développement durable (Scadd) ». Cette nouvelle approche de la protection de l'environnement, soutenue par une présence vigilante du pouvoir central pour prévenir et corriger à temps les dérives éventuelles de certains pouvoirs locaux, viendra renforcer encore plus les avantages de cette décentralisation.

Pour paraphraser Jean-Marie Breton dans sa recherche sur les aires protégées, ce sera l'opportunité pour prévenir « l'illusion d'un développement univoque » et réaliser une « gestion participative et décentralisée » du patrimoine écologique.

Conclusion

Les cinquante ans de « capitalisation » évoqués par les documents du Projet de la Grande Muraille Verte doivent pouvoir établir un état des réserves de patrimoine de gestion endogène des écosystèmes par les sociétés africaines : la présente communication en est une contribution.

Les composantes de ce patrimoine ici évoquées n'en épuisent certainement pas le riche répertoire de l'ensemble des pays et des sociétés qui composent la zone de la Grande Muraille Verte. Toutefois, elles y participent et, au-delà des évocations rapides d'éléments d'autres contextes sociétaux et nationaux, leurs similitudes et proximités avec les contextes ici non mentionnés devraient permettre les ajustements nécessaires.

Une partie importante de la zone concernée par le projet se trouve effectivement dans un état de dégradation écologique suffisamment avancé et les effets des changements climatiques intervenant depuis les dernières décennies en aggravent et précarisent davantage les conditions de production et de vie des populations.

Aussi, dans les stratégies de réalisation effective du projet de la grande muraille verte, la prise en compte de ce patrimoine par celles-ci donnera-t-elle au projet des bases plus sociologiques à son ancrage dans les sociétés africaines, facilitera son acceptation par celles-ci, les motivera davantage pour une participation consciente, effective et efficace et contribuera à un développement plus viable, plus durable et mieux partagé.

Puisse le projet réaliser effectivement les capitalisations nécessaires de l'ensemble des connaissances scientifiques et technologiques disponibles pour réussir son pari !

Bibliographie

Akouehou S. Gaston
Environnement institutionnel et gestion traditionnelle des espaces forestiers : cas de la région des Monts Kouffé au Centre du Bénin sd, 47 pages, multigr

Balandier Georges
Anthropologiques, Paris, Presses Universitaires de France, 1974, 278 p., multigr

Bellefontaine Ronald
« Régénération naturelle à faible coût dans le cadre de l'aménagement forestier en zones tropicales sèches en Afrique », vertigo-la revue en science de l'environnement, vol 6, n° 2, septembre 2005

Bellefontaine Ronald, Petit Sandrine, Pain-Orchet Michelle, Deleporte Philippe, Bertault Jean-Guy
Les arbres hors forêts-
vers une meilleure prise en compte, Cahier FAO : conservation-35, 2001, 231 p

Bidima Yamba
Objets sacrés, objets d'art africains. De l'ombre des sanctuaires à la lumière du Musée : la statuette lobi du Burkina Faso, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux III – Victor SEGALEN, 1996

Bognounou Ouétian

- 1996 : Diversité biologique végétal du Burkina Faso : aspects ethnobotanique, Rapport d'étude, Ouagadougou, 1996, 53 p. multigr

- 1987 : Importance socio-économique des essences locales au Burkina Faso, Communication au séminaire national sur les essences locales, Ouagadougou, 6 – 10 juillet 1987, multigr

Bonnet Bernard
Renforcer les capacités locales de gestion des ressources naturelles. IRAM, août 1999, 19 pages

Breton Jean-Marie
Aires protégées, gestion participative des ressources environnementales et développement touristique durable et viable dans les régions ultra-périphériques (Résumé), sd.

Centre d'Analyse des Politiques Economique et Sociale (CAPES)
Etat des lieux des savoirs locaux au Burkina Faso, EIDIPAP International, Ouagadougou, 2007, 379 p., multigr

De Sardan Jean Pierre Olivier
D'un savoir à l'autre : les agents de développement comme médiateurs, focal coop, 1996, 204 p

Direction Régionale de l'environnement et des Eaux et Forêts des Hauts Bassins
« Communication à l'atelier sur le bois d'œuvre de Teck et le bois d'art : cas du "djembé" dans la région des Hauts Bassins », Bobo Dioulasso, octobre 2001, 11 p., multigr

Hien Pierre Claver et Gomgnibou Moustapha
Histoire des royaumes et chefferies au Burkina Faso précolonial. DIST (CNRST), 2009 :405 pages.

Hien Héliane M.
Rôle socio-culturel de l'artisanat face à la déforestation : cas des artisans de Wolonkoto, province du Houet. Janvier 2010, multigr

Ganaba Souleymane, Ouadba Jean Marie et Bognounou Ouetian
« Exploitation traditionnelle des végétaux spontanés en région sahélienne du Burkina Faso », la revue en science de l'environnement, vertigo, vol6 n°2, septembre 2005

Ido Denis
La problématique du renouvellement des ligneux utilisés dans l'artisanat d'art : cas de Dandé, province du Houet. Janvier 2010, multigr

Ido Modeste
Représentations sociales de la régénération et de la domestication des espèces ligneuses utilisées dans l'artisanat d'art à base de bois à Koumi. Janvier 2010, multigr

Juhé-Beaulaton Dominique
Bibliographie générale :
Les sites sacrés et la conservation de la biodiversité : enjeux politiques, économiques et sociaux (Etudes de cas au Bénin, Burkina Faso et Togo). Rapport final, sd : 10 pages, multigr.

Lecuyer Guillaume
Formes d'action collective pour la gestion locale de la forêt camerounaise : organisations « modernes » ou institutions « traditionnelles » ?
CIRAD, 7 pages

Loi N° 006/97/ADP du 31 janvier 1997 portant Code Forestier au Burkina Faso, 31 p

Méral Philippe et Requier-Desjardins Denis
La gestion durable de l'environnement à Madagascar : enjeux, opportunités et contraintes N° 294-295 (juillet-octobre 2006), Madagascar la gestion durable de l'environnement : 6 pages, multigr.

Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie
Savoirs et savoirs-faire traditionnels favorables à la conservation durable de la diversité biologique :
Etat des lieux et plan d'action du Burkina Faso, Ouagadougou, novembre 2004, 101 p. multigr

Projet de gestion et de valorisation de la recherche dans le domaine de la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest (GVal-Sécurité alimentaire)
Deuxième forum régional, Cotonou, Bénin, 27 au 27 septembre 2011, multigr

RIPIECSA
Recueil des résumés.
Atelier final du programme RIPIECS, Prospective du réseau AMMANET :
18 au 21 octobre 2011.
Palais des congrès, Cotonou, Bénin.
Editeurs : Arona Diedhiou, Antoine Bricout, Sandrine Fagnoni, Samia Ovale, CCSd, 10 octobre 2011, 109 pages et indexe, multigr

Sanou Doti Bruno
- 2006 : « Rapport d'étude sur la mise en pratique des coutumes dans les forêts classées de Dinderesso et du Kou », Bobo Dioulasso, février 2006, 74 p., multigr

- 2005 : « Rapport d'étude sur le coutumier en matière de gestion des forêts et la mise en pratique des coutumes dans les forêts classées de Dinderesso et Kou », Bobo Dioulasso, septembre 2005, 38 p., multigr

Sanou Doti Bruno, Traoré Yacouba
Culture et sauvegarde de l'environnement, Bobo Dioulasso, C.A.D, 1999, 174 p., multigr

Sanou Saidou et Sanon Albert
« Règle de gestion de l'environnement écologique selon les coutumes bobo : cas de villages localisés dans le bassin versant du Kon », département de Bobo, juillet 2003, 37 p., multigr

Sawadogo Ram Christophe
- 2004 : Adaptation au changement climatique pour le système hydrologique des fleuves sahéliens et des bassins versants de leurs affluents : cas de la Sirba au Burkina Faso, juillet 2004. 43 pages, multigr.

- 1993 : Aspects sociologiques de l'éducation à l'environnement : connaissances et gestion rationnelle de l'environnement par les peuples du Burkina Faso : 37 pages, 1 tableau, 5 annexes dont 1 graphique.
Document produit dans le cadre du Programme Sahélien d'Education (PSE) pour le Séminaire de formation à l'environnement de responsables de l'enseignement secondaire et de Chefs d'établissement :
Ouagadougou, 26 au 30 octobre 1992 et 4 au 18 janvier 1993, multigr.

Sawadogo Ram Christophe,
Maïga Alkassoum, Bidima Yamba
- 2008 : « Inventaire, état de la régénération et domestication des espèces ligneuses utilisées dans l'artisanat d'art dans le Bougouriba et le Ioba »,
Rapport de stage de terrain,
Département de Sociologie, Année de Licence, Université de Ouagadougou, 2007-2008, multigr

- 2007 : « Inventaire, état de la régénération et domestication des espèces ligneuses utilisées dans l'artisanat d'art dans le Département de Gaoua et Loropeni »,
Rapport de stage de terrain,
Département de Sociologie, Année de Licence, Université de Ouagadougou, 2006-2007, multigr

- 2006 : « Inventaire, état de la régénération et domestication des espèces ligneuses utilisées dans l'artisanat d'art dans l'Ouest du Burkina Faso », Rapport de stage de terrain, Département de Sociologie, Année de Licence, Université de Ouagadougou, 2005-2006, 63 p., multigr

Weber Jacques
Gestion des ressources renouvelables :
Fondement d'un programme de recherche 1995, 21 pages, multigr

Annexes

Annexe 1

Dénomination des types de sols, description des terrains et espèces de végétation dominante (Extraits d'une étude du Patecore).

Nom en mooré	Description des terrains en surface	Type de végétation et espèce dominante
Tanga	Sol mince, rocheux ou caillouteux sur les collines	Végétation arbustive dégradée à dominante *Guiera senegalensis*, *Ziziphus*, *Acacia macrostachya*, *Capparis corymbosa*
Zeguedega	Sol gravillonnaire sur piedmont ou pente	Végétation très dégradée arbustive avec quelques acacias
Zecca (à Nô)	Sol latéritique et gravillonnaire sur relief résiduel	Surface dénudée par habitat cultivée sous baobab
Rasampoego	Sol mince ou inexistant sur cuirasse latéritique	Couverture herbacée ou broussaille à dominante *Combretum micranthum*, *Pterocarpus lucens*
Siendgo	Sol hydromorphe = dépôt limoneux sur cuirasse latéritique	Tapis herbacé : « *soudoungou* » en mooré (graminée)
Bagtanga	Sol limoneux argileux sur glacis	Végétation arborée dégradée composée de jujubier, *Guiera senegalensis*, *Acacia nilotica*, *Ziziphus*, *Combretum*
Boole	Sol argileux parfois gravillonnaire sur piedmont	Végétation très dégradée avec quelques espèces telles que *Capparis*, Balanités, etc.
Bissiga	Sol sablonneux sur plaine	Végétation arborée : karité, *Acacia albida*, raisinier, prunier, kapokier, cailcédrat, etc.

Annexe 2

Liste des espèces interdites par les groupes ethniques des artisans.

Familles	Noms scientifiques	Français	Bobo	Dioula	Moore
Bombacaceae	*Adansonia digitata**	Baobab	*Pi*	*Sira*	*Twèga*
Caesalpiniaceae	*Afzelia africana**	Lingue	*Kibi*	*Danga*	*Kankalga*
Annonaceae	*Annona senegalensis*	Pomme cannelle sauvage	*Lé*	*Mandé sunsun ; ndanga*	*Barkudga*
Bombacaceae	*Bombax costatum**	Kapokier à fleurs rouges	*Tyen*	*Bumu ; Voaka bumbu*	
Arecaceae	*Borassus flabellifer**	Rônier	-	*Sébè*	*Koanga*
Caesalpiniaceae	*Daniellia oliveri**	Daniellia	*Kwéré*	*Sana yiri*	*Aonga*
Caesalpiniaceae	*Detarium microcarpum**	Detar	*Kikirinou*	*Tamakoumba*	*Kagedga*
Mimosaceae	*Faidherbia albida**	Cad ; Kad(e)	*Shon*	*Balanzan*	*Zaanga*
Rubiaceae	*Gardenia erubescens**	*Tukalo*	*Buremso*	*Subudga*	
Meliaceae	*Khaya senegalensis**	Cailcédrat	*Tu*	*Jala*	*Kuka*
Mimosaceae	*Parkia biglobosa**	Néré	*Nu*	*Nèrè*	*Doanga*
Caesalpiniaceae	*Tamarindus indica**	Tamarinier	*Tô*	*N'tomi*	*Pusga*
Sapotaceae	*Vetellaria paradoxa**	Karité	*Yéré*	*Sii*	*Taanga*
Rhamnaceae	*Ziziphus mauritiana*	Jujubier	*Konon*	*N'tomonon*	*Mugunuga*
-	-		*Tinfourou*	-	-
-	-	-	*Gwéwé*	-	-
-	-	-	*Gnini*	-	-

* Espèces couramment utilisées dans l'artisanat [Ouétian Bognounou, Yamba Bidima (1996), Saidou Sanou, Albert Sanon (2004), Ouétian Bognounou et Jean Baptiste Ouédraogo (2004) en complément de nos notes de terrain]. Précisons que cette liste n'est pas exhaustive.

Source : Kéré, 2010

Annexe 3

Récapitulatif des espèces interdites communes aux prescriptions coutumières et aux services forestiers.

Noms vulgaires	Noms scientifiques
Linguè	*Afzelia africana*
Kapokier	*Bombax costatum*
Rônier	*Borassus flabellifer*
Cailcédrat	*Khaya senegalensis*
Néré	*Parkia biglobosa*
Tamarinier	*Tamarindus indicas*
Karité	*Vitellaria paradoxa*
Baobab	*Andasonia digitata.*

L'auteur du tableau note que cette liste n'est pas exhaustive, dans la mesure où certaines espèces (Tinfourou, Gwéwé et Gnini en langue bobo) n'ont pas pu avoir de correspondance en nom scientifique.

Source : Kéré, 2010

Contraintes et opportunités des mécanismes « carbone » dans la mise en œuvre du Projet panafricain de la Grande Muraille Verte (PAGMV)

Olivier Hamel
Cirad-Département ES

Ce chapitre bénéficie des travaux menés dans le cadre du projet CASCADe (Crédits carbone pour l'agriculture, la sylviculture, la conservation et l'action contre la déforestation) géré par le PNUE et financé par le FFEM.

Résumé

Parmi les conventions environnementales issues de Rio (1992), seule la Convention intéressant la lutte contre le changement climatique propose des mécanismes financiers originaux qui pourraient accompagner les pays du Sud vers un développement plus « propre ». Ces mécanismes, issus du Protocole de Kyoto et des négociations post-Kyoto, sont construits financièrement autour d'un indicateur physique qui traduit la diminution des émissions de gaz à effet de serre ou l'accroissement du stockage de carbone dans la biomasse et les sols, dans les systèmes de production et de consommation de ces pays. Mais les impacts socio-économiques en faveur des populations locales, comme la nécessité d'induire une biodiversité plus riche font également partie des critères d'éligibilité.

Il existe deux approches distinctes pour inciter à la réduction des émissions ou pour accroître le stockage : une approche « projet » mise en œuvre par des entités privées ou publiques du Sud dans le cadre du Mécanisme de développement propre (MDP), et des démarches de « politiques » sectorielles qui visent, à la réduction de la

déforestation et de la dégradation forestière, à la gestion durable des écosystèmes, à la préservation et à l'accroissement des stocks de carbone des terres forestières (REDD+). Chaque approche satisfait aux principes généraux imposés par la Convention climat.

Dans les zones sylvo-pastorales du secteur sahélo-saharien, qui est la cible territoriale du concept de la Grande Muraille Verte, la notion de viabilité économique est insuffisante ou inappropriée en regard des enjeux universels qui justifient la sauvegarde de ces écotypes et des systèmes de production.

En regard des financements issus de l'Aide publique au développement (APD), les crédits, susceptibles d'être obtenus à travers ces mécanismes liés au « carbone », sont supplémentaires et de nature différente (qualité, quantité, durabilité). Plus que l'amélioration de la rentabilité de certaines opérations techniques, l'intérêt d'une captation des crédits « carbone » résiderait plutôt dans le suivi et la pérennisation des aménagements territoriaux au profit des populations locales. Au-delà du cycle classique de l'APD, les caractéristiques des financements liées aux marchés contraignants (plus que volontaires) du « carbone » pourraient permettre d'assurer la durabilité des politiques publiques définies pour ces zones, en assurant une couverture financière pérenne des activités de gestion, de suivi et de contrôle.

La difficulté de capter les opportunités financières dépend des modalités à mettre en œuvre pour respecter les principes qui ont été traduits en termes de critères d'éligibilité. Mais en regard des concepts théoriques de la Grande Muraille Verte, l'adoption des critères d'éligibilité (au-delà des opportunités financières) des mécanismes « carbone » est structurante. La démarche politique REDD+ et les crédits « carbone » associés sont, par ailleurs, susceptibles de créer des synergies entre quatre politiques nationales majeures des pays de l'APAGMV, que sont la décentralisation, l'aménagement du territoire, la lutte contre la désertification et la lutte contre la pauvreté.

Parmi tous les concepts et modalités actuelles de la GMV, c'est la notion de « bande de quinze kilomètres de large » qui est la plus lourde de contraintes pour respecter les critères d'éligibilité et les modalités méthodologiques des mécanismes liés au carbone. La mutation de cette bande en chapelet de « collectivités territoriales » permettrait à elle seule de lever ces contraintes, tout en offrant un cadre favorable à la mobilisation des populations, à l'encadrement technique et à la gouvernance qui permette des synergies naturelles avec les politiques d'aménagement du territoire et de décentralisation.

Selon les décisions de Cancun, une démarche REDD+ doit être nationale, avec cependant la possibilité d'adopter une approche sous-nationale, sous réserve d'une consolidation nationale ultérieure. La pertinence d'une approche par écorégion circonscrite aux limites de collectivités territoriales est donc avérée. Mais il importe que chaque État adopte en priorité un cahier des charges national qui s'imposera à toutes les démarches REDD+ et à tous les projets censés induire des diminutions d'émissions. Il s'imposera à tous les bailleurs multi ou bilatéraux, à tous les opérateurs institutionnels publics ou privés (associations de producteurs, ONG, groupes privés) et à toutes les collectivités territoriales.

Les pays de l'APAGMV, en jouant cette carte REDD+ qui leur permet d'adopter un cadre méthodologique structurant du type « développement propre » ou « développement vert », pourraient bénéficier d'une ouverture internationale et d'une écoute plus importante pour réaliser leurs ambitions.

Introduction

Des connaissances et des expériences ont été accumulées par la Recherche et le Développement sur la zone climatique ciblée par la GMV durant ces cinquante dernières années. Pour synthétiser les acquis, on peut dire que l'on sait ce qu'il ne faut pas faire, mais que l'on ne sait pas toujours ce qu'il faut faire, ni éviter de faire ce que l'on sait qu'il ne faut pas faire.

C'est un problème de gestion des écosystèmes sylvo-pastoraux et donc de relations :

Pastoralisme/Agro-pastoralisme <-> Écosystèmes <-> Climat <-> Gouvernance

Toutes les problématiques de lutte contre la désertification, lutte contre la pauvreté, de préservation de la biodiversité, de changement climatique se retrouvent ici.

Nous avons à notre disposition des techniques ou des systèmes de production qui peuvent être évidemment améliorés, mais en général ce sont les contraintes socio-économico-politiques qui empêchent une mise en œuvre efficace de ces techniques.

Cela ne veut pas dire que des recherches en amont, portant sur la caractérisation et les processus de fonctionnement de ces écosystèmes, ne doivent pas être menées ou poursuivies ; cela signifie simplement que, en dehors des recherches fondamentales toujours nécessaires, les recherches pour le développement ne peuvent être dissociées des contextes socio-économico-politiques appropriés. C'est probablement le cadre de la gouvernance de terrain qui apportera le plus de performance, malgré certaines externalités, dues par exemple à la mondialisation, qui continueront de peser sur toutes les stratégies mises en œuvre.

Durant la décennie 2000-2010, certaines innovations ou évolutions majeures ont changé les données du problème :

– les outils législatifs pour une décentralisation et une régionalisation existent dans la plupart des pays. Ils sont certes perfectibles, mais ils permettent le transfert de la gestion des ressources naturelles auprès des populations. Cela implique que l'État décentralisé repense ses modes d'interventions habituels et que les bailleurs et autres opérateurs type ONG se conforment également à cette politique en fournissant des moyens (financiers et techniques) en adéquation avec les nouveaux enjeux (aménagement du territoire, formation/éducation, etc.) à l'échelle des collectivités territoriales ;

– de nouveaux mécanismes financiers, qui s'appuient sur la valorisation de services environnementaux (liés au climat *via* le « carbone », à la biodiversité ou à l'eau) émergent. L'intérêt financier de ces mécanismes réside principalement dans leurs

complémentarités potentielles avec les autres sources de financements classiques, avec comme caractéristique, non une substitution au financement habituel, mais une complémentarité.

Ces innovations sont de nature à modifier les bases du développement, tout en obligeant la recherche à intégrer de nouveaux indicateurs et de nouveaux « produits » (services environnementaux) dans sa stratégie de recherche.

Dans ce chapitre nous allons essayer de décrire la nature des différents mécanismes financiers liés au carbone, en partant des négociations internationales sur le climat. Nous essayerons ensuite d'aborder les contraintes et les opportunités en faisant la liaison entre les critères d'éligibilité à ces mécanismes et les concepts et modalités de mise en œuvre de la Grande Muraille Verte.

Genèse des mécanismes financiers induits par le Protocole de Kyoto (PK) et poursuivis dans le cadre des négociations post-Kyoto 2012 : du MDP au REDD+

Pour mettre en œuvre, concrètement, les bonnes résolutions de diminution des émissions de Gaz à effet de serre (GES) contenues dans la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) de 1992, les pays du Nord [Pays de l'annexe I du Protocole de Kyoto] se sont engagés de façon juridiquement contraignante dans le cadre du Protocole de Kyoto (PK) de 1997, à réduire de 5,2 % leurs émissions de GES sur une première période d'engagement allant de 2008 à 2012.

Pour faciliter le respect des engagements de réductions des émissions de GES par les pays du Nord, le PK prévoit trois mécanismes financiers dits de « flexibilité ». Lors des négociations portant sur les modalités de ces mécanismes, de nombreuses discussions se sont déroulées autour de la pertinence de prendre en compte les bilans de carbone liés à l'« Utilisation des terres, le changement d'utilisation des terres et la foresterie » (UTCUTF) [en anglais LULUCF]. Ces débats et polémiques se sont provisoirement achevés lors de l'adoption des décisions connues sous le nom des « accords de Marrakech » en décembre 2001 durant la Conférence des Parties de la CCNUCC de Marrakech (COP 7).

D'une manière générale, le Mécanisme de développement propre (MDP) est le seul parmi les trois mécanismes de flexibilité inscrits dans le Protocole de Kyoto (PK) à concerner les pays du Sud [Pays hors annexe I du Protocole de Kyoto]. Il est régi par des principes généraux qui s'appliquent à tous les projets, qu'ils soient liés à la diminution des émissions de GES ou à une diminution de la consommation d'énergie

fossile (Projets « sources ») ou, pour les projets du secteur UTCUTF, à la séquestration de carbone absorbé dans la biomasse et les sols des écosystèmes naturels ou cultivés (Projets « puits »). Le compromis de Marrakech stipule que pour la première période d'engagement du Protocole de Kyoto 2008-2012, tous les projets de réduction de la consommation d'énergie fossile et de diminution d'émissions de GES sont éligibles dès lors que les périmètres des projets sont bien définis, que les scénarii de référence sont solides, que des mesures rigoureuses d'émissions sont possibles et que des contrôles périodiques peuvent être assurés dans le futur. À l'inverse, tant qu'il n'y a pas de méthodologies fiables (compatibles avec la rigueur et la précision des méthodologies des projets « sources ») les projets de séquestration de carbone dans les écosystèmes (forestier, agricole, pastoral) ne sont pas éligibles, *à l'exception des projets de boisements et de reboisements (B&R).*

B&R sont donc les seules opérations liées à l'UTCUTF agréées dans le cadre de la 1re période d'engagement du PK ; mais malgré ce champ d'éligibilité réduit, la crainte d'abus a induit des règles strictes d'éligibilité. Ces règles fixent, en particulier, les caractéristiques des terres qui sont susceptibles de recevoir des plantations éligibles au MDP en imposant notamment qu'elles ne soient pas des terres forestières, et qu'elles n'aient pas été des terres forestières depuis le 31 décembre 1989. Cela nécessite donc l'adoption par chaque pays d'une définition normalisée d'une structure végétale ligneuse pérenne à partir de laquelle on parlera de « forêt » selon le MDP. Cette base « plancher » doit respecter des indicateurs dont les normes doivent obligatoirement s'inscrire dans des fourchettes imposées par le PK.

Cette définition de base, purement « dendrométricienne », ne prend pas en compte les caractéristiques liées à la biodiversité, ni aux rôles ou aux fonctionnements des écosystèmes.

Ainsi, les B&R intéressent toutes les terres agricoles ou sylvo-pastorales à partir du moment où les biomasses arborées (ou arbustives) préexistantes n'atteignent pas à maturité les seuils « plancher » des indicateurs d'une « forêt ».

Il s'agit donc ici dans le cadre de la 1re période d'engagement, de la création d'une ressource végétale ligneuse pluriannuelle. Mais l'amélioration de la gestion des écosystèmes « forestiers » préexistants (selon le MDP), qui aurait pour conséquence l'augmentation du stockage de carbone, l'aménagement « forestier », la déforestation évitée, la dégradation forestière évitée, la conservation, ne sont pas éligibles au MDP durant cette 1re période.

L'élargissement de l'éligibilité au MDP est conventionnellement négociable dans le cadre des discussions post-Kyoto 2012 pour toutes les composantes de l'UTCUTF. C'est ainsi que lors de la COP 11 de Montréal en décembre 2005, une soumission portée par le Costa Rica et la Papouasie-Nouvelle-Guinée, qui proposait une initiative pour inciter économiquement à la réduction des émissions liées à la déforestation (RED), a été adoptée pour figurer dans l'agenda officiel des négociations.

Cette soumission a généré des discussions passionnées. Les pays du Sud ont souhaité que l'approche de réduction des émissions liées à la seule déforestation (RED) soit élargie pour intégrer la dégradation forestière (REDD), tout en soulignant la nécessité de mettre en œuvre des incitations positives pour conforter la gestion forestière

durable mise en œuvre à travers les aménagements forestiers. Le terme de « forêt » est toujours pris dans la cohérence du MDP, même si les écosystèmes en question sont des terres sylvo-pastorales ou bien des terres agricoles sous systèmes de production agroforestiers.

Ces efforts ont finalement abouti, puisque la COP 13 de Bali a adopté *« le Plan d'actions de Bali »* (Décision 1/CP.13.) qui invite les Parties à un accord durant la COP 15 de Copenhague. La grande innovation de ce Plan est qu'il prend en considération, *la démarche REDD+ qui concerne « la réduction du déboisement et la dégradation forestière, ainsi que le rôle de la préservation et de la gestion durable des forêts et du renforcement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement (PED) »*.

Ainsi, du RED, nous sommes progressivement passés au REDD, puis au REDD+ qui intègre la gestion durable, l'accroissement des stocks de carbone forestier et la conservation. Ce qui recouvre la totalité du spectre des opérations qui peuvent être mises en œuvre sur les terres « forestières ». Une dernière évolution potentielle désignée par le sigle REDD++ prendrait en compte la totalité du secteur agricole, mais cette extension a provisoirement été repoussée en attendant les retours de contraintes liées à la mise en œuvre concrète du REDD+.

Malgré les résultats très décevants de la COP 15 de Copenhague en décembre 2009, le point positif majeur a été la signature de *« l'Accord de Copenhague »*, bien que celui-ci ait été signé en dehors du cadre des décisions juridiquement contraignantes des Nations unies. Les signataires de cet Accord s'engagent : sur la mobilisation de ressources financières nouvelles et additionnelles, dites de « financement précoce » (Fast Start), à hauteur de 30 milliards de dollars sur la période 2010-2012, puis sur 100 milliards de dollars sur la période 2012-2020, avec une allocation équilibrée entre adaptation et atténuation. Dans cet accord, la mise en œuvre rapide du REDD+ est dotée pour les trois premières années de 20 % du financement précoce, soit 6 milliards $ ciblés sur les forêts.

Les résultats de la COP 16 de Cancun au Mexique (décembre 2010) ont été meilleurs que prévus. Ainsi, après une première décision REDD+ d'« intention » prise lors de la COP 13 de Bali, puis une seconde décision REDD+ « méthodologique » prise à la COP 15 de Copenhague, *la décision* prise à la COP 16 de Cancun est cette fois d'ordre « politique ». Elle marque la reconnaissance officielle du mécanisme REDD+, même si l'ancrage de cette démarche REDD+ dans une cohérence post-Kyoto fait l'objet de discussions difficiles, car elles sont à la remorque des négociations portant sur les réductions contraignantes d'émissions des pays industriels et des pays émergents.

Les décisions de Cancun définissent clairement le champ du REDD+ en confirmant les objectifs initiaux (art. 70). Par ailleurs, elles soulignent que l'approche « nationale » est entérinée, tout en précisant qu'une mise en œuvre selon une approche « sous-nationale » est autorisée sous réserve qu'une consolidation nationale soit à terme réalisée (art. 71). Enfin, il est indiqué que les paiements seront conditionnés aux résultats en termes de réduction des émissions ou en termes d'accroissement de la séquestration, sachant que les modalités des financements futurs (fonds ou marchés,

volontaires ou contraignants) sont encore en débat (annexe 1-J). En attendant, le « fonds vert », issu de l'accord de Copenhague, est officiellement créé pour canaliser plus de 100 milliards de dollars d'ici 2020.

La COP 17 de Durban (décembre 2011) s'est déroulée dans un contexte de crise financière et économique aiguë qui était peu favorable à des prises de décisions importantes en matière de contraintes environnementales. Cependant, pour gagner du temps en attendant un redressement économique et préserver l'essentiel, il a été décidé par la CMP 7 que la durée de la 2e période d'engagement dans la cohérence du PK serait de cinq ans (2013/2017) ou de huit ans (2013/2020) pour permettre une bonne articulation avec les décisions de la COP 18. Les discussions les plus constructives de cette COP 17 se sont déroulées autour du REDD+, mais l'alternative portant sur le rattachement du « fonds vert » dans la cohérence du PK ou bien dans la logique d'une initiative volontaire des pays du Nord (sans liaison avec des réductions juridiquement contraignantes d'émissions des pays industriels ou émergents), n'a toujours pas été tranchée.

Rappel synthétique des spécificités de chaque mécanisme et de leurs déclinaisons concrètes

Pour analyser les opportunités carbone dont pourraient bénéficier les projets forestiers et identifier les contraintes à surmonter, il est rappelé ci-dessous les différences entre « projet » de type Mécanisme de développement propre (MDP), marché Kyoto ou marchés volontaires, et « démarche » de type REDD+. Nous distinguerons dans ce qui suit, les règles et modalités existant dans le cadre de la 1re période d'engagement (2008-2015) liée au PK, des évolutions discutées au sein des groupes de travail qui préparent les négociations post-Kyoto.

Mécanismes de première génération : MDP Kyoto et marchés volontaires

Les mécanismes de type MDP intéressent des entités privées (entreprises, groupements de producteurs, ONG, etc.) ou publiques (Agences nationales ou collectivités publiques), du Sud tous secteurs confondus (appelées ***Porteurs*** de projet) qui, en améliorant leur outil de travail ou leur système de production, peuvent induire des diminutions d'émissions de GES ou des accroissements de séquestration du CO_2. Ces impacts positifs, en regard des mécanismes climatiques, peuvent être valorisés financièrement par la mise en vente, sur les marchés « carbone », de certificats de réduction d'émissions délivrés par des autorités habilitées. Ces certificats sont achetés par les pays du Nord ou leurs entités industrielles.

Rien n'oblige les Porteurs du Sud à adopter une telle démarche.

MDP Kyoto/Marché contraignant

Cette démarche volontaire des Porteurs du Sud peut s'inscrire dans le cadre *du MDP (donc dans le marché carbone contraignant selon le PK)*, si les méthodologies et les modalités respectent strictement les critères d'éligibilité approuvés par le bureau exécutif du MDP (BE/MDP).

Le champ d'éligibilité du MDP dans le cadre de Kyoto couvre les secteurs « énergie » et le secteur UTCUTF, mais les projets pour ce dernier secteur sont limités pour la 1re période d'engagement (2008-2012) aux B&R correspondant à la création d'une ressource ligneuse (plantations ou agroforesterie) et non à la gestion d'une ressource existante (ce qui exclut pour le moment la prise en compte de l'aménagement des écosystèmes naturels). Les Certificats de réduction d'émissions (CRE/CERs) obtenus dans le cadre de ces projets seront acquis par des acheteurs du Nord qui pourront les intégrer dans leur propre comptabilité « carbone », lorsqu'ils sont assujettis à des contraintes de réduction de leurs émissions. Les réductions d'émissions des *projets « sources »* (secteur énergie) sont permanentes et donnent droit à des *CRE définitifs*. Inversement, les réductions d'émissions issues des *projets « puits »* (secteur UTCUTF) sont des réductions dont la permanence ne peut être garantie ; en conséquence, elles donnent droit à des Unités de réduction certifiée d'émissions (*URCE*), qui sont attribuées à titre *temporaire*.

Ainsi, les motivations des acquéreurs potentiels des différents certificats sont liées aux stratégies industrielles et financières de chacun en fonction des contraintes sectorielles de réduction d'émission qui sont imposées par les États. Mais les URCE ont en moyenne une valorisation financière trois fois plus faible que les CRE, du fait de leur caractère temporaire.

Les coûts d'instruction et de transaction des dossiers MDP sont toujours élevés, car les modalités d'instruction sont lourdes et complexes. Ces coûts étant de nature à empêcher l'instruction de projets de petite dimension, il a été créé une catégorie de projets dits de « faible ampleur », qui ne dépassent pas un seuil plafond d'économies d'émissions ou de séquestration de carbone arrêté par décision de la COP. Cette catégorie bénéficie ainsi, de modalités et de méthodologies qui diminuent sensiblement les coûts de transaction. Pour les projets B&R de faible ampleur, les absorptions nettes *doivent être inférieures à 16 000 tonnes d'équivalent CO_2 par an.* Ils sont développés et mis en œuvre par des personnes physiques ou des communautés disposant de faibles revenus dont les critères sont définis par le pays hôte.

Il est également autorisé d'adopter une approche dite « programmatique ». Elle permet de prendre en compte une répétition d'opérations techniques concrètes dans des contextes formatés, sans que la localisation géographique et les opérateurs de base soient formellement identifiés au moment de l'enregistrement du projet.

Pour des Porteurs publics, cette approche programmatique est probablement l'outil le mieux adapté aux préoccupations des directions techniques nationales, des agences de développement ou des collectivités territoriales. Elle permet de rendre éligibles des opérations techniques à l'échelle d'un territoire, sous réserve qu'elles répondent à des critères de cohérence territoriale parfaitement balisés, sans connaître pour autant les localisations exactes de chaque intervention.

Ce type de projet est potentiellement très intéressant. Il est complexe au montage, mais son coût de transaction peut être amorti du fait de sa large couverture territoriale.

Marchés volontaires/Marchés de la compensation

D'une manière générale, indépendamment du système des Nations unies, toutes activités agronomiques ou industrielles qui génèrent volontairement des Réductions des émissions de GES peuvent rechercher des appuis financiers par tonne d'eCO_2 évitée sur des Marchés volontaires, encore appelés Marchés de la compensation. Le produit échangé sur ces marchés est des Certificats de réduction d'émissions volontaires (REV/VER pour Verified/Voluntary Emission Reductions). Pour assainir les marchés, dans la logique de projets ou de produits bénéficiant d'une certification pour attester de la qualité de produits mis sur un marché, les REV peuvent être labélisés par des Standards qui régulent, codifient et certifient de la véracité de ces certificats. Ces Standards disposent de critères et de méthodologies qui leur sont propres et qui reflètent les approches et les cibles stratégiques de leur tutelle (ONG ou associations).

Ces Standards sont généralement adossés aux critères d'éligibilité du MDP, mais ils s'en sont émancipés sur un certain nombre de points soit pour couvrir des champs d'éligibilité plus large, soit pour contourner des contraintes trop fortes du MDP, soit pour introduire de nouvelles préoccupations insuffisamment présentes dans le MDP. C'est ainsi que les standards qui abordent le secteur UTCUTF se sont émancipés des « crédits temporaires » du MDP en adoptant des « crédits définitifs » qui intègrent une mise en réserve d'une partie des fonds afin de faire face aux accidents de parcours éventuels ou erreurs d'évaluation.

Si ces modalités et méthodologies font preuve d'une plus grande efficacité que les règles du MDP, elles peuvent finir par être validées par le bureau exécutif du MDP.

Si les acquéreurs de REV sont assujettis à des diminutions contraignantes de leurs émissions dans leur pays d'origine, ils ne pourront pas les intégrer dans leur propre comptabilité « carbone » officielle. La valeur des REV est en moyenne inférieure à la valeur des certificats issus du MDP (sauf exception).

Si les vendeurs de REV peuvent être des porteurs de projet du Sud, qui ne peuvent pas respecter les critères d'éligibilité du MDP, les acquéreurs de REV sont généralement des personnalités physiques ou morales (entités industrielles ou administratives, privées ou publiques) qui souhaitent volontairement respecter leur conviction environnementale ou acquérir une image « verte » en espérant valoriser commercialement ou politiquement leur démarche. Ces personnalités sont soit issues de pays non signataires du PK, soit issues de pays signataires du PK lorsqu'elles couvrent des secteurs non soumis à des contraintes de réduction d'émissions.

Parmi tous les Standards, le Voluntary Carbon Standard (VCS), est sans doute celui qui dispose d'une composante Agriculture, Forêt et autres utilisations des terres (AFOLU) la plus complète. Il intègre quatre sous-catégories : les projets de séquestration de carbone par boisement/reboisement ou re-végétation (Afforestation, Reforestation and Revegetation – ARR) ; les projets de réduction d'émissions et/ou séquestration de carbone par l'amélioration de la gestion sylvicole (Improved Forest Management

– IFM) ; les projets de réduction d'émissions de carbone par réduction de la déforestation et dégradation forestière (Reducing Emissions due to Deforestation and forest Degradation – REDD) ; et les projets dont les activités permettent d'augmenter les stocks de carbone ou diminuer les émissions de CO_2 issues des sols (Agricultural Land Management – ALM).

Mécanismes de seconde génération suite à la négociation post-Kyoto 2012

MDP post-Kyoto : prise en compte de la « gestion » des écosystèmes et projet sectoriel

Gestion des écosystèmes

Bien que les négociations de Copenhague, Cancun et Durban n'aient pas été conclusives sur ce sujet, malgré des positions positives du groupe de travail AWG-KP compétent, il est malgré tout possible que le champ de l'éligibilité post-Kyoto soit élargi à la « gestion » des écosystèmes (naturels ou artificiels). Il faut alors distinguer l'amélioration des pratiques et des techniques sylvicoles, et la démarche d'aménagement proprement dite qui sous-tend une gestion durable globale qui pérennise la ressource malgré l'exploitation.

L'aménagement est une démarche d'ajustement perpétuel entre la productivité induite par les conditions édaphiques, la gestion dans le cadre d'un aménagement et les prélèvements périodiques pour pérenniser la ressource. Toute amélioration des pratiques qui aboutit à une « additionnalité » (bilan carbone positif) devrait être éligible au MDP, alors qu'une pratique qui n'aboutit pas à l'émergence d'une « additionnalité » en matière de carbone est sans objet pour le MDP.

Projet sectoriel

Une autre voie particulièrement innovante, également en discussion favorable au sein du AWG-KP, serait de rendre éligible des projets MDP « sectoriels ». Ce type de projet est une extension des projets programmatiques à l'échelle de secteurs économiques nationaux. Il concerne la mise en œuvre de politiques dans des secteurs économiques déterminés, qui pourraient avoir pour conséquences directes ou indirectes une diminution des émissions de GES ou un accroissement de la séquestration de carbone dans la biomasse ou les sols.

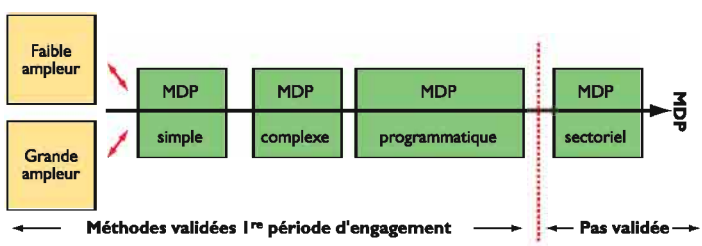


Figure 1.
Schéma des projets MDP validés 1re période d'engagement du PK et en discussion.

La démarche REDD+

Problématique technique du RED au REDD++

L'évolution du RED au REDD++ a déjà été évoquée précédemment.

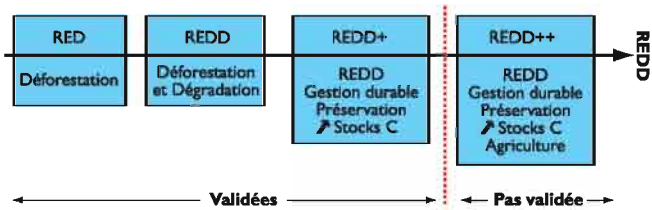


Figure 2.
Schéma des processus et composantes de la démarche « REDD+ ».

Entre ces différentes cibles, les modalités et techniques de mise en œuvre diffèrent profondément, ce qui explique les longues tractations lors des négociations passées, qui ne sont pas encore terminées aujourd'hui.

• La déforestation est la plus « facilement » maîtrisable puisqu'il suffit par imagerie satellitaire d'observer, entre deux dates déterminées, l'évolution du bilan des surfaces des terres forestières à partir d'une définition forêt, que l'on suppose être celle du MDP. Le taux de déforestation est l'indicateur principal. Mais cet indicateur ne suffit pas, car le mécanisme RED nécessite l'évaluation des émissions correspondant à la déforestation qui sera évitée. Ceci exige la connaissance du taux de déforestation de la période de référence historique $[T_{-1} - T_0]$ que l'on comparera avec le taux de déforestation induit par les politiques mises en œuvre sur une période à venir de durée équivalente $[T_0 - T_{+1}]$, car c'est la diminution du taux qui sera valorisée. Mais pour traduire cette diminution du taux de déforestation en termes de tonne d'eCO_2 évitée, il faut à la fois, estimer les biomasses des écosystèmes sous la menace d'une déforestation et, estimer les biomasses correspondant au seuil de la définition « forêt » pour l'écosystème considéré.

• La dégradation est plus difficile à évaluer, car si l'estimation de l'écosystème de référence répond aux mêmes difficultés que pour la déforestation ; par contre, la caractérisation de l'écosystème dégradé n'est pas arbitrairement définie, puisque son état variera entre l'état préexistant et le plancher qui qualifie le seuil de la déforestation. Ceci implique une combinaison de techniques qui associent les évaluations par imagerie satellitaire, une stratification des écosystèmes et des inventaires de terrain, qui permettront de dégager le bilan de la période $[T_{-1} - T_0]$ avec le bilan de la période $[T_0 - T_{+1}]$.

• Les nouveaux objectifs présentés dans la REDD+, introduisent simplement la possibilité de créer des mécanismes spécifiques pour conforter ou développer *la préservation, la gestion durable des forêts ou l'accroissement des stocks de carbone forestier* avec probablement de nouveaux indicateurs. Ces mécanismes peuvent théoriquement être déconnectés de la seule évaluation des bilans de carbone, car la

gestion durable ou la préservation ne seront pas générateurs de bilans « carbone » suffisamment positifs et donc pas de valorisation financière attractive en regard du seul carbone.

• La prise en compte potentielle des bilans de carbone au niveau des systèmes de production agricole annuelle (REDD++) compliquerait évidemment la tache au niveau méthodologique, du fait de la dimension des parcelles agricoles et du caractère annuel des systèmes de production qui impose des évaluations adaptées. Mais pour les pays de zone sèche, dont les biomasses forestières par hectare sont beaucoup plus faibles que celles des zones humides, l'intégration des terres agricoles ou pastorales et des systèmes de production, indépendamment de l'existence d'une biomasse ligneuse, est un enjeu important.

La démarche proprement dite REDD+

Cette démarche REDD+ est issue des réflexions du groupe de travail AWG-LCA dont la cohérence n'était pas celle du PK, mais simplement celle de la CCNUCC. Les décisions de Cancun, en adoptant officiellement cette démarche, intègrent dans leurs composantes à la fois un mécanisme spécifique dédié à la gestion durable des forêts (ou des écosystèmes sylvo-pastoraux), un mécanisme dédié à l'accroissement du stock de carbone en forêt (plantations sur terres agricoles et sur terres forestières) et la préservation des écosystèmes. Toutes les opérations de gestion sont donc couvertes selon qu'elles aboutissent à un bilan de carbone proche de zéro (aménagement durable/conservation) ou à un bilan positif (accroissement du stock de carbone forestier/dégradation évitée). Implicitement, elle justifie le bien-fondé du travail du AWG-KP pour intégrer l'éligibilité de la gestion des peuplements (forêts ou terres sylvo-pastorales) dans le MDP.

Dans un même ordre d'idées, elle justifie aussi le bien-fondé des projets MDP sectoriels. La démarche REDD+ est en effet une démarche de politiques sectorielles qui peuvent avoir des impacts positifs (diminution des émissions ou accroissement de la séquestration de carbone) sur la gestion des « terres forestières » selon la définition « forêt » du MDP. Dans ce cadre, elles couvrent tous les secteurs économiques qui ont une incidence directe ou indirecte sur la consommation d'énergie fossile et/ou la séquestration de carbone (secteurs Énergie et UTCUTF).

Pour satisfaire les mesures de réduction volontaire des émissions de GES des pays du Sud à la base d'une démarche REDD+, les politiques (appliquées aux terres « forestières » selon la définition du MDP) se déclineront en termes de projets. Ces projets ne seront pas forcément mis en œuvre dans le secteur UTCUTF, mais ils auront tous un impact, direct ou indirect, sur les émissions ou la séquestration de carbone dans ce secteur.

Exemple, un projet de diffusion de foyers améliorés ne rentre pas dans le cadre du secteur UTCUTF, mais engendre des impacts indirects sur ce secteur, dans la mesure où la pression exercée sur les peuplements forestiers sera plus faible, ce qui entraînera un accroissement de la biomasse valorisable par le mécanisme REDD.

Certains de ces projets seront éligibles au MDP Kyoto (plantation ; agroforesterie ; régénération naturelle assistée ; amélioration de la carbonisation ; diffusion des foyers

améliorés ; bio-oil ; captation de gaz méthane), d'autres, dont les domaines ne sont pas éligibles actuellement dans le cadre strict du MDP Kyoto, pourront l'être dans le cadre futur du MDP post-Kyoto si les évolutions discutées officiellement depuis Bali sont effectivement entérinées dans un nouveau Protocole post-Kyoto.

Ainsi, finalement la démarche « politique » REDD+ et les démarches « projets » du type MDP, dont les principes de base sont identiques, sont complémentaires. La seule véritable question est donc bien de savoir si les réductions d'émission ou les accroissements de séquestration dans l'une ou l'autre de ces approches permettront de faciliter le respect d'engagements de réduction d'émissions de GES des pays du Nord et des pays émergents, si des contraintes du type PK sont reconduites après la 1re période d'engagement.

Si c'est le cas, ceci induit nécessairement des modalités de mise en œuvre, des méthodologies d'évaluation et de contrôle plus lourdes pour contrer les effets pervers et respecter l'égalité et l'équité des comptabilités « carbone » des pays sous contraintes.

Si les contraintes du type PK ne sont pas reconduites, les démarches des pays développés et émergents ne peuvent être que volontaires (aléatoires et non pérennes), en les exemptant de toutes contraintes. Cependant, si les pays du Sud ne parviennent pas à réguler, coordonner, assainir ces opérations pour créer des synergies avec les politiques nationales de développement, les risques d'induire des effets pervers sont importants.

Ceci est d'autant plus vrai que les décisions de Cancun, en adoptant la cible nationale, permettent des cibles sous-nationales de transition en attendant une consolidation nationale. La cible sous-nationale n'ayant pas été définie, elle va du régional au local. De ce fait, il y a deux approches distinctes dont les conséquences sont divergentes au niveau de la maîtrise des politiques de développement par les autorités publiques :

– si la cible sous-nationale s'inscrit dans une cohérence de collectivités territoriales en tant qu'échelon administratif et démocratique incontournable dans l'aménagement du territoire national (région, communauté rurale), cela permet d'assurer une certaine compatibilité des mécanismes à l'échelle de ces territoires et préserve, en conséquence, la possibilité d'inscrire cette démarche REDD+ nationale, dans le cadre d'un éventuel fonds ou marché « contraignant » dans la ligne du PK ;

– si la cible est « locale », cela laisse une très grande liberté à tous les Porteurs (et ses bailleurs) de définir, selon leurs aspirations et leurs intérêts, un territoire « à la carte » (massif, terroir de village, paysages, etc.). Cette cible privilégie les marchés « volontaires » hors la cohérence du PK et des Nations unies. Elle privilégie les contrôles des ONG ou des organismes de certifications privés, sans que l'État soit fortement présent. Dans cette alternative, le risque d'incompatibilité pour une consolidation nationale est grand.

Pour clarifier les débats autour du REDD+, les REDD+ « locaux » devraient être traités dans le cadre de l'approche « projet » du type MDP, au même titre que les opérations techniques actuellement éligibles ou éventuellement éligibles en post-Kyoto. Ainsi, la typologie de la démarche « politique » REDD+ serait réservée aux seules collectivités territoriales allant de l'unité de base qui structure tout

aménagement du territoire au territoire national, en passant par les régions, les provinces ou les entités autonomes d'une république fédérale. Dans cette approche, la démarche politique REDD+ au niveau d'un territoire ne peut être qu'une démarche volontaire d'un gouvernement ou d'une autorité territoriale habilitée par son gouvernement sous le couvert d'une représentation démocratique. L'articulation entre les politiques et les projets est alors claire et le souci de compatibilité entre les projets pour une consolidation territoriale pertinente s'imposera de lui-même.

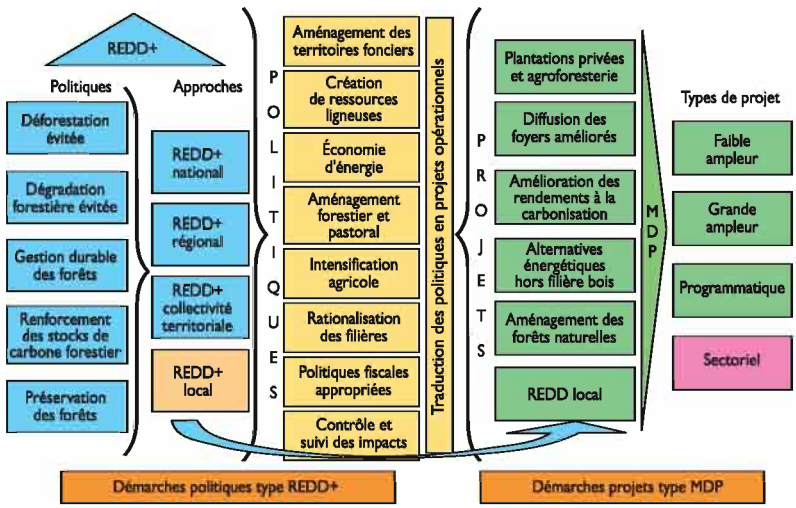


Figure 3.
Articulation des démarches type REDD+ et des démarches projets (dans le cadre de marchés ou de fonds contraignants).

Au-delà de la seule problématique REDD+, ces questions touchent véritablement à un choix de société selon l'importance que l'on veut accorder à la régulation des pouvoirs publics et à la gouvernance régionalisée et décentralisée. En acceptant la décision d'une consolidation nationale, sans définir la cible sous-nationale, et en ignorant le politique on court le risque de constater que la pertinence d'une intégration nationale, nécessaire aux marchés et fonds « contraignants » est impossible. Les plus grands pays du Sud participant aux initiatives actuelles (ex. FCPF de la Banque mondiale/GEF/UNREDD), qui n'adoptent pas de cahiers des charges contraignants pour l'agrément des projets, seront alors sous la menace de tout perdre s'ils ne font pas le choix des démarches volontaires (du Nord comme au Sud). Ceci les contraindra à abandonner leur préférence initiale d'un marché contraignant (sous contrainte type PK) et de ce fait, ils perdront un peu de leur souveraineté au profit de Porteurs et de bailleurs/investisseurs qui auront fait le choix des marchés volontaires.

Principes généraux d'éligibilité aux mécanismes « carbone » des secteurs UTCUTF

Il y a des principes généraux, issus des directives liées à l'application de la CCNUCC et du PK, qui s'appliquent à tous les mécanismes financiers d'incitation à la réduction des émissions, qu'ils adoptent une approche « politique » ou une approche « projet ».

– L'approche « projet » MDP, Kyoto ou post-Kyoto, valorise un *service environnemental « climat »* par le biais du bilan de carbone entre un scénario de projet « classique » de référence et un scénario « propre » que l'on veut mettre en œuvre. C'est la valorisation financière de ce bilan (correspondant aux émissions de GES évitées ou à l'accroissement de la séquestration de carbone dans la biomasse ou les sols) qui est censée permettre la viabilité, économique et sociale, pérenne du scénario « propre ». Même si l'éligibilité au MDP implique que l'on démontre des impacts positifs au profit des *autres services environnementaux* (biodiversité, eau, sols, etc.) *ou socio-culturels*, ces autres services ne disposent pas (pour l'instant) d'indicateurs qui permettent une compatibilité matière rattachée à un mécanisme financier et économique plus global.

– Pour la démarche politique REDD+, les différentes composantes se scindent en deux grands types d'opérations : celles qui débouchent sur des bilans de carbone mesurables qui justifieront la hauteur d'une valorisation financière ; et celles qui ne sont pas caractérisables par des bilans de carbone significatifs et dont les mécanismes d'incitation sont à concevoir. C'est notamment le cas des opérations de préservation et de gestion durable des écosystèmes qui ne débouchent pas nécessairement sur des bilans de carbone significativement positifs. Dans ces derniers cas, les modalités de ces incitations seront nécessairement basées sur les autres services environnementaux, si l'on arrive à les codifier.

Pour les opérations (politiques et/ou projets) qui peuvent être valorisées selon leur bilan de carbone, il y a des règles générales qui s'appliquent à tous les mécanismes. Ces critères sont basés sur de grands principes dont les modalités d'application peuvent varier selon les écotypes ou les échelles d'appréhension.

Éligibilités des terres pour tous les mécanismes

Nous avons déjà vu au début de ce chapitre que les terres éligibles au MDP pour des opérations de B&R ne devaient pas avoir été depuis le 31 décembre 1989 des terres forestières, pour éviter que des déforestations récentes puissent bénéficier de ces crédits, alors qu'ils sont censés valoriser le développement propre.

Le terme « forêt » (même approche que la définition « Forêt » de la FAO) couvre des terres qui disposent d'une couverture végétale pérenne dont les caractéristiques dendrométriques dépassent un seuil plancher caractérisé par trois critères : une hauteur minimale à maturité, une couverture arborée minimale à maturité et une surface minimale de l'écosystème considéré.

Le Protocole de Kyoto a fixé pour chacun de ces critères une fourchette dans le cadre de laquelle chaque pays est tenu de déterminer son indicateur de référence, s'il veut capter ce type de crédit. Le terme de « forêt » correspond à toutes les terres dont la couverture ligneuse est supérieure ou égale à la base de référence, que les terres soient localisées dans le domaine forestier, pastoral ou agricole.

Sur l'ensemble des pays ayant adhéré au projet panafricain de la Grande Muraille Verte, seulement cinq ont d'ores et déjà adopté leur définition nationale.

Tableau 1.
Définitions « forêt » des pays de la PAGMV déjà déposées auprès de la Convention climat.

	Fourchette du PK	Sénégal	Mali	Niger	Burkina	Éthiopie
Surface minimale	0,05 ha $\leq S_m \leq$ 1 ha	0,5 ha	1 ha	1 ha	0,05 ha	0,05 ha
Couverture arborée minimale à maturité	10 % $\leq C_{mm} \leq$ 30 %	30 %	30 %	30 %	10 %	20 %
Hauteur minimale à maturité	2 m $\leq H_{mm} \leq$ 5 m	2 m	2 m	4 m	2 m	2 m

Ces indicateurs peuvent paraître élémentaires, mais l'adoption d'une définition nationale qui satisfasse les intérêts régionaux n'est pas simple, car les potentialités divergent selon les zones climatiques, selon les opérations envisagées et selon la cible des mécanismes.

Plus les indicateurs adoptés sont élevés dans la fourchette autorisée, plus les « terres dites forestières » sont en surface limitée et donc plus il y a possibilité de réaliser des B&R éligibles au MDP sur des « terres non forestières ». Mais en milieu agricole, si les seuils sont élevés, les opérations agroforestières auront beaucoup de difficultés pour les atteindre sans mettre en péril la viabilité des systèmes de production annuelle (concurrence). Selon les termes de cette définition, il y a donc divergence des potentialités entre l'agroforesterie et des plantations forestières.

Bien que dans le cadre du REDD+ la définition de la forêt selon le MDP n'ait pas été mentionnée, on peut supposer qu'une certaine cohérence prévaudra et que la lutte contre la déforestation et la dégradation forestière concernera les « terres forestières », définies probablement selon les critères du MDP.

En adoptant les fourchettes hautes de la définition forêt, on limite les surfaces des terres dites « forestières », ce qui revient à limiter l'application des mécanismes REDD+ et donc, l'opportunité de bénéficier de crédits « carbone » par une meilleure gestion des écosystèmes naturels.

Ainsi, l'adoption d'une définition nationale engendre dans la mise en œuvre des mécanismes, selon les zones climatiques et les écosystèmes, des potentialités divergentes et donc des opportunités financières concurrentielles.

D'une manière générale, les premières définitions « forêt » ont été déposées par les pays sous la pression de Porteurs de projet (eux-mêmes sous la pression de bureaux d'études et de bailleurs de fonds/ONG) pour faire adopter des définitions

au mieux de leur intérêt particulier, sans qu'il soit procédé à une analyse approfondie de l'intérêt global du pays. La charge induite par ces définitions, émargeant dans les coûts de transaction et de contrôle des projets, varie selon la dimension des projets. Il est certain qu'une approche nationale REDD n'a pas les mêmes exigences qu'un projet de faible ampleur MDP.

D'une manière générale, les standards des marchés volontaires ont adopté la définition forêt selon le MDP.

Il est probablement souhaitable que certains pays de la zone GMV soient amenés à réviser leur définition pour capter davantage de crédits. Cette révision est possible à condition qu'aucun projet MDP n'ait été jusqu'à présent enregistré par le bureau exécutif du MDP.

Parmi les pays PAGMV, les pays qui disposent d'un projet MDP en cours de validation ou bien définitivement validé sont les suivants :

– Mali : « Mali Jatropha Curcas Plantation Project » [2008] ;

– Éthiopie : « Humbo Ethiopia Assisted Natural Regeneration Project » [2009] ;

– Niger : « Niger Acacia Senegal Plantation Project » [2012 – en attente de validation] ;

– Sénégal : « Oceanium mangrove restoration project » [2011 – en attente de correction].

Il semble que le seul qui ait terminé le cycle de validation soit celui du Mali. Certains ont débuté pour une validation au MDP mais ont fini par choisir le marché volontaire. Donc en théorie, en dehors du Mali, les définitions forêts peuvent être revues.

Il est clair que pour les domaines climatiques correspondant aux zones d'actions de la GMV, les critères les plus attractifs pour limiter les coûts et optimiser les opportunités de tous les mécanismes auraient été de maximiser la surface minimale (1 ha), et de minimiser la couverture arborée (10 %) et la hauteur minimale (2 m). Mais une définition nationale oblige à des compromis pour intégrer les intérêts des zones plus humides.

Quelles causes de la déforestation et de la dégradation doit-on prendre en compte ?

Il faut souligner ici que les concepts de Déforestation et Dégradation évitées rejoignent les concepts de Désertification et de Dégradation des terres définis depuis 30 ans. Mais la CCNUCC spécifie que *les mécanismes dédiés à l'atténuation* du changement climatique, *ne peuvent intéresser que les impacts liés aux actions anthropiques*. Les impacts provoqués par le changement climatique, lui-même, sont exclus, qu'ils engendrent :

– un accroissement de la productivité agronomique, comme c'est le cas lorsqu'il ya accroissement de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère ;

– ou bien une baisse de la productivité ou induisent une mortalité, comme c'est le cas lorsqu'il y a baisse de la pluviométrie.

Dans les zones humides et subhumides, l'impact du changement climatique sur la déforestation et la dégradation est considéré, pour la durée des périodes de

comptabilisation, comme négligeable et donc non appréhendable. Seuls les impacts anthropiques servent de référence. Les politiques susceptibles d'induire des diminutions d'émission sont clairement du domaine de l'atténuation.

Dans les domaines sahélien et soudanien, le cycle des grandes sécheresses entre 1972 et 1986 (dont la corrélation avec l'accroissement en GES de l'atmosphère n'a pas été établie) a entraîné durant cette période une dynamique de désertification et de dégradation intense. Dans les zones particulièrement sensibles, l'impact du seul changement climatique est rapide et observable, mais souvent les impacts climatiques et anthropiques se sont additionnés. *Il sera toujours extrêmement difficile de différencier les impacts directement imputables aux actions anthropiques locales, des impacts imputables aux causes naturelles ou anthropiques extérieures aux pays de zones sèches.*

Cette difficulté se traduira en particulier dans la définition et la construction des scénarios de référence qui intégreront la durée des périodes de référence.

Dans une large mesure, le corollaire du principe précédent est que *la seule présence de carbone, à travers une biomasse préexistante, ne peut pas être valorisée (accords de Marrakech).* C'est bien l'action anthropique qui est valorisée, ce qui exige que l'on soit capable de mesurer l'accroissement de la biomasse induit par cette action.

Lorsqu'il s'agit de prendre en compte un parc national ou une réserve, le problème est souvent plus complexe. Il peut s'agir d'une simple préservation d'acquis préexistant, avec des écosystèmes en équilibre qui ne génèrent pas d'accroissement de la biomasse. Mais l'équilibre est souvent précaire et l'absence de moyen peut entraîner la dégradation de l'écosystème protégé. Il s'agit alors de construire une méthode généralisable qui débouche sur la quantification d'une émission évitée (contrôle de la faune sauvage ou des animaux domestiques, impacts des populations sédentaires ou transhumantes, feux de brousse, etc.). Cette question touche également les écosystèmes naturels enclavés qui, sans être intégrés dans des concessions de production ou de protection, ne sont pas attaqués tant que leur éloignement les préserve de la pression humaine. Les pays du Sud concernés estiment que la simple présence d'une biomasse forestière contribue à la stabilité du climat et qu'elle doit donc être valorisée pour les services environnementaux qu'elle assume. Il est clair que ce type de service ne peut être valorisable par son bilan de carbone.

Additionnalité, scénario de référence et fuite dans le secteur UTCUTF

Les principes validés par la CCNUCC imposent de définir le « scénario de référence » du projet envisagé qui correspond à l'usage des terres et/ou au mode de valorisation qui se serait imposé en l'absence de crédits « carbone » ; puis d'évaluer l'*« additionnalité »* du futur projet en termes socio-économiques et en termes de bilan de CO_2, en regard du scénario de référence.

Ces « additionnalités » économique et physique doivent donc être Mesurables, rapportables et vérifiables (MRV).

L'additionnalité économique est simplement basée sur le fait que l'on ne peut pas attribuer de crédits « carbone » à des systèmes de production qui auraient été adoptés de toutes les façons en l'absence du MDP. Un projet naturellement rentable selon les critères économiques classiques, ne peut donc pas bénéficier de crédits « carbone ». Pour bénéficier des crédits « carbone », il faut démontrer que les crédits permettront de rendre viables des projets qui à l'origine ne l'étaient pas du fait, soit du surcoût de système de production plus propre, soit du surcoût de l'implication des populations, soit encore pour surmonter des barrières culturelles ou politiques.

Si la précédente additionnalité a pour objet principal d'éviter des effets pervers potentiels, l'« additionnalité » environnementale ou physique est au cœur des mécanismes, puisque la valorisation financière (à travers les marchés ou les fonds « carbone » contraignants ou volontaires) est construite autour de son évaluation.

La cible privilégiée de ces mécanismes est la diminution des émissions de GES ou l'accroissement de séquestration de carbone, induits par les projets ou les politiques mis en œuvre, en regard des systèmes de production et des technologies qui auraient été développés en l'absence de ces mécanismes financiers. La mesure de cet indicateur correspond à la proportion additionnelle de GES stockée ou épargnée par rapport à l'absence de projets (ou de politiques) labellisés MDP, standards volontaires, (ou REDD+).

La notion du *scénario de référence* est donc importante et correspond à l'évolution des écosystèmes (naturels ou cultivés) préexistants sur un territoire donné (définition variable selon le MDP ou le REDD+), provoquée par les déterminants classiques d'utilisation des terres et de changement d'utilisation des terres, en l'absence de toutes mesures incitatives du type « crédits carbone ». Sa détermination fait l'objet de méthodologies spécifiques, équivalentes pour tous les mécanismes, qu'ils s'inscrivent dans une démarche contrainte ou volontaire.

La méthode la plus utilisée correspond à l'estimation des émissions d'une période historique précédant le démarrage des projets MDP ou politiques REDD+. Cette évaluation historique est ensuite prolongée sur une période future qui correspond à la durée d'un projet MDP ou d'une démarche REDD+. Soit cette projection reprend simplement la dynamique passée, soit elle intègre une analyse plus fine qui prendrait en compte les scénarios prospectifs les plus probables en l'absence de crédits « carbone ».

Il y a des perspectives évaluables du type impact de la démographie ou impact de l'accroissement des troupeaux, mais les discussions portent sur l'intégration de facteurs extérieurs à fort impact, qui modifieraient la dynamique REDD sans qu'elle ait été induite par une politique nationale et volontaire. En clair, il s'agit d'éviter de donner des crédits carbone pour une réduction des émissions (REDD) qui aurait de toutes les façons été induite naturellement en l'absence de tout crédit. C'est la même cohérence que le critère d'« additionnalité économique » rappelé au début de ce paragraphe.

Ces facteurs d'ajustement interviendraient dans les deux sens. Ainsi, par exemple, les besoins supplémentaires en terre agricole pour couvrir l'accroissement de la population, se traduiront par une augmentation de la dynamique carbone de référence.

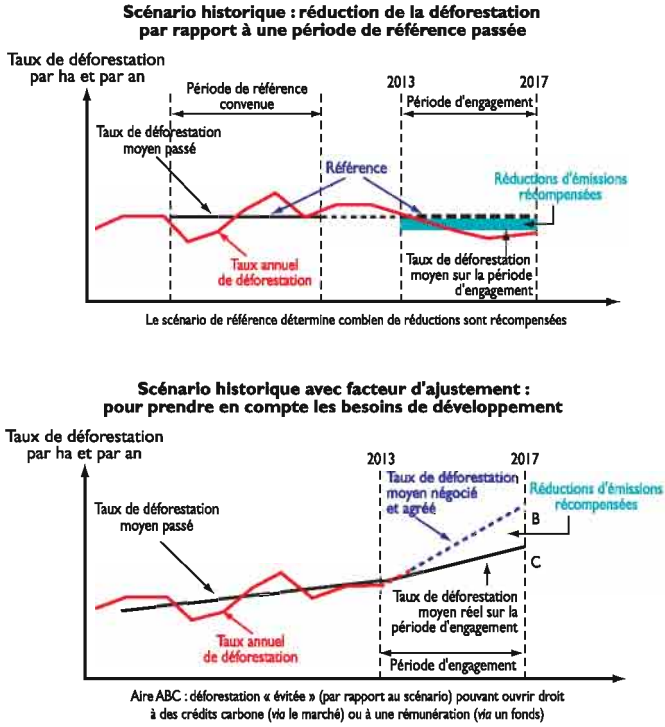


Figure 4.
Niveau de référence historique versus historique avec facteurs d'ajustement « négocié » (type RED à partir du seul taux de déforestation).
Schémas A. Karsenty

Alors que des facteurs économiques non programmés (extérieurs ou intérieurs), qui induiraient une diminution « involontaire » de la pression sur les peuplements naturels, se traduiront par une pondération négative soit de la dynamique carbone de référence, soit du bilan de la période sous incitation.

Mais chaque thématique du REDD+, en cohérence avec les domaines climatiques, nécessite des méthodologies spécifiques d'évaluation des scénarios de référence.

À noter, qu'il est également nécessaire d'évaluer les *« pertes associées »*, quel que soit le mécanisme choisi. Ces pertes, encore appelées « fuites », sont des émissions de GES causées par le projet candidat à l'éligibilité (ou des politiques) en dehors des limites du projet (ou des territoires d'application du REDD+). Ainsi, lorsque le prélèvement de matériel ligneux par des populations est localement perturbé du fait de la mise en œuvre d'un projet de gestion forestière, si ces populations se contentent de déplacer leur prélèvement hors des périmètres du projet, ces émissions délocalisées doivent être intégrées dans les bilans de carbone.

Pool carbone

En théorie, pour tous les mécanismes (MDP ou REDD+, marchés contraignants ou volontaires) les bilans de carbone doivent intégrer les cinq compartiments constitutifs du pool « carbone ». Ces compartiments représentent : la biomasse aérienne, la biomasse souterraine vivante, le bois mort et les feuilles, la litière et le carbone de la matière organique du sol. Lorsque l'on parle de carbone au niveau du pool, il faut comprendre équivalent CO_2. C'est-à-dire que toutes les émissions de GES susceptibles d'être émises doivent être prises en compte et il ne faut donc pas se limiter au seul CO_2.

Il est cependant admis que l'on peut faire abstraction d'un ou plusieurs compartiments, à condition de démontrer que le bilan net global d'évitement ou au niveau du pool ne sera pas surévalué.

Cette contrainte de la démonstration est évidemment lourde selon les différents faciès et selon les écosystèmes. La décision de ne pas prendre en compte un compartiment dépend étroitement de l'additionnalité carbone de chaque compartiment et du coût de la mesure et de la vérification selon des échantillonnages rigoureux.

Les compartiments les plus complexes et les plus coûteux sont la matière organique du sol et la biomasse racinaire.

Évaluation de la variation d'un stock de carbone ou d'un flux de carbone ?

Les impacts de l'atténuation dans le secteur UTCUTF réalisés à travers les MDP/REDD correspondent à l'« additionnalité » traduite en termes de GES évités ou de séquestration de carbone. Les évaluations quantitatives de cette additionnalité ne peuvent pas être réduites en une simple variation de stock de la biomasse à un instant T_o et à un instant T_1, $[\Delta_{T1\text{-}T0}]$.

Pour tous les mécanismes, il s'agit de mesurer une dynamique de flux de carbone durant une période de référence (T_0-T_{-1}) caractérisée en perte ou gain de stock carbone, que l'on comparera à la variation de stock d'une période d'engagement (T_1-T_0). *C'est la différence entre les deux variations de stocks sur les deux périodes (période de référence/période d'engagement) qui détermine l'additionnalité valorisable :* $[\Delta_{T1\text{-}T0} - \Delta_{T0\text{-}T\text{-}1}]$.

Ce rappel est important, car le secteur UTCUTF n'étant couvert dans le cadre du MDP/Kyoto que par les boisements ou les reboisements sur des terres non forestières (donc sur des terres agricoles ou fortement dégradées), le bilan de carbone du scénario de référence est en première approximation égal à zéro $[\Delta_{T0\text{-}T\text{-}1} = 0]$. Du coup l'« additionnalité » pour ces projets correspond au seul $[\Delta_{T1\text{-}T0}]$. Mais pour toutes les extensions éventuellement éligibles en post-Kyoto (ex. gestion des écosystèmes) et pour le mécanisme qui couvrira la REDD (hors REDD+), le calcul $\Delta_{T0\text{-}T\text{-}1}$ n'est pas égal à zéro, ce qui constitue une contrainte de taille. Ceci implique donc pour le REDD des évaluations de stocks à trois dates distinctes : T_{-1} ; T_0 ; T_1. La charge est donc lourde lorsque les évaluations de cette « additionnalité » demandent une combinaison d'images satellitaires et d'inventaires de terrain.

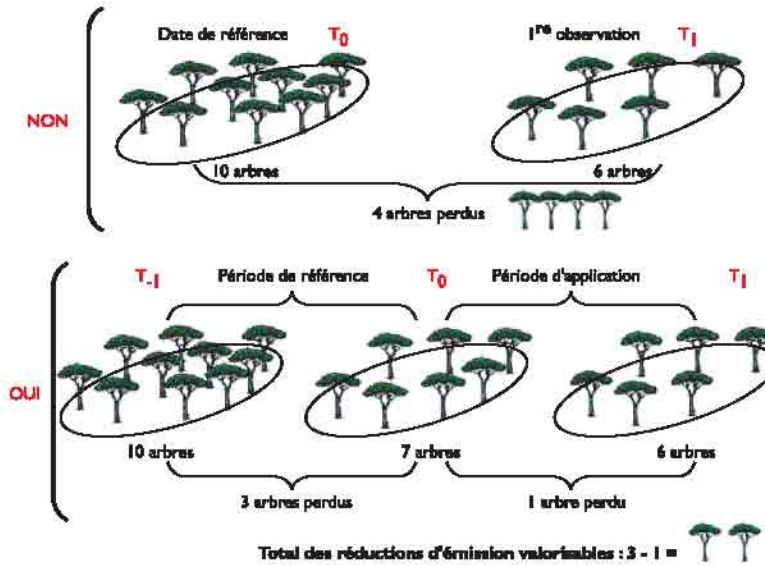


Figure 5.
Schéma principe comptable de l'« additionnalité » propre aux secteurs de l'UTCUTF applicable aux mécanismes financiers liés au « carbone » sous tutelle de la Convention climat.

Multiplicité des valorisations financières pour des objets « carbone » différents

Dans le cadre de marchés ou de fonds *contraignants* qui exigent des comptabilités « carbone » rigoureuses, à la fois dans le pays hôte dont sont originaires les Porteurs et dans le pays acheteur d'où sont issus les investisseurs, la même tonne de carbone (évitée ou séquestrée) ne peut pas être valorisée deux fois. Ceci paraît naturel, mais cela exige des limites conceptuelles ou des périmètres géographiques parfaitement établis et transparents, et une bonne articulation entre les initiatives pour éviter des recouvrements multiples. Ceci s'applique pour le MDP comme pour la REDD+.

Les marchés ou les fonds volontaires peuvent poser problèmes dans la mesure où les initiatives ne sont pas forcément approuvées et suivies par une autorité de tutelle publique du pays hôte et que les certificats des bilans de carbone générés ne peuvent de toutes les façons pas être intégrés dans les comptabilités « carbone » des pays ou des entités du Nord. Des doubles valorisations dans le cadre d'un système contraignant et d'un système volontaire peuvent être juridiquement possibles, mais de nombreux effets pervers seraient ainsi générés. Pour se prémunir contre ces pratiques volontaires ou involontaires, seuls des registres publics peuvent les encadrer, ce qui nécessite une validation par les autorités publiques.

Si une même tonne de carbone ne peut être valorisée deux fois, il peut y avoir, en revanche, des valorisations « carbone » en cascade pour des objets ou des services « carbone » différents pourtant issus d'une même opération technique ou décisionnelle.

• Les plantations sont valorisables par la biomasse séquestrée (temporairement) sur parcelle ou massif, mais les produits après exploitation sont potentiellement valorisables s'ils sont utilisés en substitution à de l'énergie fossile ou, à travers le carbone qu'ils peuvent séquestrer durant un temps plus ou moins long dans les produits transformés. Par ailleurs, cette création de ressources ligneuses va induire une diminution de la pression d'exploitation exercée sur les peuplements naturels, qui va engendrer un accroissement de la biomasse au niveau des écosystèmes naturels. Cet accroissement de biomasse peut être valorisé dans le cadre d'une approche REDD. Pour toutes ces opportunités, les objets « carbone » sont différents.

• L'amélioration de la carbonisation induit une amélioration du rendement en charbon par tonne de bois sec. Cette quantité supplémentaire de charbon correspond à une amélioration nette du bilan de carbone pour cette technologie qui donne droit à des crédits permanents. Mais cette amélioration induit une pression plus faible par ricochet sur les peuplements naturels, que les bois carbonisés soient issus de peuplements naturels ou que les bois soient issus de plantations (à productivité agronomique équivalente, la couverture des besoins énergétiques est plus large). Cette baisse de pression sur les peuplements naturels se traduit par un accroissement de la biomasse sur pied de ceux-ci qui pourrait être valorisable dans le cadre d'un MDP post-Kyoto (en donnant droit à des crédits temporaires) ou, à défaut, dans la REDD.

• Le foyer amélioré induit un accroissement de l'énergie utile issu de la combustion d'une même quantité de bois ou de charbon de bois. La diffusion des foyers améliorés induit donc une diminution de la consommation en bois et charbon qui correspond à une diminution des émissions de CO_2 éligible au MDP à travers des crédits permanents. Comme pour l'amélioration de la carbonisation, elle induit une diminution de la pression exercée en forêt naturelle ou en plantation (et par contrecoup, en forêt naturelle), qui engendre un accroissement de la biomasse sur pied valorisable soit dans le cadre d'un MDP post-Kyoto (crédits temporaires), soit dans le cadre d'une REDD.

• L'utilisation de bio-oil, si elle vient en substitution à de l'énergie fossile, est valorisable par le MDP à travers des crédits permanents. Si elle vient en substitution à de l'énergie bois, tout dépend de l'origine du bois qui ne sera pas utilisé. Si ce bois est issu d'un peuplement naturel ou artificiel géré durablement, il n'y a pas de crédits à attendre ; si à l'inverse, ce bois n'est pas issu d'un peuplement géré durablement, la substitution entraîne une diminution des émissions qui donne droit à des crédits en rapport avec la dynamique de dégradation des peuplements dont le bois est issu.

• La captation de gaz méthane (déchetterie) donne droit à des crédits permanents pour les émissions évitées en déchetterie traditionnelle et donne droit à des crédits permanents si la récupération du gaz se fait à des fins de substitution de gaz fossile ou d'énergie bois non renouvelable selon les mêmes alternatives que précédemment.

Limite, périmètre et frontière des projets et politiques

Pour tous les mécanismes, quels que soient les secteurs, les notions de frontière, de périmètre, de limite des activités de terrain envisagées ou de politiques à mettre en œuvre, sont très importantes. Ces notions prennent des dimensions différentes selon que l'on traite des « sources » ou des « puits » de carbone et selon l'approche « projet » ou « politique » sectorielle adoptée.

En fonction de l'importance quantitative des « sources » d'émissions et de la cible choisie (producteur ou consommateur), les limites des opérations peuvent circonscrire l'outil de travail industriel (unité industriel), la diffusion auprès des consommateurs d'un produit manufacturé économe en émissions (fourneaux améliorés), la formation d'une corporation d'artisans (charbonniers), ou encore un territoire administratif quelconque (commune, communauté rurale, région, etc.) en ciblant producteurs et consommateurs.

Les périmètres des projets ou politiques liés aux « puits » de carbone sont toujours associés à des frontières territoriales (propriétés privées de l'État, concessions privées, massifs forestiers ou sylvo-pastoraux, terroirs de village, communautés rurales, régions, etc.).

Pour évaluer les émissions ou les séquestrations, ces frontières sont importantes puisque les méthodologies de monitoring et de vérification des résultats sont construites dans leur cadre respectif. Une règle conventionnelle impose que tous les produits qui sortent du « périmètre » sont traduits en termes d'émission d'eCO_2. Ainsi, dans le cadre d'une plantation à des fins de bois d'énergie, de service, ou de vergers fourragers ou gommiers, si le périmètre choisi correspond au massif de plantation, tous les produits exportés du périmètre correspondent à des émissions de CO_2 dans le bilan de carbone. Si le périmètre choisi correspond à la fois à un massif forestier ou sylvo-pastoral et à une unité artisanale ou industrielle, le bilan devra être circonscrit à ces limites en tenant compte toutefois du caractère définitif ou temporaire des réductions d'émissions réalisées.

À noter également, que l'on doit intégrer dans le bilan les émissions éventuellement provoquées à l'extérieur du périmètre (pertes associées/fuites). Par exemple, si pour protéger un périmètre sylvo-pastoral on est amené à restreindre le parcours des animaux ou bien si dans le cadre d'une forêt aménagée, on interdit le prélèvement de bois de feu au profit des populations, dans l'un et l'autre cas les émissions provoquées par le déplacement des troupeaux et par la satisfaction des besoins énergétiques des populations à l'extérieur du périmètre aménagé doivent être comptabilisées dans le bilan du périmètre.

Ceci montre l'importance de ces notions de périmètre. Les méthodologies exigent, toutes, une description très précise de ces limites. C'est vrai pour les projets et c'est aussi vrai pour l'application des politiques mises en œuvre. Dans le cadre des composantes du REDD+, l'approche nationale est imposée, mais il est accepté une approche sous-nationale en phase de transition. Ainsi, pour réussir une consolidation rigoureuse à l'échelle nationale, on a tout intérêt à circonscrire la cible sous-nationale à un territoire de collectivité territoriale, afin d'éviter des incompatibilités méthodo-

logiques au niveau des évaluations du bilan de carbone et au niveau des modalités de mobilisation des populations.

Durée de la période de référence, période de comptabilisation, durée de vie des certificats et périodes d'engagement

Les périodes de comptabilisation des projets du secteur UTCUTF sont de 20 ans renouvelables deux fois, ou de 30 ans non renouvelables. Ceci est très important, car cela oblige à construire les projets non pas dans les durées de vie classique correspondant aux temporalités des bailleurs de fonds type APD, mais à se projeter dans des temporalités qui intègrent la pérennisation des projets. Les vérifications des performances réalisées par des Entités opérationnelles désignées (EOD) indépendantes sont faites tous les 5 ans. Cette durée correspond (et ce n'est pas un hasard) à la durée des périodes d'engagement de réduction des émissions de GES des pays de l'annexe 1. Les certificats temporaires liés aux projets plantations/MDP, selon qu'ils sont courts (tCERs/URCE-t) ou longs (lCERs/URCE-LD), ont donc respectivement : une durée de vie fixe de 5 ans renouvelable à chaque période d'engagement de Kyoto ou une durée qui correspond au départ à la période de comptabilisation du projet (20 ans ou 30 ans), mais qui ensuite diminue de 5 ans tous les 5 ans, pour s'éteindre en fin de période de comptabilisation. Les URCE sont délivrés à la suite de ces vérifications et sont intégrables dans la comptabilité carbone des acheteurs pour la période d'engagement qui suit la période dans laquelle les vérifications ont été effectuées.

Les périodes de comptabilisation des projets des secteurs liés à l'énergie (réduction d'émission permanente et donc certificat permanent) sont de 7 ans renouvelables deux fois ou de 10 ans non renouvelables. Les vérifications faites par les EOD sont annuelles.

Les décisions de la CMP 7 (Conférence des Parties du PK) de Durban prolongent la première période d'engagement (2008-2012) de réduction des émissions du PK par une période supplémentaire de 5 ans ou 8 ans (échéance 2017 ou 2020), sans impacter les règles comptables au niveau du MDP. Les REV des standards volontaires ont adopté les mêmes périodicités que le MDP selon les secteurs, mais ils se sont émancipés des certificats temporaires dans le secteur UTCUTF en adoptant des systèmes de garantie pour limiter les risques de la non-permanence.

Pour les mécanismes REDD+, la durée de la période de comptabilisation n'est pas officiellement déterminée. On peut supposer qu'il y aura concordance entre les périodes de comptabilisation du secteur UTCUTF pour l'ensemble des mécanismes, c'est-à-dire, 20 ans (éventuellement renouvelables deux fois) ou 30 ans (non renouvelables). À noter que les standards qui ont d'ores et déjà adopté les « projets REDD+ locaux » (ex. VCS), ont également adopté ces rythmes de vérification de 5 ans qui précèdent la délivrance des crédits.

Cette discussion sur les durées de comptabilisation intéresse également la durée de la période de référence qui intervient dans la définition du scénario de référence, en particulier lorsque la base de la méthode est historique. Pour les pays de zones sèches du type sahélien, c'est important, car si généralement la période historique de référence part du 31 décembre 1989 et peut courir jusqu'en 2005 ou 2010, il se

trouve que les pays sahéliens ont connu de très grandes sécheresses entre 1972 et 1986 qui, combinées avec l'impact anthropique record du pastoralisme, ont entraîné une très forte désertification. Ainsi, la décennie des années 1990 a connu une stabilisation climatique avec un cheptel peu nombreux, alors que la décennie des années 2000 a vu une amélioration pluviométrie, une reconstitution progressive du cheptel et une reconstitution (faible) des écosystèmes. Ainsi, pour le domaine sahélien, la période de référence peut avoir un impact très fort sur le bilan carbone éventuellement valorisable pour le mécanisme REDD.

En conséquence, les nécessités d'une cohérence et d'une bonne articulation entre les projets MDP et les politiques REDD s'imposeront naturellement. Mais la période et la durée de référence semblent être un enjeu important pour les pays de zone sèche.

La contrainte de l'APD

Jusqu'à présent, l'Aide publique au développement (APD) (bilatérale, multilatérale ou décentralisée) jouait un rôle très important dans le financement et (même) dans la conception de la plupart des projets forestiers ou sylvo-pastoraux d'envergure. Depuis une dizaine d'années, l'impact des ONG (à la fois bailleur et opérateur) a changé le panorama, mais l'envergure de leurs opérations est plus réduite et les cibles sont locales et personnalisées. L'un des principaux attraits de l'initiative APGMV est d'être la marque d'une forte volonté politique plurinationale africaine. Il est clair qu'une forte volonté nationale, lorsqu'elle est relayée par une mobilisation pérenne des populations sous couvert d'un transfert de la gestion des ressources créées, génère des coûts de fonctionnement très nettement plus faibles que des coûts induits par des opérations menées en régie publique ou en régie privée (lorsqu'il s'agit d'intervenir dans des concessions privées). Cependant, les besoins financiers restent importants et l'expérience de la GMV de ces cinq dernières années montre que le budget des États ne suffit pas et qu'il est nécessaire d'avoir un apport financier extérieur (en particulier, issu de l'APD) pour, notamment, satisfaire les investissements.

Cependant, dans le cadre du MDP, *les Accords de Marrakech interdisent l'attribution de CRE ou d'URCE), lorsque les investissements proviennent de l'APD,* par crainte d'un détournement de l'APD traditionnelle au profit de l'acquisition de CRE/URCE. Cette règle est évidemment très contraignante, en particulier pour l'Afrique et singulièrement pour les pays des zones sahéliennes, car la gestion des écosystèmes forestiers ou sylvo-pastoraux n'a pas de rentabilité suffisante pour attirer des investissements privés.

Pour surmonter ce handicap, un assouplissement de cette règle (justifiée au demeurant et, d'ailleurs, induite historiquement par les pays du Sud) pourrait être introduit en interdisant par exemple à toutes les entités du pays dont est issue l'APD d'acquérir ces certificats. Une autre solution pourrait être de contraindre le pays industrialisé dont est issue l'« entité industrielle du Nord acheteuse » de verser l'équivalent de la transaction financière dans un fonds fiduciaire destiné au développement du Sud.

Il faut noter que ***les marchés volontaires ne sont pas soumis à cette contrainte*** lorsque les financements sont issus de l'APD. À partir du moment où les REV ne peuvent pas être intégrés dans la comptabilité carbone des entités acheteuses du Nord, les risques de détournement de l'APD n'existent plus.

En l'absence de cet ajustement :

– soit les APD s'abstiennent de soutenir financièrement ce type de projet, ce qui nécessitera alors la mobilisation de fonds publics nationaux du pays hôte ou de fonds privés (fondation et ONG). Dans ce cadre, les gouvernements du Nord pourraient encourager leurs services (quitte à créer des guichets spécifiques) et leurs entités industrielles à acheter les URCE produites, si les règles d'éligibilité sont satisfaites ;

– soit les APD financent tout ou partie des projets, ce qui empêche les porteurs du Sud d'avoir recours aux opportunités « carbone » pour la partie directement issue de l'APD. Cependant, une fois les investissements de l'APD clôturés, il peut y avoir une demande de crédits « carbone » basée, non sur la création de la ressource financée par l'APD mais, sur la dégradation évitée des ressources créées. Ceci nécessite néanmoins que la gestion des peuplements soit effectivement éligible au MDP post-Kyoto ; mais il est certain que la quantité d'URCE serait nettement plus faible.

Dans la cohérence d'une démarche REDD+, la contrainte de l'APD ne se pose pas dans les mêmes termes que pour le MDP. En effet, le montage financier d'une démarche REDD+ à l'échelle d'un pays, d'une région ou d'une plus petite collectivité territoriale (communauté rurale, cercle, canton, etc.) ne prend en compte que les études nécessaires à la définition des politiques à mettre en œuvre pour aboutir à des engagements de réduction des émissions liées aux différentes composantes du REDD+. L'évaluation de ces engagements (volontaires) de réduction exprimés en tonne de CO_2, sera l'addition des impacts, des mesures législatives, des politiques de développement et des projets concrets de terrain qui seront mis en œuvre. Ces engagements seront ensuite traduits en crédits « carbone » selon des modalités qui restent à définir et qui varieront notamment selon que l'on adopte une entrée « marché » ou une entrée « fonds », et selon l'origine des crédits disponibles « contraignante » ou « volontaire ».

Comme pour le MDP, si les crédits destinés au REDD+ ne donnent pas droit à des certificats susceptibles d'être intégrés dans la comptabilité carbone des pays industrialisés (ou émergents ?), l'APD ne peut être une contrainte. Mais la pérennité des crédits volontaires n'est pas garantie. Cependant, si le fonds vert « volontaire » créé à Cancun bénéficie de 100 milliards de dollars par an à partir de 2020, il est assez peu probable que l'utilisation de ces crédits (gérée par la Banque mondiale) ne soit pas assortie de conditions d'encadrement sévères. Rien ne dit pour le moment qu'ils seront délivrés directement et intégralement à la puissance publique du Sud. Enfin, si les sommes destinées au fonds vert sont respectées (équivalentes à l'APD annuelle), on peut s'interroger sur l'évolution de l'APD traditionnelle.

La mise en œuvre des politiques REDD+ déclinées en termes de projets pourra bénéficier des crédits carbone du type fonds vert, mais il sera, probablement, nécessaire de faire appel aux financements classiques (APD, banques, privés) pour, au mieux, compléter les financements.

Certains de ces projets pourront même bénéficier de crédits MDP. Il y aura donc nécessité d'une bonne articulation entre ces différents mécanismes afin d'éviter des effets pervers potentiels, respecter les règles d'éligibilité et consolider à l'échelle nationale une comptabilité carbone pertinente.

Données existantes et enjeux carbone

Estimations des enjeux en matière de carbone au niveau des zones sèches de la planète

D'une manière générale, il est difficile de comparer les différentes évaluations des compartiments du « pool carbone » des grands biomes planétaires, car les définitions des biomes s'ajustent imparfaitement d'un continent à l'autre, les interprétations des images satellitaires sont fonction des caractéristiques techniques et des méthodes de validation terrain, et les méthodologies d'évaluation des stocks de carbone (biomasse et sol) sont des sondages à références scientifiques et techniques variables.

En référence aux rapports de WBGE 1998 et du GIEC 2000, les savanes tropicales et les déserts et semi-déserts stockent en moyenne respectivement 147 tC/ha (29 t dans la biomasse et 117 t dans les sols) sur 22,5 millions de km^2 et 44 tC/ha (2 t dans la biomasse et 42 t dans les sols) sur 45,5 millions de km^2 contre 243 tC/ha en moyenne

Tableau 2.
Les stocks de carbone dans la biosphère continentale.

Biotope	Surface	Stocks de carbone moyens par ha			Stocks biomasse	Stocks Bio + sol
		Biomasse	Sol*	Total		
	10^6 km^2	tC/ha	tC/ha	tC/ha	en GtC	en GtC
Forêts tropicales	17,6	120	123	243	211	428
Forêts tempérées	10,4	57	96	153	59	159
Forêts boréales	13,7	64	344	408	88	559
Savannes tropicales	22,5	29	117	146	65	329
Prairies tempérées	12,5	7	236	243	9	304
Déserts et semi-déserts	45,5	2	42	44	9	200
Toundra	9,5	6	127	133	6	126
Zones humides	3,5	43	643	686	15	240
Agrosystèmes	16	2	80	82	3	131
Total	151,2	30,8	133	163,7	465	2 476

* = 0-1 m de sol
Source WBGU 1998 : Conseil consultatif allemand sur le changement mondial
Repris par IPCC 2000

pour les biotopes intégrant l'ensemble des forêts tropicales sur 17,6 millions de km^2. Les masses de carbone en jeu seraient donc plus importantes pour l'ensemble des écosystèmes des zones sèches et arides, que pour les forêts tropicales (529 GtC contre 428 GtC).

Si l'on se circonscrit au continent africain, les savanes représentent 15,1 millions de km^2, mais la définition de la savane est large et va de la savane herbacée sans arbre à la savane arborée limite des forêts denses sèches.

Il faut également rappeler que si dans les années 1990, la déforestation en forêt sèche intervenait pour au moins le tiers des surfaces déboisées de la zone tropicale de la planète, en Afrique les forêts sèches représentaient les deux tiers des zones déboisées, soit le tiers des émissions imputables à la déforestation en Afrique.

Ainsi, l'impact des pays de zones sèches dans les émissions liées à la déforestation et à la dégradation est-il significatif et n'est pas suffisamment pris en compte dans les discussions actuelles. Mais l'évaluation des stocks dans la biomasse à l'échelle des biomes africains est particulièrement délicate dans les écosystèmes des zones sèches du type savane.

Spécificités et données disponibles concernant la zone sylvo-pastorale sahélienne

Impacts historiques des grandes sécheresses de la période 1972-1986

À la suite des grandes sécheresses des années 1970 et 1980, c'est toute la zone sylvo-pastorale de la bande sahélienne qui a enregistré les dégradations les plus profondes sur ses écosystèmes. Les causes de dégradation et de désertification massive enregistrées étaient dues à une combinaison de causes anthropiques et climatiques, sans que la responsabilité des GES n'ait été démontrée. Dans les années 1960, la multiplication des forages profonds, l'amélioration sanitaire des troupeaux et la présence d'une végétation riche et diversifiée ont induit un accroissement considérable de la charge animale [thèse Poupon et projet MAB]. Cette charge excessive a été mise en évidence lors des très fortes sécheresses intervenues entre 1972 et 1986 qui ont provoqué une rupture brutale de l'équilibre de ces écosystèmes et entraîné une mortalité importante de la végétation ligneuse. Ainsi, les écosystèmes sylvo-pastoraux ont-ils été profondément dégradés et certains sont devenus des parcs monospécifiques de quelques dizaines d'individus par hectare. La mortalité animale combinée à l'abattage volontaire fut également très forte, et a sans doute dépassé les 30 % du cheptel de certains pays. Ceci était en général fonction de la diversité des écosystèmes nationaux et des bases de repli potentielles.

Bien que diffuse la désertification semble s'être stabilisée dans la décennie 1990, alors que dans la décennie 2000-2010 une amélioration sensible de la pluviométrie a été enregistrée en regard des années 1970-1980-1990. Cette amélioration est toujours aussi hétérogène tant au niveau de la répartition spatiale que dans l'intensité des pluies, mais elle semble avoir été suffisante pour que l'on puisse constater sur le terrain un accroissement de la biomasse arborée en regard des maximums de dégradation enregistrés à la fin des années 1980.

Ainsi, paradoxalement, en regard des grands traumatismes qu'a connus cette région sahélienne durant les années 1970-1980-1990, et si on la compare à l'évolution moins brutale mais toujours continue des régions soudaniennes, on constate que depuis 10 ans il y a une reconstitution progressive, bien que modeste, des écosystèmes sahéliens en regard des deux dernières décennies, alors que les écosystèmes soudaniens, qui approvisionnent sans discontinuer les marchés de bois énergie et de charbon des grandes agglomérations, semblent en dégradation constante, sinon accélérée. Une preuve de cette évolution divergente a été établie au Sénégal en comparant les cartes de la moyenne de la production de biomasse des parcours naturels du Sénégal entre 1987 et 1996, d'une part et entre 1997 et 2006, d'autre part. Cartes obtenues par le Centre de suivi écologique à partir d'inventaires annuels sur sites de contrôle et traitement d'images.

Ce paradoxe est important à souligner, car dans le cadre des mécanismes carbone, MDP et REDD, ceci pose des problèmes spécifiques en particulier lorsqu'il s'agit de déterminer le/les scénarios de référence et la période de référence historique de base.

Nous avons déjà vu que le scénario de référence est la dynamique (physique et économique) d'occupation ou d'usage des sols qui se serait naturellement imposée en l'absence des mécanismes financiers « carbone ». Souvent la caractérisation de ce scénario de référence se fait à partir de l'analyse des dynamiques historiques enregistrées dans le passé immédiat, mais il est clair que la référence historique dépend étroitement de la durée de la période analysée. Ainsi, dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche REDD, si la période 1990-2005 sert de référence, l'estimation du bilan de carbone valorisable qui en découlera sera très différente de ce qu'elle aurait été si le scénario de référence intégrait la situation qui prévalait avant les grandes sécheresses.

Ces difficultés sont spécifiques aux régions sèches ou arides, car les stress hydriques dans les zones sèches ou arides ont évidemment plus d'impact physiologique que dans les zones humides. De ce fait, les causes anthropiques de la déforestation et de la dégradation sont dans les zones humides parfaitement différentiables d'une cause climatique et le choix de la période de référence historique ne rencontre pas les mêmes difficultés qu'en zone sèche.

Ainsi, paraît-il assez probable que la dynamique du taux de déforestation / désertification / dégradation de la zone sylvo-pastorale durant les 15 ou 20 prochaines années enregistre un accroissement de la biomasse durant cette période en regard de la période de référence 1990-2005 (contrairement à la zone soudanienne). Même si les facteurs d'ajustement à l'analyse historique peuvent tempérer tout cela, les pays de zones sèches risquent, donc, d'être défavorisés dans l'établissement de leur bilan valorisable financièrement, si les grandes déforestations/désertifications dues aux grandes sécheresses des années 1970 et 1980 ne sont pas prises en compte dans la durée de la période historique d'évaluation.

Pour surmonter cela, il faudrait que les méthodologies de détermination des scénarios de référence se fassent dans une cohérence inter-États écorégionale (exemples pays du CILSS/Igad/GMV) et pas uniquement sur des considérations de zones humides.

Dynamiques et potentialités de séquestration carbone dans la zone sylvo-pastorale

Stocks et flux moyens à l'échelle de biomes : exemple d'un pays sahélien

Il n'a pas été fait ici de recherche bibliographique systématique dans le domaine sahélien des pays adhérents à la GMV. Pour les pays du CILSS, les données les plus complètes et structurées par biome ou par écorégion semblent avoir été réalisées au Sénégal dans le cadre du projet Socsom/CSE/USGS-Eros. Ces données ont fait l'objet d'une publication de Woomer P. L. *et al.* (2004) intitulée « Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal ». Dans le tableau du dessous, il est reproduit pour chaque biome sénégalais les stocks moyens de carbone par hectare et les flux moyens par hectare et par an entre 1965 et 2000.

Tableau 3.
Stocks et flux moyens de carbone par hectare en fonction des biomes sénégalais.

Average Carbone Stocks 2000 per ha			**Sénégal**	**Average carbon Flux 1965/2000**				
Biomass	Soil 0-40 cm	Cumulated	Biome,/land use	Cover km²		Carbon Stocks tC/ha Biomass + soil		Average Cflux* tC/ha/yr
tC/ha	tC/ha	tC/ha		1965	2000	1965	2000	1965/2000
14,3	23,4	37,7	Savanna	147 258	138 927	48,2	37,7	- 0,302
9,3	19,9	29,2	Agricultural parkland	34 030	42 660	44,5	29,2	- 0,437
60,5	35,6	96,1	Dryland and gallery forest	8 765	5 434	149,1	96,1	- 1,515
3,0	16,1	19,1	Shrubland	3 584	4 487	19,1	19,1	- 0,001
0,0	0,0	0,0	Open water	1 969	2 193			
2,3	21,7	24,0	Bare sand and soil	1 528	3 511	24,9	24,0	- 0,026
31,2	90,1	121,3	Mangrove forest	1 189	837	133,9	121,3	- 0,361
0,0	0,0	0,0	Marsh and wetland	1 067	1 222			
0,0	0,0	0,0	Human settlements	431	552			
13,8	22,6	36,4	Total	199 823	199 823	51,0	36,4	

* Evaluation average carbon flux per ha on land which did not changed of use between 1965 and 2000.
À partir des données de Woomer P.L. *and al.* – *Journal of Arid Environnments*, Senegal – 2004

Toujours dans le cadre de ce projet, les dynamiques de carbone au niveau de chaque grand domaine climatique du Sénégal, ont été estimées par le projet Socsom en fonction des grands modes de valorisation des terres. C'est insuffisant pour monter des projets « carbone », mais cela donne une idée des enjeux carbone dans les pays à domaine climatique similaire.

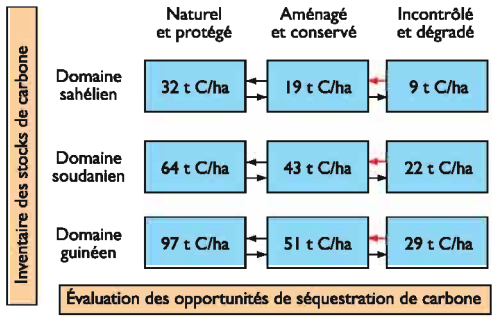


Figure 6.
Évaluation des dynamiques potentielles « carbone » dans les domaines climatiques sénégalais (projet Socsom).

Potentialités de séquestration carbone dans la zone sylvo-pastorale

Concernant les évaluations de la biomasse ligneuse, de nombreuses études ponctuelles ont été réalisées dans chaque pays sahélien sans avoir été publiées dans des revues scientifiques.

Il existe, au moins, deux publications de qualité qui recensent les équations allométriques existantes.

Il s'agit :

– d'une récapitulation, faite par Malick S. et Picard N. (octobre 2006), des méthodes d'estimation de la productivité, et des tarifs de cubage pour les savanes d'Afrique de l'ouest, dans le cadre d'une « Évaluation rapide des ressources en bois énergie » publiée dans les Guides techniques du Predas ;

– et d'une revue, qui analyse les données sur le continent au sud du Sahara faite en juin 2011, intitulée « Estimating Tree Biomass of Sub-Saharan African Forests: a Review of Available Allometric Equations » et réalisée par Henry M., Picard N. *et al.* dans Silva Fennica.

Les tarifs de peuplements et tarifs spécifiques ont, souvent, été réalisés dans le cadre d'inventaires destinés à évaluer les ressources forestières d'un bassin d'approvisionnement. La plupart ne prend en compte que la strate aérienne et pas la biomasse globale, puisque l'objet n'était pas d'établir des comptabilités dans les compartiments du pool « carbone ». Les modalités techniques d'inventaire sont généralement variables selon les opérateurs. Ces travaux sont de qualité hétérogène et les modalités de construction de ces équations ne sont pas toujours précises.

Pour tenter d'apporter des éléments objectifs aux potentialités de séquestration dans la zone sylvo-pastorale les références sont également peu nombreuses. Pour les pluviométries inférieures à 400 mm, les équations de productivité de J. Clément (1982) et M. Sylla (1997) sont à la marge de leur représentativité.

Cependant, deux publications sont néanmoins intéressantes à titre documentaire :
– « Carbon stocks in Senegal's Sahel Transition Zone » par P. L. Woomer *et al.* (2004) ;
– « La finance carbone dans les parcours pastoraux – une évaluation des potentiels dans les parcours collectifs » par T. Tennigkeit et A. Wilkes (2008).

La publication de Woomer s'appuie sur des mesures réalisées sur cinq sites le long d'un transect Nord/Sud de 120 km dans la zone sylvo-pastorale sableuse du Sénégal dont la pluviométrie va de 280 mm à 400 mm. Alors que le rapport de Tennigkeit et Wilkes est une synthèse bibliographique portant sur les parcours pastoraux de la planète.

Les principaux résultats de Woomer *et al.* sont résumés dans les tableaux et figures qui suivent.

(Le carbone du sol est mesuré sur une profondeur de 40 cm).

Tableau 4.
Caractéristiques de la végétation sahélienne.

Transitional vegetation	**— Coordinates —**		**–**	**– Canopy —**
	Longitude	Latitude	Cover	Height
	degrees		(%)	(m)
Degrated grassland	- 14,51	16,09	0,8	1,19
Grassland	- 13,97	16,11	4,5	1,22
Grassland w/ shrubs	- 14,47	16,38	6,0	2,53
Shrubby grassland	- 14,21	15,59	15,9	1,74
Shrubby w/ trees	- 14,58	15,24	27,7	2,16
$LSD_{0,05}$			9,5	0,48
Overall mean			10,9	1,76

Tableau 5.
Stocks de C dans la biomasse et le sol

Transitional vegetation	**Biomass**	**Soil C**	**Total C**
		— kg C ha^{-1} —	
Degrated grassland	419	11 562	11 981
Grassland w/ isolated shrubs	905	11 728	12 633
Grassland w/ scattered shrubs	3 068	16 333	19 401
Shrubby grassland	1 983	25 347	27 330
Shrubland w/ scattered trees	6 543	(25 347)	31 890
$LSD_{0,05}$	1 714	n.s.	1 715
Overall mean	2 584	17 254	20 647

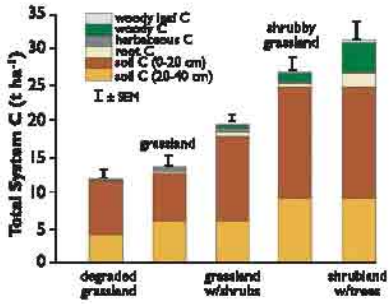


Figure 7.
Pool carbone dans les différentes formations végétales de la zone sylvo-pastorale.

À partir de ces données, les initiatives qui peuvent être mises en œuvre pour limiter cette dégradation (en assurant une meilleure protection des stocks actuels et en restaurant les terres dégradées) permettraient d'accroître les stocks de 800 kg C/ha pour chaque pourcentage de couverture arborée gagnée. Par ailleurs, des plantations utilisant les espèces locales encore présentes plus au sud pourraient permettre un accroissement de l'ordre de 41 t C/ha au niveau du pool carbone. Sinon, l'analyse des données du CSE-Socsom permet d'évaluer les dynamiques de dégradation et de reforestation aux estimations suivantes.

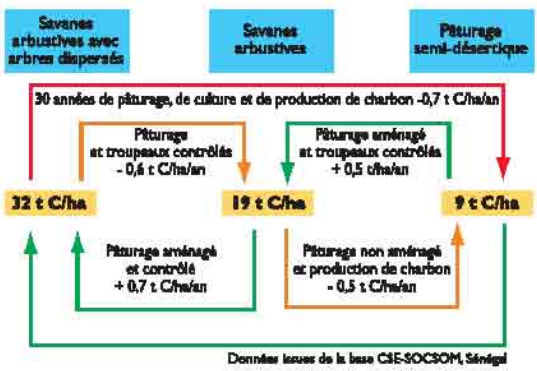


Figure 8.
Dynamique carbone dans la zone sylvo-pastorale sénégalaise.

Il est cependant nécessaire d'analyser les données disponibles dans chaque pays de la GMV pour juger de la pertinence des données de Woomer en regard des contextes respectifs.

L'analyse de Tennigkeit et de Wilkes, est basée sur une analyse bibliographique globale autour des parcours sylvo-pastoraux et des prairies dans toutes les zones climatiques. Ce qui leur a permis de dresser le tableau des potentialités suivantes.

Tableau 6.
Potentiel de fixation de carbone selon les pratiques de gestion des parcours pastoraux.

Pratique de gestion	Nbre de points de donnée*	Changement moyen en $tCO_2e/ha/an$ ou changement total en %C	Min-max
Culture de végétation	c : 31 % : 7	9,39 tCO_2e/ha 0,56 %	[- 12,1 ; 46,50] $tCO_2e/ha/an$ [0,11 ; 1,14] %
Changement d'utilisation des terres	c : 65 % : 22	0,40 tCO_2e/ha 0,87 %	[- 103,78 ; 15,03] $tCO_2e/ha/an$ [- 0,7 ; 4,2] $tCO_2e/ha/an$
Gestion des pâturages	c : 55 % : 21	2,16 tCO_2e/ha 0,13 %	[- 12,47 ; 33,44] $tCO_2e/ha/an$ [- 2,03 ; 5,42] %
Fertilisation	c : 2 % : 68	2,68 tCO_2e/ha 0,47 %	[- 11,73 ; 9,09] $tCO_2e/ha/an$ [- 1,23 ; 4,8] %
Maîtise des incendies	c : 2 % : 1	2,68 tCO_2e/ha 0 %	[3,67 ; 4,11] $tCO_2e/ha/an$ 0 %

* (c = Nombre d'études mentionnant la tenur en carbone, % = Nombre d'études mentionnant le % de carbone)
T. Tennigkeit et A. Wilkes, 2008

Les fourchettes et donc les incertitudes sont importantes et il est nécessaire de vérifier et d'affiner en fonction des contextes sylvo-pastoraux et des expériences techniques de chacun.

• Pour ce qui concerne la gestion des pâturages, l'aménagement des unités pastorales qui intégrerait un pâturage planifié dans le temps en fonction d'une certaine charge animale peut soit être adapté et se pérenniser de façon à conserver un équilibre carbone à peu près constant, soit permettre un accroissement de la biomasse en contrôlant la pression sous la capacité de charge des pâturages. Sinon des mises en réserve fourragère avec fermeture à la pâture du bétail se conçoivent ; la seule référence vient de Mongolie intérieure sur des pâturages dégradés où des fixations de carbone allant de 2,35 à 4,33 $tCO_2e/ha/an$ ont été mesurées. Mais d'une manière générale, les données concernent la strate herbacée et le sol, alors que l'inconnu vient essentiellement de la biomasse ligneuse.

• La restauration de pâturages herbacés *via* des cultures de graminées et de légumineuses peut donner des résultats spectaculaires surtout si la couverture arborée est prise en compte. Dans la province du Cap oriental en Afrique du Sud, les fourrés à *Portulacaria afra* peuvent stocker 245 tC/ha dont 68 % dans le sol et 20 % dans la biomasse aérienne et l'on estime que la restauration de ces fourrés peut permettre de fixer jusqu'à 15,4 $tCO_2/ha/an$.

• La fertilisation ne peut être envisagée que dans des cas très limités et très particuliers et évidemment pas sur des surfaces importantes. Dans tous les cas de figure, il faut voir si cette action va effectivement permettre une fixation nette de carbone ou pas, et si cette action est économiquement viable. L'émission de N2O est un risque à prendre en compte.

• Le changement d'usage des terres est évidemment susceptible d'impacter fortement le bilan de carbone. Les conversions pâturages/terres agricoles sont émetteurs nets de carbone et peuvent diminuer les stocks de carbone du sol de 59 %. Les conversions pâturages/forêts peuvent accroître le stockage de carbone au niveau du pool carbone de façon très significative, mais cela dépend des techniques et des espèces utilisées, et du succès de l'opération.

• Globalement, Grace *et al.* (2006) estime que les feux de savanes émettent chaque année entre 1,8 et 15,4 Gt CO_2e par an. Mais la gestion des incendies et notamment, les feux précoces peuvent induire un bilan positif en regard du scénario de référence. Ainsi, Scholes et Merwe (1996) estiment que cette gestion rationnelle peut permettre de fixer entre 0,9 et 9,2 tCO2/ha et par an.

De manière générale, il y a donc de réelles possibilités qui pourraient être valorisées par des projets, mais la construction de ces projets et l'appropriation de ces actions par les populations sont essentielles. Par ailleurs, il faut veiller à ce que la définition forêt puisse effectivement permettre une captation de ces opportunités à travers la biomasse et les sols. Ceci exigerait notamment une couverture arborée minimale qui, tout en étant compatible avec l'intérêt des autres régions écologiques et en cohérence avec les capacités techniques de l'imagerie satellitaire, permettrait d'intégrer l'évolution des savanes arbustives et arborées (15 ou 20 %).

Changement d'utilisation des terres pour les quarante prochaines années

Modèle IMAGE et scénarios SRES

Une étude récente (O. Hamel et V. Dameron – janvier 2012) intitulée « Dynamiques de plantations et disponibilités des terres en Afrique : dynamiques historiques (1970-2010) opportunités nouvelles, prospectives (2010-2050) », a permis d'estimer les changements d'utilisation des terres en Afrique pour les quarante ans à venir en utilisant le modèle IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment [Alcamo *et al.*, 1994]). En fonction de scénarios d'entrée du SRES (Special Report on Emission Scenarios [GIEC, 1990]), ce modèle permet de décrire l'évolution socio-économique (population, PIB, demande alimentaire, énergétique, matériaux, etc.), les usages des sols et les émissions diverses qui en découlent, ainsi que les impacts et rétroactions tant au niveau du climat que des sols.

Les simulations couvrent la période 1970-2100. La calibration des modules d'occupation et usage des terres et de l'industrie a été réalisée à partir des données réelles de la période 1970-1995. Les implémentations proposées par IMAGE fournissent un jeu annualisé de données économiques, démographiques, climatiques et une grille d'évolution de la couverture des sols, sur un maillage de 0,5° X 0,5°. L'Afrique a été divisée dans le modèle en quatre grandes régions, et les besoins et productions alimentaires et économiques sont d'abord évalués à l'échelle de ces régions, avant d'être complétés si besoin par des échanges entre régions ou continents. La couverture des sols est produite par le module « Terrestrial Environment System », qui comprend deux composantes, un modèle d'occupation des terres (Land Cover Model), et un modèle de végétation terrestre (Terrestrial Vegetation Model).

Le principe du modèle est le suivant. À tout moment, une végétation potentielle est déterminée pour chaque cellule de la grille, en fonction des conditions pédo-climatiques. À chaque pas de temps, les demandes en nourriture humaine et animale, agro-carburants, bois d'œuvre sont calculées. Elles sont affectées aux cellules déjà consacrées à la production agricole, en fonction des rendements possibles. Si la demande est satisfaite, les cellules agricoles non utilisées ou devenues impropres reviennent progressivement à la végétation naturelle qui lui était affectée. Si la demande n'est pas satisfaite par les cellules agricoles existantes, de nouvelles cellules sont converties, en fonction de divers critères (proximité, productivité potentielle, population, etc.), jusqu'à satisfaction de la demande ou épuisement des surfaces disponibles.

Dans le cadre de l'étude CASCADe, nous ne sommes pas intervenus sur le « noyau dur » du modèle IMAGE lui-même, mais nous avons utilisé les données de sortie mises à disposition pour la mise en œuvre de scénarios d'évolution proposés par l'équipe du SRES.

Les sorties du système Environnement-Terrestre en fonction des scénarios SRES sont alors utilisées pour évaluer les changements d'utilisation des terres et notamment, les terres disponibles pour des B&R. Les évaluations de disponibilités concernent des terres qui autant que possible ne viennent pas en concurrence avec d'autres usages. Nous avons regroupé les cellules élémentaires du modèle (0,5° x 0,5°) par pays, introduisant des frontières où le modèle n'en considérait pas (sauf entre les quatre régions pour l'Afrique). Lorsque les surfaces des pays sont importantes, les résultats sont alors statistiquement significatifs, mais lorsqu'elles sont trop faibles il y a un risque de biais statistique. Les cellules élémentaires correspondent approximativement à 250 000 ha à hauteur du domaine sahélien.

L'équipe du SRES a considéré quatre familles de scénarios (A1, A2, B1 et B2) de développement économique, social et donc environnemental. Elles correspondent à quatre tendances possibles de type « business as usual ». Les politiques de base de chaque scénario sont décrites et construites autour de deux axes principaux : le premier couvre les types de développement selon que la globalisation ou la régionalisation s'est géographiquement imposée ; et le second axe prend en compte les orientations de ce développement selon que les valeurs « matérielles et économiques » ou les valeurs « sociales et écologiques » ont été adoptées (voir figure 9 et voir en annexe 1 la description des grandes familles de scénarios socio-économiques du SRES).

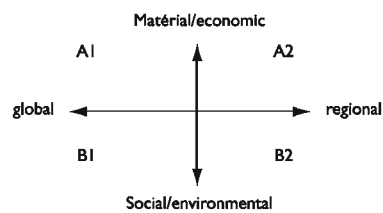


Figure 9.
Schéma conceptuel des familles de scénarios.

En simulant l'impact des familles de scénario, ce sont les familles A2 et B1 qui systématiquement apportent en 2050 les résultats les plus contrastés au niveau des terres agricoles, des terres agricoles abandonnées et des savanes. En conséquence, ce sont les estimations faites à partir de ces deux familles d'hypothèses qui figureront dans les tableaux des résultats qui suivront.

Les terres que nous avons considérées comme éligibles pour des reboisements (autres que de bois de feu) répondent aux caractérisations suivantes :

– les forêts et les forêts dégradées ne sont pas considérées comme éligibles ;

– les terres cultivées, les terres pâturées intensivement, ou les anciennes jachères ne sont pas éligibles ;

– en revanche, lorsque les besoins agricoles régionaux sont satisfaits ou que les rendements diminuent du fait d'une perte de fertilité importante, les terres agricoles abandonnées (terres cultivées et terres pâturées intensivement) sont éligibles ;

– les prairies extensives, définies comme des terres dont la productivité herbacée potentielle est inférieure à 25 % du maximum mondial, sont considérées comme éligibles sous réserve d'une pluviométrie suffisante et de la préservation des intérêts des pasteurs ou des agropasteurs ;

– les savanes ont une grande variabilité de couverts végétatifs, mais la surface arborée moyenne retenue par le modèle IMAGE pour ce biome est de 50 %. Nous avons retenu comme éligibles pour des plantations forestières 25 % de ces surfaces ;

– les prairies arborées sont, dans les zones sèches, considérées comme ayant un couvert arboré de 30 %. Pour tenir compte du caractère broussailleux de ces surfaces, il a été considéré qu'environ 1/3 des surfaces non arborées pouvait être éligible, soit environ 20 % de cette catégorie ;

– les brousses définies dans le modèle ayant une couverture moyenne de 60 % avec des arbustes, ont été exclues de l'éligibilité ;

– enfin, lorsque la densité de population est supérieure ou égale à 80 habitants au km^2, il a été considéré qu'aucune terre ne pouvait être éligible.

Valorisation du modèle pour la zone d'intervention de l'APAGMV

La cible privilégiée de l'APAGMV concerne la gamme pluviométrique 200 mm-400 mm que l'on qualifie de secteur sahélo-saharien dans le domaine climatique sahélien. Cette fenêtre climatique est évidemment très étroite et correspond à la zone de prédilection du sylvo-pastoralisme. Cette zone est la première zone touchée en cas de sécheresse. Toute baisse de la pluviométrie rejaillit immédiatement sur le tapis herbacé et sur le fourrage vert de la couverture ligneuse. Ces écosystèmes disposent également d'une capacité de résilience à la sécheresse remarquable, sauf lorsque l'impact anthropique (troupeaux et feux) est trop fort. La variabilité pluviométrique (spatiale et interannuelle) est une règle intangible qui ne fait que s'accentuer avec le changement climatique. Les prairies extensives selon la nomenclature du modèle dominent largement.

Des opérations de plantations dans ces zones climatiques comportent des risques d'échec importants. Elles nécessitent une rigueur technique irréprochable dans la

qualité des plants en pépinière, dans les systèmes de plantation adoptés (période de plantation, sylviculture, contrôle des troupeaux et des feux) et dans l'approche organisationnelle. Les produits attendus sont en général de subsistance (fourrage, bois, avec des produits alimentaires de survie et quelques produits de rente comme la gomme arabique), mais les productivités sont faibles. En dehors de quelques niches spéculatives (vergers gommiers, vergers fruitiers, vergers fourragers, huiles alimentaires ou bio-oil, réserve de chasse ou parcs) qui ne peuvent être envisagées que sur des sites bénéficiant de conditions favorables rares, les investissements d'aménagement ou de plantations ne peuvent pas être pris en charge par des groupes privés qui recherchent une rentabilité financière sur le court ou le moyen terme.

Ainsi, les interventions dans ces zones ne peuvent être mises en œuvre que pour maintenir ou développer soit des produits et services vitaux pour les populations locales, soit des services environnementaux d'intérêt national, continental ou planétaire.

Les investissements à la base ne peuvent être pris en charge que par des fonds publics (nationaux ou APD), ou des fonds fiduciaires. Mais, dans tous les cas, l'intégration des populations pour la réalisation des travaux et pour la gestion des ressources est impérative.

Ainsi, si l'on veut tenter d'évaluer les potentialités de reboisement de ces zones, la notion de « prairies extensives » n'est pas une entrée viable et pertinente, du fait des conditions extrêmes, même si des actions ponctuelles peuvent être couronnées de succès. Ainsi, dans cette gamme climatique les nomenclatures qui ont une réelle signification sont : les surfaces herbacées des écosystèmes de savane (avec les principes comptables définis dans le cadre de l'analyse), et les terres agricoles mises en culture qui ont été par la suite abandonnées.

Dans les évaluations qui suivent, nous avons élargi la gamme pluviométrique au secteur sahélo-soudanien qui correspond à la gamme 400 mm-600 mm. Pour deux raisons, d'abord parce que la base pluviométrique du modèle mérite sans doute d'être actualisée et qu'ensuite les dérèglements climatiques mondiaux ont un impact fort sur ces zones qui peuvent basculer dans des stress hydriques comparables à ceux du secteur sahélo-saharien.

Ainsi le tableau 7 présente les résultats consolidés pour toutes les gammes pluviométriques des pays de l'APAGMV.

Dans la gamme pluviométrique inférieure à 600 mm, les écosystèmes qui présentent des variations importantes sont, notamment, les terres agricoles, les couverts forestiers et arbustifs et les terres agricoles abandonnées. Le tableau 8 concentre les données sur ces écosystèmes en fonction des scénarios A2 et B1.

Dans la gamme climatique inférieure à 600 mm, entre 2000 et 2010 la diminution du couvert arboré ou arbustif varie entre 5 et 7 millions d'hectares sur l'ensemble des pays de l'APAGMV. Cela représente une diminution de 11 % à 15 % en moyenne sur dix ans.

• Selon le scénario défavorable A2, la dynamique de déforestation entre 2010 et 2030 se maintient au même rythme qu'entre 2000 et 2010, puisque le couvert diminuerait

Tableau 7.

Changement d'usage des terres selon le modèle IMAGE 2.2 sur l'ensemble des gammes climatiques intéressant les pays de l'APAGMV.

Surfaces en millions d'hectares						Scénario B1								Scénario A2							
											Dont :								Dont :		
	Surface totale cumulée	Surface cumulée hors déserts et hors zones bâties	Gamme Pluviométrique	Surface dans la gamme pluviométrique (Hors déserts)	Années	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes
Pays de la Grande Muraille Verte	1004	553	0-400 mm	103,0	2000	0,5	1,5	18,4	82,6	79,9	0,0	75,7	4,2	0,4	1,3	18,6	82,9	80,5	0,0	76,3	4,3
					2010	1,9	4,6	16,2	82,3	79,4	0,0	75,7	3,7	1,7	4,6	16,5	82,7	80,1	0,0	76,3	3,8
					2030	1,8	5,3	16,3	83,8	79,7	1,8	74,0	3,9	3,4	9,8	14,0	82,8	78,1	0,0	74,9	3,3
					2050	0,2	0,4	18,4	88,7	81,6	5,4	71,8	4,4	2,3	7,2	14,0	86,8	77,1	4,3	69,6	3,3
			400-600 mm	97,7	2000	5,2	11,1	28,0	53,3	52,7	0,0	49,0	3,8	5,4	11,8	27,0	52,9	52,3	0,0	48,7	3,6
					2010	5,8	14,3	25,1	52,6	50,7	0,0	47,6	3,1	6,6	16,1	22,4	52,1	50,1	0,0	47,3	2,8
					2030	4,8	14,1	23,3	55,7	50,8	2,9	45,3	2,6	7,8	22,9	15,0	51,4	45,6	0,0	43,6	2,0
					2050	2,9	6,0	23,7	65,1	54,5	10,5	41,9	2,1	7,7	23,9	13,5	52,2	41,3	1,5	38,5	1,3
			Sous-total	200,7	2000	5,7	12,6	46,4	135,9	132,7	0,0	124,7	8,0	5,8	13,0	45,7	135,8	132,9	0,0	125,0	7,9
			< 600 mm		2010	7,7	18,9	41,3	135,0	130,1	0,0	123,3	6,8	8,3	20,7	38,9	134,8	130,2	0,0	123,6	6,6
					2030	6,6	19,5	39,6	139,5	130,5	4,7	119,3	6,5	11,2	32,7	29,0	134,2	123,8	0,0	118,5	5,3
					2050	3,1	6,4	42,1	153,8	136,1	15,9	113,7	6,5	10,0	31,1	27,5	139,0	118,5	5,8	108,1	4,6
			600-800mm	97,2	2000	18,2	35,5	16,6	27,0	24,4	0,0	23,7	0,7	18,7	37,5	14,1	26,9	24,3	0,0	23,7	0,6
					2010	16,7	39,8	13,3	27,4	23,1	0,0	22,0	1,1	17,8	40,4	11,7	27,2	22,6	0,0	21,7	0,9
					2030	14,4	42,4	10,9	29,5	23,5	1,7	20,6	1,2	16,0	45,7	8,3	27,0	20,7	0,0	20,0	0,7
					2050	11,5	24,1	10,9	50,5	39,9	19,1	19,7	1,2	15,3	47,5	7,1	27,1	18,8	0,0	18,0	0,8

Surfaces en millions d'hectares				Scénario B1								Scénario A2							
									Dont :							Dont :			
Surface totale cumulée	Surface cumulée hors déserts et hors zones bâties	Gamme Pluviométrique	Surface dans la gamme pluviométrique (Hors déserts)	Années	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes
Pays de la Grande Muraille Verte		800-1000mm	97,2	2000	18,2	35,5	16,6	27,0	**24,4**	*0,0*	*23,7*	*0,7*	18,7	37,5	14,1	26,9	**24,3**	*0,0*	*23,7*	*0,6*
				2010	16,7	39,8	13,3	27,4	**23,1**	*0,0*	*22,0*	*1,1*	17,8	40,4	11,7	27,2	**22,6**	*0,0*	*21,7*	*0,9*
				2030	14,4	42,4	10,9	29,5	**23,5**	*1,7*	*20,6*	*1,2*	16,0	45,7	8,3	27,0	**20,7**	*0,0*	*20,0*	*0,7*
				2050	11,5	24,1	10,9	50,5	**39,9**	*19,1*	*19,7*	*1,2*	15,3	47,5	7,1	27,1	**18,8**	*0,0*	*18,0*	*0,8*
		>1000mm	158,0	2000	25,5	50,2	58,8	23,6	**19,2**	*0,0*	*4,3*	*15,0*	25,0	50,1	58,9	23,8	**19,3**	*0,0*	*4,3*	*15,1*
				2010	25,0	59,7	51,9	21,1	**14,8**	*0,0*	*3,4*	*11,4*	27,2	61,8	48,1	20,5	**14,1**	*0,0*	*3,4*	*10,7*
				2030	24,1	71,1	40,6	21,9	**15,0**	*3,7*	*3,1*	*8,2*	27,8	79,2	34,1	16,1	**9,1**	*0,0*	*2,8*	*6,3*
				2050	29,5	61,6	41,0	25,2	**15,6**	*5,7*	*2,8*	*7,1*	27,4	84,6	28,5	16,6	**9,3**	*2,3*	*2,8*	*4,1*
		Sous-total > 600 mm	352,5	2000	61,8	121,1	92,1	77,5	**68,1**	51,6	16,4	0,0	62,5	125,0	87,1	77,5	**68,0**	0,0	51,6	16,3
				2010	58,5	139,2	78,4	75,9	**61,1**	47,4	13,7	0,0	62,9	142,7	71,5	74,8	**59,4**	0,0	46,8	12,6
				2030	52,9	155,9	62,3	80,9	**62,0**	7,2	44,3	10,5	59,8	170,7	50,7	70,2	**50,6**	0,0	42,8	7,7
				2050	52,5	109,7	62,7	126,2	**95,5**	43,9	42,3	9,4	58,1	179,7	42,7	70,8	**46,9**	2,3	38,9	5,7
		Total	553,1	2000	67,5	133,7	138,5	213,3	**200,7**	*0,0*	*176,3*	*24,4*	68,3	138,1	132,7	213,4	**200,9**	*0,0*	*176,6*	*24,3*
				2010	66,2	158,2	119,7	210,9	**191,1**	*0,0*	*170,7*	*20,5*	71,1	163,3	110,3	209,6	**189,6**	*0,0*	*170,4*	*19,2*
				2030	59,6	175,4	102,0	220,3	**192,5**	*12,0*	*163,6*	*16,9*	71,0	203,4	79,7	204,4	**174,4**	*0,0*	*161,3*	*13,0*
				2050	55,6	116,1	104,8	280,0	**231,6**	*59,8*	*156,0*	*15,8*	68,1	210,8	70,2	209,8	**165,4**	*8,1*	*147,0*	*10,3*

Tableau 8.
Évolution des principaux écosystèmes des pays de l'APAGMV en 2000, 2010, 2030 et 2050 selon le modèle IMAGE en fonction des scénarios A2 et B1 du SRES.

Couvert forestier et arbustif					ZONES	Emprise agricole				ZONES	Terres abandonnées				
Scénario	2000	2010	2030	2050	en Mha	2000	2010	2030	2050	en Mha	2000	2010	2030	2050	Scénario
A2	19	16	14	14	P < 400 mm	0,4	1,7	3,4	2,3	P < 400 mm	0,0	0,0	0,0	4,3	A2
B1	18,4	16,2	16,3	18,4		0,5	1,9	1,8	0,2		0,0	0,0	1,8	5,4	B1
A2	27,0	22,4	15,0	13,5	400<P<600mm	5,4	6,6	7,8	7,7	400<P<600mm	0,0	0,0	0,0	1,5	A2
B1	28,0	25,1	23,3	23,7		5,2	5,8	4,8	2,9		0,0	0,0	2,9	10,5	B1
A2	45,7	38,9	29,0	27,5	P < 600mm	5,8	8,3	11,2	10,0	P < 600mm	0,0	0,0	0,0	5,8	A2
B1	46,4	41,3	39,6	42,1		5,7	7,7	6,6	3,1		0,0	0,0	4,7	15,9	B1
A2	87,1	71,5	50,7	42,7	P > 600mm	62,5	62,9	59,8	58,1	P > 600mm	0,0	0,0	0,0	2,3	A2
B1	92,1	78,4	62,3	62,7		67,5	66,2	59,6	55,6		0,0	0,0	7,2	43,9	B1

Les terres abandonnées correspondent aux terres anciennement cultivées et aux pâturages dégradés

de dix millions d'hectares en 20 ans (- 1,5 % an). Entre 2030 et 2050, la dynamique de déforestation ralentit considérablement, pour atteindre une diminution du couvert de 1,5 Mha sur vingt ans.

• Selon le scénario favorable B1, la dynamique de déforestation 2000-2010 serait divisée par cinq entre 2010-2030 puisque la déforestation atteindrait 1,7 million d'hectares sur vingt ans. Entre 2030 et 2050, la dégradation serait jugulée puisque le couvert arboré et arbustif gagnerait 2,5 Mha en regard de 2030 et dépasserait la couverture de 2010.

Il est intéressant de comparer ces estimations avec celles des gammes climatiques supérieures à 600 mm. Entre 2000 et 2010, la déforestation sous ces pluviométries tournerait autour de 15 Mha, soit entre 15 et 17 % du couvert sur 10 ans.

• Selon le scénario défavorable A2, entre 2010 et 2030, la dynamique de déforestation et de dégradation diminuerait légèrement pour atteindre 20,7 Mha en 20 ans (- 29 %), soit - 1,45 % an.

Sur la période 2030-2050, il y aurait une décélération de la dégradation importante, puisque la diminution du couvert atteindrait 8 Mha sur 20 ans (- 16 %), soit - 0,8 % an.

• Selon le scénario B1 favorable, entre 2010 et 2030, la dynamique de dégradation diminuerait de moitié, puisque la dégradation atteindrait 16 Mha en 20 ans, soit - 1 % an. Entre 2030 et 2050, la dégradation serait totalement stoppée.

On constate d'une manière générale que les dynamiques de déforestation et de dégradation sont plus importantes dans le domaine soudanien que dans le domaine sahélien, ce qui corrobore ce qui a été dit précédemment.

Concernant l'évolution de l'emprise agricole, celle-ci est en cohérence avec les caractéristiques des scénarios A2 et B1 (démographies et modes de développement).

Pour les pluviométries inférieures à 600 mm, le scénario A2 développe une forte pression sur les terres qui s'accentue jusqu'en 2030. Entre 2030 et 2050, la dynamique de conquête de nouvelles terres disparaît et des terres agricoles sont abandonnées. Le scénario B1 suit des courbes comparables, mais les impacts sont nettement moins accentués, car si en 2010 les surfaces emblavées sont comparables, en 2030 le scénario B1 présente des surfaces deux fois plus faibles qu'A2. En 2050, la différence est de un à trois.

Pour les pluviométries supérieures à 600 mm, entre 2010-2030-2050, les emprises sont presque similaires, quels que soient les scénarios. Pour A2, il y a cependant une diminution lente et continue entre 2000 et 2050, alors que pour le scénario B1 les diminutions des emprises sont plus importantes entre 2030 et 2050.

Pour ce qui concerne l'abandon des terres agricoles ou l'abandon des terres surpâturées, le scénario A2 n'enregistre ce type de dynamique qu'entre 2030 et 2050, alors que dans le cadre d'un scénario de type B1 elle apparaît déjà entre 2010 et 2030.

En 2050, les surfaces concernées selon A2 seraient de 6 M ha, contre 16 M ha pour un scénario type B1 dans la gamme inférieure à 600 mm.

Pour la gamme supérieure à 600 mm, le scénario A2 ne prévoit toutefois qu'une déprise de 2 M ha en 2050, alors qu'elle est de 44 M ha pour B1.

Le tableau 9 présente un récapitulatif qui concerne uniquement les terres disponibles susceptibles d'être reboisées. Dans cet objectif, la gamme inférieure à 600 mm n'intègre que les terres disponibles correspondant aux surfaces herbacées des savanes (SHS) et les terres agricoles abandonnées (TA) ; alors que la gamme supérieure à 600 mm intègre les SHS, les TA, mais aussi les prairies extensives (PE).

Tableau 9.
Récapitulatif des terres disponibles pour des opérations de plantations pour toutes les gammes pluviométriques des pays de l'APAGMV.

	Mha	< 400 mm		400-600 mm		Tot < 600 mm		Mha	600-800 mm		800-1000 mm		> 1000 m		Tot > 600 mm	
2000	SHS+TA	4,2		3,8		8,0		T.D.	24		24		19		68	
2010	SHS + TA	3,7		3,1		6,8		T.D.	23		23		15		61	
2030		B1	B2	B1	B2	B1	B2		B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
	SHS+TA	5,7	3,3	5,5	2,0	11,2	5,3	T.D.	23	21	23	21	15	9	62	51
	dont T.A.	*1,8*	*0,0*	*2,9*	*0,0*	*4,7*	*0,0*	*dont T.A.*	2	*0*	2	*0*	*4*	*0*	*7*	*0*
2050		B1	B2	B1	B2	B1	B2		B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
	SHS+TA	9,8	7,6	12,6	2,8	22,4	10,3	T.D.	40	19	40	19	16	9	96	47
	dont T.A.	*5,4*	*4,3*	*10,5*	*1,5*	*15,9*	*5,8*	*dont T.A.*	*19*	*0*	*19*	*0*	*6*	*2*	*44*	*2*

SHS + TA = Surfaces herbacées des savanes + Terres agricoles abandonnées
T.D. = Terres disponibles = SHS + TA + Prairies extensives

On retiendra qu'en première approximation, la fourchette s'établit entre 5 et 10 millions d'hectares de terres disponibles dans la gamme inférieure à 600 mm pour réaliser des plantations de masse avec des chances de succès. Ceci représente grossièrement entre 2,5 et 5 % des terres de cette gamme. Ces potentialités pourraient doubler dans un second temps. Ceci ne veut pas dire que ponctuellement, il ne puisse pas y avoir de plantations sur des échelles plus réduites avec de fortes implications des populations. Mais ceci montre que le choix des terres à reboiser *via* des plantations doit être réalisé après analyse approfondie. Rappelons également que dans le cadre de ces zones climatiques, les plantations ne sont que l'une des techniques à mettre en œuvre, parmi beaucoup d'autres qui rentrent toutes dans le cadre des aménagements sylvo-pastoraux et agro-sylvo-pastoraux.

En annexe 2 de ce chapitre (voir tableau 10), les résultats sont présentés pour chaque pays de l'APAGMV sur la gamme pluviométrique inférieure à 600 mm, en fonction des scénarios B1 et A2.

Discussion autour des contraintes à surmonter pour que les opérations liées à l'APAGMV puissent bénéficier des opportunités financières liées au « carbone »

En regard des critères d'éligibilité qui ont été explicités précédemment, le présent sous-chapitre reprend les critères qui impliquent une déclinaison particulière dans les modalités de mise en œuvre de la GMV, si l'agence panafricaine et les gouvernements souhaitent profiter des opportunités financières liées aux mécanismes « carbone ».

Cohérences théoriques entre les concepts à la base de la GMV et les principes qui régissent les mécanismes « carbone »

Né d'une forte volonté politique, le concept GMV était présenté à l'origine comme structuré autour de la mobilisation des populations et autour de fonds essentiellement nationaux. C'est toujours vrai aujourd'hui, mais la réalité montre que des moyens financiers extérieurs sont indispensables.

L'objectif global de la GMV est la contribution à la lutte contre l'avancée du désert et à la mise en valeur des zones saharo-sahéliennes par une gestion durable des ressources naturelles et la lutte contre la pauvreté.

Les objectifs spécifiques de la GMV sont :

– la conservation/valorisation de la biodiversité ;

– la restauration/conservation des sols ;

– la diversification des systèmes d'exploitation ;
– la satisfaction des besoins domestiques (en produits ligneux et/ou non ligneux) et la promotion d'activités génératrices de revenus ;
– l'amélioration de la séquestration du carbone dans les couvertures végétales et les sols.

Bien que les termes de « Grande Muraille Verte » soient sujets à controverse (car l'image d'une muraille, au sens propre, rappelle des interventions des années 1970-1980 dont on connaît parfaitement les limites), on peut parfaitement les adopter pour des raisons politiques ou médiatiques. Pour vaincre les réticences, les réalisations doivent donc démontrer la volonté des agences nationales de travailler en étroite synergie avec les populations et couvrir des opérations d'aménagement intersectorielles qui ne se limitent pas aux seules plantations.

Les critères d'éligibilité aux mécanismes financiers liés au « carbone » et les modalités concrètes de mise en œuvre des projets, sans être universels, sont intégrateurs et recouvrent des principes qui sont admis par tous, au Sud comme au Nord. Ces principes sont en adéquation avec les principes conceptuels théoriques à la base de la GMV. Les difficultés potentielles viennent donc plus dans les modalités pratiques de mise en œuvre de ces principes que dans les concepts théoriques. Ces modalités touchent aussi bien la planification, les techniques utilisées que les modes de gouvernance. Il faut souligner que la douzaine d'objectifs techniques prévus dans le cadre de la GMV correspond parfaitement aux opérations susceptibles d'être définies dans cette zone écologique pour satisfaire une démarche REDD+.

L'intérêt de tenter de s'inscrire dans le cadre de ces mécanismes « carbone » est en pratique double : nouvelles ressources financières complémentaires aux ressources classiques existantes et méthodologies de mise en œuvre et de suivi pour vérifier périodiquement la conformité des réalisations avec les objectifs dans la durée. Les objectifs de la GMV et les principes des mécanismes « carbone » étant très proches, les modalités d'intervention de la GMV peuvent donc être évaluées à travers les méthodologies des mécanismes « carbone ».

Il serait donc dommage que l'ambition affichée par la GMV ne soit pas structurée de façon à couvrir cette démarche REDD+. Ainsi, l'ambition nationale (et inter-États) exprimée à travers la GMV, pourrait trouver une assise et une écoute internationales plus fortes si elles étaient présentées à travers le prisme d'une politique nationale en matière de REDD+ dans une déclinaison spécifique à la zone sylvo-pastorale.

Quels changements depuis les expériences des années 1970 et 1980 ?

Nous avons à notre disposition des techniques ou des systèmes de production qui peuvent être évidemment améliorés, mais en général ce sont les contraintes socio-économico-politiques et organisationnelles qui empêchent une mise en œuvre efficace de ces techniques. Une excellente technicité ne peut s'exprimer dans un contexte de planification insuffisante, de moyens techniques minimas, de responsabilisation insuffisante des populations et de faiblesse extrême des services forestiers ou du développement dans ces régions.

Certes, des connaissances scientifiques complémentaires sont nécessaires, mais l'expérience du développement montre qu'il est inutile de renforcer exagérément un maillon de la chaîne qui tracte le développement, car la rupture se fera sur l'un des maillons resté faible. Dans l'idéal, il faut donc renforcer simultanément tous les maillons de la chaîne et procéder par touches successives, plutôt que d'intervenir massivement pour renforcer un maillon.

En pratique, sauf perte de technicité que l'on peut parfois constater tant au niveau des techniques de pépinières que des systèmes de production, les techniques et leur limite d'application actuellement connues doivent permettre de réaliser des plantations avec plus de 90 % de chance de succès, quelles que soient les conditions climatiques rencontrées. Ceci ne veut pas dire que n'importe quel objectif peut être atteint. Ceci signifie simplement que ce sont les conditions naturelles qui imposent le tempo et non pas la programmation des hommes qui reste théorique (mais qui reste cependant indispensable). D'une manière générale, on sait ce qu'il ne faut pas faire, mais on ne sait pas toujours éviter ce qu'il ne faut pas faire.

La difficulté est de se préparer pour profiter de toutes les opportunités climatiques (par définition faiblement prévisibles dans ces gammes climatiques) en faisant le maximum si les conditions sont favorables, mais en se refusant à réaliser les objectifs techniques si les conditions ne sont pas favorables, même si matériellement on a la capacité de le faire. C'est cette révolution là qu'il faut faire et ceci exige une organisation matérielle et humaine spécifique qui ne peut qu'associer étroitement les populations locales. Les services techniques traditionnels et les mécaniques bancaires classiques ne sont pas structurés ni préparés pour appréhender le problème selon cette approche.

Cela ne veut pas dire que des recherches ne doivent pas être menées ou poursuivies (économie de l'eau ; microbiologie des sols ; amélioration génétique ; évaluation de la biomasse ; modélisation de la dynamique des écosystèmes sous l'impact des feux, de la sécheresse, du bétail, des besoins de l'agriculture, des besoins énergétiques ; diversification et valorisation des ressources de la biodiversité ; nouveaux modèles de gouvernance ; etc.). Cela signifie simplement que pour des terres du domaine forestier ou pastoral public, en dehors des recherches fonctionnelles de base en amont, on ne peut travailler efficacement sur les systèmes de production hors de contextes socio-économico-politiques appropriés. C'est le cadre de la gouvernance de terrain qui apportera le plus de performance, même si certaines externalités (dues par exemple à la mondialisation) continueront de peser sur toutes les stratégies mises en œuvre.

Durant cette dernière décennie, les innovations majeures susceptibles de changer les données du problème sont les suivantes :

– les outils législatifs pour une décentralisation et une régionalisation existent dans de nombreux pays. Ils sont certes perfectibles, mais ils autorisent un transfert de la gestion des ressources naturelles au profit des populations. Ceci implique un réaménagement profond des modalités des services publics déconcentrés et des moyens nouveaux pour assurer cette transition. Tout cela demande une approche intersectorielle qui doit naturellement s'inscrire dans l'aménagement des territoires des collectivités sous

réserve d'une cohérence nationale. Or depuis l'adoption des textes, les États et les bailleurs de fonds ne se sont guère mobilisés pour donner vie à cette opportunité ;

– de nouveaux mécanismes financiers, tels les mécanismes « carbone » ou des mécanismes liés aux services environnementaux (biodiversité, eau, etc.), émergent. L'intérêt principal de ces mécanismes réside dans leurs complémentarités potentielles avec les autres sources de financements classiques (en particulier, l'Aide publique au développement – APD) avec comme caractéristique principale, non une substitution au financement habituel, mais une complémentarité :

• opportunité d'un financement (lié au carbone) qui devient significatif, une fois que les financements type APD se désengagent ;

• pérennisation des financements sur des périodes de 30 ans non renouvelables ou 20 ans renouvelables deux fois (modalités propres au MDP/LULUCF, mais modalités du REDD+ non encore déterminées) ;

• maîtrise financière exclusivement entre les mains des porteurs nationaux (porteurs publics et privés), avec réhabilitation du rôle de l'État et des services nationaux.

Ce sont des innovations qui sont de nature à modifier les bases du développement et qui impactent les programmes de recherche. Mais ces innovations à elles seules ne garantissent pas le succès :

• les acteurs du développement vont devoir assimiler une nouvelle donne économique et organisationnelle en réajustant leur place et leur rôle ;

• tout aménagement qu'il soit forestier, pastoral ou sylvo-pastoral n'est viable que s'il est inscrit dans un aménagement du territoire concerté à l'échelle au minimum d'une collectivité territoriale, mais en respectant nécessairement une cohérence régionale et *a fortiori* nationale ;

• chaque mécanisme financier induisant des effets pervers, il faut les prévoir pour les conjurer, ce qui nécessite la mise en œuvre de nouvelles méthodologies pour assurer équité, transparence, rigueur aux échelles appropriées (collectivités territoriales, nationales, sous-régionale, continentale et planétaire) ;

• enfin, il faut aussi être capable de mesurer, suivre et contrôler, ce qui nécessite des efforts de recherche importants.

Critères d'éligibilité aux mécanismes MDP/REDD+ nécessitant une adaptation des modalités opérationnelles de mise en œuvre de la GMV

« Limites » du projet

L'inscription des démarches et/ou des projets dans le cadre d'une parfaite description d'une cible territoriale ou sectorielle, des bénéficiaires visés ou encore des systèmes de production à améliorer, est cruciale. Ce critère d'éligibilité correspond en général à la notion de limite ou de frontière qui s'applique à tous les mécanismes, qu'ils soient du type MDP ou du type REDD+ et que l'on s'adresse à des marchés ou des fonds contraignants ou volontaires. Il est incontournable, car de lui dépendent en particulier la pertinence des scénarios de référence (ou « ligne de base »), les évaluations de bilans de carbone (« additionnalité ») qui répondent à des méthodologies

rigoureuses, les suivis et le contrôle sur des périodes pouvant atteindre 30 ans (non renouvelables) ou 20 ans (renouvelables deux fois, donc 60 ans). Sans de parfaites délimitations, les notions de « fuite ou de pertes associées » ne peuvent pas non plus être instruites et l'absence de double valorisation financière pour une même tonne de carbone dont l'émission est évitée ne peut pas être garantie. Bref, il ne peut y avoir de valorisation financière pertinente.

Nous avons vu que l'approche « programmatique » ou « sectorielle » des projets MDP permettait de monter des projets sans que la localisation des interventions futures soit identifiées avant le démarrage, mais cette approche nécessite une caractérisation des cibles qui balise parfaitement les frontières des interventions. C'est pareil pour le REDD+.

Or le projet GMV est, jusqu'à maintenant, présenté comme étant la mise en œuvre d'une douzaine d'objectifs techniques sur une bande de 10-15 km de largeur qui traverse tous les pays dans la zone climatique correspondant aux 100-400 mm de pluie.

Que, pour des raisons médiatiques en cohérence avec l'image d'une muraille, la cible soit présentée comme une bande transversale est compréhensible. Mais pour valoriser au maximum les investissements qui seront faits, induire une dynamique reproductible, favoriser l'intégration des populations et pérenniser les activités dans des aménagements du territoire cohérent, il paraît important de circonscrire cette bande aux frontières des collectivités territoriales traversées (au minimum celles qui correspondent aux communautés rurales ou pastorales, aux cercles ou aux cantons).

Ceci permettra à la fois :

– de se conformer aux politiques de décentralisation des pays, ce qui permettra d'inscrire les aménagements et opérations techniques dans le cadre des schémas d'aménagement et des plans d'occupation ou d'affectations des sols des collectivités ;

– mais aussi tenter de capter les opportunités financières liées aux mécanismes « carbone » en respectant les critères d'éligibilité.

Ce sont des raisons d'efficacité méthodologique et opérationnelle, de synergie, de gouvernance, de baisse des coûts de transaction, qui induisent cette approche par collectivité territoriale. Ainsi, la bande de 15 km de large se transformera-t-elle en un chapelet de collectivités territoriales localisé sur l'axe de la bande, qu'il conviendra d'aménager.

C'est donc une ambition forte qui nécessitera des stratégies nationales d'intervention qui seront basées sur une typologie ou une stratification de la zone sylvo-pastorale traversée selon les écosystèmes, les sols, les populations et le statut foncier des terres et l'existence ou non d'un aménagement du territoire à l'échelle des collectivités. Mais cette stratégie permettra de multiples synergies avec des projets déjà existants et s'inscrira dans la durée.

Le choix des communes rurales pilotes sera déterminé par des considérations à la fois politique et technique. Les opérations pourraient probablement se dérouler en trois phases distinctes : la première serait la prise en charge de quatre ou cinq communes rurales pilotes selon leur représentativité sur la bande GMV dans chaque pays ; la deuxième serait l'extension aux autres communes rurales de la bande

initiale et enfin, la troisième serait le déploiement de ces opérations sur toutes les communes de la zone sylvo-pastorale. Cela prendrait du temps, mais il faut programmer ce déploiement sur des périodicités de 20 ou 30 ans, qui correspondent aux périodes de comptabilité des projets « carbone ».

Définition de la « forêt »

Nous avons vu précédemment qu'un cadre conventionnel portant sur la définition des écosystèmes ligneux à partir de laquelle on parle de « forêt » ou de terres forestières a été adopté dans le Protocole de Kyoto. C'est un critère d'éligibilité important pour les démarches « projets » du type MDP et aussi pour les démarches « politiques » du type REDD+.

La définition « forêt » qui a été, ou qui sera, adoptée par chaque pays a, ou aura, un impact sur les potentialités de chacun des mécanismes.

L'idéal aurait voulu que, tout en conservant un cadre analogue à celui du Protocole de Kyoto, les pays regroupés dans des ensembles du type CILSS, Igad ou APAGMV puissent adopter des définitions « forêt » dans la cohérence de leurs zones agro-écologiques. Mais, sauf mobilisation au sein des négociations internationales, la définition est nationale, ce qui impose un compromis pour tenir compte de toutes les diversités écologiques de chaque pays, en ayant le souci de préserver les intérêts régionaux et en tenant compte des cibles divergentes de chaque mécanisme.

Précédemment, il a été souligné les impacts induits par cette définition selon les orientations stratégiques poursuivies par chaque mécanisme. La difficulté vient en effet du fait que les boisements et reboisements éligibles au MDP ne peuvent être réalisés que sur des terres non forestières depuis le 31 décembre 1989. Cela induit de choisir la fourchette haute des indicateurs de la « forêt » (Couverture arborée et hauteur à maturité) pour maximiser la surface des « terres non forestières » seule susceptible de bénéficier des crédits du MDP pour les boisements. Alors qu'au niveau du REDD qui valorise les émissions que l'on évite d'émettre en limitant la déforestation et la dégradation, on a intérêt à maximiser les surfaces forestières, pour accroître le champ d'application.

Ces divergences ont des conséquences très différentes selon les gammes climatiques.

Ainsi, dans la zone sylvo-pastorale, il est certain que les pays qui ont adopté des couvertures arborées de 30 % pour sa définition « forêt » vont se priver de toute application du REDD dans cette zone puisque la couverture arborée n'atteint que rarement des couvertures à maturité de 30 %. La zone sylvo-pastorale n'ayant pas de forêt selon la définition du MDP, on ne peut donc pas parler de déforestation ni de dégradation forestière.

Il est vrai qu'inversement, la totalité de la zone sylvopastorale pourrait en théorie bénéficier des crédits pour des plantations ou des régénérations assistées. Mais il est illusoire de penser profiter de cette éligibilité dans cette gamme climatique.

Les pays directement touchés par cette remarque sont le Sénégal, le Mali et le Niger.

Certains d'entre eux peuvent encore réajuster leur définition. Sinon, il faut simplement espérer qu'un recours sera possible.

Globalement pour les pays adhérents à l'APAGMV qui disposent d'une gamme climatique s'étendant au moins jusqu'au domaine soudanien (600 à 1 000 mm), le compromis acceptable serait une couverture arborée autour de 20 %, une hauteur à maturité autour de 3,5 m et une surface minimale de 1 hectare.

Si inversement, une définition par zone écologique était admise, celle qui conviendrait pour la zone sylvo-pastorale sahélo-saharienne serait d'adopter une couverture arborée de 10 %, une hauteur à maturité de 2 m et une surface minimale de 1 ha.

Il faut également noter que si les mécanismes « carbone » du type projet MDP et démarche politique du type REDD étaient étendus aux terres agricoles (MDP système de productions annuelles ou REDD++), le problème de la définition de la forêt ne se poserait pas avec autant de conséquences et d'incertitudes.

Éligibilité des impacts anthropiques et inéligibilité des impacts climats

Normalement, seuls les « additionnalités » anthropiques sont éligibles. Les conséquences d'accidents naturels, qu'ils soient climatiques ou autres, ne sont pas en théorie éligibles. Cette discrimination ne pose pas de problème dans les gammes pluviométriques à forte pluviométrie, car l'impact du changement climatique n'est pas perceptible en termes de biomasse pour qu'il puisse être confondu avec l'impact anthropique. Mais dans les zones sèches, il y a le plus souvent superposition des deux.

Les évaluations directes par télédétection et inventaires (préconisées par défaut par le GIEC) sont plus faciles que dans les autres zones climatiques, mais il y a confusion des impacts anthropiques et climat.

Pour dissocier les deux, les méthodologies directes que préconise le GIEC par défaut peuvent être améliorées. Il semble, en effet, nécessaire de développer des méthodologies indirectes d'évaluation basées sur l'empreinte carbone des produits ligneux consommés par les populations ou l'empreinte « équivalent carbone » par tête de bétail tropical. Ces évaluations d'un bilan de carbone selon une « approche par produit », plutôt qu'une approche spatiale systématique, permettraient de mieux cibler l'origine de la désertification, tout en permettant une valorisation des résultats au profit d'un développement durable à l'échelle des collectivités territoriales.

Approche nationale du REDD+ ou approche sous-nationale

Concernant la démarche de type REDD+, les décisions de Cancun ont confirmé que cette démarche devait être nationale, mais qu'il était autorisé en phase de transition de développer une approche sous-nationale, sous réserve d'une consolidation nationale ultérieure.

Si une consolidation globale au niveau national est effectivement un objectif pertinent, par contre sa mise en œuvre d'emblée à l'échelle nationale ne l'est pas pour un grand nombre de raisons pratiques. En particulier, l'un des enjeux majeurs d'un mécanisme comme le REDD+ est qu'il puisse devenir un atout pour le développement. Or une comptabilité « carbone » qui serait établie à l'échelle nationale à partir des seules méthodes du GIEC n'a que peu d'intérêt pour une valorisation en faveur du développement. Inversement, des approches circonscrites à la zone sylvo-pastorale

dans les limites des collectivités territoriales nécessiteraient des bilans de carbone dans ses frontières. Ce qui permettrait de tisser des liens directs entre les politiques mises en œuvre et les acteurs du développement que sont notamment les populations et qui ouvre des stratégies de redistribution de la rente « carbone » intéressantes.

Si une démarche REDD+ était mise en œuvre dans le cadre de la GMV, l'approche ne pourrait donc être que sous-nationale, circonscrite à la zone sylvo-pastorale et inscrite dans les limites des collectivités, telles que les régions ou bien les collectivités comme les communautés rurales, les cercles ou les cantons. Ceci est un argument supplémentaire en faveur de l'évolution de la notion de « bande » vers une notion de chapelet de collectivités territoriales.

Il faut également noter, que des approches supranationales pour les démarches REDD+ sont parfaitement possibles. Ainsi en théorie, l'APAGMV pourrait parfaitement être le porteur d'une démarche REDD+ sur la zone sylvo-pastorale pour l'ensemble des pays adhérents. Il ne faut pas sous-estimer les difficultés, mais il faudrait analyser cette éventualité sous un angle politique et sous un angle opérationnel.

Approche interministérielle et politiques de décentralisation

Ces questions ont déjà été abordées sous une approche technique et opérationnelle, mais elles peuvent l'être aussi selon les contraintes financières.

La question de compatibilité entre l'APD et les éventuels crédits « carbone » a déjà été traitée précédemment. C'est une question importante, car une bonne articulation entre les crédits issus de l'APD et ceux susceptibles d'être obtenus à travers les mécanismes financiers liés au carbone, doit se concevoir dès l'origine. Chaque type de financement doit respecter son mandat, ses spécificités et prendre en compte ses limites.

D'un côté, les bailleurs institutionnels type APD ne peuvent ni se substituer aux États, ni financer des projets au-delà de la phase d'investissement initial, c'est-à-dire 5 ou 8 ans. D'un autre côté, le budget des États du Sud n'ont, pour l'instant, qu'une marge très étroite pour prendre le relais de l'APD et assurer l'entretien, le suivi et le contrôle des aménagements. La vocation privilégiée des crédits « carbone » pourrait donc être la gestion durable, c'est-à-dire le financement des soutiens aux organisations représentatives des populations (collectivités publiques et groupements d'intérêts économiques) et aux services techniques déconcentrés et décentralisés, ainsi qu'au service en charge de l'actualisation des aménagements des collectivités territoriales.

Tout cela nécessite qu'il y ait une bonne compatibilité et une bonne articulation entre tous les mécanismes « carbone ». Les agences nationales GMV pourraient en être chargées dans les limites des territoires qui leur sont dévolus. Mais ceci nécessite aussi que ces agences soient parfaitement intersectorielles et pluridisciplinaires. Cela implique probablement, à l'image des autorités chargées de la mise en place des démarches REDD+, que ces agences soient plus interministérielles qu'elles ne le sont aujourd'hui. Elles devraient notamment être en relation directe avec les services chargés de la mise en œuvre de l'aménagement des territoires et de la décentralisation. Les fortes implications des plus hautes autorités politiques des pays induisent cette inter-ministérialité, même si dans les faits ces agences sont le plus souvent localisées au sein des ministères de l'Environnement.

Évaluation technique des variations de biomasse pour les mécanismes REDD

Les évaluations de biomasse herbacée *via* la télédétection sont des techniques couramment utilisées dans la zone sylvo-pastorale. Les évaluations de biomasse ligneuse sont plus difficiles, et exigent des résolutions fines pour percevoir le couvert arboré. Mais la conjugaison d'évaluation *via* des images satellitaires (optiques et radars) avec des inventaires de terrain, est souvent plus facile que pour les zones plus humides.

Mais, en complémentarité des techniques directes d'évaluation territoriale des écosystèmes, il est pertinent de développer des techniques d'évaluations indirectes de la pression exercée sur les écosystèmes sylvo-pastoraux, *via* le suivi de la pression animale. La dynamique animale est directement liée à trois ou quatre facteurs principaux : la disponibilité de l'eau en toute saison, la disponibilité de matière azotée en saison sèche, une disponibilité de matière sèche et une couverture sanitaire appropriée. Ainsi, dans un écosystème donné l'équilibre de la végétation dans le cadre d'un aménagement sylvo-pastoral est conditionné par la disponibilité des quatre indicateurs précédents. Leur connaissance permet d'évaluer la capacité de charge de ces unités pastorales et modéliser l'empreinte « carbone » de chaque unité de bétail tropical. Ainsi, un suivi approprié du nombre de têtes de bétail pourrait permettre d'évaluer la dégradation des écosystèmes de façon probablement plus précise que les seules évaluations par télédétection et inventaires de terrain. C'est une voie prometteuse, qui au-delà de l'évaluation d'un bilan de carbone, intéresse directement la mise en œuvre d'un développement durable à l'échelle des territoires pastoraux. L'approche « empreinte carbone » doit également être étendue pour tous les produits issus des écosystèmes naturels ou cultivés en évaluant les émissions des systèmes de production.

Conclusion

La conception théorique initiale de la GMV, indépendamment des réalisations faites depuis quelques années, peut être en adéquation avec une démarche REDD+ appliquée à une écorégion qui s'identifierait à la zone sylvo-pastorale d'un domaine climatique correspondant au secteur sahélo-saharien.

Indépendamment de l'intérêt financier potentiel de capter des crédits supplémentaires (et surtout complémentaires) aux crédits classiques du type Aide publique au développement, ces mécanismes induisent des approches structurantes pour la mise en œuvre des politiques nationales.

Pour tenter de capter les opportunités de type MDP ou pour s'inscrire dans une démarche REDD+, il y a toute une série de réflexions techniques à entreprendre pour rapprocher les politiques nationales de développement dans cette zone avec les critères et modalités méthodologiques des différents mécanismes « carbone ».

Parmi tous les concepts et modalités actuels de la GMV, la notion de « bande de quinze kilomètres de large » est la plus discutable, car lourde de conséquences pour assurer la durabilité des aménagements. La mutation de cette bande en chapelet de « collectivités territoriales » permettrait à elle seule de lever ces contraintes. Elle offrirait, en outre, un cadre favorable à la mobilisation des populations, à l'encadrement technique et à la gouvernance locale en permettant des synergies naturelles avec les politiques d'aménagement du territoire et de décentralisation. Cet ajustement resterait cependant conforme aux objectifs panafricains et nationaux, et serait par ailleurs fidèle aux concepts théoriques de base qui président à la GMV.

En regard des décisions de Cancun portant sur le caractère national de la démarche REDD+, avec toutefois possibilité d'adopter une approche sous-nationale en phase de construction, la pertinence d'une approche écorégionale circonscrite aux limites de collectivités territoriales est avérée.

Cette possibilité est importante et nécessaire, mais il importe que chaque État rédige prioritairement un cahier des charges national qui s'imposera aux bailleurs multi ou bilatéraux, à tous les opérateurs institutionnels publics ou privés (association de producteurs, ONG, groupes privés) et à toutes les collectivités publiques.

Ce cahier des charges permettra de réguler les modalités de mise en œuvre des différents projets, afin de préserver les compatibilités entre les projets locaux et les collectivités territoriales, entre les mécanismes contraignants ou volontaires (marchés ou fonds) et entre les méthodologies, en vue d'une consolidation nationale harmonieuse. Il permettra aussi d'inscrire toutes les initiatives dans le respect des politiques nationales et clarifiera les marges de manœuvre des autorités décentralisées et déconcentrées.

Cela ne veut pas dire que toutes les opérations de terrain devront être des clones, mais qu'une harmonisation à une échelle correspondant à des territoires de collectivité soit assurée. C'est une nécessité si l'on ne veut pas que l'État se retrouve devant une grande diversité d'initiatives qui ne permettra pas, plus tard, d'induire efficacement de nouvelles politiques publiques.

Bien que l'ambition de la GMV soit déjà très haute, ce qui est proposé accroît encore cette ambition, puisqu'elle élargirait le champ d'intervention aux territoires des collectivités locales.

L'occasion d'assurer synergie et pérennité entre les politiques nationales d'aménagement du territoire et de décentralisation et les politiques nationales de développement par des financements innovants est une opportunité rare qu'il faut saisir.

Par ailleurs, les pays de l'APAGMV, en jouant cette carte qui leur permet d'adopter un cadre méthodologique structurant du type « développement propre » ou « développement vert », pourraient bénéficier d'une ouverture internationale et d'une écoute plus importante pour réaliser leurs ambitions.

Enfin, une volonté affichée des pays de l'APAGMV de bénéficier des opportunités REDD+ pour asseoir ses politiques rééquilibrerait les négociations internationales qui sont focalisées sur les zones humides.

Bien que par tonne de carbone par hectare les séquestrations soient très éloignées des performances des zones équatoriales, les séquestrations globales sur l'ensemble des savanes sèches (et donc leur impact sur le climat) sont comparables. Les arguments à faire valoir sont donc multiples : significativité du rôle des écosystèmes semi-arides dans la stabilisation du climat ; premier cercle des victimes du changement climatique et synergie évidente avec les autres conventions de Rio ; volonté politique multinationale forte d'agir ; réformes législatives successives qui ont déjà doté la plupart des pays d'outils juridiques indispensables ; données scientifiques et techniques réelles qui ne demandent qu'à être affinées puis valorisées ; et enfin urgence d'interventions.

Bibliographie

Alcamo J. 1994.
IMAGE 2.0 - *Integrated Model to Assess the Global Environment*, Kluwer Academic 69 Publishers, Dordrecht, 1994.

Alcamo J., Leemans R.
and Kreilemen E. (Eds),
Global change scenarios of the 21st century. 70 *Results from the IMAGE 2.1 model,*
Pergamon & Elseviers Science. London, 1998.

Brown, B., Gillespie, A. J. R.,
and A. E. Lugo,
"Biomass estimation methods
for tropical forests with applications
to forest inventory data,"
Forest Science, vol. 35, no. 4, pp. 881–902, 1989.

Convention Cadre des Nations Unies
sur les Changements Climatiques 1992 -
http://unfccc.int/files/cooperation_and_
support/cooperation_with_international_
organizations/application/pdf/convfr.pdf

CCNUCC / Le Protocole de Kyoto 1997
http://unfccc.int/resource/docs/convkp/
kpfrench.pdf

PNUE / FFEM / CILSS / MEPN Sénégal /
CarboSahel – mai 2009.
Séminaire de concertation sahélo-soudanien
portant sur les mécanismes financiers
liés aux négociations post-Kyoto 2012 :
Draft Soumission des vues des Pays des Pays
des domaines climatiques sahélien et soudanien
destinée à la SBSTA 30 de la Convention
Cadre des Nations Unies sur les Changements
Climatiques.

Dameron V., Barbier C., Riedacker A., juin 2005.
Les enjeux mondiaux du stockage de CO_2 par
des plantations forestières sur des terres agricoles
et de la réduction des consommations d'énergies
fossiles par l'utilisation de leurs biomasses.
IDDRI – CLIP 2005

FCCC/CP/2001/13/Add.1 Accord de Marrakech :
Définitions, modalités, règles et lignes directrices
relatives aux activités liées à l'utilisation des terres,
au changement d'affectation des terres
et à la foresterie visées par le Protocole de Kyoto.
http://unfccc.int/resource/docs/french/cop7/
cp713a01f.pdf

FCCC/CP/2009/11/Add.1 -
UNFCCC Decision 4/CP.15:
Methodological guidance for activities relating
to reducing emissions from deforestation and
forest degradation and the role of conservation,
sustainable management of forests
and enhancement of forest carbon stocks
in developing countries
http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/
eng/11a01.pdf#page=11].

FCCC/CP/2007/6/Add.1
Décision 1/CP.13 : Plan d'action de Bali
http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/
fre/06a01f.pdf#page=3

FCCC/CP/2007/6/Add.1
Décision 2/CP.13 : Réduction des émissions
résultant du déboisement dans les pays
en développement: démarches incitatives
http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/
fre/06a01f.pdf#page=8

FCCC/KP/CMP/2007/9/Add.1
Décision 2/CMP.3 : Nouvelles directives concernant le mécanisme pour un développement propre
http://unfccc.int/resource/docs/2007/cmp3/fre/09a01f.pdf#page=9

FCCC - Draft decision -/CP.16:
Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention - C. Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries
http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf

FCCC/KP/CMP/2010/12/Add.1
Décision 2/CMP.6
Les Accords de Cancún : Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
http://unfccc.int/resource/docs/2010/cmp6/fre/12a01f.pdf

FCCC/KP/AWG/2010/18/Add.1
Groupe de travail spécial des nouveaux engagements des Parties visées à l'annexe I au titre du Protocole de Kyoto : Rapport du Groupe de travail spécial des nouveaux engagements des Parties visées à l'annexe I au titre du Protocole de Kyoto sur sa quinzième session, tenue à Cancún du 29 novembre au 10 décembre 2010.
Additif II. Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie
http://unfccc.int/resource/docs/2010/awg15/fre/18a01f.pdf

Gibbs, H.K. Brown, S.,
Geographical Distribution of Woody Biomass Carbon in Tropical Africa:
An Updated Database for 2000
http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ndp055/ndp055b.html

Grace, J. San Jose, J. Meir, P. Miranda, H.S. and Montes, R.A. (2006)
Productivity and carbon fluxes of tropical savannas
Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)
(2006) 33, 387–400

Grace, J., Malhi, Y., Higuchi, N. & Meir, P. (2001)
Productivity of tropical rain forests.
Terrestrial global productivity: past, present and future (ed. by H. Mooney, J. Roy and B. Saugier), pp. 401–426.
Academic Press, San Diego, CA.

Grace, J., Kruijt, B., Freibauer, A., Benndorf, R., Carr, R., Dutschke, M., Federici, S., Mollicone, D., Sanz, M., Schlamadinger, B., Sezzi, E., Waterloo, M., Valentini, R., Verhagen, J. & van Putten, B. (2003).
Scientific and technical issues in the clean development mechanism.
Carbo-Europe Office, Max Planck Institute for Biogeochemistry, Jena.

Hall, D.O. & Scurlock, J.M. (1991)
Climatic change and productivity of natural grasslands. Annals of Botany, 67, 49–55.

Hamel, O. Avril 2011,
« Contraintes et opportunités des crédits « carbone » dans le contexte malien – secteurs des forêts et de l'énergie domestique » - Projet CASCADe – Afrique – 192p.

Hamel, O. Octobre 2010,
« Contraintes et opportunités des crédits « carbone » dans le contexte sénégalais – secteurs des forêts et de l'énergie domestique » - Projets PACAF & CASCADe – Afrique MEPN Sénégal – 195p.

Hamel, O. Mai 2011,
« Les Mécanismes « carbone » appliqués aux terres salées : opportunité ou fantasme ? » - Académie National des Sciences et Techniques du Sénégal & publication PNUE 2011 – 26p.

Hamel, O., Dieng, C., Niang, A., Diop, A.B., Kairé, M., Tamba, A. – juillet 2011.
« La couverture des besoins énergétiques ménagers du Sénégal par les forêts naturelles aménagées : rêve ou réalité ? »
Projets PACAF & CASCADe Afrique – publication PNUE 2011. 26p.

IMAGE team :
The IMAGE 2.2 implementation of the SRES scenarios: A comprehensive analysis of emissions, climate change and impacts in the 21s century, RIVM CD-ROM publication 481508018, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. July 2001.

IPCC:
Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry Institute for Global Environmental Strategies, Japan; 2003.
http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf/french/ch3.pdf

IPCC: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and other Land Use Institute for Global Environmental Strategies, Japan; 2006. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol4.html

IPCC 1998.
Special Report on Emissions Scenarios, http://www.grida.no/climate/ipcc/emeszsion/index.htm

Kasulu, V., Amougou, J.A., Hamel, O., 2009, « Les pays du Bassin du Congo dans le processus de réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD) : Construction de la position de la COMIFAC dans le cadre des négociations internationales » Les Forêts du Bassin du Congo – Etat des Forêts 2008 – Chapitre 11. Office de publication de l'Union européenne, 2009. Vers française & version anglaise.

Malick L. Sylla, Nicolas Picard (2006). Evaluations rapides des ressources en bois énergie. Collection "Les Guides Techniques du PREDAS". Programme Régional de promotion des Énergies Domestiques et Alternatives au Sahel (PREDAS), CILSS

Malick L. Sylla, Nicolas Picard (2008). Guide méthodologique d´inventaire forestier au Sahel. Collection "Les Guides Techniques du PREDAS". Programme Régional de promotion des Énergies Domestiques et Alternatives au Sahel (PREDAS), CILSS,

Maniatis, D. and Mollicone, D. "Options for sampling and stratification for national forest inventories to implement REDD+ under the UNFCCC," *Carbon Balance and Management*, vol. 5, p. 9, 2010.

Picard, N., (2006).
Mieux connaître la productivité des savanes. Sciences au Sud, n° 36, p.3.

Picard, N., Ballo, M., Dembélé, F., Gautier, D., Kaïré, M., Karembé, M., Mahamane, A., Manlay, R., Ngom, D., Ntoupka, M., Ouattara, S., Savadogo, P., Sawadogo, L., Seghieri, J., Tiveau D., (2006). Évaluation de la productivité et de la biomasse des savanes sèches africaines : l'apport du collectif SAVAFOR. Bois et Forêts des Tropiques, 60(288):75-80.

Saugier, B., Roy, J. & Mooney, H.A. (2001) Estimations ofglobal terrestrial productivity, converging toward a single number? Global terrestrial productivity (ed. by J. Roy, B. Saugier and H.A. Mooney), pp. 541–555. Academic Press, San Diego, CA.

Scholes, R.J. & Hall, D. (1996) The carbon budget of tropical savannas, woodlands and grasslands. Global change, effects on coniferous forest and grasslands. SCOPE (ed. by A.I. Breymeyer, I.D. Hall, J.M. Melillo and G.I. Agren), pp. 69–100. John Wiley, New York.

Scholes, R.J., Dowty, P.R., Caylor, K., Parsons, D.A.B., Frost, P.G.H. & Shugart, H.H. (2002) Trends in savanna structure and composition along an aridity gradient in the Kalahari. Journal of Vegetation Science, 13, 419–428.

Tadoum, M., Kasulu Seya Makonga, V., Boudzanga, G.C., Bouyer, O., Creighton, G.K., Hamel, O., 2011, « Négociations internationales sur le futur régime climat post 2012 : avancées de Copenhague à Cancun et retombées pour les forêts du Bassin du Congo » Les Forêts du Bassin du Congo – Etat des Forêts 2010 – chapitre 8. Office de publication de l'Union européenne, 2011. Vers française & version anglaise. Sous presse

Tennigeit, T., Wilkes, A., 2008 La finance carbone dans les parcours pastoraux – Une évaluation du potentiel dans les parcours collectifs. World Agroforestry Center (ICRAF-Chine)

Verhoef, A., Allen, S.J., DeBruin, H.A.R., Jacobs, C.M.J. & Heusinkveld, B.G. (1996) Fluxes of carbon dioxide and water vapour from a Sahelian savanna. Agricultural and Forest Meteorology, 80, 231–248.

Woodfine, A., Jauffret, S., (juin 2009) Etude de préfaisabilité pour la grande muraille verte à réaliser dans le contexte de l'Initiative pour le Sahara et le Sahel (GMVSS). Etude conjointe Union Africaine/Union Européenne pour identifier la pré-faisabilité de l'Initiative de la Grande Muraille Verte pour le Sahara et le Sahel. Rapport 62 pages + annexes

Woomer, P.L., Toure, A., and Sall, M.: Carbon stocks in Sahel transition zone, Journal Arid Environments., 59, 499–510, 2004.

Woomer, P.L.Tieszen, L.L. Tappan, G. Toure, A. Sall, M. (2004) Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal. Journal of Arid Environments 59 (2004) 625–642.

Annexe 1
Grandes familles de scénarios socio-économiques du SRES

Hypothèse des scénarios.

Famille A1	Famille B1	Famille A2	Famille B2
Stabilisation de la population (8,7 milliards en 2050 et 7,1 en 2100)	Stabilisation de la population (8,7 milliards en 2050 et 7,1 en 2100)	Croissance de la population (11,3 milliards en 2050 et 13,5 en 2100) ; ralentissement de la baisse de fertilité quand les revenus sont plus faibles	Croissance de la population (9,4 milliards en 2050 et 10,5 en 2100) ; dans certaines régions ralentissement de la baisse de fertilité quand les revenus sont plus faibles
Mondialisation très forte croissance, très haute technologie	Mondialisation forte croissance, haute technologie	Mise en valeur de l'identité régionale (culturelle) ; faible priorité environnementale	Mise en valeur de l'identité régionale (culturelle) ; très forte priorité environnementale à l'échelle locale/régionale ; non effective dans les enjeux environnementaux à l'échelle mondiale
Travail et capital dirigés par les lois du marché	Équilibre entre intervention des gouvernements et marché dans le développement économique		
Recherche du profit et des opportunités technologiques ; convergence des revenus des différentes régions ; pas de barrières au commerce	Recherche des aspects immatériels de la qualité de vie ; convergence des revenus et diffusion rapide des technologies économes vis-à-vis des ressources	Non-convergence des revenus par région et lente diffusion des technologies ; barrières commerciales dans certaines régions	Recherche des aspects immatériels de la qualité de vie ; développement économique et technologique varié suivant les régions

Dynamique du système énergétique.

Famille A1	Famille B1	Famille A2	Famille B2
Diminution de l'intensité énergétique due aux innovations et à un fort retour sur investissement du capital	Forte mise en valeur de l'efficacité énergétique de son approvisionnement ; économie de services	Faible taux d'innovation dans l'efficacité énergétique, dû à des barrières commerciales et des manques de capitaux	Forte mise en valeur de l'efficacité énergétique de son approvisionnement ; économie de services
La préférence pour des carburants propres et la diminution rapide des stocks entraînent la hausse des prix des carburants fossiles. Ceci permet la pénétration de techniques plus efficaces et économes vis-à-vis du carbone, tendance accélérée par la valorisation	La très forte préférence pour des carburants propres et la diminution rapide des stocks entraînent la hausse des prix des carburants fossiles. Ceci accélère encore la pénétration de techniques plus efficaces et économes vis-à-vis du carbone, tendance accélérée par la valorisation	L'usage du charbon s'intensifie dans de nombreuse régions, vu comme la plus économique des sources d'énergie disponibles, alors que le pétrole et le gaz deviennent plus chers et moins disponibles. Les options sans carbone nécessitent un investissement	Dans certaines régions la préférence pour les carburants propres et la diminution rapide des stocks entraînent la hausse des prix des carburants fossiles. Ceci permet la pénétration de techniques plus efficaces et économes vis-à-vis du carbone, tendance accélérée par la valorisation

Dynamique du système alimentaire.

Famille A1	Famille B1	Famille A2	Famille B2
Forte augmentation du volume d'échanges dans l'industrie agro-alimentaire	Forte augmentation du volume d'échanges dans l'industrie agro-alimentaire	Augmentation modérée du volume d'échanges dans l'industrie agro-alimentaire	Augmentation modérée du volume d'échanges dans l'industrie agro-alimentaire
Augmentation rapide de la productivité des aliments et de l'élevage	Augmentation rapide de la productivité des aliments et de l'élevage avec forte efficacité de l'usage des fertilisants	Lente augmentation de la productivité des aliments et de l'élevage	Augmentation modérée de la productivité des aliments et de l'élevage
Augmentation rapide de la consommation individuelle de produits issus de l'élevage, à mesure que le PIB augmente	La consommation individuelle de produits issus de l'élevage est 10 % plus faible que pour le scénario A1 en 2050 et 20 % en 2100	Lente augmentation de la consommation individuelle de produits issus de l'élevage, à mesure que le PIB augmente	Augmentation modérée de la consommation individuelle de produits issus de l'élevage, à mesure que le PIB augmente

Annexe 2

Tableau 10.

Changement d'usage des terres selon le modèle IMAGE 2.2 sur la gamme climatique inférieure à 600 mm de pluie au niveau des pays de l'APAGMV.

Ne sont considérées que les terres recevant des précipitations inférieures à 600 mm en 2000.

Surfaces en millions d'hectares				Scénario B1								Scénario A2							
								Dont :								Dont :			
Pays participant à la Grande Muraille Verte	Surface totale du pays	Surface du pays hors zones bâties et plans d'eau et hors déserts	Années	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	*Abandon*	*Prairies extensives*	*Surfaces herbacées des savanes*	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	*Abandon*	*Prairies extensives*	*Surfaces herbacées des savanes*
Sénégal	21,2	8,0	2000	0,2	0,3	5,1	2,3	1,9	***0,0***	1,4	***0,5***	0,2	0,3	5,1	2,3	1,9	***0,0***	1,4	***0,5***
			2010	1,2	2,3	2,8	2,2	1,8	***0,0***	1,4	***0,4***	0,3	0,5	4,5	2,4	2,0	***0,0***	1,4	***0,5***
			2030	1,1	3,2	2,1	2,1	1,7	***0,0***	1,4	***0,3***	0,7	1,8	3,1	2,1	1,7	***0,0***	1,4	***0,3***
			2050	0,2	0,4	2,1	5,1	3,6	***1,9***	1,4	***0,3***	0,6	1,7	3,1	2,4	1,4	***0,0***	1,1	***0,3***
Mauritanie	106,7	37,8	2000	0,6	0,8	0,8	35,7	35,7	***0,0***	35,6	***0,1***	0,6	0,9	0,8	35,7	35,7	***0,0***	35,6	***0,1***
			2010	0,6	1,1	0,5	35,7	35,7	***0,0***	35,6	***0,1***	0,6	1,1	0,5	35,7	35,7	***0,0***	35,6	***0,1***
			2030	0,4	1,3	0,5	35,7	35,6	***0,0***	35,6	***0,0***	0,6	1,4	0,2	35,7	35,6	***0,0***	35,6	***0,0***
			2050	0,5	1,0	0,5	35,9	35,9	***0,3***	35,6	***0,0***	0,6	1,7	0,2	35,7	35,6	***0,0***	35,6	***0,0***
Mali	123,2	20,2	2000	0,3	0,5	8,9	10,5	10,5	***0,0***	9,0	***1,5***	0,5	0,7	8,6	10,5	10,5	***0,0***	9,0	***1,5***
			2010	0,7	1,3	8,4	10,4	10,4	***0,0***	9,0	***1,4***	0,7	1,3	8,1	10,4	10,4	***0,0***	9,0	***1,4***
			2030	0,4	1,3	8,2	10,6	10,4	***0,0***	8,7	***1,6***	1,3	3,3	5,9	10,5	10,3	***0,0***	9,0	***1,3***
			2050	0,0	0,0	8,6	12,1	11,8	***1,4***	8,7	***1,8***	1,5	4,5	5,2	10,6	10,4	***0,5***	8,7	***1,1***
Burkina Faso	27,1	2,7	2000	0,0	0,0	2,1	0,6	0,6	***0,0***	0,6	***0,1***	0,0	0,0	2,1	0,6	0,6	***0,0***	0,6	***0,1***
			2010	0,1	0,2	1,9	0,6	0,6	***0,0***	0,6	***0,1***	0,1	0,2	1,9	0,6	0,6	***0,0***	0,6	***0,1***
			2030	0,1	0,2	1,7	0,8	0,8	***0,0***	0,6	***0,2***	0,2	0,4	1,4	0,8	0,8	***0,0***	0,6	***0,2***
			2050	0,0	0,0	1,7	1,1	0,8	***0,3***	0,3	***0,2***	0,4	1,1	0,7	0,7	0,4	***0,0***	0,3	***0,1***

Surfaces en millions d'hectares				Scénario B1					Dont :			Scénario A2					Dont :		
Pays participant à la Grande Muraille Verte	Surface totale du pays	Surface du pays hors zones bâties et plans d'eau et hors déserts	Années	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes
Nigeria	95,5	8,3	2000	1,2	1,7	0,5	4,9	4,9	***0,0***	4,8	***0,1***	1,2	1,7	0,5	4,9	4,9	***0,0***	4,8	***0,1***
			2010	1,0	1,9	0,5	4,9	4,3	***0,0***	4,3	***0,1***	1,2	2,0	0,5	4,9	4,3	***0,0***	4,3	***0,1***
			2030	0,7	2,2	0,5	4,9	3,5	***0,0***	3,4	***0,1***	0,9	2,3	0,5	4,9	2,6	***0,0***	2,6	***0,1***
			2050	0,7	1,4	0,5	5,7	2,3	***0,5***	1,7	***0,1***	0,8	2,4	0,5	4,9	1,2	***0,0***	1,1	***0,1***
Niger	118,8	19,7	2000	0,6	0,9	10,4	7,9	7,6	***0,0***	5,7	***2,0***	0,6	0,9	10,4	7,9	7,6	***0,0***	5,7	***2,0***
			2010	1,1	2,1	9,2	7,7	7,1	***0,0***	5,4	***1,8***	1,1	2,0	9,4	7,8	7,2	***0,0***	5,4	***1,9***
			2030	1,5	4,3	8,2	7,6	5,9	***0,0***	4,2	***1,7***	1,8	4,5	7,6	7,6	5,5	***0,0***	4,0	***1,6***
			2050	0,3	0,6	8,7	11,5	8,2	***3,3***	3,4	***1,5***	1,5	4,3	7,2	8,9	5,3	***1,1***	2,8	***1,4***
Tchad	128,9	20,1	2000	0,0	0,0	0,7	19,4	19,4	***0,0***	19,3	***0,2***	0,0	0,0	0,7	19,4	19,4	***0,0***	19,3	***0,2***
			2010	0,0	0,0	0,7	19,7	19,7	***0,0***	19,5	***0,2***	0,0	0,0	0,7	19,7	19,7	***0,0***	19,5	***0,2***
			2030	0,2	0,6	0,5	19,3	19,3	***0,0***	19,3	***0,1***	0,1	0,2	0,7	19,7	19,1	***0,0***	19,0	***0,1***
			2050	0,0	0,0	0,5	19,9	19,3	***0,6***	18,7	***0,1***	0,0	0,0	0,7	19,6	18,8	***0,3***	18,4	***0,1***
Soudan	249,6	48,0	2000	1,6	4,7	0,7	41,0	39,1	***0,0***	38,9	***0,2***	1,6	4,7	1,0	40,8	39,1	***0,0***	38,9	***0,2***
			2010	1,5	5,0	0,7	41,0	38,3	***0,0***	38,1	***0,2***	1,7	5,4	0,7	40,8	38,3	***0,0***	38,1	***0,2***
			2030	1,0	3,0	1,2	42,9	39,6	***2,0***	37,3	***0,3***	1,8	6,2	0,7	41,0	37,4	***0,0***	37,3	***0,2***
			2050	0,7	1,3	1,6	45,1	39,8	***3,2***	36,2	***0,4***	1,4	4,6	0,9	41,7	34,2	***0,9***	33,1	***0,2***

Surfaces en millions d'hectares				Scénario B1								Scénario A2							
								Dont :								Dont :			
Pays participant à la Grande Muraille Verte	Surface totale du pays	Surface du pays hors zones bâties et plans d'eau et hors déserts	Années	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes	Terres cultivées	Prairies intensives	Couvert arboré ou arbustif	Surfaces disponibles (hors les déserts)	dont surfaces disponibles avec densité de pop < 80 hab/km²	Abandon	Prairies extensives	Surfaces herbacées des savanes
Éthiopie	112,5	25,5	2000	0,9	2,6	17,4	4,6	4,6	***0,0***	1,1	***3,5***	0,9	2,8	16,6	4,9	4,9	***0,0***	1,4	***3,5***
			2010	1,2	4,0	16,7	3,9	3,9	***0,0***	1,1	***2,8***	2,2	7,0	12,7	3,7	3,7	***0,0***	1,4	***2,3***
			2030	0,9	2,6	16,8	6,4	6,1	***2,7***	1,1	***2,3***	3,4	11,6	8,8	3,0	3,0	***0,0***	1,4	***1,6***
			2050	0,6	1,2	17,8	8,0	7,5	***4,5***	0,8	***2,2***	3,0	9,7	8,8	5,7	4,9	***3,0***	0,6	***1,3***
Érythrée	16,1	8,0	2000	0,4	1,1	0,0	6,6	6,4	***0,0***	6,4	***0,0***	0,4	1,1	0,0	6,6	6,4	***0,0***	6,4	***0,0***
			2010	0,3	1,1	0,0	6,6	6,4	***0,0***	6,4	***0,0***	0,3	1,1	0,0	6,6	6,4	***0,0***	6,4	***0,0***
			2030	0,3	0,8	0,0	6,9	5,8	***0,0***	5,8	***0,0***	0,3	1,1	0,0	6,6	5,8	***0,0***	5,8	***0,0***
			2050	0,3	0,6	0,0	7,2	5,2	***0,0***	5,2	***0,0***	0,3	1,1	0,0	6,6	5,0	***0,0***	5,0	***0,0***
Djibouti	4,2	2,2	2000	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***
			2010	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***
			2030	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***	0,0	0,0	0,0	2,2	2,0	***0,0***	2,0	***0,0***
			2050	0,0	0,0	0,0	2,2	1,7	***0,0***	1,7	***0,0***	0,0	0,0	0,0	2,2	1,4	***0,0***	1,4	***0,0***
Total pays GMV	**1003,7**	**201**	2000	5,7	12,6	46,4	135,9	132,7	***0,0***	124,7	***8,0***	5,8	13,0	45,7	135,8	132,9	***0,0***	125,0	***7,9***
			2010	7,7	18,9	41,3	135,0	130,1	***0,0***	123,3	***6,8***	8,3	20,7	38,9	134,8	130,2	***0,0***	123,6	***6,6***
			2030	6,6	19,5	39,6	139,5	130,5	***4,7***	119,3	***6,5***	11,2	32,7	29,0	134,2	123,8	***0,0***	118,5	***5,3***
			2050	3,1	6,4	42,1	153,8	136,1	***15,9***	113,7	***6,5***	10,0	31,1	27,5	139,0	118,5	***5,8***	108,1	***4,6***

Annexe 3
Abréviations et sigles

AMCC	Alliance Mondiale sur le Changement Climatique
AND	Autorité Nationale Désignée
APAGMV	Agence Pan Africaine Grande Muraille Verte
APD	Aide Publique au développement
AWG-LCA	Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention
AWG-KP	Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex 1 Parties under the Kyoto Protocol
BE/MDP	Bureau Exécutif du MDP
BM	Banque Mondiale
CASCADe	Crédits carbone pour l'Agriculture, la Sylviculture, la Conservation et l'Action contre la Déforestation
CC	Changement Climatique
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CDB	Convention des Nations Unies sur la Biodiversité
CE	Commission Européenne
CILSS	Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CIRAD	Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
CILSS	Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CNCC	Comité National Changement Climatique
CNULD	Convention des Nations Unies pour la Lutte contre la Désertification
COMIFAC	Commission des Forêts de l'Afrique Centrale
COP	Commission des Parties d'une Convention des Nations Unies
CRE	Certificat de Réduction des Emissions de GES (crédit permanent)
CSE	Centre de Suivi Ecologique
EB/CDM	Executive Board of Clean Development Mechanism
EOE	Entité Opérationnelle Désignée
FFEM	Fonds Français pour l'Environnement Mondial
FRA	Forest Resources Assessment
GCCA	Global Climate Change Alliance
GDT	Gestion Durable des Terres
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe Interprofessionnel des experts sur le Climat
GMV	Grande Muraille Verte
GRN	Gestion Ressource Naturelle

LCD	Lutte contre la Désertification
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MAB	Man and Biosphere
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MNV/MRV	Mesure Notification Vérification ou Monitoring Rapportage et Vérification
MM	Mécanisme Mondiale
MOC	Mise en Œuvre Conjointe
MV	Marchés Volontaires
NEPAD	Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique
OAA	Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation
OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
ONG	Organisation Non Gouvernementale
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PACAF	Plan d'Action Carbone Forêt du Sénégal
PANA	Plan d'Action National d'Adaptation
PED	Pays en Développement
PK	Protocole de Kyoto
PLCP	Programme de Lutte Contre la Pauvreté
PNAE	Plan National d'Actions pour l'Environnement
PNLP	Programme National de Lutte contre la Pauvreté
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POAS	Plan d'Occupation et d'Aménagement des Sols
REDD	Réduction des Emissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts
REDD+	REDD élargit à la gestion durable, la conservation des écosystèmes et l'accroissement du stock de carbone des terres forestières
RPTES	Programme Régional pour le Secteur des Energies Traditionnelles (PRSET)
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
SOCSOM	Sequestration of Carbon in Soil Organic Matter
SRAT	Schéma Régional d'Aménagement du Territoire
TEP	Tonne Equivalent Pétrole
UE	Union Européenne
UICN	Union Mondiale pour la Conservation de la Nature
URCE	Unité de Réduction Certifiée d'Emission de GES (crédit temporaire)
UTCUTF	Utilisation des Terres, Changement d'Utilisation des Terres et Foresterie
VCS	Volontary Carbon Standard
VER	Verified / Volontary Emission Reductions

Déterminants médico-sociaux de l'état de santé en milieu rural sénégalais : étude au niveau de deux sites de la Grande Muraille Verte

Lamine Gueye
Sidy Mohamet Seck
Assane Ndiaye
Maïmouna Toure
Gilles Boetsch

Introduction

La santé est définie selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme étant « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité : elle est le résultat d'un équilibre harmonieux mettant en jeu un ensemble de facteurs politiques, socioculturels, économiques et environnementaux » (Préambule à la constitution de l'Organisation mondiale de la santé, 1946). Cette définition rend compte d'emblée du caractère multidimensionnel des déterminants de l'état de santé qui sont d'ordre biologique, psychologique, social, culturel, voire politique.

Parmi les nombreux facteurs pouvant influencer l'état de santé, les déterminants sociaux sont souvent à l'origine des principales inégalités de santé dans la population (Lang, 2009). En effet, des écarts injustes et importants sont notés entre les différentes régions du monde ou au sein d'un même pays. Au Sénégal, le droit à la santé a été très tôt érigé en droit constitutionnel. Par la suite, le souci d'une couverture sanitaire plus équitable et juste s'est poursuivi avec l'adhésion à l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'adoption de la déclaration sur les Soins de santé primaire (SSP) à Alma Ata en 1978. Devant l'aggravation croissante de ces inégalités, l'OMS a établi en 2005 une commission d'étude sur les déterminants sociaux de la santé (Akam, 1990). Aujourd'hui, l'État sénégalais consacre environ 10 % de son budget au secteur de la santé, mais le pays n'arrive toujours pas à assurer une bonne accessibilité

aux soins sur toute l'étendue du territoire national. Les zones rurales sont les plus défavorisées à cause non seulement de contraintes géographiques et financières, mais aussi de l'absence d'un système d'éducation pour la santé (Codjia *et al.*, 2010) Cependant, pour mieux apprécier l'efficacité des politiques visant à réduire les inégalités et de façon générale à améliorer la santé des populations, il est indispensable d'avoir des éléments de mesure de l'état de santé ainsi que ses déterminants.

La réponse de l'Afrique aux défis environnementaux liés en grande partie aux changements climatiques et aux effets récurrents de la désertification passe par le projet de Grande Muraille Verte, une ceinture végétale large de 15 km reliant Dakar à Djibouti sur quelque 7 000 km.

Sur le plan sanitaire, la question suivante s'impose : « Comment le reboisement va-t-il impacter le niveau de vie des populations, l'alimentation, les pathologies ? »

Pour orienter les décisions de prévention, il nous semble utile de décrire les déterminants de l'état de santé des populations vivant au niveau de la zone de la Grande Muraille Verte au Sénégal.

Objectif de l'étude

L'objectif de notre travail était de mesurer la santé perçue des individus vivant en milieu rural, au niveau de la Grande Muraille Verte, au Sénégal et d'identifier les principaux déterminants médico-sociaux de cet état de santé.

Population et méthodologie

Il s'agit d'une étude transversale réalisée sur une période de deux semaines et portant sur des volontaires âgés de 15 ans et plus habitant dans deux communautés rurales (Labgar et Loughré Thiolly) appartenant à la zone agropastorale au centre du Sénégal. Elle avait été menée dans le cadre des Activités citoyennes de l'université Cheikh Anta Diop (ACU) qui regroupent un ensemble d'activités de développement (reboisement, santé, alphabétisation, informatique) que l'université menait depuis 2000 à travers le Sénégal, pour promouvoir le civisme et le sens du service communautaire chez les étudiants, mais également accompagner les communautés défavorisées dans la résolution des problèmes qui entravent leur développement. Environ dix ans plus tard, les ACU ont évolué pour aboutir à l'implantation d'un camp de vacances appelé « Ucad rurale » d'une superficie de 50 hectares, c'est l'une des plus grandes retombées des Activités citoyennes de l'université.

Sur le plan démographique, la zone d'étude avait une population estimée en 2007 à 5 363 personnes dont une majorité de femmes. Trois ethnies y cohabitent : les Peuls, les Wolofs et les Maures. Les principales activités économiques sont l'agriculture, l'élevage et le commerce. Au plan des infrastructures sanitaires, chaque communauté rurale dispose d'un poste de santé (dispensaire et maternité) qui polarise une trentaine de villages et hameaux.

Les données ont été collectées lors d'entretiens individuels directs avec un questionnaire administré par des étudiants en médecine ayant une expérience des campagnes médicales. Nous avons mesuré la perception que les participants avaient de leur état de santé de manière dichotomique : « bonne » ou « mauvaise ».

Analyse statistique

L'analyse statistique des résultats a été faite à l'aide du logiciel SPSS version 16.0. Elle a d'abord comporté une description de la distribution des différentes variables. Puis des analyses de régression logistique unie et multivariée ont permis d'identifier les variables explicatives associées à la variable dépendante (état de santé) en précisant la force de l'association (coefficient de corrélation r) et sa significativité ($p \leq 0,05$).

Résultats

La population totale enquêtée était de 627 habitants en majorité constituée de femmes (59 %). Le taux de réponse au questionnaire était de 100 %. L'âge moyen était de 43,75 ans (16-100 ans) chez les hommes et de 38,87 ans (15-87ans) chez les femmes. Plus de la moitié des individus avaient entre 25 et 50 ans (fig. 1).

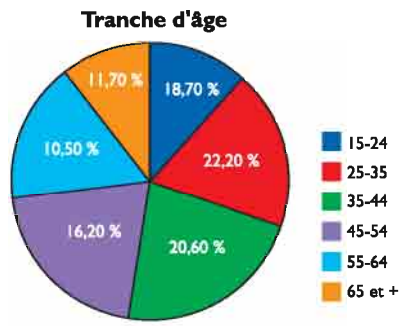


Figure 1.
Répartition de la population d'étude en fonction des tranches d'âge.

Le poids moyen était de 59,3 kg (20-105 kg) chez les hommes et de 54,58 kg (17-110 kg) chez les femmes. L'indice de masse corporelle moyen était de 20,04 kg/m^2 (respectivement 10,5-20,17 kg/m^2 chez les hommes et les femmes).

Les chiffres tensionnels moyens étaient de 12,7 cm Hg chez les hommes (9-30) et de 12,4 cm Hg (8-25) chez les femmes pour la systolique et de 7,8 cm Hg (5-12) pour les hommes et 8 cm Hg (5-16) chez les femmes pour la diastolique.

La quasi-totalité des personnes incluses dans l'étude étaient mariées (82,7 %) et l'indice synthétique de fécondité (ISF) était de 3,85 enfants par femme. Les jeunes femmes de 15-24 ans contribuaient pour 2,22 % à la fécondité totale.

Concernant le niveau d'instruction, près de neuf personnes sur dix étaient analphabètes, 10,7 % avaient arrêté à l'école primaire et seules 1,8 % avaient fait des études secondaires ou supérieures.

Ceci est en accord avec les faibles proportions d'individus enquêtés qui savaient lire (15,2 %), écrire (14 %) et compter (30,2 %).

Le tabagisme était retrouvé chez 18,7 % des hommes contre 1,9 % des femmes. La consommation d'alcool aussi concernait essentiellement les hommes, avec une prévalence de 6 % contre 0,3 % chez les femmes.

Par rapport à l'activité économique, on notait que le taux d'activité des femmes était de 57,7 % contre 94,1 % pour les hommes dont 59,7 % étaient des éleveurs.

La majeure partie de notre population d'étude (46 %) habitait à plus de 10 km d'une structure de santé (fig. 2).

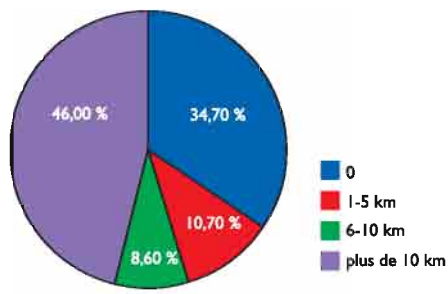


Figure 2.
Répartition des personnes en fonction de la distance parcourue pour atteindre une structure de santé.

Presque une personne sur deux souffrait d'anxiété, avec les mêmes proportions retrouvées chez les hommes et les femmes (51,9 % et 51,6 % respectivement). L'insomnie était plus fréquemment rencontrée chez les hommes (72,4 %), comparés aux femmes (67,9 %).

La perception de l'état de santé était globalement satisfaisante parmi les personnes enquêtées avec près de 72,7 % de réponse positives. Cependant, on notait une légère différence entre les hommes et les femmes (fig. 3a et 3b).

Avant le début de l'enquête, environ 35,7 % des hommes contre 52,6 % des femmes déclaraient bénéficier d'un suivi médical.

En cas de maladie, le recours thérapeutique en première intention était la médecine moderne chez 59,5 % des femmes contre seulement 42,8 % des hommes. Le reste faisait d'abord appel à la médecine traditionnelle. La proportion d'hommes qui déclaraient consulter une personne autre qu'un médecin était supérieure à celle des femmes (respectivement 40,6 % et 34,2 %). Pour l'identification des variables ayant une influence sur l'état de santé des populations, l'analyse univariée avait montré les résultats significatifs suivants (tabl. I).

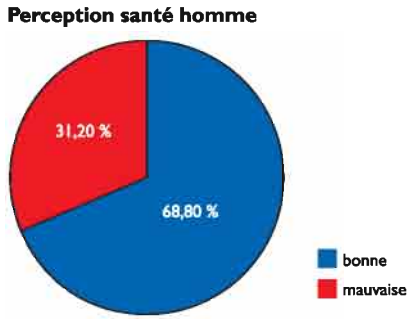


Figure 3a.
État de santé perçu chez les hommes.

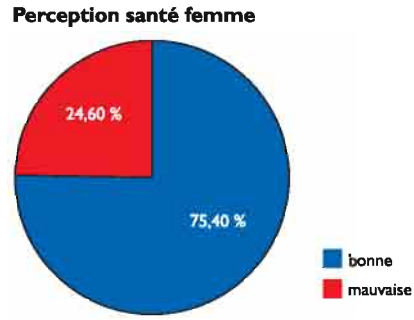


Figure 3b.
État de santé perçu chez les femmes.

Tableau I.
Variables associées à l'état de santé perçu à l'analyse univariée
(r = coefficient de corrélation et p = probabilité).

	Âge	Sexe	Tabagisme	Pression artérielle systolique	Angoisse	Insomnie	Existence pathologie connue
État de santé	r = 0,10	r = -0,07	r = 0,09	r = 0,11	r = 0,17	r = -0,28	r = 0,22
	p = 0,01	p = 0,07	p = 0,01	p = 0,011	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001

Le tableau II montre les résultats de l'analyse multivariée.

Tableau II.
Facteurs associés à l'état de santé perçu
(régression logistique multivariée).

Variables	Odds-ratio (Intervalle de confiance à 95 %)	p
Distance supérieure à 3 km	7,77 (3,29-18,34)	< 0,001
Pathologie antérieure connue	2,38 (1,20-8,78)	< 0,001
Bon sommeil	1,59 (1,15-2,65)	< 0,001
Angoisse	0,27 (0,16-0,96)	0,07
Âge (années)	1,02 (0,90-1,35)	0,09
Sexe (féminin)	1,18 (0,68-2,05)	0,54
Index de masse corporelle (kg/m^2)	0,95 (0,88-1,01)	0,15
Hypertension artérielle (mm Hg)	1,49 (0,89-2,48)	0,12

Discussion

La perception ou l'auto-évaluation de l'état de santé constitue un indicateur important de l'état de santé de la population. Elle reflète l'appréciation globale que l'individu fait de son propre état de santé en intégrant des aspects objectifs et subjectifs, notamment ses connaissances et son expérience de la santé ou de la maladie (Direction de la Santé publique de la Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Outaouais, 1998)

La santé perçue est, avec la mortalité et l'espérance de vie, l'un des indicateurs de santé les plus largement utilisés en santé publique (Benyamini et Idler, 1997 ; Bjorner *et al.*, 1996) Reconnue comme un outil de mesure fiable et valide, elle est facile à comprendre et simple à recueillir. C'est de surcroît un très bon indicateur de la mortalité et de l'utilisation des services de santé (Benyamini et Idler, 1997). Pour toutes ces raisons, la plupart des enquêtes de santé en population générale incluent souvent ce paramètre.

Au Sénégal, l'évaluation de la perception de l'état de santé global constitue un sujet très peu exploré, même s'il existe quelques études portant sur un aspect particulier de la santé en milieu rural (Adjamagbo et Antoine, 2002). Cette enquête rétrospective, réalisée dans le cadre des Activités citoyennes de l'Ucad, est la première qui évalue la santé perçue des populations rurales sénégalaises.

Elle a montré que près de trois quarts des personnes vivant dans les communautés rurales étudiées jugent être en bonne santé. Cependant, ce constat à priori satisfaisant cache bien d'autres réalités.

L'analyse de nos résultats montre également que la perception de l'état de santé s'améliorait avec l'âge, même si la relation n'était pas statistiquement significative. Ceci pourrait être lié à une certaine tolérance de la pathologie avec l'âge. Au fur et à mesure qu'elles vieillissent, les personnes âgées malgré leurs nombreuses plaintes physiques, jugent leur santé assez bonne par comparaison à la polypathologie qui est souvent la règle chez une grande partie de leurs camarades. En fait, les études sur la relation entre l'âge et l'état de santé ou l'incapacité sont divergentes (Bjorner *et al.*, 1996 ; Idler, 1993).

Nos résultats ont démontré que l'existence d'une maladie déclarée influait négativement sur la santé perçue aussi bien chez les hommes que chez les femmes. Cette relation restait significative même après ajustement par l'âge, le sexe, la profession et le niveau d'instruction. Cela signifie que les personnes associent généralement la bonne santé au fait de n'être suivies pour aucune pathologie.

Avoir une maladie pourrait augmenter considérablement la probabilité de se déclarer en mauvaise santé. Dans une enquête menée au Québec, la morbidité était le seul paramètre significativement associé à la perception de l'état de santé pour toutes les strates (Haddad et Martin, 2006).

Également, le manque de sommeil s'est montré fortement corrélé à un mauvais état de santé chez nos populations. La fréquence élevée de l'insomnie pourrait être liée à la forte prévalence de la fièvre typhoïde dans cette zone rurale (Baxerres et Le Hesran, 2004).

En revanche, certaines affections telles l'hypertension artérielle, l'obésité et l'anxiété rapportées par d'autres études en Europe n'étaient pas significativement associées à la perception de l'état de santé de nos populations (Camirand *et al.*, 2009 ; Raphael, 2009).

Pour l'hypertension artérielle, le manque d'information et le diagnostic tardif lié à son caractère insidieux pourraient expliquer le fait qu'elle ne soit pas associée à une mauvaise santé perçue chez les personnes qui en souffrent.

Les faibles prévalences de l'obésité et de la surcharge pondérale dans l'échantillon expliqueraient l'absence de corrélation significative avec l'état de santé. En effet, la forte prévalence de l'insuffisance pondérale traduit d'une part, une population mal nourrie et d'autre part, le morphotype sahélien caractérisant, en général, les Peulhs qui sont majoritaires dans notre échantillon. Pour l'anxiété, elle est souvent négligée, voire ignorée par les populations qui sont quotidiennement confrontées à plusieurs sources de stress.

Faisant l'objet d'interdictions par les croyances religieuses et culturelles dans le monde rural sénégalais, la consommation de tabac et d'alcool reste très faible au sein de la population.

Plusieurs études antérieures ont mis en exergue les facteurs socio-écomiques comme déterminants majeurs de la santé perçue (Camirand *et al.*, 2009 ; Ferland et Paquet, 1995). Les recherches sur la santé de la population ont démontré que les facteurs socioéconomiques sont souvent aussi importants que les soins de santé lorsqu'il s'agit d'évaluer l'état de santé d'une population (Ferland et Paquet, 1995 ; Gwatkin *et al.*, 2000).

Les ménages les plus pauvres voient leur comportement en matière de santé influencé par le faible niveau d'éducation des mères. Les dépenses de santé des ménages apparaissent d'un ordre de grandeur fondamentalement différent entre non-pauvres et pauvres. Par exemple, une étude inspirée de l'enquête santé Canada de 1978-1979 indiquait que les hommes à faible revenu qui travaillaient avaient presque deux fois plus de problèmes de santé et trois fois plus de jours d'incapacité par rapport aux hommes à revenu élevé. Selon les résultats d'une étude plus récente, l'enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes de 2000-2001, deux fois plus d'hommes et de femmes dans le groupe au revenu le plus élevé a qualifié leur état de santé d'excellent par rapport au groupe au revenu le plus faible (Gendreau et Tabutin, 2002).

Notre étude n'avait pas évalué les revenus des enquêtés. Cependant, le faible taux de scolarisation constitue un vrai frein à l'insertion professionnelle, d'où la précarité de l'emploi et les revenus faibles. Les Sénégalais vivant en milieu rural ont habituellement un revenu plus faible et une moins grande sécurité d'emploi que les résidents des milieux urbains.

Par ailleurs, le recours aux soins constitue un problème crucial dans les localités étudiées. Les populations rurales ont plus facilement recours à la médecine traditionnelle qu'aux services de soins modernes du fait de leur inaccessibilité (Djènèpo *et al.*, 2003). C'est ainsi que notre étude met en évidence un taux élevé d'individus qui consultent en première intention des tradipraticiens et ont donc recours aux

traitements traditionnels, surtout à base de plantes. L'éloignement des structures de santé et la mauvaise répartition des ressources financières et humaines très insuffisantes en sont les principales causes. Les résidents des collectivités rurales doivent généralement parcourir de plus longues distances sur des routes qui sont souvent impraticables. En effet, plus d'un patient sur deux déclarait parcourir plus de 5 km pour rejoindre la structure sanitaire la plus proche. Il n'est pas donc étonnant que l'éloignement de la structure de soins soit identifié comme étant le principal facteur associé à la perception de la santé dans notre étude. Les populations vivant à plus de 3 km d'un poste de santé avaient presque huit fois plus de chance de se sentir en mauvaise santé comparées à leurs compatriotes qui étaient à moins de 3 km. En milieu rural, entre les villages d'une aire de santé, il n'y a souvent que des pistes en mauvais état et les moyens de transport sont soit des véhicules de transport en commun, soit des moyens rudimentaires (dos d'ânes, charrettes, pirogues, etc.) pénalisant ainsi les villages éloignés (Organisation mondiale de la santé, 2008).

Les recherches sur la santé de la population ont démontré que les facteurs socioéconomiques sont souvent aussi importants que les soins de santé lorsqu'il s'agit d'évaluer l'état de santé d'une population. Les Sénégalais vivant en milieu rural ont habituellement un revenu plus faible et une moins grande sécurité d'emploi que les résidents des milieux urbains. Bien que de nombreux programmes et projets régionaux de développement économique aient donné des résultats variables, certains cas de réussites peuvent servir de modèle pour les interventions communautaires.

Comme l'a démontré le présent travail, les populations rurales ont un accès limité aux structures de santé et par conséquent à la prévention, à la détection précoce, au traitement et aux services de soutien. Cela retentit sur leur état de santé qui est inversement proportionnel à l'éloignement d'une structure de soins.

Vu le faible niveau socio-économique dans les campagnes, une amélioration considérable des revenus des personnes rurales et le renforcement de leur indépendance économique doivent être la condition préalable de toute politique visant à résoudre les problèmes de santé de la population. Un autre facteur différentiel est le niveau d'éducation et/ou d'instruction.

Il apparaît alors nécessaire d'avoir une plus grande accessibilité financière et géographique des structures de soins qui doivent par ailleurs dispenser des soins de qualité. La médecine traditionnelle reste pour la grande majorité des Sénégalais, le premier recours en matière de santé primaire. L'usage des plantes médicinales et des décoctions de tout ordre est d'efficacité variable et imprévisible dans beaucoup de cas. Une initiative visant à réglementer cette médecine et à rationaliser les pratiques a été prise par les autorités sanitaires mais le chemin à parcourir reste long (Brunet et Jailly, 1996).

Une prise en charge sanitaire satisfaisante en milieu rural peut se faire à l'aide de moyens techniques et financiers peu onéreux. Un des éléments de minimisation des coûts pourrait être l'utilisation d'un personnel itinérant et le choix des médicaments efficaces et financièrement abordables.

Malgré la prévalence encore relativement faible de l'obésité et la sédentarité dans les deux communautés, il serait intéressant de développer des stratégies de prévention

au sein de la population, afin de réduire le risque de survenue des maladies comme le diabète. Dans le même sens, le renforcement des conseils diététiques, plus particulièrement par la promotion de la consommation de fruits et de légumes et la réduction de la consommation de sel, est de mise pour protéger efficacement la population contre les maladies non transmissibles.

Enfin, la mise en œuvre de toute politique sanitaire doit tenir compte des spécificités locales. Sous ce rapport, il serait important de favoriser la scolarisation et surtout améliorer les programmes d'alphabétisation en y intégrant des cours d'éducation pour la santé afin de faciliter le recours aux structures sanitaires.

Les politiques gouvernementales doivent tenir compte des incidences non seulement sur la société dans son ensemble, mais aussi sur les personnes à risque. À l'inverse, les politiques et programmes qui visent à changer les comportements individuels auraient des impacts à long terme sur l'état de santé de la population.

Conclusion

Cette étude transversale est la première qui évalue la perception de l'état de santé en milieu rural sénégalais. Elle s'est déroulée dans un cadre plus global des ACU.

Les résultats montrent que près des trois quarts des populations interrogées jugeaient leur état de santé satisfaisant. Cependant, on pouvait noter plusieurs disparités concernant les déterminants de cet état de santé perçu.

L'éloignement d'une structure de soins, la présence d'une insomnie et l'existence de maladie déclarée (souffrance d'une pathologie donnée) impactaient négativement sur la santé perçue. Par contre, certaines caractéristiques socio-économiques telles que l'âge, le sexe, l'instruction, la catégorie professionnelle et le statut matrimonial n'avaient pas montré d'effet sur la santé perçue de nos populations. De même, les facteurs de risque tels que l'hypertension artérielle, l'obésité, la sédentarité, l'alcoolisme et le tabagisme n'avaient pas d'impact significatif sur la perception de l'état de santé des personnes.

Notre travail a également montré que les populations rurales ont un accès limité aux structures de santé et par conséquent à la prévention, à la détection précoce, au traitement et aux services de soutien. Cela a un impact considérable sur leur état de santé.

La satisfaction de la demande de santé des populations en milieu rural devra nécessairement passer par l'amélioration de l'accessibilité géographique, culturelle et financière des soins de qualité. Également, vu le faible niveau socioéconomique dans les campagnes, il faudra augmenter le taux de scolarisation/alphabétisation surtout chez les filles et l'insertion professionnelle des jeunes qui permettront d'améliorer considérablement les revenus des ménages et le niveau de vie des individus.

Références

Adjamagbo A., Antoine P.
« Le Sénégal face au défi démographique ».
La Société sénégalaise entre le local et le global
Karthala, Paris, 2002, p. 511-597

Akam E.
« Infécondité et sous-fécondité :
évaluation et recherche des facteurs.
Le cas du Cameroun ». Cahiers de l'IFORD,
février 1990, n° 1, p.281.

Baxerres C, Le Hesran JI.
« Recours aux soins en cas de fièvre
chez l'enfant en pays Sérère au Sénégal :
entre contraintes économiques
et perception des maladies ».
Sciences Sociales et Santé 2004 ; 22 (4) : 23.

Benyamini Y., Idler EL.
« Self-rated health and mortality:
A review of twenty-seven community studies ».
Journal of Health and Social Behavior 1997;
38 : 21-37.

Bjorner J.B., Kristensen T.S., Orth-Gomer G.,
Tibblin K., Sullivan M., Westerholm P.
« Self-rated Health: A Useful Concept
in Research, Prevention and Clinical Medicine ».
Stockholm, Forskningsrädsnämnden 1996.

Brunet T., Jailly R.
« La santé dans quelques pays d'Afrique
de l'ouest après 17 ans d'ajustement ».
Paris CE, PED, 1996, p 233-271.

Camirand J., Dumitru V., Guillaume S.,
Sermet C.
« La santé perçue des 55 ans et plus en France
et au Québec: Différences et similitudes ».
Questions d'économie de la santé
Irdes 2009/05., n° 142.

Codjia L., Sall Fl., Zurn J.
2010. « La fidélisation des personnels
de santé dans les zones difficiles au Sénégal ».
OMS (Accroître l'accès aux personnels de santé
dans les zones rurales ou reculées.
Étude de cas 1, 2, 5, 6, 7.

Direction de la Santé publique
de la Régie régionale de la Santé
et des Services sociaux de l'Outaouais
1998. « Les résultats de l'enquête sociale
et de santé 1998 pour la région de l'Outaouais ».
Enquête sociale et de santé ouataouais.
23 Fiches 12

Djènèpo F., Kanté B., Konate MK.
« Politique de santé communautaire
et viabilité économique et sociale
des centres de santé communautaires au Mali :
étude de cas en milieu urbain et rural ».
Document préliminaire préparé pour le projet
RUIG/UNRISD « Mondialisation, inégalité et
santé », un projet international de collaboration
dans le cadre du programme de recherche
du RUIG « Le défi social du développement ».
Septembre 2003.

Ferland M., Paquet G.
« Liens entre le statut socio-économique
et la santé ». Un article publié dans l'ouvrage
sous la direction de Carmen Bellerose,
Claudette Lavallée, Lucie Chénard
et Madeleine Levasseur, Santé Québec.
Et la santé, ça va en 1992-1993 ?
Rapport de l'Enquête sociale et de santé
1992-1993. Volume 2. Chapitre 4, pp. 81-112.
Québec : Santé Québec, Ministère de la Santé et
des Services sociaux, Gouvernement du Québec,
Novembre 1995, p 196-56.

Gendreau F, Tabutin D.
« Introduction :jeunesses, vieillesse,
démographies et sociétés »
in Gendreau F, Poupard M, Tabutin D. (dir.)
2002, Jeunesses, Vieillesses, Démographies
et Sociétés. Chaire Quételet 2001,
Quatrièmes journées scientifiques
du Réseau démographie de l'AUF,
Louvain-la-neuve :
Academia-Bruylant /L'Harmattan, 2002, p 7-22.

Gwatkin Dr, Johnson K,
Pande R P, Rustein S, Wagstaff A.
« Socio-economic differences in health,
nutrition, and population in Morocco ».
HNP/Poverty Thematic Group
of the World Bank. Washington DC, 2000.
Accessible en ligne le 21.01.2012 à :
http://www.worldbank.org/hnp

Haddad S., Martin MC.
2006. « Ressources individuelles et collectives
et la santé des femmes au Maroc ».
Deuxième colloque du réseau de recherche
en sante mondiale du Québec.
Jeudi, le 4 mai 2006.
Direction de Santé Publique de Montréal,
PQ, Canada. p13

Idler E. L.
« Age differences in self-assessments of health: Age changes, cohort differences, or survivorship? ». Journal of Gerontology: Social Sciences 1993; 48 : S289-S300.

Lang T.
« Questions de santé publique : la santé se construit dans un environnement social » Décembre 2009, p 2.

Organisation mondiale de la Santé
« Combler le fossé en une génération. Instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé » Commission des déterminants sociaux de la santé. Résumé analytique du rapport final 2008, 33 p.

Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, tel qu'adopté par la Conférence internationale sur la Santé, New York, 19 juin-22 juillet 1946; signé le 22 juillet 1946 par les représentants de 61 Etats. (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n° 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948.

Raphael D.
« Social Determinants of Health: Canadian Perspectives ». 2e édition. Toronto: Canadian Scholars' Press Incorporated. 2009, p 20-36.

Partie II

Qualité des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques

État des sols et évolution dans un contexte de changements climatiques

Luc Descroix et Arona Diedhiou
LTHE, IRD, Université de Grenoble, BP 53, 38041, Grenoble Cedex 9 (France)

Introduction

Préambule

Malgré la diminution des précipitations après 1968, on constate une augmentation des écoulements au Sahel après cette date. Cette augmentation est due essentiellement à l'encroûtement des sols et à la disparition progressive de la végétation ligneuse.

Pour restaurer la teneur en eau des sols, leur capacité à retenir l'eau et limiter le ruissellement et l'érosion, il faut « rugosifier » à la fois le sol et le paysage : tout faire pour qu'à l'échelle ponctuelle ou de la parcelle, l'eau s'infiltre au lieu de ruisseler ; et tout faire pour que de l'échelle de la parcelle à celle du terroir, le paysage soit morcelé, compartimenté, rugosifié : haies, arbres au milieu des champs, arbres dans les villages et en bordure des villages, travaux de restauration des sols et de la végétation dans les secteurs déjà dégradés : zaï, cordons pierreux, demi-lunes, terrasses, reboisement là où le sol est vraiment décapé. Cette restauration de la teneur en eau des sols et de leur « rugosité » doit permettre de rétablir son potentiel évaporant « naturel » supposé alimenter en rétroaction la proche atmosphère en vapeur d'eau.

Cela permet à la fois :

– de faire pénétrer l'eau dans le sol au profit de la végétation (naturelle ou cultures, ligneuse ou herbacée) ;

– de limiter l'érosion hydrique par les coupures des haies, les obstacles des arbres et diminution des fetchs hydriques ;

– de limiter l'érosion éolienne par diminution de la taille des fetchs éoliens ;
– de rétablir le potentiel évaporant de la surface continentale.

État des lieux

L'Afrique de l'Ouest connaît depuis 1968 un déficit pluviométrique prolongé ; celui-ci est d'autant plus accentué en direction du nord et du Sahel, où la diminution de la pluviométrie moyenne est plus marquée dans cette zone par nature semi-aride à aride. Malgré une atténuation de ce déficit à partir de 1995 et seulement dans la partie centrale et orientale du Sahel, ce déficit reste prégnant et, là où il s'est amoindri, il a laissé place à une variabilité interannuelle accrue (Ali et Lebel, 2009 ; Lebel et Ali, 2009). L'Afrique de l'Est a connu aussi de graves épisodes de sécheresses (début des années 1980, années 2009-2011).

Cette sécheresse a entraîné directement une dégradation de la végétation naturelle par une diminution de la biomasse des plantes annuelles, herbacées et graminées, et par la mort de nombreux ligneux, épuisés par la succession d'années sèches (essentiellement pendant la « grande sécheresse du Sahel, c'est-à-dire la succession d'années sèches 1972-1973 puis 1983-1985, ces deux périodes étant précédées et suivies uniquement d'années déficitaires. Un grand nombre d'arbres, parfois âgés et centenaires, sont morts durant ces épisodes (Luxereau, comm. pers. ; Gardelle *et al.,* 2010). Par ailleurs, cette période a été marquée par de très mauvaises récoltes et un sévère déficit alimentaire, débouchant sur des famines très accentuées et récurrentes.

Cette sécheresse a aggravé et accéléré un processus de dégradation des sols déjà perceptible, localement, avant la sécheresse ; l'augmentation de la population a entraîné une accélération du système agraire fondé sur une récupération de fertilité par repos prolongé du sol (jachère). Les temps de jachère ont été raccourcis dès lors que l'espace cultivable a occupé l'ensemble de l'espace total, et que la population a continué de croître. Comme les sols des zones semi-arides sont en général des sols peu structurés, sableux, peu fertiles et très fragiles, l'accélération des rotations s'est traduite par une diminution des rendements et une dégradation des sols caractérisée par leur encroûtement sur plusieurs centimètres, plusieurs dizaines de centimètres même le plus souvent (Albergel et Valentin, 1988 ; Casenave et Valentin, 1989 ; D'Herbès et Valentin, 1996).

Ainsi, on assiste à une très forte modification de l'occupation des sols, aussi bien au Sahel qu'en Afrique de l'Ouest ; un certain « reverdissement » est observé par un grand nombre d'auteurs, mais ferait l'objet d'une controverse. En effet, depuis la fin des années 1990, de nombreux scientifiques ont montré que la couverture végétale semblait reprendre de l'importance (Prince *et al,* 1998 ; Rasmussen *et al.,* 2001 ; Anyamba et Tucker, 2005 ; Hermann *et al.,* 2005 ; Prince *et al.,* 2007 ; Fensholt et Rasmussen, 2011, entre autres). Par ailleurs, des travaux de restauration des terroirs semblent, au moins localement, avoir porté leurs fruits (Reij *et al.,* 2005, Larwanou *et al.,* 2006 ; Reij *et al.,* 2009). Govaerts *et al* (2008) montrent eux une diminution de l'albedo qui serait également signe d'un regain de la végétation. Mais certains auteurs semblent démontrer que l'évolution tend plutôt vers une poursuite de la désertification (Hountondji *et al.,* 2004 ; Hein et De Ritter, 2006) ou que dans

certains secteurs, la dégradation de la couverture végétale perdurait (Diello *et al.*, 2006 ; Leblanc *et al.*, 2008, Ruelland *et al.*, 2011). Dans ces conditions, il est difficile de bien cerner la réalité de cette évolution, mais on peut au moins mettre en valeur les points suivants :

– la végétation semble dans des secteurs très étendus avoir progressé depuis le début des années 1990 (Rasmussen *et al.*, 2001), du fait que les années les plus sèches sont les années 1970 et 1980 et qu'une certaine reprise des pluies est observée au moins au centre et à l'est du Sahel depuis cette date (Ali et Lebel, 2009 ; Lebel et Ali, 2009) ;

– les champs continuent à s'étendre au détriment de la végétation naturelle, et de plus en plus, aux dépens de la jachère qui est le système de restauration de la fertilité le plus répandu, au moins dans les régions sahéliennes ; or la biomasse d'un champ de mil est supérieure en fin de saison à celle de la jachère, d'où un accroissement des valeurs des indices de végétation (Hiernaux *et al.*, 2009a) ;

– c'est au nord, en limite du Sahara, que la pluie a le plus baissé durant la grande sécheresse ; il est probable que l'atténuation relative de la sécheresse y entraîne une forte augmentation de la biomasse herbacée et graminéenne, du moins par rapport aux années les plus sèches ;

– les études basées sur la télédétection semblent très majoritairement pencher pour un reverdissement du Sahel (en particulier ses franges nord en limite du désert), en particulier une hausse des indices de végétation (NDVI pour le plus employé), alors que celles qui utilisent la photographie aérienne comme support de comparaison montrent une dégradation de la végétation et des sols ; cependant, ces dernières études sont forcément plus limitées dans l'espace, moins représentatives de l'ensemble, et peut-être aussi localisées sur des secteurs particuliers effectivement en cours de dégradation prolongée. La plupart des études de l'occupation des sols fondées sur des photos aériennes montrent une diminution du couvert végétal dans le Sahel (Ada et Rockstrom, 1993 ; Loireau, 1998 ; Chinen, 1999 ; Le Breton, 2005 ; Leblanc *et al.*, 2008 ; Amogu, 2009, entre autres). Cela est corroboré par les statistiques officielles de surface cultivée. Pour le Niger, durant la période 1999-2006, Garba (Garba, 2010) a observé une diminution de la biomasse dans une étude utilisant le NDVI ; mais il l'explique par le fait que l'année 1999-2000 était une année humide. Karambiri *et al.* (2003), Diello *et al.* (2006) et Hauchart (2008) ont aussi noté une réduction du couvert végétal dans deux différentes régions du Burkina Faso (les bassins du Nakambé et du Mouhoun). Liénou *et al.* (2005) ont fait les mêmes observations au Cameroun, qui sont en accord avec les résultats de Amani et Nguetora (2002), et Mahé *et al.* (2003) sur la rive droite du fleuve Niger. Les données statistiques de la FAO indiquent une diminution de 3,7 % par an de la biomasse au Niger, et Hiernaux *et al.* (2009a) ont mesuré une réduction annuelle de 2,7 % de la biomasse dans le Fakara (Niger) ;

– on connaît les méthodes de restauration des sols et de la végétation, et les conditions à mettre en œuvre pour leur divulgation spontanée (Larwanou *et al.*, 2006 ; Reij *et al.*, 2009) et on sait combien les sociétés sont attachées aux arbres et conscientes de leur rôle, tant au niveau des paysages et du maintien de la biodiversité que de leur importance

sociale, culturelle et de plus en plus économique (Luxereau et Roussel, 1997 ; Luxereau, comm. pers.), par l'apport d'une diversification synonyme d'amélioration de la sécurité alimentaire ;

– localement et au nord de la bande sahélienne, on a pu remarquer que la végétation progressait, sauf dans des secteurs, assez étendus, où les sols squelettiques portaient avant la sécheresse une maigre végétation xérophile. Dans ces secteurs, la végétation a été tuée par la sécheresse, la capacité de rétention en eau des sols ayant vite été annulée par la succession des années sèches ; les sols, auparavant retenus par la végétation, ont été emportés par l'érosion après la disparition de leur maigre couverture végétale. De ce fait, la végétation ne peut s'y rétablir spontanément, et ces secteurs ont été déterminés comme étant devenus des zones de ruissellement expliquant dans ces zones septentrionales la forte croissance du volume et de l'extension des mares (Hiernaux *et al.*, 2009b ; Gardelle *et al.*, 2010).

Il est par contre évident dans toute l'Afrique subsaharienne, et l'Afrique sahélienne en particulier, que la pression anthropique sur le milieu s'accroît rapidement et devrait continuer à s'accroître dans les prochaines décennies. Il est donc important de tout faire pour pérenniser les conditions de la sécurité alimentaire en préservant et en améliorant la productivité durable du milieu et en favorisant une diversification des sources d'alimentation et de revenus.

Le contexte climatique

L'Afrique subsaharienne a connu les plus fortes variations climatiques observées ces dernières décennies. L'Afrique de l'Ouest est la région qui a connu les plus fort signal de changement climatique jamais enregistré depuis le début des enregistrements météorologiques normalisés au milieu du XIXe siècle (Hulme, 2001). Sur plus de 5 millions de km^2, la pluviométrie a diminué de 10 à 30 % pendant une période de 25 ans au moins (1968-1995), et le déficit perdure dans de nombreuses régions, en particulier à l'Ouest. Cette sécheresse semble s'atténuer dans la partie centrale du Sahel (Ali et Lebel, 2009 ; Lebel et Ali, 2009) (fig. 1), alors qu'elle persiste de manière très prononcée dans l'Ouest. Elle se caractérise par une baisse du nombre d'évènements pluvieux plutôt que par une baisse de la quantité d'eau tombée par évènement (Le Barbé et Lebel, 1997). Par ailleurs, l'est de l'Afrique est soumis à des sécheresses récurrentes (entraînant souvent, comme à l'ouest, des déficits alimentaires et des famines) comme celle du début des années 1980 en Éthiopie et l'ensemble de la Corne de l'Afrique. Paradoxalement, les crues et inondations sont aussi plus nombreuses sur toute la bande sahélienne d'un océan à l'autre.

Dans une étude sur le bassin du Niger (le plus vaste d'Afrique de l'Ouest), on n'a pour le moment remarqué aucune modification notoire dans le nombre d'évènements pluvieux de plus de 20 à 70 mm en 24 heures, ni dans la répartition mensuelle des

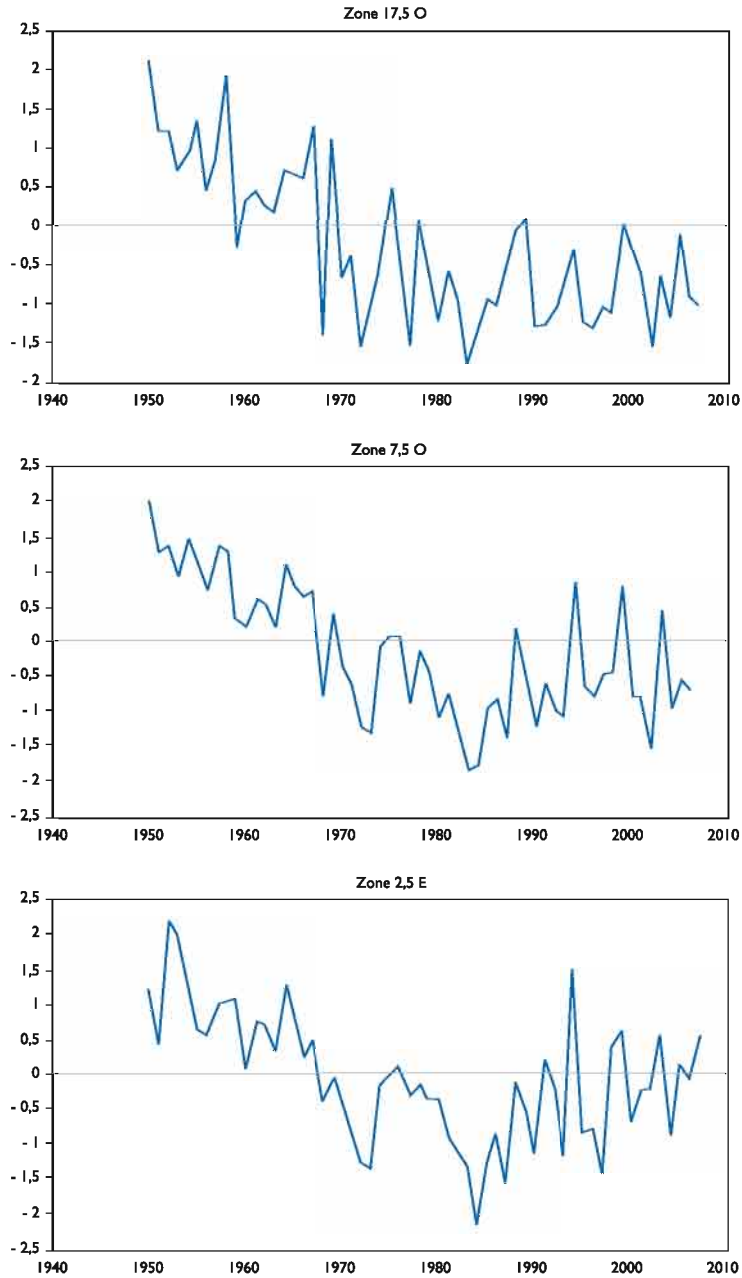
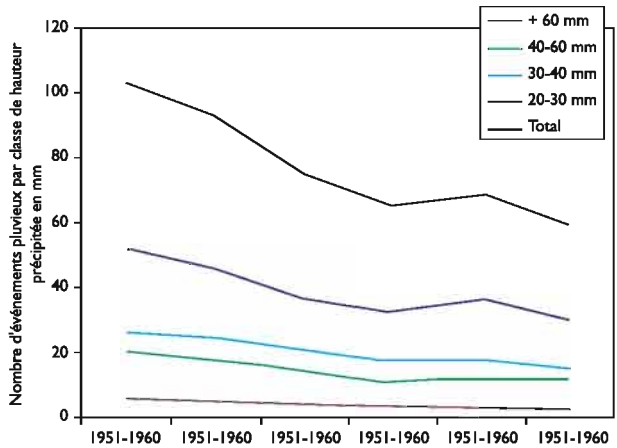


Figure 1.
Évolution des indices pluviométriques en Afrique de l'Ouest (d'après Ali et Lebel, 2009) ; a : secteur Ouest ; b : secteur central, c : secteur Est..

précipitations dans l'année (fig. 2) (Descroix *et al.*, 2011). Il ne semble pas non plus y avoir de modification de l'intensité moyenne des précipitations (Amogu *et al.*, 2010).



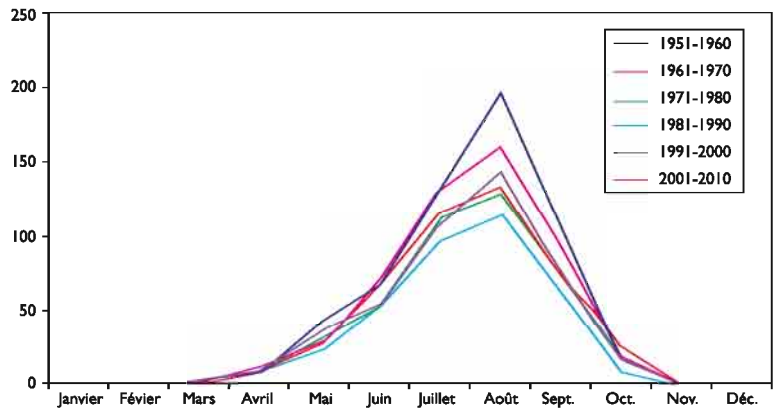


Figure 2.
a. Évolution de la distribution par hauteur tombée des évènements pluvieux de plus de 20 mm sur le bassin central du Niger.
2. b Évolution de la répartition mensuelle des précipitations (Descroix et al., *2011).*

Les rapports du GIEC montrent que la température a déjà augmenté de 0,6 °C en Afrique (fig. 3) et qu'elle va encore augmenter de 3 ou 3,5 °C pendant le XXIe siècle dans la zone sahélienne, tandis que la pluviométrie diminuerait à l'ouest mais augmenterait à l'est du continent.

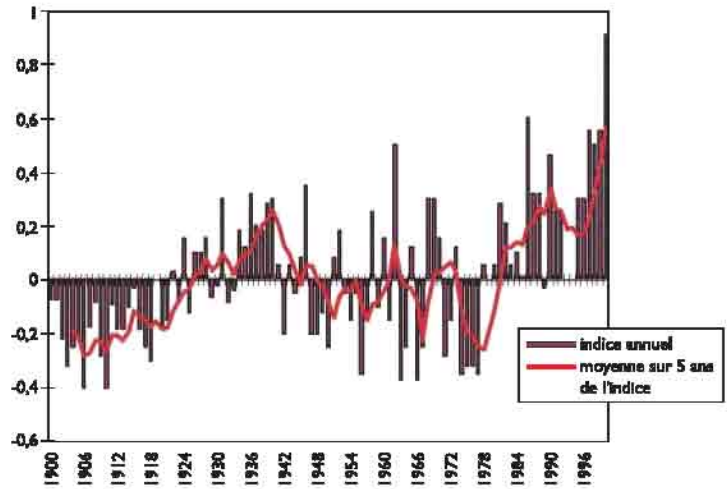


Figure 3.
Évolution observée de la température en Afrique au XXe siècle d'après le rapport GIEC 2007.

Ces travaux et prévisions permettent aussi aux organismes internationaux de diffuser des scenarii d'évolution du climat et des ressources à destination des décideurs ; on dispose ainsi d'estimations sur l'évolution de la durée des moussons suivant divers scenarii.

Une étude récente (Ardoin *et al.*, 2009) a proposé une simulation de l'évolution des ressources en eau pour certains bassins d'Afrique de l'Ouest. Cette étude aborde le problème de l'utilisation des données issues des modèles de circulation générale (GCM) pour évaluer les impacts du changement climatique sur les écoulements en Afrique de l'Ouest.

Les données annuelles et mensuelles de précipitations de quatre GCM utilisés dans le troisième rapport de l'IPCC ont été étudiées sur la période 1950-1998 : les modèles CSIRO-Mk2, ECHAM4, HadCM3 et NCAR-PCM. Deux faiblesses communes à tous ces modèles sont leur incapacité à reproduire les volumes précipités en zone sahélienne et leur difficulté à simuler la dynamique saisonnière des pluies en zone guinéenne. Deux scenarii climatiques basés sur les variations prévues par le modèle HadCM3-A2 ont alors été élaborés, afin de générer des chroniques de précipitations et d'évapotranspiration potentielle jusqu'à la fin du XXIe siècle, pour simuler les conditions climatiques futures probables. Ces scenarii ont ensuite été utilisés comme entrées du modèle hydrologique GR2M afin d'évaluer les impacts du changement climatique sur les écoulements des fleuves Sénégal, Gambie, Sassandra et Chari. Les résultats montrent que les variations envisageables des écoulements dans le futur sont très dépendantes des précipitations et donc de la qualité des sorties du GCM utilisé. Les deux modèles utilisés prédisent une augmentation des pluies au sud-est d'un axe joignant la côte guinéenne au bassin du Lac Tchad, et une diminution

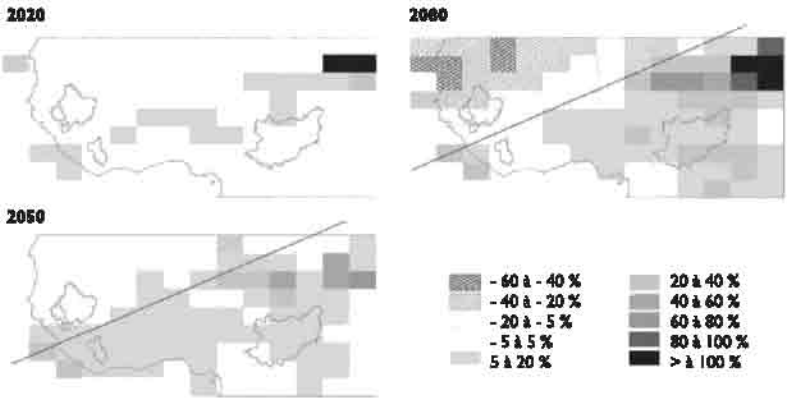


Figure 4.
Changements de la moyenne pluviométrique (scénario anomalies) pour trois horizons par rapport à la moyenne observée 1969-1998 (en %).
Les taux de changements entre les deux scenarii (anomalies et horizons) sont du même ordre de grandeur (Ardoin et al., 2009).

au nord-ouest de cet axe (fig. 4). Hulme (1998) pour sa part trouve qu'il n'y a pas dans les simulations de modèle HADCM2 la persistance interannuelle des pluies que l'on trouve dans les moyennes observées pour la deuxième moitié du XXe siècle. Des prévisions sont également faites sur le bassin du Nil Bleu, car des projets hydro-électriques d'ampleur y sont en projet, pour lesquels des prévisions saisonnières et sur le long terme sont indispensables (Block, 2011).

Les incertitudes concernant les prochaines décennies sont grandes, excepté pour les températures ; mais l'évolution récente montre que l'Afrique subsaharienne est particulièrement concernée par le changement climatique ; ses sociétés sont aussi très vulnérables, ainsi que ses agrosystèmes, comme nous le verrons plus loin.

Des sols pauvres soumis à un « stress productif »

L'Afrique sahélienne est la région qui connaît la plus forte croissance démographique du monde depuis le début de la décennie 1990. Celle-ci intervient dans un contexte de changement climatique fort (voir ci-dessus). Les sols de l'Afrique subsaharienne, sauf quelques exceptions en zones de montagne (andosols d'Éthiopie, sols plus siliceux du Fouta Djalon), sont majoritairement des sols pauvres peu structurés ; les zones semi-arides et arides du Sahel sont surtout des sols ferralitiques tropicaux caractérisés par une forte proportion de sables ; ils sont fragiles et sujets à l'érosion hydrique et éolienne. Casenave et Valentin (1989 et 1992) ont montré que, plus que

leur structure ou leur texture, plus que leur classification, c'étaient les « états de surface » qui permettaient le mieux de classer les sols d'après leur fonctionnement hydrique et leur évolution face à la sécheresse, la désertification et l'érosion hydrique et éolienne. En Éthiopie, la dégradation des sols constitue la plus grande menace à long terme pour la survie des hommes et demeure l'un des plus grands défis pour la population toujours croissante et le gouvernement. Dans ce pays, comme en Érythrée, on constate un accroissement des problèmes d'érosion, malgré une forte politique de conservation des sols (Nyssen *et al.,* 2000 ; Nyssen *et al.,* 2004).

Dans ce double contexte de changement climatique et de changements d'usage des sols, les populations ont adopté des stratégies de survie connues et plutôt adaptées sur le court terme : adoption de semences de « cycle court » permettant d'avoir des récoltes même lors de moussons plus courtes, extension des cultures et raccourcissement des temps de jachère pour compenser la chute des rendements, vente de bétail, recherche de secteurs pastoraux plus préservés pour les nomades, émigration temporaire vers la côte du Golfe de Guinée, émigration lointaine pour les secteurs occidentaux (ouest du Mali, Sénégal, Mauritanie). Par contre, ces stratégies ne sont pas compatibles avec une pérennisation de la sécurité alimentaire à moyen et long terme. En effet, la jachère est le seul mode de fertilisation utilisé traditionnellement sur de grandes étendues ; la fumure est bien sûr très employée, mais réservée aux champs proches du village, où les jachères ne se pratiquent presque plus. Donc les sols s'appauvrissent, ce qui se reflète dans la baisse continuelle des rendements observée sur le long terme, par exemple au Niger (Guengant et Banoin, 2003).

Le système agraire traditionnel d'alternance culture-jachère ne peut se perpétuer avec des densités de population au-dessus de 25 habitants au km^2. Il n'est en effet, par définition, pas intensifiable. La mise en culture suivant cette méthode de l'ensemble de la zone sahélienne « cultivable » (pluviométrie annuelle supérieure à 300 mm) signe l'arrêt de mort de cette pratique, puisque la population continue de doubler tous les vingt ans (18 ans au Niger). Préserver l'autosuffisance alimentaire, à peu près remplie, hors pics de sécheresse, pour l'ensemble des pays sahéliens, excepté le Sénégal et la Mauritanie, jusqu'au début des années 2000, suppose l'adoption de techniques nouvelles relevant de l'intensification de la production, par l'apport de ce qui ne manque pas pour le moment : à défaut de capitaux, c'est la main-d'œuvre qui doit être mise à profit pour tenter d'améliorer les rendements. Il faut en profiter pour opérer une diversification des cultures, des pratiques et des sources de revenus, en tentant d'intégrer les services de l'écosystème et à l'écosystème. En effet, dans presque tout le Sahel, les terroirs sont, malgré l'actuel reverdissement (en fait une récupération post-sécheresse), très dégradés, et les sols sont érodés (fig. 5 ci-dessous). L'accroissement indispensable de la production passe par une récupération des sols dégradés, par des techniques connues et à généraliser.

Ce qui paraît inéluctable à moyen terme, c'est une disparition de la jachère. Le Sahel ayant une population rurale à plus de 70 % (85 % au Niger), c'est vers les zones rurales qu'il faut porter l'effort. Comme tout l'espace cultivable ou presque (fig. 6 ci-dessous) est désormais utilisé, seule une véritable intensification-diversification vertueuse peut permettre d'accroître la production pour conserver ou atteindre l'autosuffisance et la sécurité alimentaires.

Figure 5.
Photos de sols dégradés au Niger (en haut)
et en Éthiopie (en bas)

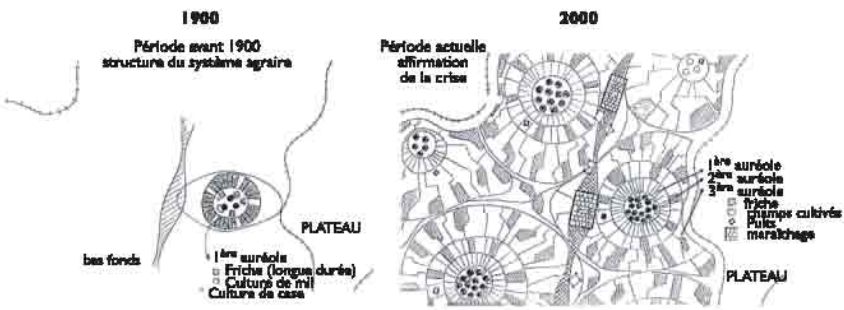


Figure 6.
Extension et évolution caractéristiques
des terroirs de la région de Niamey
durant le XXe siècle
(Ada et Rockstrom, 1993).

Un constat : la fatigue des sols

On connaît depuis plusieurs décennies les formes de dégradation des sols qui apparaissent dans les zones semi-arides d'Afrique avec la surexploitation des terroirs. Les principaux types de dégradation sont les encroûtements des sols. Les différents types de sols encroûtés et leur formation respective ont été très précisément décrits par Casenave et Valentin (1989). On peut avantageusement se référer aux pages 66 à 74 de leur manuel des états de surface de la région sahélienne pour comprendre comment un sol et ses agrégats se dégradent et évoluent en croûtes : « Il est possible de distinguer plusieurs phases au cours d'une pluie : la mobilisation des particules, leur arrachement, leur transport et leur dépôt ; après dessèchement de la surface, le vent peut à son tour provoquer arrachement, transport et dépôt de certaines fractions. Au bilan, l'ensemble de ces processus conduit à une redistribution à la fois verticale et latérale des constituants ». Les mécanismes décrits pour expliquer l'encroûtement sont :

- l'humectation : celle-ci provoque elle-même éclatement, dispersion et/ou fissuration des agrégats, suivant leur teneur en argile
- l'impact des gouttes d'eau, qui se caractérise par :
  la mobilisation des particules par dispersion colloïdale et/ou fractionnement
  le transport par rejaillissement (ou splash)
  le dépôt
  le tassement
- le ruissellement, qui cause :
  l'arrachement mécanique
  le transport
  le dépôt qui peut être turbulent ou laminaire
- la dessiccation, marquée par :
  le retrait
  l'induration
- l'action du vent, caractérisée en particulier par :
  l'arrachement par déflation ou corrasion
  le transport en suspension ou par saltation ou reptation
  le dépôt
  le tri granulométrique

D'après ces mêmes auteurs, les principaux types de croûtes sont :

– les croûtes structurales (pour « effondrement sur place de la structure du sol »), liées principalement à la mobilisation des particules et au splash ;

– les croûtes de ruissellement, formées par les matériaux emportés, souvent indurés par la dessiccation ;

– les croûtes d'érosion, qui sont les plus répandues et celles dont l'impact agronomique et hydrologique est le plus important ; elles sont formées par l'arrachement des particules par le vent et l'eau ; elles se forment aux dépens d'une croûte structurale, sableuse ou argileuse, ou d'une croûte de ruissellement ;

– les croûtes de dépôts éoliens ;

– les croûtes de décantation ;

– les croûtes de dessiccation.

Casenave et Valentin (1989) décrivent ensuite la réorganisation superficielle des particules et des agrégats qui conduisent particulièrement à ces encroûtements et expliquent leur évolution. Leur ouvrage comporte surtout un grand nombre de photos qui décrivent chaque type de croûtes et permettent de bien comprendre leur évolution, ainsi que les résultats de tests de ruissellement et infiltration normalisés effectués sous pluie artificielle (simulateur de pluies), qui constituent une analyse complète de leur comportement hydrodynamique. Pour Ambouta *et al* (1996), « les premiers travaux réalisés sur les processus de formation des croûtes superficielles ont montré que l'encroûtement procède essentiellement de la dégradation de la structure de surface des sols, par suite de la destruction des agrégats (Le Bissonnais, 1990), de la disjonction des particules et de la compaction de surface par les gouttes de pluie (Duley, 1939). Très tôt, juste après les études effectuées par Ellison (1947) et McIntyre (1958) sur le rôle primordial que jouerait l'encroûtement dans le déclenchement du ruissellement et de l'érosion, les principaux efforts de recherche ont été orientés vers la caractérisation des changements que ces processus pourraient induire dans les propriétés de surface des sols affectés ».

Casenave et Valentin (1989) décrivent plus loin comment le raccourcissement des jachères conduit à l'encroûtement des sols : « Faciles à travailler, ces sols présentent généralement des conditions favorables de minéralisation, d'aération et d'infiltration. Une fois infiltrée, l'eau n'est que peu reprise par l'évaporation grâce à l'effet de "mulch" des horizons superficiels grossiers et souvent boulants. Sous une pluviométrie suffisante, ces sols permettent la culture de mil (le plus souvent, surface de type Cl), entrecoupée de longues jachères. Si l'équilibre cultures-jachères est rompu, l'horizon superficiel subit l'érosion hydroéolienne et l'horizon B, très pauvre et peu perméable, affleure – surface de type ERO – (Mainguet *et al.*, 1979 ; Brabant et Gavaud, 1985) ».

D'après Ambouta *et al.* (1996), « au Sahel, le système traditionnel d'utilisation des sols consiste, généralement, en une phase de culture de courte durée suivie d'un abandon cultural plus ou moins long (ou phase de jachère) après la baisse des rendements. Dans la majeure partie de la zone sahélienne, ce système a aujourd'hui conduit à la saturation des agrosystèmes dont la principale caractéristique est l'augmentation de surfaces cultivées (Haywood, 1981) aux dépens, d'une part, des terres marginales et, d'autre part, des jachères dont la durée a été de plus en plus raccourcie. La forte corrélation observée entre ce phénomène et l'accroissement des surfaces érodées (Albergel et Valentin, 1988) pourrait, assez rapidement, conduire à l'installation d'un système écologique dégradé à niveau de productivité très bas (Floret *et al.*, 1993) ».

Toutefois, l'étude menée par Ambouta *et al.* (1996) tend à montrer que « la mise en culture, en favorisant l'allégement de la texture par érosion surtout hydrique et éolienne et en remaniant la couche de surface par les façons culturales répétitives, contrarie fortement la formation et l'extension de la croûte d'érosion. Lorsque, en

revanche, le niveau d'anthropisation est demeuré faible (précédent cultural "récent") et que la parcelle est en jachère, les sols ont tendance à subir un encroûtement très sévère ; cette forte susceptibilité à l'encroûtement des sols dès qu'ils sont mis en jachère serait probablement favorisée par l'enrichissement superficiel des sols en éléments fins éoliens piégés par la végétation qui se réinstalle après l'arrêt de la culture et par la baisse de l'activité des termites liée à l'absence des résidus de récolte. Aussi, l'efficacité de la jachère comme technique de restauration de propriétés de l'hydrodynamique de surface des sols sableux fins au Sahel ne serait optimale que pour une fourchette d'âge de jachère comprise entre 4 et 7 ans et en dehors de laquelle son influence tendrait plutôt à être négative ». On observe donc clairement un processus à deux termes : à l'échelle locale et à court terme, la mise en culture favorise l'infiltration ; on mesure alors dans les sols des conductivités hydrauliques de 150-200 mm/h et des coefficients de ruissellement à l'échelle parcelle de 3-4 %, contre respectivement 80-120 mm/h et 10-15 % sur les jachères. Par contre, c'est bien la mise en culture et finalement le raccourcissement des jachères qui viennent à bout de la fragile structure du sol et facilitent la formation des croûtes.

« Pour la plupart des auteurs, l'encroûtement modifie rapidement les propriétés hydrauliques de surface, en particulier le taux d'infiltration, à travers deux facteurs temporels : l'épaisseur de la croûte et/ou sa conductivité hydraulique (Tackett et Pearson, 1965 ; Morin *et al.,* 1981 ; Hadas et Frenkel, 1982). Une autre conséquence de la dégradation de l'état structural liée à la formation des croûtes est la compaction de la surface du sol (Canarache, 1965 ; Valentin, 1981) pouvant affecter l'émergence des semis et le stockage de l'eau dans le sol (Arndt, 1965 ; Boiffin, 1984). En zone semi-aride de l'Ouest africain, la croûte d'érosion, caractérisée par une fine pellicule plasmique (mélange de particules fines d'argile et de limon) colmatant un horizon sous-jacent tassé, serait un des états de surface qui influencerait de façon extrême l'ensemble de ces propriétés (Casenave et Valentin, 1992)» (Ambouta *et al.,* 1996).

Une diminution forte de l'infiltration entraînant un accroissement fort du ruissellement

Albergel (1987) et Albergel et Valentin (1988) ont été les premiers à mettre en évidence l'augmentation des écoulements en Afrique sahélienne. En effet, ils ont constaté une augmentation des coefficients d'écoulement, voire localement, des débits, au moment où la sécheresse était la plus accentuée (milieu des années 1980). Comme la cause ne pouvait pas en être climatique (la pluviométrie était au plus bas), ils en ont déduit que c'était la couverture végétale, reflet de l'occupation des sols, qui par sa modification profonde avait modifié les conditions du ruissellement. Ils ont observé une forte augmentation de la surface occupée par les champs ; or, d'après eux, « le

doublement des zones cultivées, la division par deux des jachères, le défrichement des zones marginales, des années très déficitaires en pluie (ce qui tend à laisser le sol nu) sont les facteurs qui favorisent la dégradation des sols par érosion hydrique » (Albergel et Valentin, 1988). Et de fait, ils montrent aussi dans la même étude que de 1956 à 1980, les surfaces très érodées que l'on peut considérer comme impropres à la culture ont été à peu près multipliées par 20 sur leur bassin d'étude (celui de Kognéré, au nord-est de Ouagadougou sur le plateau mossi). Pour eux, l'augmentation démographique rapide (2,6 % par an) conjuguée à une pluviométrie déficitaire pousse les agriculteurs à modifier leurs pratiques culturales : « Une des réponses adoptées face à la faiblesse des rendements est l'extension des cultures. Les nouvelles zones érodées apparaissent surtout lors de la mise en culture de la zone de piedmont aux sols peu épais, sous les cuirasses ferrugineuses, ainsi que des zones de bas-fonds, qui deviennent l'une et l'autre, assez vite (quelques années), des surfaces érodées à sables grossiers ». Ce bassin étant situé plutôt en zone soudano-sahélienne qu'au Sahel, ils concluent qu'on assiste à une « sahélisation » des zones soudaniennes.

C'est exactement ce qu'on a observé au Fakara (ouest du Niger) dans les décennies 1990 et 2000. Les études à petite échelle ont montré une augmentation forte des surfaces cultivées (Loireau, 1998 ; Ottlé et al, 2005 ; Leblanc *et al.*, 2008) et la plupart notent aussi une augmentation des surfaces de sols dégradés.

Récemment, des études ont bien montré le lien entre changement d'usage des sols et cycle hydrologique. Certaines ont été menées dans le cadre du programme AMMA et se sont intéressées à la région proche de Niamey (Niger) ; d'autres, en lien avec ce programme, ont été menées en collaboration entre l'IRD et l'ABN (Autorité du Bassin du Niger) (fig 7).

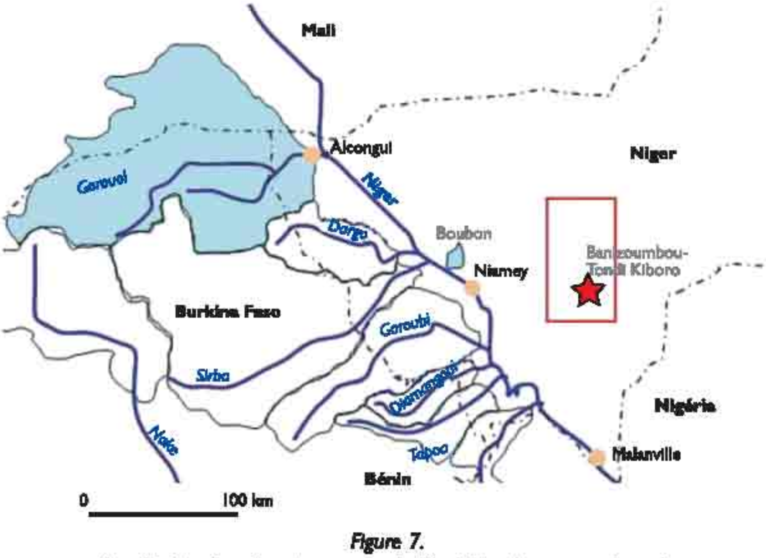


Figure 7.
Localisation des sites de mesures de l'évolution des usages des sols et des modifications hydrologiques concomitantes.

Il a été constaté tout d'abord, à l'échelle ponctuelle, une diminution sensible de la conductivité hydraulique sur les secteurs encroûtés. Le tableau 1 montre que l'encroûtement des sols (qu'il s'agisse de la croûte ERO évoquée plus haut comme étant la plus répandue et celle dont l'extension spatiale est la plus rapide) se traduit par une forte augmentation du ruissellement et de l'érosion, ce qui est dû (colonne de droite) à la très forte diminution de la perméabilité des sols, caractérisée ici par sa mesure physique, la conductivité hydraulique, mesurée à l'aide d'infiltromètres à succion contrôlée (Amogu *et al.*, 2012).

Tableau 1.
Caractéristiques hydriques des principaux types d'occupation des sols (Amogu et al., 2012).

Type de surface	Coefficient de ruissellement %	Érosion en kg. ha^{-1}	Conductivité hydraulique mm. hr^{-1}
Mil sur sol non encroûté	3,8	373	162
Jachère sur sol non encroûté	10,5	881	108
Croûte ERO	60	5 566	18
Croûte ALG	26	863	31

Ces mesures représentent la moyenne de dizaines de mesures sur ces surfaces représentatives. Les mesures de ruissellement et d'érosion ont été obtenues sur des parcelles instrumentées (fig. 8). Celles-ci sont équipées de collecteurs ; après chaque évènement pluvieux, on mesure le total des volumes d'eau et de sédiments transportés. Les surfaces de croûte ERO, telle qu'elle est représentée sur la figure 8, sont en forte croissance dans tout le Sahel. On a montré plus haut comment Casenave et Valentin (1989) expliquaient leur formation et leur extension dans l'espace, à partir de l'évolution des usages des sols.

© I. Mamadou © I. Mamadou

Figure 8.
Une parcelle « jachère sur sol non encroûté » et une parcelle « croûte ERO » (site de Boubon, 2012).

Ces résultats ont été acquis dans les zones sédimentaires du Continental Terminal (bassin des Iullemeden, Niger occidental) ; mais des mesures réalisées en zone de socle sous le même climat montrent le même accroissement de ruissellement avec l'encroûtement croissant des sols. À l'échelle de petits bassins de quelques hectares, l'accroissement constaté des zones de sols encroûtés entre 1993 et 2007 (fig. 9), dont la surface a doublé entre les deux dates, s'est traduit par une augmentation de 50 % des écoulements, ce qui ne traduit qu'imparfaitement l'accroissement du ruissellement, car il a été déterminé que d'importants volumes d'eau s'infiltraient dans le lit des ravines principales (Amogu *et al.*, 2012).

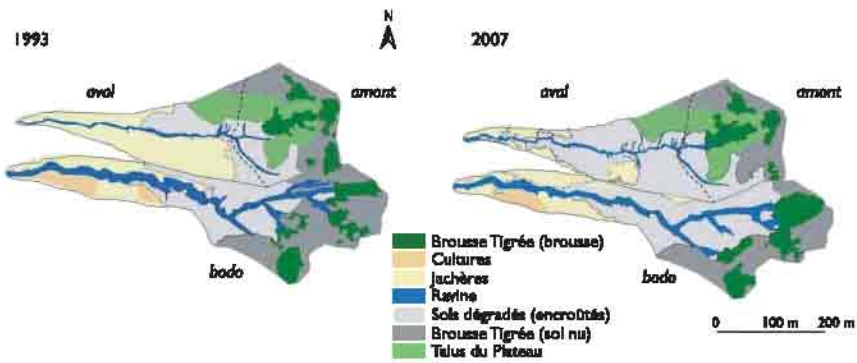


Figure 9.
Évolution des occupations des sols des bassins expérimentaux de Tondi Kiboro (Ouest du Niger, voir localisation figure 7) entre 1993 et 2007. On constate un doublement des surfaces de sols encroûtés (Souley Yéro, 2008 ; Amogu et al., 2012).

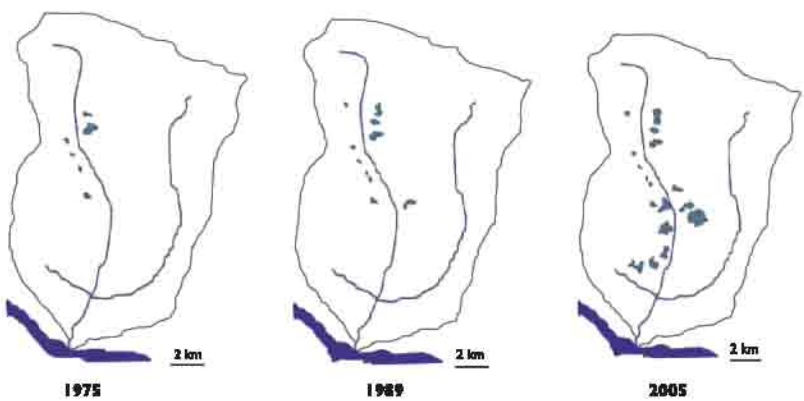


Figure 10.
Évolution des surfaces de sols encroûtés (croûte ERO majoritairement) sur le bassin versant de Boubon (160 km²), à 25 km en amont de Niamey, rive gauche du Niger.

À une échelle plus grande de bassins de plusieurs dizaines voire centaines de km², se jetant directement dans le fleuve Niger, tel celui de Boubon, en rive gauche et en amont de Niamey (voir figure 7), on constate encore une augmentation des surfaces de sols encroûtés (fig. 10). Celle-ci s'est traduite, à l'échelle régionale par une augmentation d'un ordre de grandeur des débits de ces affluents directs, certains devenant de nouveaux affluents du fleuve Niger après avoir été des dépressions endoréiques depuis la péjoration hydrologique post-Atlantique. Le cumul de ces nouveaux apports peut représenter jusqu'à plusieurs milliards de km³ par an, depuis la fin des années 1990 (Amogu *et al.*, 2010).

On constate le même type de dégradation à grande ampleur dans le Fakara, qui est l'ensemble de la région de Banizoumbou-Tondi-Kiboro avec l'accroissement notable des zones de cultures et des zones de sols dégradés et encroûtés (fig. 11).

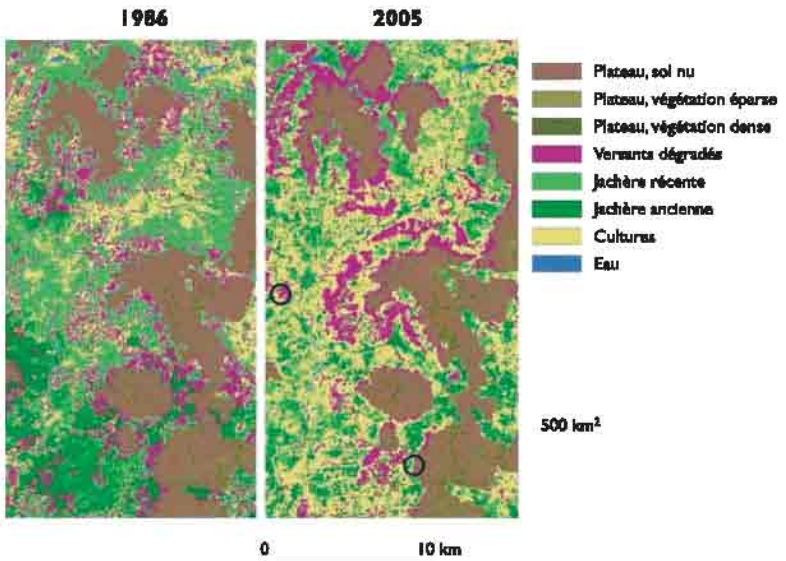


Figure 11.
Évolution de l'occupation des sols dans la région de Banizoumbou-Tondi Kiboro entre 1986 et 2005 (Ottlé et al., *2007).*

Cette région est située en zone endoréique. On a vu plus haut que, à l'échelle locale, on avait mesuré de forts accroissement de l'écoulement (site de Tondi Kiboro) ; à l'échelle régionale, comme l'eau finit toujours dans des dépressions fermées et que, par ailleurs, les mares ont été définies comme les principales zones de recharge de la nappe (Leduc *et al.*, 2001), cet accroissement des écoulements observés en zone endoréique se traduit par une remontée sensible de la nappe phréatique, de l'ordre de la dizaine de centimètres par an à la fin du siècle passé, plutôt autour de 30 cm par an actuellement (Leduc *et al.*, 2001 ; Leblanc *et al.*, 2008).

Cette évolution des occupations des sols s'observe aussi à l'échelle des grands bassins affluents du fleuve Niger. La figure 12 montre une portion représentative du bassin du Gorouol, l'un des principaux affluents sahéliens du fleuve Niger, en rive droite (comme vu ci-dessus, les secteurs de rive gauche sont majoritairement endoréiques). On constate une forte diminution de la couverture végétale durant les deux dernières décennies du XXe siècle (Amogu *et al.*, 2010).

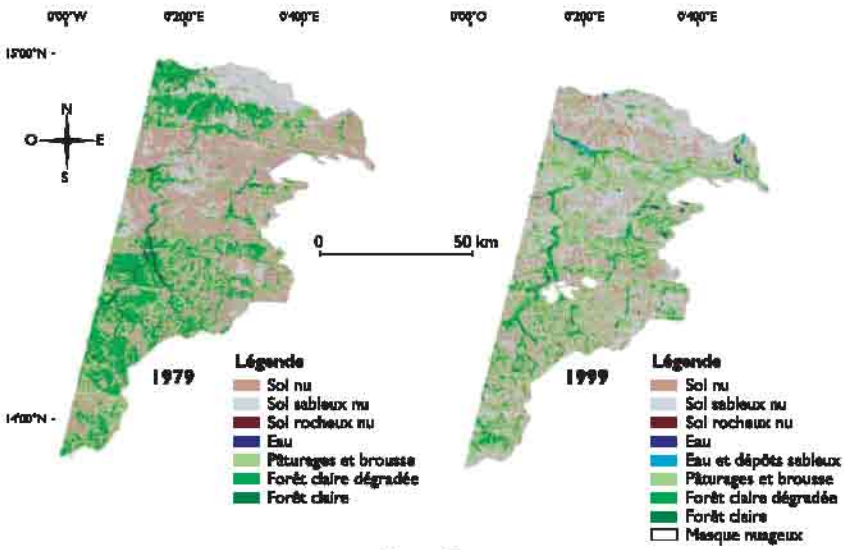


Figure 12.
Cartes de l'occupation des sols de la partie aval du bassin du Gorouol, issues de la télédétection d'images Landsat ; on constate une forte diminution des couverts végétaux (Amogu et al., *2010).*

Évolution de l'occupation des sols sur l'ensemble de l'emplacement de la GMV

Une question récurrente, et qui est aussi à l'origine d'un grand nombre d'études et de plusieurs travaux basés sur la télédétection, c'est de savoir si le milieu (sol-végétation-eau) en Afrique de l'Ouest, et en particulier dans la bande soudano-sahélienne, est en voie de dégradation ou pas. La désertification est-elle toujours en cours ?

Les deux questions majeures sont :

– y a-t-il dégradation ou progression de la végétation et des milieux en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne ?

– l'évolution des NDVI, RUE, PPN/P est-elle un indicateur pertinent pour répondre à la question n°1 ?

À l'échelle locale des petits bassins versants expérimentaux de Wankama et Tondi Kiboro, on assiste indéniablement à une dégradation des sols et de la végétation (Souley Yéro, 2008) conduisant à une accélération du ruissellement. Par ailleurs, on note, sur les rares bassins instrumentés d'Afrique de l'Ouest, une augmentation continue des débits sans relation avec une augmentation des pluies. Ce dernier point conduit à penser que l'on assiste bien à une diminution de la capacité des sols et des bassins à conserver l'eau, ce qui est en principe en lien avec une diminution de la végétation et des capacités d'infiltration des sols. Mais le lien entre ces deux échelles de travail, malgré des travaux récents (Amogu, 2009 ; Descroix *et al.*, 2009 ; Amogu *et al.*, 2010) n'est pas encore suffisamment établi, et on manque toujours, du reste, de matériau permettant de régionaliser et spatialiser l'information obtenue expérimentalement à l'échelle ponctuelle ou locale.

Mais la très bonne synthèse récente de Fensholt et Rasmussen (2011) doit permettre d'y voir plus clair, même si ses résultats énoncés ne sont pas forcément toujours en adéquation avec ce que montrent ses figures. En effet si la figure 13a montre une progression générale du NDVI sur la région (moins franche d'ailleurs sur la partie ouest du Niger) entre 1982 et 2007, ce n'est pas le cas si on compare 1996 à 2007 (figure 14c), où la bande soudano-sahélienne est bien plus contrastée et où, clairement, l'ouest et le centre du Niger, c'est-à-dire les deux régions les plus peuplées du

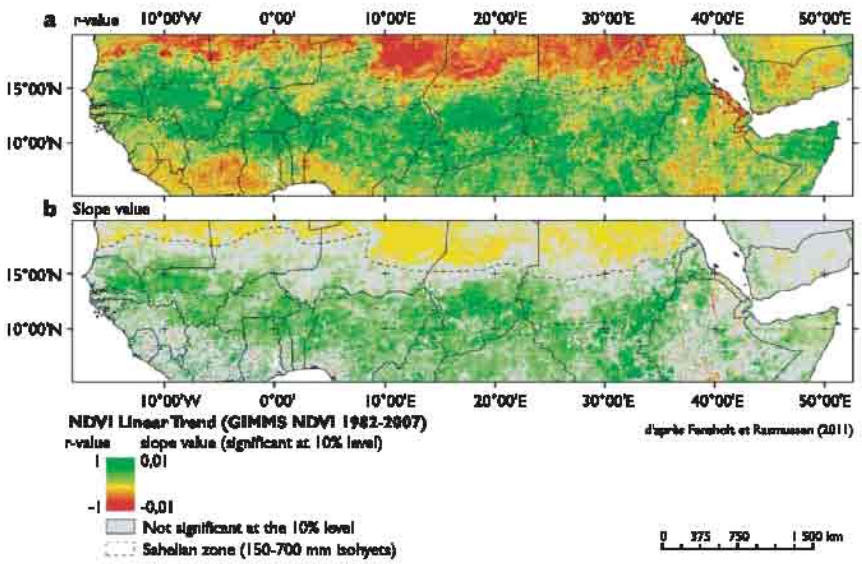


Fig. 13 a et b.
Carte de l'analyse de la tendance de la régression linéaire du GIMMS NDVI valeurs de r (a) et valeurs de pente (b) 1982-2007.
Seules les pentes fondées sur des tendances significatives au seuil de 10 % de confiance sont signalées dans la figure b.
La zone sahélienne est délimitée par les tiretés, représentant les isohyètes de 150 et 700 mm.

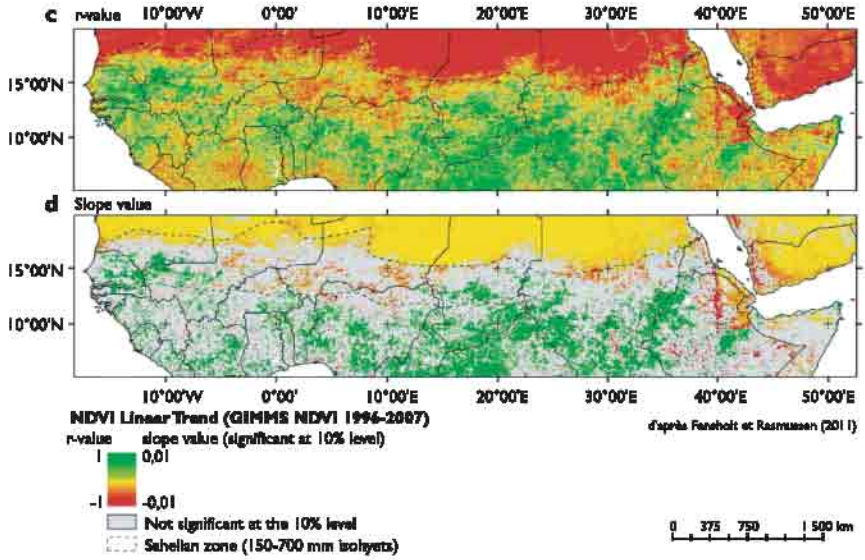


Fig. 14 c et d.
Carte de l'analyse de la tendance de la régression linéaire du GIMMS NDVI valeurs de r (c) et valeurs de pente (d) 1996-2007.
Seules les pentes fondées sur des tendances significatives au seuil de 10 % de confiance sont signalées dans la figure b.
La zone sahélienne est délimitée par les tiretés, représentant les isohyètes de 150 et 700 mm (moyenne RFE 1996-2007).

pays, semblent voir régresser leurs valeurs de NDVI. Par ailleurs, sans rien enlever du très grand intérêt de ce travail de synthèse, est-ce que la comparaison 1982-2007 ne souffre pas, comme dans un précédent travail du même auteur sur les environs de la mare d'Oursi (Rasmussen *et al.*, 2001), d'un point de départ au creux de la sécheresse, et donc forcément d'un point bas des NDVI, après lequel la tendance ne pourrait qu'être positive ?

Cela confirme les tendances observées sur les cartes de Prince *et al.* (1998), sur lesquelles on peut constater que malgré un reverdissement général (durant la période succédant au creux le plus prononcé de la sécheresse, du milieu des années 1980) la zone du Niger central et sahélien (à cheval sur le Burkina et le Niger) continue à perdre de la biomasse. Une stagnation de la biomasse à partir de la fin des années 1990 est également observée par I. Garba de Agrhymet (travaux en cours). Les données de Fensholt et Rasmussen (2011) sont étayées par une troisième carte représentant l'évolution du RUE (Rain Use Efficiency). Encore une fois, non seulement la progression de celui-ci à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest n'est pas flagrante, mais elle semble carrément négative sur l'ouest et le centre du Niger. Les observations réalisées pendant AMMA montrent que le site nigérien de ce programme est en fin de compte très peu représentatif de l'ensemble de la bande sahélienne (en poursuite de désertification alors que le reste reverdirait plutôt [Mougin, 2009]).

L'ensemble de ces résultats montrent globalement :

– une très forte diminution de la végétation naturelle, remplacée par cultures et jachères

– une très forte dégradation des sols, qui se traduit par une très forte érosion (par ravine et par dépressions hydro éoliennes) et de très importants dépôts sableux en bas de versants ;

– une dégradation des propriétés physiques des sols, due à un fort encroûtement (croûte de type ERO suivant classification de Casenave et Valentin, 1989).

Cela se traduit par une très forte baisse de la perméabilité des sols et donc de l'infiltration de l'eau, une forte augmentation des ruissellements, des écoulements et des débits ; comme on est dans une zone endoréique, ces eaux se concentrent dans les bas-fonds, formant des mares qui sont les principaux points de recharge de la nappe phréatique. Le niveau de celle-ci, dans le DCN, a donc monté de 3-4 m dans les 20 dernières années. Cependant, autant la forte augmentation de l'encroûtement et du ruissellement est un processus qu'on observe presque partout en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne, autant la hausse de la nappe ne concerne que certains secteurs endoréiques.

Malgré la conclusion des auteurs sur le reverdissement affirmé, on observe avant tout dans leurs cartes :

– une croissance de la végétation après 1986, au moment de la remontée de la pluviométrie

– une désertification persistante dans la partie centrale du Sahel après 1996 (Niger, nord du Burkina, est du Mali).

Par ailleurs, dans les montagnes du Tigré (nord de l'Éthiopie), on note une croissance forte des sols mis en cultures, du fait de la croissance démographique ; cela n'entraîne pas encore de fatigue des sols, mais une augmentation du ruissellement (Descheemaeker *et al.*, 2006) et de la consommation d'eau de pluie et une baisse de la nappe (Walraevens *et al.*, 2009).

Évolution de l'occupation des sols et conséquences hydrologiques : augmentation des écoulements et du risque de crue

Les processus d'encroûtement des sols et d'accroissement des ruissellements décrits plus haut ont entraîné un accroissement des débits des cours d'eau sahéliens durant la grande sécheresse du Sahel (fig. 15). C'est ce que l'on appelle le « paradoxe hydrologique du Sahel » (Descroix *et al.*, 2009 ; Amogu *et al.*, 2010, Descroix *et al.*, 2012).

La figure 16 montre que ce n'est le cas strictement que des cours d'eau sahéliens et de quelques cours d'eau nord-soudaniens (Tapoa, Diamangou, Goroubi, tous affluents de droite du Niger). Mais de l'Atlantique au lac Tchad, on assiste bien à un accroissement des débits des cours d'eau sahéliens, en Mauritanie (Mahé et Paturel, 2009) et au Sahel central, au Burkina Faso, au Mali et au Niger (Nakambé, Gorouol, Dargol, Sirba) (Mahé *et al.*, 2003 ; 2005 ; Descroix *et al.*, 2009 ; Amogu *et al.*, 2010), ainsi qu'au Nigeria (Mahé *et al.*, 2011).

En l'absence d'explication climatique (ces augmentations se produisent pendant et en dépit de la sécheresse), il semblerait donc que les sols sahéliens ont changé de comportement. En zone soudanienne et guinéenne, par contre, les débits ont baissé avec le déficit pluviométrique (et en général plus fortement que la pluie), ce qui tendrait à montrer que les sols y ont conservé leur capacité de rétention en eau.

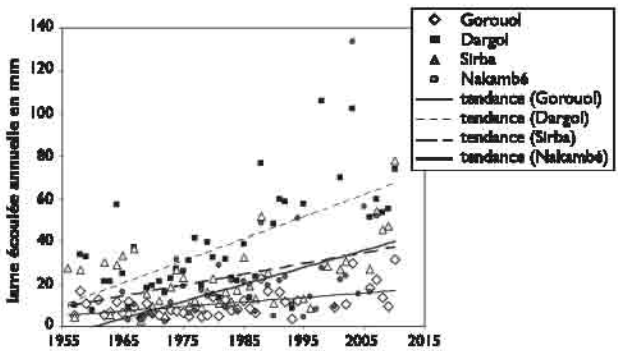


Figure 15.
Augmentation des débits des cours d'eau sahéliens durant la sécheresse : évidence du paradoxe hydrologique sahélien (Amogu et al., 2010).

Depuis quelques années, on constate même une augmentation du risque de crue en Afrique de l'Ouest. Les paramètres climatiques n'ont pas évolué sensiblement : les pluies ont regagné une partie de ce qui avait été perdu dans les années 1968-1995, mais seulement dans la partie centrale du Sahel ; et par ailleurs, ni l'intensité des pluies, ni leur répartition spatiale ou temporelle n'ont évolué dans un sens pouvant expliquer cet accroissement des crues. On pense donc avant tout à la réponse des sols aux précipitations pour expliquer ce regain d'activité. Le tassement et l'encroûtement des sols facilitent le ruissellement, dans le même temps que la diminution de la couverture végétale réduit l'évapotranspiration. Tchakert *et al.* (2010) ont montré que les crues devenaient plus fréquentes ces dernières années au Sahel et dans toute l'Afrique de l'Ouest, alors même qu'on ne parle que des « dry spells » et de leur impact. Sécheresses et crues caractériseraient conjointement ces régions pour les prochaines décades. De même, Di Baldassare *et al.* (2010) montrent également une hausse du risque de crue sans qu'aucun élément climatique puisse l'expliquer, mais vue sous l'angle de la vulnérabilité accrue des sociétés, plus nombreuses, plus

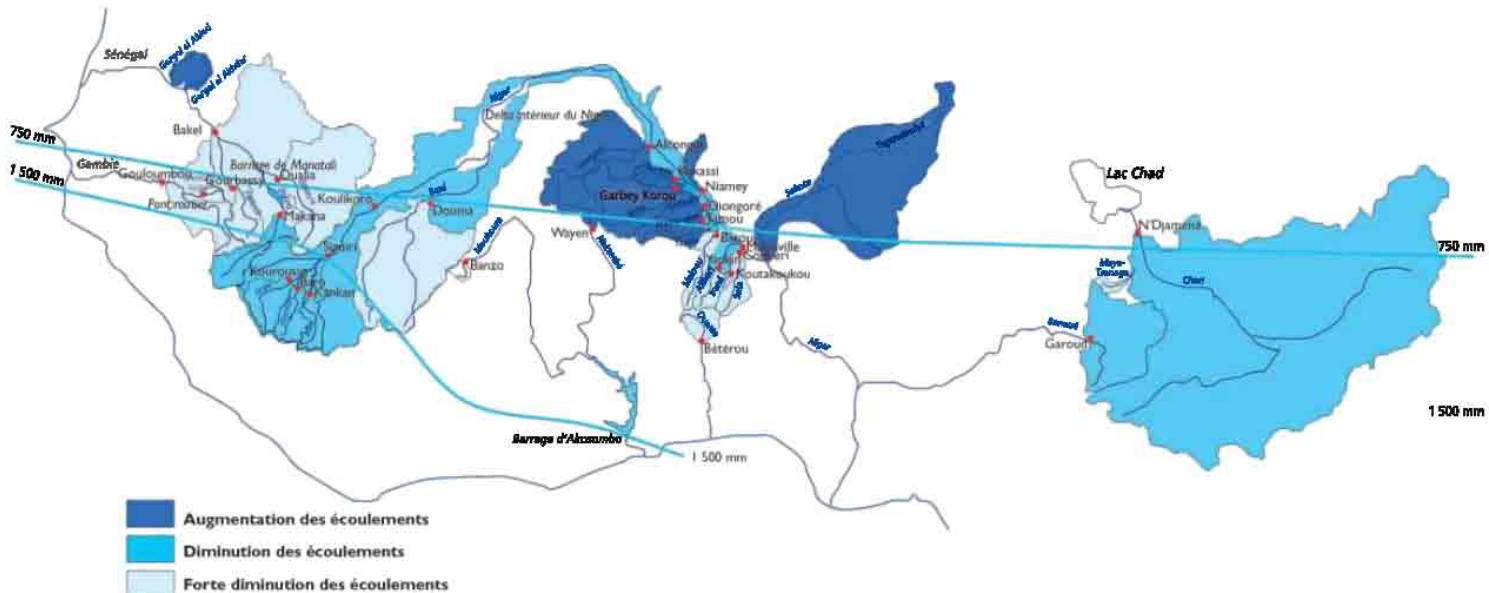


Figure 16.
Évolution des débits des cours d'eau d'Afrique de l'Ouest et centrale durant la sécheresse (Mahé et Paturel, 2009 ; Amogu et al., *2010 ; Mahé* et al., *2011).*

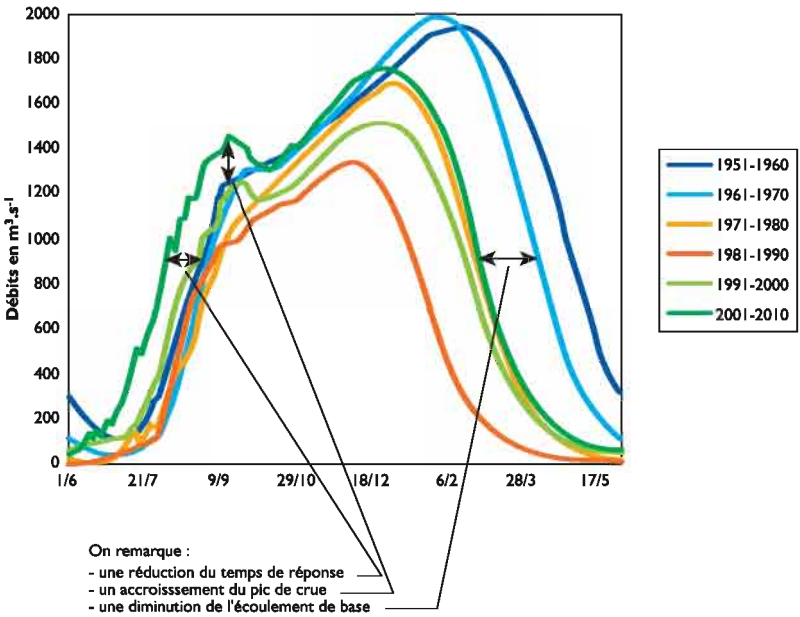


Figure 17.
Évolution du débit et du régime du Niger à Niamey depuis 1951 :
mise en évidence d'une réduction de la capacité de rétention en eau des sols du bassin..

urbanisées et occupant plus de terroirs. Il semblerait toutefois que l'on assiste bien à un accroissement du risque de crue en lien avec les changements d'usage des sols, et des travaux récents (Descroix *et al.*, 2011) et en cours (fig. 17) montrent pour le fleuve Niger à Niamey, dont le bassin est assez vaste pour être considéré comme représentatif et intégrateur, des modifications significatives sur les deux dernières décennies (les enregistrements existent depuis 1929). Sans qu'aucun élément climatique ne vienne l'expliquer, on assiste durant la décennie 1990, et plus encore durant la suivante, à un ensemble de manifestations caractéristiques : une réduction du temps de réponse des sols et des bassins aux précipitations, une réduction de l'écoulement de base et un accroissement de l'écoulement de crue, signes d'une diminution de la capacité de rétention en eau des sols, donc d'une modification de leurs caractéristiques hydrodynamiques.

Ainsi la ville de Niamey a été inondée sévèrement durant le mois d'août, puis en septembre 2010, par les deux crues les plus fortes jamais observées durant la saison des pluies (crue « locale » ou crue « rouge ») depuis 1929. Or la pluviométrie enregistrée cette année-là dans le bassin concerné, c'est-à-dire les affluents sahéliens du fleuve entre Gao et Niamey, avait été dépassée 21 fois depuis 1950 sans provoquer de telles crues. Et ni l'intensité ni la répartition des pluies dans la saison ne permettent de mettre en avant un rôle des précipitations dans cette crue. Enfin, la réduction des écoulements de base se traduit par une augmentation du risque d'étiage des cours d'eau.

Une diminution des rendements agricoles et l'urgence de les améliorer

La fatigue des sols évoquée plus haut se ressent bien sûr pour les sociétés en termes de production, et le constat est sans appel : les rendements baissent, obligeant comme on l'a vu les agriculteurs à étendre les zones de culture pour atteindre une production assurant l'autosuffisance d'une population croissante et pour compenser cette baisse des rendements.

La faible fertilité des sols et leur fragilité sont à la base de la baisse globale des rendements observée dans certaines régions du Sahel. Ben Mohamed *et al.* (2002) montrent bien pour le Niger que les rendements baissent en tendance à long terme entre 1967 et 1998, passant de 475 à 400 kg/hectare sur la moyenne des régions de Dosso (ouest du Niger), Maradi (Centre) et Zinder (Est). Cela est confirmé, à l'ouest du Niger, pour les rendements fourragers et pour la seule période post-sécheresse. Tous types d'occupations des sols confondus (cultures, jachères, pâturages), la productivité des terroirs en matières sèches passe de 1 700 kg/ha en 1994 à 1 000 en 2006 (Hiernaux *et al.*, 2009a), alors même qu'on est dans la période de relative récupération des précipitations et que, par ailleurs, les mêmes auteurs observent une croissance continue de la part cultivée de l'espace du terroir ; celle-ci passe de 45 à 55 % de l'espace total, ce qui devrait conduire à une augmentation de la biomasse fourragère car ils ont noté que la biomasse totale des champs de mil est sensiblement supérieure à celles de la jachère et des pâturages. Guengant et Banoin (2003) ont observé, à l'échelle de l'ensemble du Niger, que l'accroissement des surfaces cultivées devait aller au moins aussi vite que celui de la végétation (fig. 18), étant donné qu'on assiste à une baisse des rendements moyens (fig. 19).

On constate donc simultanément :

– une diminution des rendements agricoles ;

– une baisse de la capacité de rétention en eau des sols ;

– une augmentation de l'érosion et une extension des sols encroûtés et dégradés ;

– une augmentation du risque de crue et d'étiage sur les cours d'eau en aval.

Ces éléments sont concomitants et posent aux sociétés des défis importants pour les prochaines années. Il faut simultanément lutter contre l'encroûtement et la fatigue des sols, la raréfaction de la végétation ligneuse, l'érosion et la perte en sols, le ruissellement trop rapide : il faut tout faire pour favoriser l'infiltration de l'eau dans les sols pour qu'elle profite avant tout au végétal, qu'il s'agisse de végétation naturelle, de cultures ou de pâturages (ces derniers sont en grande partie inclus dans les deux précédentes catégories). Il s'agit de reconstituer une rugosité qui doit être effective à deux échelles, celle de la micro-topographie afin de permettre l'infiltration de l'eau, et celle du paysage, car la végétation doit permettre de limiter l'érosion hydrique et éolienne. Comme on l'a vu précédemment, le système d'alternances cultures/jachères a atteint ses limites et il faut trouver d'autres moyens pour à la fois restaurer la fertilité des sols, accroître les productions, restaurer les terroirs, diversifier sources d'alimentation et de revenus.

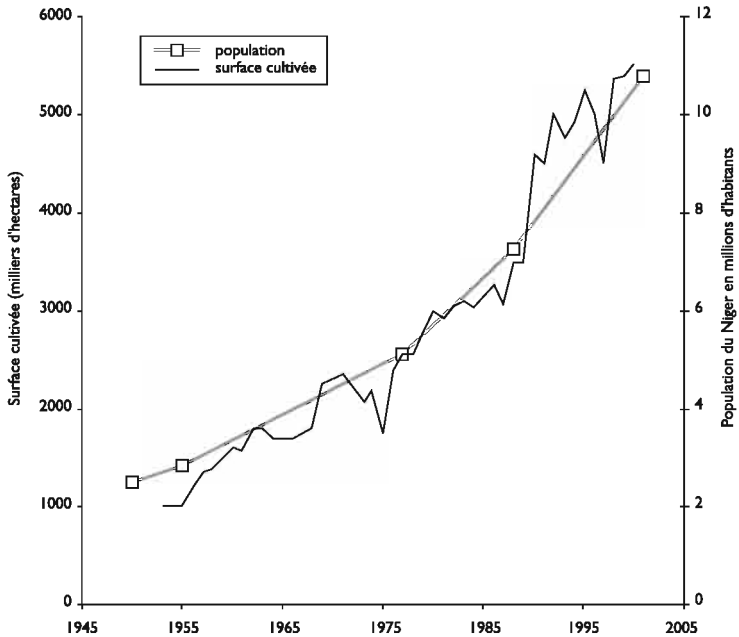


Figure 18.
Augmentation de la population et de la surface cultivée au Niger depuis 1950 (d'après Guengant et Banoin, 2003).

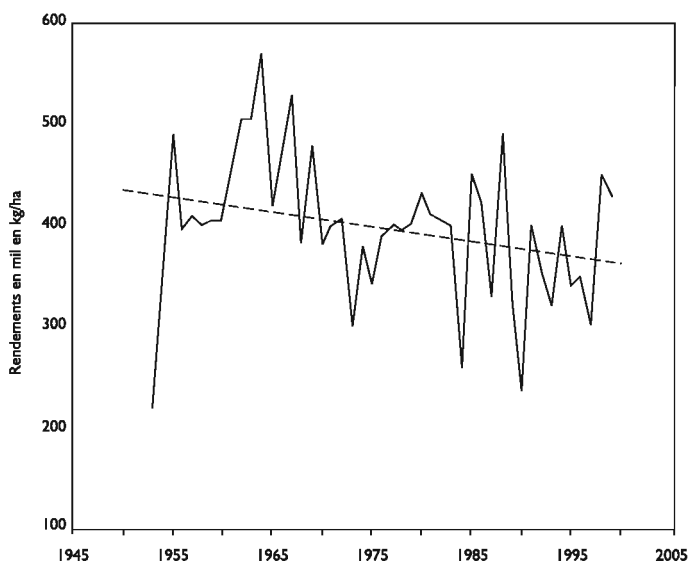


Figure 19.
Diminution des rendements moyens en mil au Niger depuis 1950 (d'après Guengant et Banoin, 2003).

On oppose souvent les théories d'Ester Boserup (1965) à celles de Malthus (1798). De fait, des chercheurs ont montré que dans certaines régions et dans certaines circonstances, la hausse de la population se traduisait par l'apparition d'un processus « vertueux » permettant l'émergence de systèmes agraires plus productifs au fur et à mesure de l'accroissement démographique. Et de fait, au moins deux exemples sont cités en Afrique subsaharienne de réussites de modèles « boserupiens ». Le premier concerne les villages Machakos de l'ouest du massif du mont Kenya (Kenya), qui ont su concilier restauration des terres, croissance démographique et hausse de la production agricole (Tiffen *et al.,* 1994). Au nord de la Côte d'Ivoire, Demont *et al.* (2009) décrivent une région, celle de Dikodougou, dans laquelle ils ont étudié l'évolution de 4 villages et où ils ont pu constater que processus « boserupiens » et « malthusiens » pouvaient coexister. À l'heure actuelle, ces modèles vertueux semblent peu en vigueur en Afrique subsaharienne, et on trouve plus de cas semblant répondre à la « tragédie des communs » (Hardin, 1968) ; mais c'est un point de vue potentiellement biaisé, et lié à l'absence de propriété privée dans la plupart des sociétés agraires subsahariennes (Descroix *et al.,* 2008).

De nombreuses expériences ont été tentées pour réussir cette « quadrature du cercle ». Le travail des ONG et des ingénieurs en agro-foresterie est remarquable à cet égard. Certains succès ont été enregistrés dans la restauration des terroirs, montrant que la désertification est rarement un processus irréversible ; ainsi, sur le nord du plateau central (plateau mossi) burkinabé (Reij *et al.,* 2005 ; Reij *et al.,* 2009) et dans certains secteurs du centre et de l'est du Niger (Larwanou *et al.,* 2006 ; Di Vecchia *et al.,* 2006 ; CRESA, 2006 ; Reij *et al.,* 2009), en particulier la région de Keita, celle dite des 3M (Maggia, Madarounfa, Maradi) ou encore vers Aguié et Zinder. Dans certains cas (plateau mossi, plateau de Keita), une remontée locale de la nappe phréatique est attribuée aux travaux de restauration des terroirs (Reij *et al.,* 2009) et aux seuils d'épandage de crues, comme près de Keita (CRESA, 2006).

Les travaux de restauration des terroirs sont à la portée des villageois avec un outillage basique (daba, pelles, pioches). Ils sont très classiques et répandus en Afrique de l'Ouest ; il s'agit d'abord des demi-lunes (fig. 20), des banquettes (fig. 21) et des cordons pierreux (fig. 22). Les zaï, dépressions d'ordre métrique creusées pour accumuler eau et matière organique, se sont répandus à travers le Sahel à partir du Burkina Faso. De nombreux travaux, adaptés aux montagnes, sont également réalisés dans les highlands d'Éthiopie et d'Érythrée (Nyssen *et al.,* 2000 ; Nyssen *et al.,* 2004 ; Descheemaeker *et al.*, 2006).

Les reboisements sont peu répandus et peu recommandés, étant donné le manque d'espace dont souffrent les sociétés sahéliennes depuis quelques années. On peut recommander le reboisement uniquement dans les secteurs réputés incultes ou vraiment très peu fertiles ; ainsi les plateaux latéritiques (fig. 23) sont adaptés aux reboisements en arbres utiles (gommiers, jujubiers, prosopis, balanites, etc.) ; ils y pousseront très doucement mais ne concurrenceront aucune autre activité. Les parcs à gaos (fig. 24) sont à développer, car ils sont une forme d'amélioration durable des terroirs ; en effet, *Faidherbia albida* est une variété d'acacia, une légumineuse réputée fixer l'azote dans le sol. Par ailleurs, leur présence limite sérieusement l'érosion tant hydrique qu'éolienne.

Figure 20.
Demi-lunes sur le versant nord du bassin de Tondi Kiboro (Niger).

Figure 21.
Grande banquette rectangulaire pouvant accueillir 3 arbres.

Figure 22.
Exemple de cordons pierreux bien réalisés (ici dans le bassin de la Sirba, au Burkina Faso).

Figure 23.
Exemple de plantation de gommiers en cuvette réussie (Boubon, au nord de Niamey).

Figure 24.
Parc à goo (Faidherbia albida) *près de Banizoumbou (ouest du Niger).*

Contrairement aux idées reçues, les ressources en eau sont notoirement sous-utilisées au Sahel. Les réserves en eaux souterraines pourraient être extraites plus efficacement avec des systèmes d'exhaure animale à double téléphérique, ce qui permet de développer la petite irrigation villageoise sans dépendre aucunement de technologies extérieures. Cela autorise à la fois une forte augmentation de productivité, une diversification agricole et des revenus, et une amélioration substantielle des terroirs, avec une utilisation intensive et à haute intensité de main-d'œuvre des bas-fonds, de manière pérenne ; cela est aisé dans les zones sédimentaires, l'eau se trouvant rarement à plus de 70 m de profondeur (encore loin de la profondeur possible des puits traditionnels, qui peuvent dépasser les 100 m). C'est un peu plus compliqué dans les zones de socle, où les nappes d'eau souterraines sont bien plus réduites et surtout difficiles à localiser ; mais dans ces zones, le substratum rocheux autorise par contre le stockage de l'eau en surface dans des lacs collinaires. Cette technique a été développée avec succès au Burkina Faso, où de nombreux périmètres irrigués villageois sont alimentés par des lacs collinaires.

Une action à entreprendre au niveau des villages, par les villageois

L'action de restauration doit être menée par les villageois avec les instruments locaux, et durant la saison sèche où la main-d'œuvre masculine est inemployée au Sahel durant de longs mois (de 6 à 9 mois suivant la latitude). Il est important que l'accès à l'eau soit aussi assuré par les villageois de manière à ne pas les rendre dépendants de techniques (et de techniciens) extérieurs : puits cimentés avec exhaure animale plutôt que forages motorisés ; par contre, les petits barrages des zones de socle ne sont pas aisément réalisables sans une intervention extérieure (ONG, organisme national, etc.).

Ces actions de restauration reposent sur 3 actions majeures, à savoir

• Constituer des pépinières, avant tout pour permettre l'essaimage des espèces utiles, autochtones ; en profiter pour aménager des jardins potagers et des vergers permettant de diversifier à la fois l'alimentation et les sources de revenus.

• Pérenniser les zones de cultures à haute valeur ajoutée dans les bas-fonds et/ou les zones très fumées.

• Promouvoir le rôle des sociétés rurales

« Cependant, si la désertification et le déboisement restent des faits d'actualité dans certaines régions du Niger, la tendance aujourd'hui, dans la région de Maradi comme en Ader, est au contraire à une multiplication des ligneux ; mais une multiplication maîtrisée, avec choix des espèces et des espaces reboisés.

Les perceptions paysannes de la nature et de sa dynamique ont changé, ainsi que les attitudes vis-à-vis des plantes et des végétations. Ces attitudes sont tout à fait diversifiées selon les lieux et selon les acteurs, et elles viennent contrebalancer ou au contraire amplifier l'effet négatif de l'aridification. Ce sont ces dynamiques sociales – en relation avec les dynamiques écologiques –, problématisées par l'analyse du changement de statut des plantes spontanées (c'est-à-dire celles dont le cycle n'est pas entièrement maîtrisé par l'homme), qui retiennent notre intérêt. » (Diarra et Luxereau, 2004).

Des auteurs ont souligné que les conditions de gestion des arbres révélaient les relations que les sociétés entretiennent avec leur environnement végétal. Ainsi le recul des ligneux et le lien entre régression de la forêt et désertification ont commencé à être sérieusement nuancés voire totalement remis en cause par les études récentes sur le reverdissement du Sahel, qui est une tendance forte due pour une bonne part à l'extension des couverts ligneux (A. Luxereau, comm. pers).

Le rôle de la rétroaction

Depuis les travaux de Charney (1975) sur l'albédo, on estime très probable un rôle déterminant de la surface terrestre sur le climat sous forme d'une boucle de rétroaction. Taylor *et al.* (1998) avaient montré que les pluies pouvaient être persistantes sur un même site, signe que l'humidité préalable d'une surface pouvait influencer la localisation des pluies suivantes. Koster *et al.* (2004) ont également montré que certaines régions du globe (la vallée du Mississippi, la plaine Indo-Gangétique et le Sahel) étaient celles où l'humidité du sol était le mieux corrélée avec les précipitations et le climat.

Le débat scientifique sur le reverdissement du Sahel doit être tranché assez vite ; il s'agit de déterminer quelle est la part qui revient à la seule récupération partielle post-sécheresse. En effet, de cet éventuel reverdissement dépendent de nombreux

paramètres nécessaires à la priorité à accorder à la recherche mais surtout à la prise de décision. Comment expliquer qu'on ait à la fois reverdissement et diminution de la capacité de rétention en eau des sols ? Il y a probablement coexistence d'un reverdissement et d'une dégradation des sols, mais alors il faut bien la définir et en montrer les conséquences en termes de gestion des terroirs et des eaux.

Des travaux menés au Niger (Leblanc *et al.*, 2008 ; Souley Yéro, 2008 ; Amogu *et al.*, 2010) montrent une poursuite de la désertification, mais ils concerneraient une région (le degré carré de Niamey) non représentative de sa « latitude », donc de son géo-climat. De fait, des travaux menés par télédétection à l'échelle de tout le Sahel montrent que le cours du fleuve Niger moyen (région à cheval sur le Niger et le Burkina Faso) continuerait à perdre de la biomasse, contrairement au reste du Sahel (Prince *et al.*, 1998 ; Fensholt et Rasmussen, 2011). Toutefois, dans le Nord-Sahel où le reverdissement semble plus prononcé, il a été défini qu'un gros tiers de la surface serait désertifié (de manière irréversible sauf intervention active des sociétés) et se comporterait à l'image des zones très dégradées (ruissellement accéléré, érosion éolienne et érosion hydrique très fortes). Ce débat est primordial pour la modélisation climatique, car de cet éventuel reverdissement dépendent directement :

– un albédo diminué (en cas de reverdissement effectif) ou au contraire accru par la diminution de la végétation ligneuse ; or Charney a montré dès 1975 que l'albédo jouait un rôle clé dans la dynamique des climats ;

– une ETR amoindrie par la diminution de la teneur en eau des sols et la disparition de la végétation ligneuse ou au contraire accrue par un reverdissement ;

– l'humidité du sol, qui est liée aussi à la végétation puisque celle-ci permet l'infiltration de l'eau au moment de la pluie en limitant le ruissellement ; même si cette eau est prélevée essentiellement par la végétation (ETR), celle-ci n'en permet pas moins pendant plusieurs jours le maintien d'une humidité bien plus élevée que celle d'un sol nu. L'humidité du sol est connue pour jouer un rôle dans le climat (Koster *et al.*, 2004) ou dans la distribution spatiale des pluies (Pellarin, travaux publiés et en cours ; Taylor *et al.*, 2011).

Par ailleurs, comme le montrent bien Dupriez et De Leener (1990), la végétation joue un rôle très important dans le mini et le micro-climat ; on peut supposer que reverdir le Sahel pourrait produire un effet climatique régional.

Par ailleurs, d'autres auteurs ont montré l'importance de la macro-rugosité représentée par la végétation pour la répartition des précipitations (Escourrou, 1981) mais aussi pour limiter l'érosion éolienne et hydrique (Ribolzi *et al.*, 2006). Autant de raisons qui rendent impérieuse une bonne connaissance de la vraie tendance de l'évolution de la couverture végétale sur l'Afrique de l'Ouest. Par ailleurs, la couverture végétale influence la température au sol, qui est elle aussi connue pour avoir beaucoup d'importance sur les transferts d'énergie, donc sur le climat (Taylor *et al.*, 2011).

Les programmes de recherche récents en Afrique de l'Ouest (HAPEX, AMMA, etc.) ont permis d'avancer substantiellement dans la connaissance du milieu et des causes possibles du grand changement climatique que représente le déficit pluviométrique

observé depuis 1968. Il reste quelques zones d'ombre à éclairer pour comprendre les liens entre la surface et le fonctionnement des couches limites et des mécanismes de rétroaction surface/atmosphère. Le projet GMV peut être l'occasion de développer des travaux dans ce domaine, sachant qu'il y a urgence à faire des propositions aux décideurs et aux paysans permettant d'améliorer la sécurité alimentaire et de diversifier les sources de revenus.

Conclusion

Il semble donc que la désertification ne soit pas forcément derrière nous ; l'essentiel de la progression de la végétation observée depuis le début des observations satellitaires à haute définition (Landsat TM dès 1982, SPOT à partir de 1986) a commencé après le moment le plus prononcé de la sécheresse, et un cumul d'années déficitaires. De ce fait, la végétation, dont une partie a disparu du seul fait de la sécheresse, ne pouvait qu'entamer un processus de récupération. Par ailleurs, malgré le reverdissement assez généralement noté, les cartes montrent bien que dans le Sahel central (est du Mali, nord du Burkina, tout le Niger), la dégradation de la végétation se poursuit. Or, avec elle se dégradent aussi très vite les sols mis à nu et très vite soumis à l'encroûtement, et l'ensemble de l'agrosystème, ce qui menace la sécurité alimentaire et surtout l'avenir des sociétés rurales. Ce processus de « désertification des sols » est réversible, et ce en se fondant uniquement sur le travail des paysans (pendant les 8-9 mois de saison sèche par exemple), sans aucun apport extérieur, et avec des techniques connues dont certaines (le zaï par exemple) sont issues du même milieu paysan, d'autres ayant été remises à la mode après avoir disparu du fait de la pression démographique (la RNA, régénération naturelle assistée). L'accès à l'eau, fondé sur des puits cimentés réalisés aussi en suivant le savoir-faire local pour les zones de terrains sédimentaires, et avec un appui extérieur pour la réalisation de petits barrages ou de puits et forages, doit être encouragé pour :

– libérer la main-d'œuvre féminine (remplacée avantageusement par des systèmes d'exhaure animale également bien connus dans la sous-région) ;

– permettre le développement dans les bas-fonds de systèmes de jardinage à haute intensité de main-d'œuvre aboutissant à une diversification de l'alimentation comme des sources de revenus et ainsi permettant d'utiliser la main-d'œuvre féminine partiellement libérée des corvées d'eau et surtout la main-d'œuvre masculine presque totalement inemployée durant la saison sèche.

Une intensification des systèmes de culture doit aussi viser une amélioration de la productivité de l'élevage, fondée sur une forte diminution du nombre de têtes de bétail, mais avec une production maintenue voire augmentée par la sélection et une gestion améliorée des troupeaux ; la disponibilité en fumure autour des villages serait ainsi préservée voire améliorée.

Le projet GMV est intéressant et novateur en ce sens qu'il propose comme objectif un « Sahel vert » plutôt qu'une véritable Muraille Verte qui serait un objet technocratique imposé et probablement voué à l'échec. Les expériences de récupération des terroirs tentées en Afrique sahélienne ont souvent remporté des succès, quand elles ont été acceptées par la population et adaptées de manière à ce que les travaux puissent être réalisés sans apport financier ou technique extérieur important.

Références

Ada, L., Rockstrom, J., 1993.
Diagnostic sur le système agraire du « Zarmaganda central » (Niger).
Master thesis of the INAPG, Paris, 82 p.

Albergel, J., 1987.
Sécheresse, désertification et ressources en eau de surface — Application aux petits bassins du Burkina Faso. *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources* (Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987). IAHSPubl. no. 168.

Albergel J., Valentin C., 1988.
Sahélisation d'un petit bassin versant soudanien : Kognéré-Boulsa au Burkina-Faso.
In : Bret B, éd. Les hommes face aux sécheresses, Nordeste brésilien-Sahel africain.
Paris : EST/IHEAL,
coll. Travaux et Mémoires 42 : 179-91.

Ali, A. and Lebel, T., 2009.
The Sahelian standardized rainfall index revisited.
Int. J. Climatol. 29, 1705-1714.

Amani, A. and Nguetora, M., 2002.
Evidence d'une modification du régime hydrologique du fleuve Niger à Niamey.
In Van Lannen, H., Demuth, S. (Eds).
FRIEND 2002 regional Hydrology : bridging the gap between research and practice.
Proc. of Friend Conf. Cape Town, S.A.,
IAHS Pub. 274 : 449-456.

Ambouta, JMK, Valentin, C.
et Laverdière, M., 1996.
Jachères et croûtes d'érosion au Sahel.
Sécheresse 7 ; 269-275.

Amogu, O. 2009.
La dégradation des espaces sahéliens et ses conséquences sur l'alluvionnement du fleuve Niger : méthodes expérimentales et modélisation ; Ph.D. Thesis ;
Université Joseph Fourier :
Grenoble, France, 440 p.

Amogu O., Descroix L., Yéro K.S.,
Le Breton E., Mamadou I., Ali A.,
Vischel T., Bader J.-C., Moussa I.B.,
Gautier E., Boubkraoui S., Belleudy P., 2010.
Increasing River Flows in the Sahel?
Water, 2 (2):170-199.

Amogu, O. Esteves, M., Descroix, L.,
Souley Yéro, K., Rajot, J-L.,
Malam Abdou, M., Boubkraoui, S.,
Lapetite, JM., Dessay, N.,
Zin, I., Bachir A., Bouzou Moussa, I.,
Le Breton, E., Mamadou, I., 2012.
Runoff evolution according to land use change in a small Sahelian catchment.
Soumis à *Hydrological Sciences Journal*.

Anyamba, A. ; Tucker, C.J., 2005.
Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA AVHRR NDVI data from 1981-2003.
Journal of Arid Environments, 63 (3), 596-614.

Ardoin-Bardin, S., Dezetter, A., Servat, E., Paturel, J.E., Mahé, G., Niel, H., Dieulin, C., 2009. Using general ciculation model outputs to assess impacts of climate change on runoff for large hydrological catchments in West Africa. *Hydrological Sciences Journal*, 54 (1), 77-89.

Arndt W., 1965. The nature of the mechanical impedance to seedlings by soil surface seals. *Aust J Soil Res* 3 : 44-54.

Ben Mohamed, A., N. van Duivenbooden, and S. Abdoussallam. 2002. "Impact of Climate Change on Agricultural Production in the Sahel - Part 1. Methodological Approach and Case Study for Millet in Niger," *Climatic Change,* Vol. 54, No. 3, August, pp. 327-348.

Block, P., 2011. Tailoring seasonal climate forecasts for hydropower operations, *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 1355-1368.

Boiffin J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de doctorat. Paris : INAPG, 1984 ; 320 p.

Boserup, E., 1965. *Évolution agraire et pression démographique*, trad. française de 1970, 224 p., coll. Nouvelle bibliothèque scientifique, Flammarion. Edition originale en anglais : The Conditions of Agricultural Growth. The Economics of Agriculture under Population Pressure. 124 pp., London and New York, 1965.

Brabant, P. et Gavaud, M., 1985. Les sols et les ressources en terres du Nord Cameroun. Notices et Cartes, ORSTOM, 285 p.

Canarache A., 1965. Les facteurs de la résistance mécanique des sols et les méthodes utilisées pour les étudier. *Sci. Soil* 2 : 89-107.

Casenave, A. et Valentin, C., 1989. Les états de surface de la région sahélienne ; influence sur l'infiltration. Orstom Ed, coll. Didactiques, Paris, 231 p.

Casenave A, Valentin C., 1992. À runoff capability classification system based on surface feature criteria in semiarid areas of West Africa. *J Hydrol* 130 : 231 -49.

Charney, J.G., 1975. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. QJRMS, 101, 193-202.

Chinen, T., 1999. Recent accelerated gully erosion and its effects in dry savanna. southwest of Niger. In *Human Response to Drastic Changes of Environments in Africa* ; Faculty of Economics, Ryutsu Keizai University publication N°120 : Hirahata, Ryugasaki, Japan, pp. 67-102.

CRESA, 2006. *Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles (GRN) au Niger : rapport de synthèse* ; CRESA : Niamey, Niger.

D'Herbès, J.M. and Valentin, C. Land surface conditions of the Niamey region : ecological and hydrological implications *Journal of Hydrology* 188-189 (1997) 18-42, 1997.

Demont, M., Jouve, P., Stessens, J. and Tollens, E., 2007. Boserup versus Malthus revisited: Evolution of farming systems in Northern Côte d'Ivoire. *Agricultural Systems*, 93: 215-228.

Descheemaeker, K., Nyssen, J,, Poesen, J., Raes, D., Haile, M., Muys, B., Deckers, S., 2006. Runoff on slopes with restoring vegetation: A case study from the Tigray highlands, Ethiopia. *Journal of Hydrology* 331, 219-241.

Descroix, L., Gonzalez Barrios, J.L., Viramontes, D., Poulenard, J., Anaya, E., Esteves, M., Estrada, J., 2008. Gully and sheet erosion on subtropical mountainous slopes : Their respective roles and the scale effect. *Catena*, 72 :325-339.

Descroix, L., Mahé, G., Lebel, T., G., Favreau, G., Galle, S., Gautier, E., Olivry, J-C., Albergel, J., Amogu, O., Cappelaere, B., Dessouassi, R., Diedhiou, A., Le Breton, E., Mamadou, I. Sighomnou, D. 2009. Spatio-Temporal Variability of Hydrological Regimes Around the Boundaries between Sahelian and Sudanian Areas of West Africa : A Synthesis. *J. of Hydrol., AMMA special issue.* 375, 90-102.

Descroix, L., Genthon, P., Amogu, O., Sighomnou, D., Rajot, J-L., Vauclin, M., 2011. Recent hydrological changes of Sahelian rivers : the case of the 2010 red flood of the Niger River at Niamey. AGU, San Francisco, dec. 2011.

Descroix, L., Laurent, J-P., Boubkraoui, S., Ibrahim, B., Cappelaere, B., Bousquet, S., G., Mamadou, I., Le Breton, E., Quantin, G., Boulain, N., 2012. Experimental evidence of deep infiltration under flat sandy areas. *Journal of Hydrology* 424-425, 1-15. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.019

Diarra-Doka, M. & A. Luxereau, 2004.- déboisement-reboisement en pays hausa : évolution des paysages et du rapport à l'arbre. *Annales de l'Univesité Abdou Moumouni,* NS, Niamey, 139-153

Di Baldassarre, G., Montanari, A., Lins,H., Koutsoyiannis, D., Brandimarte, L., et Blöschl, G., 2010. Flood fatalities in Africa : From diagnosis to mitigation Geophysical Research Letters, Vol. 37, L22402, doi :10.1029/2010GL045467, 2010

Diello, P. ; Mahé, G. ; Paturel, J-E. ; Dezetter, A. ; Delclaux, F. ; Servat, E. ; Ouattara, F., 2005. Relations indices de végétation-pluie au Burkina Faso : cas du bassin versant du Nakambé. *Hydrol. Sci. J. ,50,* 207-221.

Di Vecchia, A. ; Genesio, L. ; Pini, G. ; Sorani, F. ; Tarchiani, V., 2006. Monitoring drylands ecosystems dynamics for sustainable development policies : The Keita experience. *International Scientific Conference* on *Desertification and Drylands Research Commemorating 50 Years of Drylands Research Tunis*. Tunisia 19 - 21 June 2006.

Duley FL., 1939. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. *Soil Sci Soc Am Pro* ; 4 : 60-4.

Dupriez, H. et De Leener, P., 1990. Les chemins de l'eau. Ruissellement, irrigation, drainage. Manuel tropical. Terre et vie - CTA - L'Harmattan - ENDA Editions - Nivelles - Wageningen - Paris - Dakar – 1990 ; ISBN : 287105009X ; 380 p.

Ellison WD. 1947. Soil erosion. *Soil Sci Soc Am Pro.* 12 :4 79-84.

Escourrou, G., 1981. *Climat et Environnement.* Masson, Paris, 190 p.

FAO-CILSS, 2008. http://www. fao. org/nr/clim/docs/clim_080901_fr. pdf

Fensholt, R. & Rasmussen, K. Analysis of trends in the Sahelian 'rain-use efficiency' using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data. *Remote Sensing of Environment* 115, 438-451 2011.

Floret C, Pontanier R, Serpantié G., 1993. La jachère en Afrique Tropicale. Dossier MAB 16. Paris : UNESCO, 86 p.

Garba, I., 2010. Agrhymet engineer pan West African School of Agronomics, Hydrology and Meteorology, Niamey, Niger. Personal communication.

Gardelle, J., Hiernaux, P., Kergoat, L. and Grippa, M., 2010. Less rain, more water in ponds : a remote sensing study of the dynamics of surface waters from 1950 to present in pastoral Sahel. (Gourma region, Mali) *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 309–324.

GIEC-IPCC, 2011: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

Govaerts, Y.M. & Lattanzio, A. Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. *Global and Planetary Change* 64, 139-145 (2008).

Guengant, J-P., Banoin, M., 2003. Dynamique des populations, disponibilités en terres et adaptation des régimes fonciers : le Niger. Pub. FAO-CICRED, 142 p.

Hadas A, Frenkel H., 1982. Infiltration as affected by long-term use of sodic-saline water for irrigation. *Soil Sci Soc Am J.* 2 : 89-107.

Hardin, G., 1968. The Tragedy of the Commons. *Science* (162). 3859, 1243 – 1248.

Hauchart, V., 2008. Culture du coton, pluviosité et dégradation des sols dans le Mouhoun (Burkina Faso).

Sécheresse, 19, 95-102.

Haywood M. 1981.
Évolution des terres et de la végétation dans la zone soudano-sahélienne du projet CIPEA au Mali.
Addis-Abeba : CIPEA/ILCA, 187 p.

Hein, L. et De Ritter, N., 2006.
Desertification in the Sahel : a reinterpretation.
Global Change Biology, 12, 751-758.

Herrmann, S.M. ; Anyamba, A. ; Tucker, C.J., 2005.
Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change, 15*, 394-404.

Hiernaux, P., Ayantunde, A., Kalilou, A., Mougin, E., Gérard, B., Baup, F., Grippa, M., Djaby, B., 2009a.
Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger : Impact of land use, management and variable rainfall.
J. Hydrol, 375, 65-77.

Hiernaux, P., Diarra, L., Trichon, V., Mougin, E., Soumaguel, N., Baup, F. 2009b.
Woody plant population dynamics in response to climate changes from 1984 to 2006 in Sahel (Gourma, Mali).
Journal of Hydrology, AMMA special issue, 375, 103-113.

Hountondji, Y.C. ; Ozer, P., Nicolas, J., 2004.
Mise en évidence des zones touchées par la désertification par télédétection à basse résolution au Niger. *Cybergéo : revue européenne de géographie. 291*
http://hdl.handle.net/2268/3923

Hulme, M., 1998.
The sensitivity of Sahel rainfall to global warming: implications for scenario analysis of future climate change impact. Water resources Variability in Africa during XXth century (Proceedings of the Abidjan 98 Conference held in Abidjan, Côte d'Ivoire, November 1998, IAHS Publ. n° 252, 429-436.

Hulme, M., 2001.
Climatic perspectives on Sahelian desiccation : 1973-1998.
Global Environment Change 11, 19-39.

Karambiri, H. ; Ribolzi, O. ; Delhoume, J.P. ; Ducloux, J. ; Coudrain-Ribstein, A., 2003.
Importance of soil surface characteristics on water erosion in a small grazed sahelian catchment. *Hydrol. Process, 17*, 1495-1507.

Koster, R.D. 2004.
Regions of Strong Coupling Between Soil Moisture and Precipitation.
Science Vol. 305 no. 5687 pp. 1138-1140 DOI : 10.1126/science.1100217

Larwanou, M., Abdoulaye, M., Reij, C., 2006.
Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger) ;
International Resources Group, USAID : Washington, DC, USA.

Le Barbé, L. and Lebel, T., 1997.
Rainfall climatology of the HAPEX Sahel region during the years 1950-1990.
Journal of Hydrology, 188-189 : 43-73.

Lebel, T. ; Ali, A. , 2009.
Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990–2007).
J. Hydrol., 375, 90-102.

Leblanc, M., Favreau, G., Massuel, S., Tweed, S., Loireau, M., Cappelaere, B., 2008.
Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger.
Global and Planetary Change.
008, 61 (3), p.135-150
doi:10.1016/j.gloplacha.2007.08.011

Le Bissonnais Y., 1990.
Experimental study and modelling on soil surface crusting processes.
In : Bryan RE, ed. Soil erosion, experiments and models. *Catena* suppl. 17 : 13- 29.

Le-Breton, E. 2005.
Ensablement des bas-fonds sahélien : étude des transferts sédimentaires au fleuve Niger dans le secteur moyen Niger –Mali ; Niger ; Bénin. Master Thesis in Geomorphology ; Paris 7-Denis–Diderot University, Paris, France.

Leduc, C., Favreau, G. et Shroeter, P., 2001.
Long-term rise in a Sahelian water-table : the Continental Terminal in South West Niger.
Journal of Hydrology, 243 :43-54.

Liénou, G. ; Mahé, G. ; Olivry, J-C. ; Naah, E. ; Servat, E. ; Sigha-Nkamdkou, L. ; Sighomnou, D. ; Ngoupayou, J-N. ; Ekodeck, G-E. ; Paturel, J-E., 2005.

Régimes des flux de matières solides
en suspension au Cameroun : revue et synthèse
à l'échelle des principaux écosystèmes ;
diversité climatique et actions anthropiques.
Hydrol. Sci. J. , *50*, 111-123.

Loireau, M.
Espaces, ressources, usages : spatialisation
des interactions dynamiques entre les systèmes
écologiques au Sahel nigérien.
PhD Thesis of Geography,
Université Montpellier 3, 410 p, 1998.

Luxereau A. & B. Roussel, 1997.-
Changements écologiques et sociaux au Niger.
Etudes africaines.
Ed. L'Harmattan, Paris, 239 p.

Mahé, G., Leduc, C., Amani, A., Paturel, J-E.
Girard, S., Servat, E., Dezetter, A. 2003,
Augmentation récente du ruissellement
de surface en région soudano-sahélienne
et impact sur les ressources en eau.
In *Hydrology of the Mediterranean and Semi-Arid*
Regions, proceedings of an international
symposium. Montpellier (France), 2003/04/1-4,
Servat E., Najem W. , Leduc C.,
Shakeel A. (Ed.), Wallingford, UK, IAHS, 2003,
publication n° 278, p. 215-222.

Mahé G., Paturel J.E., Servat E.,
Conway D., Dezetter A., 2005.
Impact of land use change on soil water
holding capacity and river modelling
of the Nakambe River in Burkina-Faso.
Journal of Hydrology, 300, 33-43.

Mahé, G.
Surface/groundwater interactions
in the Bani and Nakambe rivers, tributaries
of the Niger and Volta basins, West Africa.
Hydrol. Sci. J. 54, 704-712 (2009).

Mahé G., Paturel J.E., 2009.
1896-2006 sahelian annual rainfall variability
and runoff increase of sahelian rivers.
C.R. Geosciences, 341, 538-546.

Mahé, G., Lienou, G., Bamba, F., Paturel, J-E.,
Adeaga, O., Descroix, L., Mariko, A., Olivry, J-C.,
Sangaré, S., Ogilvie, A., Clanet, J-C., 2011.
Le fleuve Niger et le changement climatique
au cours des 100 dernières années.
Hydro-climatology variability and change
(Proceedings of symposium held during
IUGG 2011, Melbourne, Australia) ;
IAHS pub. n° 344, 131-137.

Mainguet, M., Canon-Cossus, L.,
Chemin, M.C., 1979.
Dégradation dans les régions centrales
de la République du Niger : degré
de responsabilité de la nature du milieu,
de la dynamique externe
et de la mise en valeur par l'homme.
Trav. de l'Institut de Géographie de Reims,
4039-40 : 61-73.

Malthus, T., 1798.
An essay of the principle of population.
Printed for J. Johnson, in St Paul's Church-Yard,
London.

Mamadou, I., 2012.
La dynamique accélérée des koris
de la région de Niamey et ses conséquences
sur l'ensablement du fleuve Niger.
Thèse de Doctorat de Géographie,
Université Paris 1-Université de Niamey,
320 p.

Mclntyre DS., 1958.
Soil splash and the formation of surface
crusts by raindrop impact.
Soil Sci 85 : 261 -6.

Morin J, Benyamini Y, Michaeli A., 1981.
The effect of raindrop impact
on the dynamics of soil surface crusting
and water movement in the profile.
J Hydrol 52 : 321 -35.

Mougin, E., 2009.
Vegetation dynamics over West-Africa during
AMMA. Communication à la 3e Conférence
Internationale AMMA
(Analyse Multidisciplinaire
de la Mousson Africaine),
Ouagadougou, juillet 2009.

Nyssen, J., Mitiku Haile, Moeyersons, J.,
Poesen, J., Deckers, J., 2000.
Soil and water conservation in Tigray
(Northern Ethiopia) :
the traditional daget technique
and its integration
with introduced techniques.
Land Degrad. Dev. 11 (3), 199–208.

Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J.,
Deckers, J., Mitiku Haile, Lang, A., 2004.
Human impact on the environment
in the Ethiopian and Eritrean
Highlands—a state of the art.
Earth Sci. Rev. 64 (3–4), 273–320.

Ottlé, C., C. André, M. Zribi, S. Saux-Picart, R. Lacaze, N. Boulain, B. Cappelaere, J.L. Rajot, L. Descroix,
Land cover evolution over the Niger Supersite between 1986 nd 2005 from SPOT-HRV data, 2nd International AMMA Conference, Karlsruhe, 26-30 November 2007.

Prince, S.D., Brown de Colstoun, E., Kravitz, L., 1998.
Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive Sahelian desertification.
Global Change Biology, 4, 359-374.

Prince, S.D., Wessels, K., Tucker, C.J., et Nicholson, S.E., 2007.
Desertification in the Sahel : a reinterpretation of a reinterpretation.
Global Change Biology, 13, 1308-1313.

Rasmussen, K., Bjarne, F., Madsen, J-E., 2001.
Desertification in reverse ?
Observations from northern Burkina Faso.
Global Environmental Change, 11, 271-282.

Reij., C., Tappan, G., Belemvire, A., 2005.
Changing alnd management practices and vegetation on the Central Plateau of Burkina Faso (1968-2002).
Journal of Arid Environments, 63, 642-659.

Reij, C. ; Tappan, G. ; Smale, M. , 2009.
Agroenvironmental Transformation in the Sahel, Another Kind of "Green Revolution" ;
IFPRI Discussion Paper 00914, 2020 vision initiative ; IFPRI Pub, Washington, the USA.

Ribolzi, O., Hermida, M., Karambiri, H., Delhoume, J-P., Thiombiano, L., 2006.
Effects of aeolian processes on water infiltration in sandy Sahelian rangeland in Burkina Faso.
Catena, 67 (3) 145-154

Ruelland, D., Tribotte, A., Puech, C., Dieulin, C.
Comparison of methods for LUCC monitoring over 50 years from aerial photographs and satellite images in a Sahelian catchment.
International Journal of Remote Sensing, 32 (6), 1747-1777, 2011.

Souley Yéro, K., 2008.
L'évolution de l'occupation des sols à l'échelle des bassins versants de Wankama et Tondikiborou : Quelles conséquences sur les débits et l'évapotranspiration réelle (ETR). Mémoire de DEA, Université Abdou Moumouni de Niamey, 124 p.

Tackett JL, Pearson RW., 1965.
Some characteristics of soil crust formed by simulated rainfall.
Soil Sci 9 9 : 407-13.

Taylor, C., et Lebel, T., 1998.
Observational Evidence of Persistent Convective-Scale Rainfall Patterns.
Mon. Weath. Rev., 126, 1597-1607.

Taylor, C., Gounou, A., Guichard, F., Harris, P.P., Ellis, R.J., Couvreux, F. et De Kauwe, M., 2011.
Frequency of Sahelian storm initiation enhanced over mesoscale soil-moisture patterns.
Nature Geoscience Letters,
DOI : 10 :1038/NGEO1173.

Tiffen, M., Mortimore, M., and Gichuki, F., 1994.
More people, less erosion : Environmental recovery in Kenya.
John Wiley & Sons, London, 311 p.

Tschakert, P., Sagoe, R., Ofori-Darko, G. & Codjoe, S.M.
Floods in the Sahel : an analysis of anomalies, memory, and participatory learning.
Climatic Change 103, 471-502 (2010).

Valentin C. 1981.
Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de région sub-désertique (Agadez-Niger). Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau.
Thèse de 3ème cycle. Université Paris 7, 259 p.

Walraevens, K., Vandecasteele, I., Martens, K., Nyssen, J., Moeyersons, J., Gebreyohannes, T., De Smedt, F., Poesen, J., Deckers, J. et Van camp, M., 2009.
Groundwater recharge and flow in a small mountain catchment in northern Ethiopia,
Hydrological Sciences Journal, 54:4, 739-753.

Partie III

Valorisation et gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux

Zaï et potentiel de l'association cultures annuelles - arbustes natifs

Rabah Lahmar
Agronome et pédologue
CIRAD, UPR Systèmes de cultures annuelles, Avenue Kennedy, 01 BP596, Ouagadougou, Burkina Faso – rabah.lahmar@cirad.fr
2iE, Laboratoire hydrologie et ressources en eau, 1, rue de la Science
01 BP594 Ouagadougou, Burkina Faso

Hamma Yacouba
Agronome
2iE, Laboratoire hydrologie et ressources en eau, 1, rue de la Science
01 BP594 Ouagadougou, Burkina Faso

Résumé

La dégradation des terres en Afrique subsaharienne accentue l'effet de la sécheresse et de la faible fertilité des sols sur la production agricole, aggrave l'insécurité alimentaire et accroît la vulnérabilité des populations et des ressources de base. En réponse, les paysans ont développé des pratiques qui, pour certaines, ont bénéficié du support de la recherche et du développement. Le zaï et le mulch, c'est-à-dire la couverture du sol par des ressources organiques mortes, permettent de récupérer rapidement les propriétés hydrophysiques des sols dégradés en stimulant l'activité biologique. L'amélioration subséquente de la fertilité conduit à la restauration des fonctions du sol, la production primaire est augmentée. Cependant, malgré leur efficacité, la diffusion de ces deux pratiques reste limitée du fait de la faible disponibilité des ressources organiques : fumier, compost ou encore les résidus de cultures qui sont prioritairement destinés à l'élevage. Le mulch peut être dérivé de la strate ligneuse mais bien souvent s'y opposent la faible disponibilité sur site et l'investissement nécessaire en travail ou pour le transport à partir des sites avoisinants. Une autre alternative moins connue et peu investiguée consiste en l'intégration d'arbustes natifs, particulièrement *Piliostogma reticulatum* et *Guiera senegalensis*, dans le système de culture. Dans certaines localités, les paysans maintiennent ces deux arbustes dans les champs cultivés et les gèrent annuellement, de façon ingénieuse. Pendant la saison sèche les arbustes se développent en touffes multitiges, ils réduisent l'érosion éolienne, interceptent les particules minérales et les matières organiques déplacées par le vent et, piègent les poussières transportées par l'harmattan. À l'entrée

de la saison humide, ils sont coupés au ras du sol pour faire place aux cultures, les branches sont étalées en mulch sur le sol. La culture qui est généralement une céréale à laquelle est associé ultérieurement le niébé est installée par semis direct manuel au travers du mulch. À la montée de la céréale, les branches effeuillées sont ramassées pour servir de combustible. Les premiers rejets des souches sont gérés comme des adventices, ceux arrivant après le second désherbage sont laissés croître. À la récolte de la céréale, l'arbuste repart et ainsi de suite. Ce système ingénieux associant cultures annuelles et plantes pérennes dans lequel l'arbuste joue un rôle central de facilitation pour la culture peut conduire à l'amélioration de la fertilité du sol et de la production agricole, voire à l'intensification écologique des systèmes de culture actuels. Par ailleurs, *Piliostigma reticulatum* et *Guiera senegalensis* sont sempervirents et se développent tout au long de la bande sahélienne, de l'Atlantique à la mer Rouge et, ils sont connus des paysans pour leurs usages multiples. Un effort de recherche est nécessaire pour mieux connaître ces systèmes afin d'en améliorer les performances.

Mots clés

AFRIQUE SUBSAHARIENNE, ZAÏ, MULCH, ASSOCIATION CULTURE-ARBUSTES NATIFS

Abstract

Land degradation in Sub-Saharan Africa increases the effect of drought and low soil fertility on agricultural production, the food insecurity and, the vulnerability of the populations and the basic resources. As response, farmers developed practices that received partly research and development support. Zaï and mulching, i.e. soil cover with died organic resources, allow the rapid restoration of the hydro-physical properties of initially degraded soil through the triggering of the soil biological activity. Subsequent improvement of soil fertility leads to the restoration of the soil deteriorated functions and an increased primary production. However, despite their efficiency, the dissemination of both practices remains limited due the scarcity of the organic resources: manure, compost, and crop residues that are primarily oriented to livestock. The mulch may be derived from the ligneous strata but this is always challenged by the low availability on-site and the investments needed for off-site collection and transportation. Another less known and investigated alternative lies in the integration of native shrubs, mainly *Piliostigma reticulatum* and *Guiera senegalensis*, into the current cropping systems. In some localities, farmers keep both shrubs within their cultivated plots and manage them ingeniously the year around. Both species grow during the dry season and develop multi-stems shrubs. They reduce wind erosion and trap mineral and organic material moved by the wind and, they capture the Harmattan dust. At the start of the rainy season, they are coppiced at the soil to clear the land prior to crop installation, the cut branches with leaves are spread on the ground as mulch. The crop is generally a cereal which is

hand seeded through the mulch and, later, cowpea is installed as intercrop. When cereal grows, the cut branches are collected as fuel wood. First stump shoots are managed as weeds, the following are saved. At the crop harvest, the shrub reforms and continues growing during the dry season. In this ingenious system the perennial plants play a key role vis-à-vis the annual crop. Such a system may lead to the improvement of soil fertility and the agricultural production or even to the ecological intensification of the current cropping systems. In addition, *Piliostigma reticulatum* and *Guiera senegalensis* are evergreen shrubs that develop along the Sahelian belt, from the Atlantic to the Red Sea and, they are multi-use species known by the farmers. A research effort is needed to better understand these systems for improving their performances.

Key words

SUB-SAHARAN AFRICA, ZAÏ, MULCH, CROP-NATIVE SHRUBS INTERCROPPING

Introduction

L'insécurité alimentaire demeure un problème majeur en Afrique subsaharienne (Kidane *et al.,* 2006). Les perspectives du changement climatique et de l'accroissement de la population mettent encore plus de pression sur les décideurs, les acteurs du développement et la recherche (Vermeulen *et al.,* 2012). Le défi est celui d'intensifier des agricultures essentiellement pluviales bénéficiant de peu d'intrants, pratiquées sur des sols qui opposent à la production agricole de nombreuses contraintes inhérentes, accentuées par les fréquentes dégradations qui les affectent (Lahmar *et al.*, 2011). Dans la majorité des sols des zones arides et semi-arides tropicales la fertilité tient essentiellement à la matière organique du sol (MOS), la texture du sol est souvent dominée par les sables et les minéraux argileux ont une faible réactivité. La MOS joue un rôle crucial dans la rétention, le stockage et la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs pour les cultures (Bationo *et al.,* 2007 ; Manlay *et al.*, 2007). Or, dans ces régions la MOS est particulièrement sensible aux changements d'utilisation des terres et à la gestion du sol. En général, la MOS décroît dans les sols cultivés, très rapidement pendant les premières années de mise en culture (Pieri, 1989 ; Feller et Beare, 1997 ; Kintché *et al.*, 2010). Pour Lal (2008), la baisse continue de la MOS dans les sols cultivés est le principal moteur des processus de dégradation des sols et par suite de la pauvreté, la faim et la malnutrition. Le maintien de la MOS dans les sols tropicaux continuellement cultivés est un réel défi pour la recherche. Le climat est propice à la dégradation de la MOS, la production de biomasse est faible et les systèmes de culture et de production actuels ne favorisent pas le retour de ressources organiques au sol.

Pour diverses raisons (Bindraban *et al.,* 2008 ; Barry *et al.*, 2008 ; Cobo *et al.*, 2010 ; Schlecht *et al.*, 2006 ; Vanlauwe et Giller, 2006), les approches et expériences tentées pendant les décades précédentes comme la conservation de l'eau et du sol

(zaï, demi-lune, cordons pierreux, etc.), l'agroforesterie, la gestion intégrée de la fertilité du sol, etc. n'ont pas abouti aux évolutions recherchées. Actuellement, l'agriculture de conservation, déjà proposée pour l'Afrique dans les années 1980 (Lal, 1989), regagne de l'intérêt. Elle est promue par les agences de développement, les ONG et bénéficie de politiques publiques favorables de certains pays (http://ca2africa.cirad.fr/). Sa faisabilité et son potentiel dans les conditions des petites agricultures subsahariennes sont discutés au regard des résultats des expériences précédentes (Baudron *et al.*, 2009 ; Giller *et al.*, 2009 ; Giller *et al.*, 2011). D'autres approches émergentes (Garrity *et al.*, 2010 ; Lahmar *et al.*, 2011 ; Tittonell *et al.*, 2012) privilégient le savoir, les pratiques et les ressources locales dans la conception de systèmes de culture et de production innovants, mieux adaptés aux petites agricultures sans intrants et dont la profitabilité et la durabilité tiennent des processus écologiques. En zones semi-arides et arides tropicales, il s'agit avant tout d'inverser les processus actuels de dégradation des terres en aggradation (Lahmar *et al.*, 2011 ; Tittonell *et al.*, 2012) y compris par un investissement initial lourd en travail du sol comme le zaï, par exemple. Le zaï permet de lever rapidement la contrainte hydrique du sol et favorise le retour de la biodiversité (Roose *et al.*, 1993). En encourageant par la suite la propagation de certaines espèces de la flore locale et en exploitant au mieux leurs services, on pourra élever la productivité primaire à des niveaux pouvant permettre l'installation de systèmes de culture sur mulch qui entretiennent la fertilité des sols et améliorent la production agricole à moindre coût. Ces considérations ont été développées par Lahmar *et al.* (2011) et Tittonell *et al.* (2012). Nous faisons ici une revue des connaissances sur le zaï et deux arbustes natifs : *P. reticulatum* et *G. senegalensis,* espèces multi-usages dont l'aire géographique s'étend le long de la ceinture sahélienne, de l'Atlantique à la mer Rouge. Localement, ces arbustes sont ingénieusement associés aux cultures. L'optimisation de cette association semble possible, elle demande que l'on comprenne et exploite au mieux les interactions cultures-arbustes associés.

Le zaï

Les termes « zaï » au Burkina Faso, « tassa » au Niger et « Towalen » au Mali désignent une même technique, d'origine paysanne, qui consiste à creuser des cuvettes destinées à piéger et concentrer l'eau de ruissellement et les ressources transportées par l'eau et le vent pour faire croître une céréale dans des environnements arides et semi-arides, sur des sols dégradés (Roose *et al.*, 1993 ; Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004 ; Droux, 2008). En langue mooré (Burkina Faso), « zaï » vient du mot « zaïegré » qui signifie « se hâter pour préparer sa terre » (Roose *et al.*, 1993) ou encore, « se dépêcher », « faire vite », « se lever tôt et se hâter pour travailler sa terre », « travail vite fait et bien fait », « casser et émietter la croûte du sol par poquet avant le semis » (Droux, 2008). En langue Haoussa (Niger) « tassa » ou encore « taska » ou « taksa » signifie petite tasse servant à recueillir l'eau (Bouzou-Moussa

et Dan Lamso, 2004). Le mot est proche de l'arabe « Taâs » qui signifie récipient destiné à servir un liquide, plus généralement l'eau. Les Mossi se seraient inspirés du « towalen » développé sur le plateau Dogon (Dan Lamso, 2002). Cette technique trouverait ses origines dans l'agriculture nabatéenne et aurait été introduite au Sahel par les pèlerins musulmans (Bouzou-Moussa et Dan Lamso, 2004). Il s'agit donc d'une technique ancestrale, initialement pratiquée par des paysans pauvres pour produire des céréales sur des sols dégradés et indurés. Elle aurait été abandonnée dans les années 1950-1970 qui ont connu une meilleure pluviométrie et le développement de la mécanisation et des aménagements de bas-fonds. Les années de sécheresse qui ont suivi ont favorisé la reprise de la technique, dès les années 1980 (Burkina Faso) et 1990 (Niger), son amélioration et sa vulgarisation comme technique de récupération des terres dégradées (Roose *et al.*, 1993 ; Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004 ; Droux, 2008). Elle est supportée par des investissements publics et privés, notamment dans le cadre de projets de développement et des activités des ONG (Botoni et Reij, 2009).

Les cuvettes sont généralement creusées pendant la saison sèche, à la daba ou à la pioche. La terre est excavée et déposée en croissant à l'aval de la cuvette. La vulgarisation agricole conseille des cuvettes espacées de 80 à 120 cm, disposées en quinconce, de 40 cm de diamètre et de 10 à 30 cm de profondeur. Mais, dans la pratique, ces paramètres varient amplement (Droux, 2008), traduisant sans doute un compromis entre la nature et la dureté du sol, le type d'outil utilisé, la force de travail, le savoir et la stratégie de l'agriculteur. Sur le plateau Mossi (Burkina Faso), Droux (2008) a relevé des densités allant de 7 000 à 30 000 cuvettes à l'hectare. Par ailleurs, ce travail s'effectue dans des conditions de pénibilité avérée, par des températures de 40 à 45 °C (Clavel *et al.*, 2008). Le traitement initial d'un hectare de terre encroûtée en zaï peut nécessiter jusqu'à 300 heures.homme^{-1} de travail, voire plus (Barro *et al.*, 2005 ; Mando *et al.* 2006), soit 60 jours de travail à raison de 5 heures par jour (Mando *et al.*, 2006). Droux (2008) rapporte jusqu'à 500 heures.hectare^{-1}.homme^{-1} de travail. Une tentative de mécanisation du zaï est en cours au Burkina Faso (Barro *et al.*, 2005), elle réduirait ce temps de travail par un facteur allant jusqu'à 10 (Clavel *et al.*, 2008). Pour les années suivantes, si l'agriculteur choisit de reprendre les anciennes cuvettes, le temps de travail est sans doute moindre, mais il n'est pas documenté. Dans une logique de récupération des terres dégradées, l'agriculteur creuse chaque année de nouvelles cuvettes dans les impluviums des anciennes ; ainsi, le traitement total d'une parcelle peut demander 5 ans (Roose *et al.*, 1993).

Avant l'arrivée des pluies, l'agriculteur apporte à la cuvette des ressources organiques : poudrette[1], fumier, compost, paille de céréales, feuilles et tiges d'arbustes fraîches ou sèches. Après la première pluie, il sème dans chaque cuvette une pincée de graines (12 à 20 selon la céréale) qui en levant ensemble, soulèvent la croûte de sédimentation qui se forme au fond de la cuvette. Au démariage, seuls 3 à 4 plants

1– Matière organique, séchée au soleil et réduite en poudre, formée d'un mélange de fèces, de litière, de compost, de cendres et autres résidus ménagers (Roose *et al.*, 1993).

sont laissés par cuvette. Au stade plantule, l'agriculteur, s'il en a les moyens, peut apporter un engrais minéral. Le sarclage intervient 20 à 30 jours après le semis (Droux, 2008).

Fonctionnement du zaï

Du fait qu'elles soient préparées pendant la saison sèche, les cuvettes piègent les particules minérales et les matières organiques mises en mouvement par l'harmattan. En saison des pluies, elles piègent l'eau de ruissellement et son contenu.

Le fonctionnement du système, tel que décrit par Roose *et al.* (1993), repose sur la médiation des termites attirés par les ressources organiques piégées au fond de la cuvette ou apportées par l'agriculteur. Les pores et cavités créés par l'activité des termites le long du profil du sol et la cuvette fonctionnent comme un entonnoir favorisant l'infiltration de l'eau de ruissellement et la création de poches d'humidité en profondeur (Roose *et al.*, 1993). L'effet positif de l'activité des termites sur les propriétés hydrophysiques des sols tropicaux encroûtés est amplement établi (Mando *et al.*, 1996 ; Mando, 1997 ; Mando et Miedema, 1997 ; Mando *et al.*, 1999). L'activité des termites est stimulée par les ressources organiques de moindre qualité (Ouedraogo *et al.*, 2004). Le rendement grains de mil obtenu par Bouzou Moussa et Dan Lamso (2004) dans un traitement (zaï + pailles de mil) est 1,5 fois plus élevé que celui obtenu par le seul traitement zaï ; le zaï amendé avec un mélange de fumier et de la paille (zaï amélioré) permet de multiplier ce rendement par un facteur de 2 comparativement au zaï seul. Sur des sols sableux (84 à 92 % sables) du Niger où l'activité des termites est élevée, Fatondji (2002) et Fatondji *et al.* (2006) mettent en évidence des pertes d'eau par drainage sous le zaï. Cependant, cette médiation faunique est absente dans les sols vertiques où l'activité des termites est fortement réduite par le vertisme (gonflement et retrait) (Fatondji *et al.*, 2009). Fatondji (2002) observe que les rendements de mil peuvent chuter à cause de l'excès d'eau favorisé par le zaï sur un sol comportant des argiles gonflantes (25 % argile, 69 % sables). Cet aspect est également relevé par Bouzou Moussa et Dan Lamso (2004).

Effet sur le sol

Sur le plateau Mossi, après deux ans d'expérimentation sur un sol ferrugineux tropical lessivé, induré, sur cuirasse à 30 cm de profondeur et un sol brun eutrophe tropical, peu évolué sur schiste vert et colluvion, Roose *et al.* (1993) et Kabore (1994) n'ont pas décelé de changements significatifs dans des propriétés physico-chimiques en lien avec la fertilité du sol : porosité, pH, C, N, P, CEC et cations échangeables. En revanche, ils ont noté des modifications dans la granulométrie et les ont attribuées au rôle de piégeage du zaï. Les possibles remontées de particules fines par les termites ne sont pas évoquées. Fatondji (2002) observe aussi des modifications rapides dans le pH et le complexe absorbant de sols sableux mais qui ne se produisent pas dans le sol argileux, ces modifications semblent être plus en liaison avec la qualité des ressources organiques apportées qu'avec l'effet zaï. Roose *et al.* (1993) concluent que la restauration de la productivité du sol et la réhabilitation de la couverture végétale seraient plus rapides que la restauration des

caractéristiques physico-chimiques du sol. Kabore (1994) souligne cependant le besoin d'expérimentations plus longues pour élucider cet aspect.

Le zaï améliore le stockage de l'eau par le sol et accroît sa disponibilité pour la plante (Fatondji, 2002) mais, sur les sols sableux, de faible capacité de rétention, la majorité de cette eau peut être perdue par drainage profond. 75 % de l'eau apportée par irrigation à un sol sableux (92 % sables) de la station Icrisat de Sadoré (Niamey, Niger) a été drainée dans les parcelles amendées avec 1 mg ha^{-1} de résidus de cultures (Fatondji, 2002). L'auteur suggère que dans de telles conditions, l'amendement du zaï avec des ressources organiques de bonne qualité peut favoriser un développement rapide et profond du système racinaire qui peut limiter les pertes d'eau et des nutriments associés. Cependant, les résultats de Fatondji (2002) montrent que l'enracinement du mil reste concentré dans la couche 0-40 cm indépendamment du type de sol (argileux *vs* sableux) et du traitement (zaï *vs* plantation traditionnelle). Par ailleurs, le zaï apparaît comme une technologie appropriée pour réduire les effets de sécheresse liés à l'espacement des pluies. La simulation d'épisodes secs de 3 à 4 semaines pendant la saison des pluies (Fatondji, 2002) a montré que le mil cultivé en zaï souffre moins que celui cultivé de façon traditionnelle (poquet), il conclut que les épisodes secs affectent la réserve en eau du sol mais l'effet sur la culture en zaï est atténué. Roose *et al.* (1993) ont suggéré que le zaï tamponne l'effet d'une sécheresse durant deux à trois semaines si la capacité de stockage en eau du sol est suffisante. De ce fait, dans les sols peu épais, les sols à cuirasse ferrugineuse et les sols à faible capacité de rétention d'eau (sols sableux minéraux), le zaï serait moins efficace ; ils considèrent également que le zaï n'est pas approprié aux zones recevant moins de 300 mm, ni à celles recevant plus de 800 mm de pluies, comme la zone soudanienne, où l'engorgement des cuvettes et la lixiviation des bases sont favorisés. De là, et sur le plan pratique, on comprend que le positionnement du zaï dans le bassin versant ou sur la toposéquence est important.

Effet sur le ruissellement et l'érosion

Un des intérêts majeurs du zaï réside dans la gestion du ruissellement (Roose *et al.*, 1993). Cette affirmation est corroborée par les résultats de quatre années d'expérimentation au Niger comparant l'efficacité du tassa à d'autres traitements (Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004). Le coefficient de ruissellement est réduit à 2,7 % avec le tassa et à 7,3 % avec le paillage, alors qu'il est de 31,6 % avec le témoin. Quant à l'érosion, le tassa et le paillis ont eu la même efficacité, ils l'ont réduite d'un facteur de 10 relativement au témoin. Botoni et Reij (2009) rapportent de nombreuses situations dans le Sahel où, à l'intérieur ou en aval des zones aménagées par les techniques de CES, les paysans font état d'un relèvement du niveau piézométrique de la nappe phréatique. Des études approfondies manquent cependant dans ce domaine.

Effet sur la culture et le rendement

En améliorant les conditions de nutrition hydrique et minérale de la plante, le zaï permet d'accroître la production de biomasse et le rendement grain des céréales (Fatondji, 2002 ; Fatondji *et al.,* 2006). Cependant, toutes des études montrent que

le zaï seul ne suffit pas à relever notablement la production ; l'apport de ressources organiques est primordial et, la production du système augmente avec la qualité des ressources organiques apportées, le fumier arrivant en tête (Roose *et al.,* 1993 ; Kabore, 1994 ; Fatondji, 2002 ; Dan Lamso, 2002). Les engrais minéraux (phosphates, NPK, Urée) utilisés seuls ne relèvent pas drastiquement la production du zaï (Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004), leur efficacité est particulièrement réduite dans les sols acides avec toxicité aluminique et/ou à très faible capacité de rétention des éléments nutritifs. Zougmoré *et al.* (2003) arrivent aux mêmes résultats sur les demi-lunes, de dimensions plus grandes que le zaï. Ils concluent que la levée de la contrainte hydrique dans les sols ferrugineux tropicaux dévoile l'autre contrainte majeure de l'acidité et la déficience en nutriments des sols tropicaux.

Même en l'absence de termites, le zaï améliore la décomposition des ressources organiques et la libération des nutriments ; l'efficience agronomique et celle de l'utilisation des nutriments sont meilleures sous le zaï comparativement au mode de culture traditionnel (Fatondji, 2002 ; Fatondji *et al.,* 2006 ; Fatondji *et al.,* 2009). Les auteurs relèvent cependant des problèmes de synchronisation entre la demande de la plante en nutriments et leur libération par décomposition de la matière organique. Ces problèmes sont liés à la qualité des ressources organiques : les ressources de bonne qualité (fumier) se décomposent rapidement, alors que le système racinaire de la plante n'est pas encore suffisamment développé pour les capter, il en résulte des pertes d'azote par drainage profond surtout en sol sableux. Les ressources organiques de moindre qualité (paille de céréales) immobilisent l'azote (Fatondji, 2002 ; Fatondji *et al.*, 2006).

Effet sur la biodiversité

Sur les parcelles paysannes traitées en zaï, il y a souvent un retour rapide et important de la flore herbacée et ligneuse. Les cuvettes de zaï piègent en effet les graines transportées par le vent et l'eau et reçoivent les graines dans le fumier et le compost apportés par l'agriculteur. Les graines ayant transité par le tractus intestinal des animaux voient leur dormance levée par les acides gastriques et germent rapidement (Yélémou *et al.,* 2007b). Roose *et al.* (1993) ont observé que les tas de poudrette contiennent les graines d'une douzaine d'espèces légumineuses arbustives consommées par le bétail. Le *P. reticulatum*, espèce dont les animaux consomment les gousses fait souvent partie du cortège floristique que le zaï régénère.

Les arbustes locaux *P. reticulatum* et *G. senegalensis*

P. reticulatum est une Césalpiniacée, i. e. une légumineuse qui ne nodule pas, *G. senegalensis* est une Combrétacée. Les deux espèces sont généralement décrites comme des arbustes pérennes mais parfois, elles ont un port d'arbre pouvant atteindre

une dizaine de mètres de hauteur (Arbonnier, 2009). Leur aire géographique s'étend le long de la bande sahélienne, de l'Atlantique à la mer Rouge. *P. reticulatum* se développe dans les zones climatiques soudano-sahélienne et soudanienne, alors que *G. senegalensis* est plus commun dans la zone soudano-sahélienne. Les deux espèces croissent pendant la saison sèche et leur feuillage est persistant (Arbonnier 2009 ; Poilcot *et al.*, 2009). Elles sont grégaires et peuvent former des populations très denses, mixtes ou monospécifiques, aussi bien dans les jachères que dans les champs cultivés (Arbonnier, 2009 ; Poilcot *et al.*, 2009 ; Wezel et Boecker, 1998 ; Yélémou *et al.*, 2007a). *P. reticulatum* préfère les sols profonds, non compactés et humides, alors que *G. senegalensis* se contente des sols pauvres, sableux et cuirassés (Arbonnier, 2009 ; Hejcmanova-Nezerková et Hejcman, 2006 ; Wezel et Boecker, 1998 ; Thiombiano *et al.*, 2006). Les deux espèces se multiplient par rejet de souches et résistent au feu de brousse ; *P. reticulatum* se multiplie facilement par semence (Yélémou *et al.*, 2007b), alors que pour *G. senegalensis*, Bationo *et al.* (2005) conseillent le marcottage.

Des études (Gustad *et al.*, 2004 ; Yélémou *et al.*, 2007a ; Wezel et Haigis, 2000) attestent qu'en Afrique de l'Ouest, les deux espèces sont connues des paysans qui, pour certains, les conservent volontairement dans leurs champs cultivés, mais ils ne les sèment pas ni ne les plantent. Ils peuvent, en revanche, les conserver quand elles apparaissent dans les champs cultivés, comme rapporté par Roose *et al.* (1993) dans les régions où le zaï est pratiqué. Les interactions des paysans avec les deux arbustes sont nombreuses et varient d'un site à un autre. Les usages les plus courants sont la médecine traditionnelle et le bois de cuisson. Elles font aussi l'objet de nombreux autres usages. *P. reticulatum*, en particulier, est fortement exploité : l'écorce est utilisée pour la fabrication de cordes et de teinture, le bois est utilisé dans la toiture des habitats et des silos à grains ou, pour clôturer les enclos. Il est utilisé dans de nombreuses fabrications artisanales : manches d'outils, paniers, pilons, mortiers, tabourets, cannes, ustensiles, masques, etc., qui peuvent être commercialisées. Par ailleurs, cette espèce en particulier a une valeur culturelle et cultuelle (Arbonnier, 2009 ; Yélémou *et al.*, 2007a).

Les deux espèces interviennent peu dans l'alimentation humaine : en période de disette, les graines de *P. reticulatum* peuvent servir à la fabrication de condiments (Arbonnier, 2009). Les jeunes feuilles servent dans certaines localités à des préparations culinaires (Yélémou *et al.*, 2007a). Pour ce qui est de l'alimentation animale, les feuilles des deux espèces, riches en tanins, attirent peu le bétail sauf en fin de saison sèche, particulièrement pour *G. senegalensis*, quand il n'y a rien à manger (Wezel et Böcker, 1999). Les gousses de *P. reticulatum* sont en revanche bien appréciées du bétail ; localement, elles sont récoltées et stockées pour servir de fourrage durant la saison sèche (Zoundi *et al.*, 1996).

Effet sur le sol

Les deux espèces affectent la fertilité du sol dans leur voisinage immédiat. Dans les sols ferrugineux sableux du sud-ouest du Niger, Wezel *et al.* (2000) ont réalisé des analyses à des intervalles réguliers de 50 cm sous *G. senegalensis*. Les résultats

montrent un accroissement centripète des concentrations de C, N, et P, démarrant à 250 cm du centre de la canopée. Des transects microtopographiques montrent une élévation du sol de 11 à 20 cm au pied des arbustes. Ils expliquent la microstructure par les phénomènes d'érosion-dépôt et l'appellent « îlot de fertilité ». L'extension de l'analyse à une centaine d'arbustes des deux espèces a confirmé l'enrichissement en C, N, P et K du sol sous la canopée comparativement au sol hors de la canopée. L'enrichissement est plus important sous *P. reticulatum* que sous *G. senegalensis*. Ils observent également que sous la canopée de *G. senegalensis* Ca^{2+} est réduit, H^{+} et Al^{3+} sont élevés et corrélativement le pH est abaissé, alors que sous la canopée de *P. reticulatum*, Ca^{2+} et le pH ne sont pas modifiés et la CEC effective est augmentée. Dans les sols ferrugineux sableux du Sénégal, Dossa *et al.* (2009) confirment la forte concentration de C, N et P dans les sols sous la canopée comparativement à ceux hors de la canopée, mais ici les fortes concentrations sont obtenues sous *G. senegalensis*. Les auteurs confirment également l'acidité du sol sous *G. senegalensis* comparativement à celui sous *P. reticulatum*, qu'ils attribuent à la chimie de la litière.

Ces investigations montrent bien que les deux arbustes affectent la fertilité du sol au sein des parcelles paysannes. Il reste à mieux comprendre la part de la fertilité qui leur est proprement due (litière, racines, etc.) de celle due aux matières qu'ils interceptent et concentrent à leurs pieds. De même, l'origine et les effets de l'acidité élevée du sol sous *G. senegalensis* méritent des investigations.

Effet sur les cultures et les rendements

Louppe (1991) note que la productivité des cultures est toujours élevée à l'endroit des arbustes de *G. senegalensis* recépés. Partant de l'observation que les agriculteurs sèment le mil à une densité toujours plus élevée à l'endroit des arbustes, Wezel (2000) étudie l'effet du recépage/non-recépage sur la production, biomasse et grain, du mil sur un sol sableux du Niger. L'impact des arbustes sur la production du mil est significatif, les résultats montrent un accroissement centripète des rendements, grain et biomasse ; les valeurs les plus élevées sont obtenues à 120 cm du centre de l'arbuste. Au-delà d'un rayon de 200 cm, aucun effet de l'arbuste sur le rendement n'est observé. Le recépage total conduit à des rendements plus élevés que le recépage partiel ou l'absence de recépage. Les données obtenues par Dossa (2007) sur des sols sableux du bassin arachidier du Sénégal montrent également l'effet positif des deux espèces d'arbustes sur les rendements de l'arachide et du mil. Ces améliorations de rendements s'expliquent par la concentration des ressources minérales sous la canopée, mais également par la facilitation de l'alimentation hydrique que les deux espèces d'arbuste peuvent procurer à la culture associée du fait qu'elles réalisent la redistribution hydraulique (Kizito *et al.*, 2006, 2007). Cependant, dans certaines situations ou à certaines périodes de l'année une compétition pour l'eau peut se produire entre l'arbuste et la culture associée (Gaze *et al.*, 1998). Il s'agit là d'un aspect qui mérite plus d'investigation à l'avenir pour aider dans la recherche du meilleur compromis entre la population d'arbustes et les services recherchés pour la culture associée.

Gestion paysanne des arbustes

En Afrique de l'Ouest, les méthodes utilisées par les paysans pour gérer les deux arbustes diffèrent d'un endroit à l'autre. Dans deux villages du bassin arachidier du Sénégal distants l'un de l'autre de 200 km, Louppe (1991), Diack (1998) et Diack *et al.* (2000) décrivent une gestion similaire de *G. senegalensis*. De mai à juin, avant le démarrage de la saison de pluies, les paysans préparent manuellement leurs champs pour installer le mil ou l'arachide. Toutes les touffes de *G. senegalensis* sont coupées au ras du sol et tout le bois est ramassé pour servir de bois de cuisson. Les feuilles restent sur place, en mulch ou rassemblées en tas et brûlées quand elles sont abondantes. Pendant la saison de pluies, les repousses sont coupées et laissées entre

Figure 1.
Gestion paysanne des arbustes natifs P. reticulatum *et* G. senegalensis *en Afrique subsaharienne.*

Dans certaines localités de l'Afrique de l'Ouest, les paysans associent les arbustes natifs à leurs cultures annuelles (G. senegalensis au Niger et P. reticulatum au Burkina Faso). L'arbuste est utilisé comme une plante relais.
La biomasse des arbustes est partagée entre différents usages compétitifs : la couverture du sol (2a et 2c : mulch de branches de P. reticulatum, *2c : dans une demi-lune ;*
2b : mulch de branches de G. senegalensis*), l'élevage (2d : feuilles de* G. senegalensis *au Niger) et le ménage (bois de cuisson). Les feuilles des deux arbustes sont de mauvaise qualité nutritive et peu attractives pour le bétail sauf quand il ne reste plus rien à manger.*
Les gousses de P. reticulatum *sont de bonne qualité nutritive et appréciées par les animaux.*

les rangs de la culture. Celles arrivant après le dernier désherbage sont épargnées, elles continuent leur croissance pendant la saison sèche et la touffe se reforme. Au sud-ouest du Niger, Wezel (2000) et Wezel *et al.* (2000) rapportent que les arbustes de *G. senegalensis* sont recépés de janvier à mars et lors du désherbage, en juillet/août. Ils ne précisent pas ce qui est fait de la biomasse coupée.

Dans deux villages séparés par plus de 1 000 km de distance, Guidan Bakoye au Niger (N 13°41' ; E 7°46') et Yilou au Burkina Faso (N 13°1' ; W 1°32'), nous avons observé que les paysans ne brûlent pas les feuilles des arbustes, mais les conservent comme mulch (fig. 1). À Guidan Bakoye, *G. senegalensis* est l'espèce dominante et la densité des touffes dans les parcelles cultivées est faible. De mars à juin (période sèche), les paysans recèpent toutes les touffes en conservant une à deux branches robustes sur certaines d'entre elles. Une partie des branches coupées est laissée sur place à l'endroit de la touffe, l'autre partie est ramenée au village et donnée en fourrage aérien à des petits ruminants parqués dans des enclos au voisinage des maisons. Lorsque les branches sont libérées des feuilles, elles sont ramassées pour servir de bois de feu. Au démarrage de la saison de pluies en juin/juillet, le mil est semé plus densément à l'endroit de la touffe et dans son voisinage immédiat. Durant la saison des pluies, les rejets sont coupés au moment du désherbage (deux désherbages en tout). À Yilou, *P. reticulatum* domine et sa densité dans les parcelles paysannes peut être élevée. D'avril à mai, voire juin, toutes les branches de toutes les touffes sont recépées et laissées sur place. Après les premières pluies, le sorgho est semé plus densément à l'endroit des touffes. Le ramassage du bois peut s'étaler jusqu'à la montée de la céréale. Les rejets sont coupés pendant les deux désherbages. Dans le nord du Burkina Faso, nous avons aussi observé que certains paysans utilisent les feuilles et branches de *P. reticulatum* sur le zaï et les demi-lunes.

Discussion

Il y a une grande similitude entre le zaï et les arbustes natifs au regard des ressources hydriques, minérales et organiques qu'ils concentrent dans des « poches », pour le premier, ou dans des « îlots », pour les seconds, et plus généralement au regard de la fertilité du sol. Les cuvettes de zaï sont préparées pendant la saison sèche, bien avant l'arrivée des pluies. Durant la période précédant l'installation des pluies, le zaï piège les matières organiques, y compris les graines, et minérales mises en mouvement par le vent. Les ressources organiques piégées provoquent l'activité des termites (fig. 2) qui créent une porosité facilitant l'infiltration de l'eau, ce qui expliquerait l'intérêt de la précocité de la préparation des cuvettes sous-entendu par le terme « zaï », comme expliqué plus haut.

Pendant la saison des pluies, les cuvettes interceptent et infiltrent les eaux de ruissellement et captent leur charge solide, ce qui atténue notablement l'érosion hydrique (fig. 3).

Figure 2.
Durant la saison sèche, les cuvettes de zaï piègent les matières organiques, feuilles de ligneux, résidus des cultures, graines, etc., mises en mouvement par le vent (2a), ce qui provoque l'activité des termites (2b).

Figure 3.
Quand il est proprement appliqué, le zaï réduit considérablement le ruissellement et piège les matières transportées par l'eau.
(3a)- Cuvettes de zaï après une pluie, le bourrelet n'est pas totalement détruit, des résidus de culture et des branchages sont piégés, au fond de la cuvette se produit une sédimentation de particules fines qui peut reduire l'infiltration de pluies suivantes.
(3b)- Vue à la verticale d'une cuvette de zaï en saison sèche mettant en évidence la sédimentation de particules fines, le bourrelet a disparu.
À la saison suivante, l'agriculteur gratte le fond de la cuvette et reconstitue le bourrelet.

Pendant la saison sèche, les arbustes interceptent et concentrent à leurs pieds les particules minérales et les débris organiques mis en mouvement par le vent et piègent les particules fines transportées par l'harmattan, d'où l'intérêt des touffes multitiges (fig. 4) auxquelles, bien souvent, est associée une activité notable des termites (fig. 5).

Figure 4
En plus de leur propre litière, les arbustes interceptent et accumulent à leurs pieds les matières organiques et minérales en mouvement, ce qui finit par former un relief convexe sous la canopée où le sol est très fertile, appelé îlot de fertilité (4a).
Les touffes multitiges sont plus efficaces dans cette interception (4b), ici jeunes rejets.

Figure 5.
Bien souvent, l'activité biologique, termite surtout, est notable dans les îlots de fertilité (5a).
Des termitières sont fréquemment associées aux touffes de P. reticulatum (5b).

En début de la saison humide, les arbustes s'opposent au ruissellement en interceptant les matières transportées (fig. 6), d'où l'intérêt d'un recépage tardif et/ou partiel des touffes. Cependant, un recépage tardif peut pénaliser la culture du fait de l'immobilisation de l'azote (Dossa *et al.*, 2009), car les ressources organiques issues des deux arbustes sont de moindre qualité, i. e pauvres en azote et riches en lignine et tannins (Diack, 1998). Un recépage précoce réduirait le risque d'immobilisation de l'azote avec, corrélativement, une perte du bénéfice antiérosif des arbustes et de captures des poussières de l'harmattan.

Par ailleurs, les branches recepées peuvent être : i) déposées aléatoirement sur le sol avoisinant les endroits des touffes, formant ainsi un mulch lâche, discontinu, qui risque d'être déplacé en raison de vents violents qui précédent les pluies ; ii) concentrées préférentiellement sur les parties les moins fertiles de la parcelle, en mulch continu, ou encore ; iii) agencées en un mulch continu très dense, amovible (fig. 7), qui est progressivement déplacé sur les emplacements de la parcelle où le

© Rabah Lahmar

Figure 6.
Le port en multitiges de P. reticulatum facilite le piégeage des tiges de céréales et autres débris organiques, faisant barrière au ruissellement et à la perte de ressources organiques de la parcelle.

© Rabah Lahmar

Figure 7.
Mulch amovible fait de branches de P. reticulatum.
Les branches sont agencées de manière à constituer un mulch dense capable de résister au soulèvement par les vents violents qui précèdent les premières pluies. Il sera déplacé graduellement sur les parties dégradées de la parcelle (ici en arrière-plan) au fur et à mesure que l'activité des termites devient évidente.

sol est dégradé au fur et à mesure que l'activité des termites devient évidente ou que des graines germent. Après le déplacement du mulch, les plantules ne survivraient pas à la sécheresse à cause des écarts entre les premières pluies (germination suicidaire ?).

Ces observations montrent à quel point la gestion des arbustes et du mulch dérivé est exigeante en savoir et en travail et que, tout comme le zaï qui est encore plus exigeant en travail, les arbustes sont bien adaptés aux stratégies paysannes d'allocation des ressources limitées et d'exploitation des services écologiques de la faune et de la flore. Par ailleurs, il n'est pas rare qu'au sein d'une même parcelle les paysans utilisent le zaï sur certaines parties et le mulch sur d'autres (fig. 8). Sur un autre plan, le zaï favorise la germination des graines de ligneux piégées ou apportées avec les amendements organiques et protège les jeunes pousses des dommages du vent et des animaux (Roose *et al.*, 1993). *P. reticulatum* et *G. senegalensis* sont souvent présents parmi les espèces ligneuses dominantes dans les zones où le zaï est appliqué et où les paysans ont choisi de les épargner (Yélémou *et al.*, 2007a ; Larwanou et Saadou, 2011), pratique appelée « régénération naturelle assistée » (Vohland et Barry, 2009).

Il semble clair que la synergie entre le zaï et les arbustes natifs, localement exploitée par les paysans, constitue une voie intéressante de récupération des sols et des agroécosystèmes dégradés et de l'accroissement de la productivité primaire préalable à une intensification écologique des systèmes de culture. Il reste néanmoins que le zaï est un système complexe (Roose *et al.*, 1993) encore peu exploré scientifiquement (Droux, 2008 ; Vohland et Barry, 2009). Son fonctionnement et ses impacts à moyen et long terme notamment pour ce qui concerne l'eau dans le sol et dans le bassin versant, l'accumulation de la fertilité dans le sol et, par suite, la profitabilité et la durabilité du système, au demeurant très exigeant en travail,

© Rabah Lahmar © Rabah Lahmar

Figure 8.
Le mulch et le zaï sont bien adaptés aux stratégies paysannes d'allocation des ressources limitées et d'exploitation des services écologiques de la faune et de la flore.
Il arrive que les deux techniques soient utilisées côte à côte sur une même parcelle.
(8a)- Zaï en avant-plan et mulch de P. reticulatum autour d'une termitière, le paysan y sèmera directement le sorgho à la daba.
(8b)- Mulch amovible en avant-plan ; en arrière-plan, réalisation en cours d'un nouveau zaï entre deux parties du champ où le zaï est ancien.
De cette manière, un champ dégradé est graduellement restauré.

restent peu investigués. De nombreuses recherches ont été consacrées aux arbustes, des années 1990 à 2000, sur les sols sableux du Niger et du Sénégal (Lahmar *et al.*, 2011), elles ont montré un effet positif des arbustes sur le sol et sur les cultures associées dans des systèmes à base de labour. Les interactions entre les arbustes et les cultures associées méritent néanmoins de plus amples investigations dans les conditions biophysiques et socioéconomiques contrastées de la petite agriculture sans intrants de l'Afrique subsaharienne. En particulier, une meilleure compréhension des processus écologiques mis en jeu dans ces interactions peut permettre la recherche de meilleurs compromis pour améliorer la profitabilité et la durabilité des systèmes intégrant les arbustes et des ressources qui les supportent.

Conclusion

Il y a suffisamment d'évidences empiriques soutenues, pour certaines, par des résultats scientifiques qui attestent de l'intérêt et de l'adaptation du zaï et des arbustes natifs aux petites agricultures pluviales des agroécosystèmes arides et semi-arides subsahariens faiblement dotées en ressources. Pour produire sur des terres, autrement improductives, et les aggrader, les paysans exploitent des services que le zaï et les arbustes procurent, comme celui de concentrer les ressources hydriques, minérales et organiques ou encore les médiations qu'ils facilitent, comme l'activité biologique dont dépendent le recyclage des éléments nutritifs et l'entretien de la MOS. Ces services et médiations, les mécanismes et processus qu'ils engagent méritent d'être mieux connus. Le zaï permet de restaurer rapidement les propriétés hydrophysiques du sol, mais la production agricole n'y est notablement améliorée qu'en présence de ressources organiques. Par ailleurs, on a peu d'idées sur le potentiel du zaï dans la construction et le maintien de la fertilité du sol sur le long terme. La combinaison du zaï et des arbustes peut s'avérer une approche intéressante pour la restauration de la fertilité du sol et l'accroissement de la productivité primaire des terres. L'intégration des arbustes aux cultures comme des plantes relais gérées annuellement par recépage peut ouvrir la voie à une intensification écologique des agricultures paysannes en Afrique subsaharienne. Un investissement en recherche sur les systèmes actuels associant arbustes natifs et cultures annuelles pratiqués dans certaines localités en Afrique subsaharienne semble nécessaire.

Références

Arbonnier M., 2009 - Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. 3e ed. Versailles, QUAE, 572 p.

Barro, A., Zougmoré R. et Taonda S.J.B., 2005 - Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride. Cahiers Agricultures, 14 : 549-559.

Barry B., Olaleye A.O.,
Zougmoré R. and Fatondji D., 2008 -
Rainwater harvesting technologies
in the Sahelian zone of West Africa
and the potential for outscaling.
IWMI Working paper 126, 32 p.

Bationa A., Kihara J., Vanlauwe B.,
Waswa B., Kimetu J., 2007 -
Soil organic carbon dynamics, functions
an management in west African agro-ecosystems.
Agricultural Systems, 94 : 13-25.

Bationo B-A., Karim S.,
Bellefontaine R., Saadou M., Guinko S.,
Ichaou A., Bouhari A., 2005 -
Le marcottage terrestre : technique économique
pour la régénération de certains ligneux
tropicaux. Sécheresse, 16 : 309-311.

Baudron F., Corbeels M., Monicat F.,
Giller K.E., 2009 -
Cotton expansion and biodiversity loss
in African savannahs, opportunities and
challenges for conservation agriculture:
a review paper based on two case studies.
Biodivers Conserv., 18 : 2625 – 2644.

Bindraban, P.-S., Löffler, H.
and Rabbinge, R. 2008 -
How to close the ever widening gap of Africa's
agriculture. Int. J. Technology and Globalisation.
4 : 276-295.

Botoni E., Reij C. 2009 -
La transformation silencieuse de l'environnement
et des systèmes de production au Sahel :
Impacts des investissements publics et privés
dans la gestion des ressources naturelles.
CIS-VUA/CILSS, 61 p.

Bouzou-Moussa I., Dan Lamso N., 2004 -
Le « tassa » : une technique de conservation
des eaux et des sols bien adaptée aux conditions
physiques et socio-économiques des glacis
des régions semiarides (Niger).
Revue de géographie alpine, 92 : 61-70.

Clavel D., Barro A., Belay T.,
Lahmar R, Maraux F., 2008 -
Changements techniques et dynamique
d'innovation agricole en Afrique sahélienne :
le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso
et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie.
VertigO – la revue électronique en sciences
de l'environnement, 8 :1-10.

Cobo J.G., Dercon G., Cadisch G., 2010 -
Nutrient balances in African land use
systems across different spatial scales:
A review of approaches, challenges and progress.
Agric. Ecosyst. Environ. 136 : 1–15

Dan Lamso N., 2002 -
Valorisation des eaux de ruissellement
en zones arides et semiarides méditerranéennes
et sahéliennes par les techniques traditionnelles
d'aménagement des sols. Thèse 3e cycle :
Université Abdou Moumouni de Niamey
et Université de Tunis II. 278 p.

Diack M., 1998 -
P. reticulatum dans un parc de *Cordyla pinnata* :
effet sur la régénération des sols dégradés
au Sénégal. Memoire de titularisation.
ISRA CRA de Kaolack. 48 p.

Diack M., Sene M., Badiane A.N.,
Diatta M., Dick R.P., 2000 -
Decomposition of a native shrub, P. reticulatum,
litter in soils of semi-arid Senegal. Arid Soil
Research and Rehabilitation 14 : 205-218.

Dossa E.L., 2007 -
The biochemistry of nitrogen and phosphorous
cycling in native shrubs ecosystems in Senegal.
Ph.D. dissertation. Oregon State University,
Corvallis. 130 p.

Dossa E.L., Khouma M., Diedhiou I.,
Sene M., Kizito F., Badiane A.N.,
Samba S.A.N., Dick R.P. 2009 -
Carbon, Nitrogen and phosphorus
mineralization potential of semi-arid Sahelian
soils amended with native shrub residues.
Geoderma, 148 : 251-260.

Droux D., 2008 -
Réhabilitation des sols dégradés des zones
sèches sahéliennes avec la technique du zaï.
Etat des connaissances, perception et pratiques
paysannes dans le nord du Burkina Faso.
Mém. Matser II. Univ Paris XII Val-de-Marne.
63 p.

Fatondji D., 2002 -
Organic amendement decomposition,
nutrient release and nutrient uptake
by millet (Pennisetum glaucom L. R. Br)
in a traditional land rehabilitation
technique (zaï) in the Sahel.
PhD thesis, University of Bonn,
Germany. 140 p.

Fatondji D., Martius C., Bielders C.L,. Vlek P.L.G, Bationo A. et Gerard B., 2006 - Effect of planting technique and amendment type on pearl millet yield, nutrient uptake, and water use on degraded land in Niger. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 76 : 203–217.

Fatondji D., Martius C., Zougmore R., Vlek P. L. G., Bielders C. L., Koala S., 2009 - Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 85 : 225–239.

Feller, C., Beare, M.H., 1997- Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. Geoderma, 79 : 69–116.

Garrity, D.P., Akinnifesi, F.K., Ajayi, O.C., Weldesemayat, S.G., Mowo, J.G., Kalinganire, A., Larwanou, M., Bayala, J., 2010 - Evergreen agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. Food Secur., 2 : 197–214.

Gaze S.R., Brouwer J., Simmonds L.P., and Bromley J., 1998 - Dry season water use patterns under G. senegalensis L. shrubs in a tropical savanna. Journal of Arid Environments., 40 : 53-67.

Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M., Tittonell, P., 2009 - Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. Field Crop Res., 114 : 23–24.

Giller, K.E., Corbeels, M., Dercon, G., Jenrich, M., Nyamangara, J., Triomphe, B., Affholder, F., Scopel, E., Tittonell, P., 2011 - A research agenda to explore the role of conservation agriculture in African smallholder farming systems. Field Crop Res., 124 : 468–472.

Gustad G., Dhillion S.S., Sidibé D., 2004 - Local uses and cultural and economic value of products from trees in the parklands of the municipality of Cinzana, Mali. Economic Botany, 58 : 578-587.

Hejcmanovă-Nežerková P., Hejcman M., 2006 - A canonical correspondence analysis (CCA) of the vegetation–environment relationships in Sudanese savannah, Senegal. South African Journal of Botany, 72 : 256 – 262.

Kabore V.S., 1994 - Amélioration de la production végétale des sols dégradés (zipella) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï). Thèses de doctorat : Ecole Polytechnique de Lausanne, Suisse. 194 p.

Kidane W., Maetz M., Dardel P., 2006 - Sécurité alimentaire et développement agricole en Afrique subsaharienne. Dossier pour l'accroissement des soutiens publics. Rapport principal. Rome, FAO, 108 p.

Kintché, K., Guibert, H., Sogbedji, J.M., Levêque, J., Tittonell, P., 2010 - Carbon losses and primary productivity decline in savannah soils under cotton–cereal rotations in semiarid Togo. Plant Soil, 336 : 469–484.

Kizito F., Draglia M., Sene M., Lafufa A., Diedhiou I., Dick R.P., Selker J.S., Diack M., Dossa E., Khouma M., Badiane A.N., Ndiaye S., 2006 - Seasonal soil water variation and root patters between two semi-arid shrubs co-existing with pearl millet in Senegal, West Africa. Journ. Arid Environ., 67, 436-455.

Kizito F., Sene M., Draglia M., Lafufa A., Diedhiou I., Dossa E., Cuenca R., Selker J.S., Dick R.P., 2007 - Soil water balance of annual crop-native shrub systems in Senegal's Peannut Basin : the missing link. Agric. water manage., 90 : 137-148.

Lahmar, R., Bationo, B.A., Dan Lamso, N., Guéro, Y., Tittonell, P., 2011- Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones: building on traditional local practices for soil restoration. Field Crop Res., doi:10.1016/j.fcr.2011.09.013.

Lal, R., 1989 - Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. Adv. Agron., 42 : 85–197.

Lal, R., 2008 - Soils and sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev., 28 : 57– 64.

Larwanou, M., Saadou, M., 2011 - The role of human interventions in tree dynamics and environmental rehabilitation in the Sahel zone of Niger. Journ. Arid Environ., 75 : 94–2000.

Louppe D., 1991 -
G. senegalensis : espèce agroforestière ?
Micro-jachère dérobée de saison sèche et approvisionnement énergétique d'un village du centre nord du Bassin Arachidier sénégalais.
Revue Bois et Forêts des tropiques, 228 : 41-47.

Mando A., Stroosnijder L., Brussaard L., 1996 -
Effect of termites on infiltration into crusted soil.
Geoderma, 74 : 107-113.

Mando A., 1997 -
The impact of termites and mulch on the water balance of crusted Sahelian soils.
Soil Technol., 11 : 121–138.

Mando A., Miedema R., 1997 -
Termite-induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in Sahel.
Applied Soil Ecology, 6 : 241-249.

Mando A., Brussaard L., Stroosnijder L., 1999 -
Termite- and mulch-mediated rehabilitation on crusted soil in West Africa.
Restoration Ecology, 7 : 1, 33-41.

Mando A., Fatondji., Zougmoré R., Brussaard L., Bielders C.L., and Martius C., 2006 -
Restoring Soil Fertility in Semi-Arid West Africa. *In* Biological Approaches to Sustainable Soil Systems.
Edited by Norman Uphoff.
CRC Press, pp 391–399.
DOI: 10.1201/9781420017113.ch26

Manlay R.J., Feller C., Swift M.J., 2007-
Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems.
Agr. Ecosys. Environ., 119 : 217–233.

Ouédraogo, E., Mando, A., Brussaard, L., 2004 -
Soil macrofauna-mediated organic resources disappearance in semi-arid West Africa.
Appl. Soil Ecol., 27 : 259–267.

Pieri, C., 1989 -
Fertilité des terres de savane.
Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara.
Montpellier, Ministère de coopération et du Développement et CIRAD. 444 p.

Poilcot P., Saidi S., N'gakoutou E.B., 2009 -
Phytogéographie du Parc national de Zakouma (Sud-Est du Tchad).
Sécheresse., 20 : 286-295.

Roose, E., Kabore, V. et Guenat C. 1993 -
Le zaï. Fonctionnement, limites et améliorations d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en region soudano-sahélienne (Burkina Faso).
Cah. Orstom, Sér. Pédol., XXVII : 159-173.

Schlecht, E., Buerkert, A., Tielkes, E., Bationo, A., 2006 -
A critical analysis of challenges and opportunities for soil fertility restoration in Sudano-Sahelian West Africa.
Nutr. Cycl. Agroecosyst., 76, 109–136.

Thiombiano A., Schmidt M., Kreft H., Guinko S., 2006 -
Influence du gradient climatique sur la distribution des espèces de Combretaceae au Burkina Faso (Afrique de l'Ouest).
Candollea, 61 : 189-213.

Tittonell P., Scopel E., Andrieu N., Posthumus H., Mapfumo P., Corbeels M., van Halsema G.E., Lahmar R., Lugandu S., Rakotoarisoa J., Mtambanengwe F., Pound B., Chikowo R., Naudin K., Triomphe B., Mkomwa S., 2012 -
Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa.
Field Crops Res.,
doi:10.1016/j.fcr.2011.12.011

Vanlauwe B., Giller K.E., 2006 -
Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa.
Agric. Ecosyst. Environ., 116 : 34-46.

Vermeulen S., Zougmoré R., Wollenberg E., Thornton P., Nelson G., Kristjanson P., Kinyangi J., Jarvis A., Hansen J., Challinor A., Campbell B. and Aggarwal P., 2012-
Climate change, agriculture and food security: a global partnership to link research and action for low-income agricultural producers and consumers. Curr. Opin. Environ. Sustain.,
doi : 10.1016/j.cosust.2011.12.004.

Vohland, K., Barry, B., 2009 -
A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands.
Agric. Ecosyst. Environ., 131 : 119–127.

Wezel A., 2000 -
Scattered shrubs in pearl millet fields
in semiarid Niger: Effect on millet production.
Agroforestery Systems, 48 : 219-228.

Wezel A., et Boecker R., 1998 -
Fallow plant communities and site characteristics
in semi-arid Niger, West Africa.,
Journ. Arid Environ., 40 : 269-280.

Wezel A., Böcker R., 1999 -
Mulching with branches
of an indigenous shrub (*G. senegalensis*)
and yield of millet in semi-arid Niger.
Soil Till. Res., 50 : 341-344.

Wezel A., Haigis J., 2000 -
Farmers' perception of vegetation changes
in semi-arid Niger.
Land Degrad. Develop., 11 : 523 - 534.

Wezel A., Rajot- J.L.,
et Herbrig C., 2000 -
Influence of shrubs on soil
characteristics and their function
in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger.
Journ. Arid Environ., 44 : 383–398

Yélémou B., Bationo B-A. Yaméogo G.,
Millogo-Rasolodimby J., 2007a -
Gestion traditionnelle et usages de *P. reticulatum*
sur le Plateau central du Burkina Faso.
Bois et Forêts des tropiques, 291 : 55-66.

Yélémou B., Yaméogo G.,
Millogo-Rasolodimby J., Hien V., 2007b -
Germination sexuée
et dynamique de développement
de *P. reticulatum* (D.C.) Hochst,
une espèce agroforestière du Burkina Faso.
Sécheresse, 18 : 185-192.

Zougmoré R., Zida Z., Kambou N.F., 2003 -
Role of nutrient amendments in the success
of half-moon soil and water conservation
practice in semiarid Burkina Faso.
Soil Till. Res., 71 : 143 – 149.

Zoundi S.J., Nianogo A.J., Sawadogo L., 1996 -
Utilisation de gousses de *P. reticulatum* (D.C.)
Hochst. et de feuilles de Cajanus Cajan (L.)
Millsp. en combinaison avec l'urée
pour l'engraissement de moutons Djallonké
type mossi et du sud au Burkina.
Tropicultura, 14 : 149- 152.

Programme de la Grande Muraille Verte : défis, stratégies et attentes des acteurs du Togo

Kouami Kokou
Écologie forestière et gestion des ressources naturelles
Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Faculté des Sciences,
Université de Lomé, Togo, BP 1515, Tél. : (228) 22 25 50 94, Fax : (+228) 22 21 85 95
Auteur correspondant : email: kokoukouami@hotmail.com,
Tél. : (228) 90 02 04 11

Kossi Adjonou
Écologie forestière
Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Faculté des Sciences,
Université de Lomé, Togo, BP 1515, Tél. : (228) 22 25 50 94, Fax : (+228) 22 21 85 95

Adzo Dzifa Kokutse
Anatomie végétale et technologie du bois
Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Faculté des Sciences,
Université de Lomé, Togo, BP 1515, Tél. : (228) 22 25 50 94, Fax : (+228) 22 21 85 95

Aboudou Raoufou Radji
Horticulture ornementale et écologie urbaine
Laboratoire de Botanique et Écologie Végétale, Faculté des Sciences,
Université de Lomé, Togo, BP 1515, Tél. : (228) 22 25 50 94, Fax : (+228) 22 21 85 95

Oyétoundé Djiwa
Agronomie-foresterie
Direction de la Planification, Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières,
01 BP : 4825, Lomé (Togo), Tél. : (228) 22 21 28 97, Fax : (228) 22 21 03 33

Tadanlenga Yatombo
Développement rural, aménagement-environnement
ONG RAFIA (Recherche, Appui, Formation aux Initiatives d'Auto-Développement),
BP : 43 Dapaong (Togo), Tél. : (228) 27 70 84 56/ 90 02 04 68, Fax : (228) 27 70 82 37

Résumé

L'Initiative africaine Grande Muraille Verte (IMGV) consiste à entreprendre l'édification d'un mur de verdure du Sénégal à Djibouti pour freiner le désert, afin de contribuer efficacement au développement intégré des zones rurales traversées et aux actions de lutte contre la pauvreté dans le cadre d'un développement durable.

Au Togo, la mise en œuvre de l'IGMV se justifie par la pauvreté des populations locales, les effets négatifs des changements climatiques, et les scénarios de prévisions futures du climat qui montrent une alternance de périodes sèches et de périodes très pluvieuses, surtout au nord du pays. Plusieurs partenaires financiers et techniques notamment la Banque mondiale, le FEM, TerrAfrica, l'Union africaine, les organes de la CNULD, l'UE, l'IDA, etc. apportent leur appui à l'IGMV aux plans régional, national et local. Pour ce faire, l'État togolais a mis au point de nombreuses stratégies en matière de gestion de l'environnement, de lutte contre la désertification et de gestion durable des terres (GDT), de lutte contre les changements climatiques, de conservation et d'utilisation durables de la biodiversité, par le biais du projet de gestion intégré des catastrophes et des terres financé par le FEM-5, la Facilité mondiale pour la réduction de risque de catastrophe et la relance (GFDRR) ouverte aux pays de l'Afrique de l'Ouest et du Sahel et les fonds TerrAfrica. Par ailleurs, l'administration forestière, les associations et les ONG mènent des actions dans la région septentrionale dans le cadre d'autres programmes, notamment le programme « Commune du Millénaire » financé par le PNUD, les programmes de Développement communautaire financés par la Banque mondiale, le projet « Bois-École » financé par le PNUD, le projet « Évolution des systèmes d'aire protégée vis-à-vis du changement climatique en Afrique de l'Ouest-Parcc-Afrique de l'Ouest », le « projet de renforcement du rôle de conservation du système national des aires protégées »...

Mots clés

TOGO, CHANGEMENTS CLIMATIQUES, GESTION DES TERRES,
GRANDE MURAILLE VERTE

Introduction

La désertification affecte les conditions de vie de plus de 2 milliards d'individus sur la planète. Le continent le plus durement touché reste l'Afrique subsaharienne où la pauvreté et l'insécurité alimentaire sont les plus répandues, la capacité de parade aux catastrophes réduite et les moyens d'adaptation au phénomène très faibles (Sokona, 2007). Ce constat va s'aggraver au cours des décennies à venir, car la tendance générale à l'accroissement du risque climatique et à la baisse des capacités des milieux naturels et sociaux indique une hausse des vulnérabilités écologiques et sociales (GTZ, 2007).

La lutte contre la désertification, les changements climatiques et la conservation des ressources naturelles et la diversité biologique dans les milieux arides et subarides constituent une des priorités majeures des États sahélo-sahariens. De ce fait, diverses politiques et stratégies opérationnelles nationales à différentes échelles institutionnelles, traduites en programmes multisectoriels ainsi que des recherches

thématiques de caractérisation, de prévention, de lutte et de restauration ont été menées au cours des cinq dernières décennies. Ces actions déroulées dans des zones éco-géographiques et phytogéographiques à caractéristiques variées ont permis de bâtir une masse importante d'expériences, de pratiques et de données scientifiques et techniques pertinentes. À ceci s'ajoute un important savoir traditionnel, endogène qui a permis aux populations locales de développer à travers des décennies une forme de résilience face aux perturbations environnementales (Gagnol, 2011).

L'Initiative africaine Grande Muraille Verte « IGMV », née lors du 7e sommet des leaders et chefs d'État de la Communauté des États sahélo-sahariens (CEN-SAD) tenu les 1er et 2 juin 2005 à Ouagadougou (Burkina Faso), marque l'engagement et concrétise l'approche stratégique des États sahéliens fortement assujettis aux effets de désertification et de changements climatiques. Cette initiative consiste à entreprendre l'édification d'un mur de verdure du Sénégal à Djibouti pour freiner le désert. Sa particularité est de contribuer efficacement au développement intégré des zones rurales traversées et aux actions de lutte contre la pauvreté dans le cadre d'un développement durable. Le programme GMV intègre ainsi dans sa stratégie et ses objectifs les préoccupations des conventions des Nations unies sur la désertification, les changements climatiques et la biodiversité (CEN-SAD, 2008).

Les variations dans les contextes biophysiques, pédologiques et culturels imposent un développement global par la prise en compte et l'intégration des spécificités locales. Ainsi, les pays potentiels impliqués dans l'IGMV développent leurs propres stratégies. Le Togo ne fait pas partie des 12 pays sahéliens, initialement membres de l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte. Mais la Banque mondiale, en collaboration avec le FEM vient d'initier un programme autour de la Grande Muraille Verte et du lac Tchad qui intègre le Togo, le Bénin et le Ghana qui sont des pays côtiers et donc ne font pas partie des pays traditionnels de l'IGMV. C'est à ce titre qu'au Togo, plusieurs programmes et projets prennent forme. Parmi ces programmes, le projet de gestion intégrée des catastrophes et des terres, financé en partie grâce aux fonds de la 5e reconstitution du Fonds pour l'environnement mondial (FEM-5) au cours de la période 2010-2014 s'inscrit dans les trois domaines focaux (dégradation des terres, changements climatiques et biodiversité). Au cours de l'exercice d'élaboration des axes prioritaires nationaux à soumettre au FEM-5, le programme GMV est apparu comme une priorité nationale et transversale exprimée par les acteurs (ministère de l'Environnement et des Ressources forestières « MERF », 2011a).

L'objectif du présent article est de faire une synthèse des actions, expériences, techniques en cours et autres données pertinentes issues de la recherche scientifique, des pratiques et des savoirs traditionnels acquis dans les différents domaines afin d'optimiser les stratégies et performances de la mise en œuvre de l'IGMV au Togo. Spécifiquement, il s'agit de faire l'état des lieux sur sa mise en œuvre en décrivant (i) les stratégies opérationnelles et (ii) les actions techniques et scientifiques actuellement en cours susceptibles de guider les actions retenues pour l'IGMV au Togo.

Vulnérabilité du Togo face aux changements climatiques et nécessité de l'IGMV

Situé sur la côte du golfe de Guinée en Afrique de l'Ouest, le Togo couvre une superficie de 56 600 km^2. Il est limité au sud par l'océan Atlantique, au nord par le Burkina Faso, à l'est par le Bénin et à l'ouest par le Ghana. Localisé entre 6° et 11° de latitude nord et entre 0° et 2° de longitude est, le pays s'étend du nord au sud sur 660 km. Sa largeur varie entre 50 et 150 km. Le pays est divisé en cinq régions administratives et économiques qui ne jouissent pas en réalité d'une autonomie régionale par manque de mise en place effective de structures administratives et financières appropriées. Les cinq régions sont : la région Maritime (6 100 km^2), la région des Plateaux (16 975 km^2), la région Centrale (13 317 km^2), la région de la Kara (11 738 km^2), la région des Savanes (8 470 km^2) (fig. 1A). Le pays compte actuellement trente-cinq préfectures et une sous-préfecture.

Sur le plan agro-climatique, le Togo est subdivisé en deux zones à partir du 8° parallèle. Au sud (zone agro-climatique guinéenne), le climat est de type inter-tropical ou guinéen caractérisé par deux saisons pluvieuses (d'avril à juillet et de septembre à octobre) séparées par deux saisons sèches (fig. 1B). Au nord (zone agro-climatique soudanienne), le climat est de type tropical soudanien, caractérisé

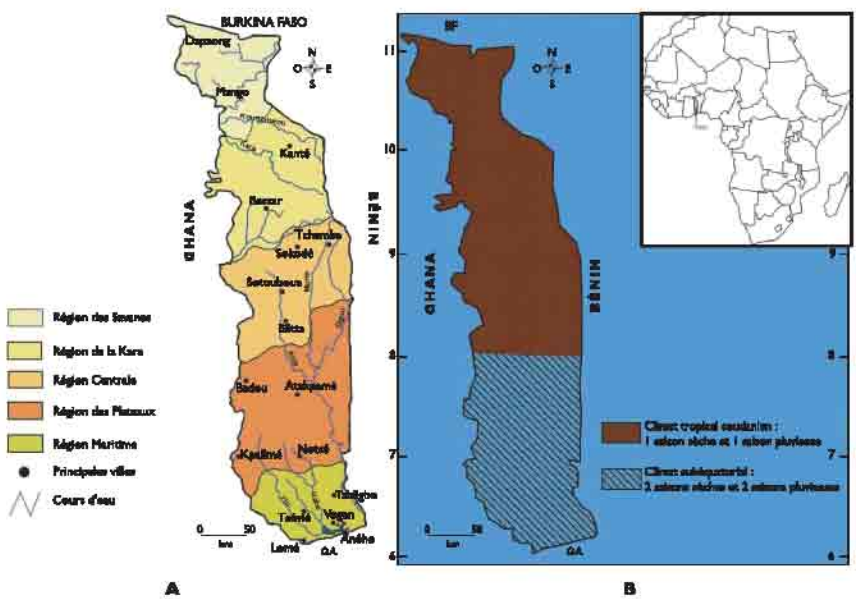


Figure 1.
Découpages administratif (A) et agro-climatique (B) du Togo.

par une saison sèche durant laquelle souffle l'harmattan et une saison pluvieuse dont la durée diminue du sud au nord. La pluviométrie varie de 882 mm à 1 328 mm dans les régions méridionales et de 1 000 mm à 1 302 mm dans les régions septentrionales. Quant à la température, elle varie de 26,4 °C à 27,4 °C dans les régions méridionales et de 26,4 °C à 28,3 °C dans les régions septentrionales. L'humidité relative moyenne est élevée dans les zones méridionales (73 à 78,5 %), mais faible dans les régions septentrionales (56 à 67 %). L'évapotranspiration moyenne est de 1 540 mm/an.

Les changements climatiques qui se manifestent actuellement au Togo se traduisent par la variation des paramètres caractéristiques du climat : la température, les précipitations, le nombre de jours de pluie, l'humidité relative, l'évapotranspiration, l'insolation et les vents. Ainsi, au regard du profil effilé du territoire du nord au sud, la température et les précipitations varient (Agbossou, 2009) :

– en fonction des régions administratives, une variation sensible des régions méridionales (Maritime, Plateaux) vers les régions centrale et septentrionale (Kara, Savanes). Dans les régions méridionales, il y a une évolution des tendances pluviométriques de Lomé vers le nord ;

– en fonction de la latitude, un découpage du climat en trois principales zones : la première s'étend de la côte à 8° de latitude nord, caractérisée par une température de faible amplitude et une pluviométrie d'environ 1 200 mm avec une croissance des végétaux de moins de 240 jours ; la deuxième zone climatique est située entre 8° et 10° de latitude nord avec des amplitudes thermiques journalières élevées, des moyennes pluviométriques élevées dans le centre (1 400 mm) et qui diminuent en allant vers le sud et le nord (1 000 mm). La durée de croissance des végétaux est de l'ordre de 200 jours dans l'année ; la troisième zone située entre 10° et 11° de latitude nord a une pluviométrie d'environ 1 000 mm, des amplitudes thermiques fortes et une durée de croissance des végétaux inférieure à 175 jours.

Dans le cadre des études du Pana (MERF, 2008), les données météorologiques ont permis de mettre en exergue une diminution de la pluviométrie et une augmentation de la température. En fonction de la latitude, les variations relevées sont de 0,9 °C à Lomé, 1,1 °C à Atakpamé, 0,5 °C à Sokodé et 1,1 °C à Mango. Quant aux précipitations, elles diminuent du sud vers le nord de 113,9 mm à Lomé, 36,7 mm à Atakpamé, 80,3 mm à Sokodé, sauf à Mango où elles augmentent de 07,5 mm. Mais les scénarios de prévisions futures de changements climatiques (Wigley *et al.*, 1990 ; IPCC, 2001 ; Agbossou, 2009) ont montré qu'entre 6° (~ Lomé) et 10° (~ Kanté) de latitude nord, les précipitations subiraient une diminution allant jusqu'à 1,4 % en 2025 et 3 % à l'horizon 2050. De 10° à 11° de latitude nord (région des Savanes), elles subiront un accroissement pouvant atteindre 0,8 % en 2025 et 2 % en 2050. Il s'ensuivrait une alternance de périodes sèches et de périodes très pluvieuses surtout au nord du pays. Il s'agit essentiellement des sécheresses extrêmes et prolongées et des inondations dans le cas de fortes précipitations. L'analyse des isohyètes aux horizons 2025 et 2050 révèle une tendance à un découpage du territoire autour de la ville de Kanté (fig. 2). Autour de cette ville, les projections montrent que la pluviométrie devrait rester quasi stationnaire. Ainsi, l'impact de la variation des précipitations et des températures sur les différents secteurs d'activités signifie que la mise en œuvre du programme GMV au Togo ne sera pas pareille dans les deux

zones à effets contrastés en termes de variations pluviométriques, notamment Lomé-Kanté et Kanté-Cinkassé (fig. 2).

Toutefois, des interventions spécifiques comprenant, entre autres, la restauration des terres et la séquestration du carbone, le soutien à la gestion des terres pour les communautés rurales, la mise en place de bonnes pratiques de gestion durable des terres (GDT) par zone agro-écologique, la restauration de sites pilotes dans les zones dégradées, la restauration des pentes de montagne sont des actions à répliquer sur divers endroits du territoire.

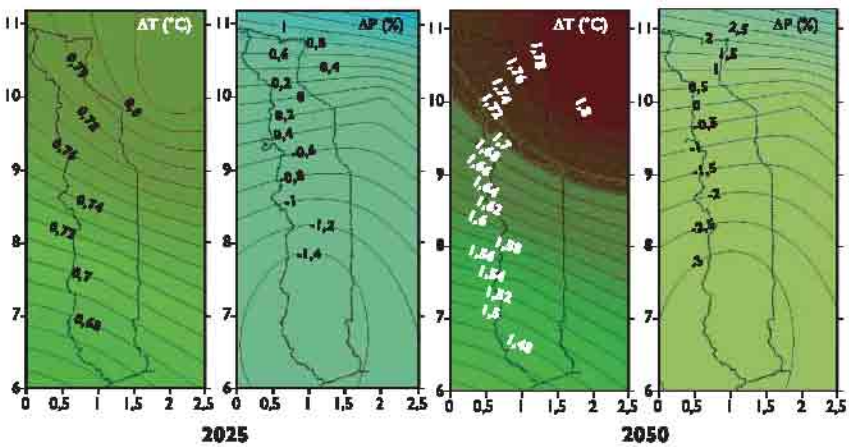


Figure 2.
Température et isohyètes aux horizons 2025 et 2050 (Agbossou, 2009).

État des lieux

Mise à l'échelle de l'IGMV au Togo

L'IGMV au Togo s'inscrit dans le programme Sahel et Afrique de l'Ouest approuvé par les conseils du FEM et du Fonds des pays les moins avancés/Fonds spécial pour les changements climatiques (LDCF/SCCF). Le programme traite des problèmes majeurs liés à la dégradation des terres, y compris la sécurité alimentaire, l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, en vue de soutenir le développement durable dans les pays concernés (fig. 3). Historiquement, ces pays ont connu, entièrement ou partiellement, une forte variabilité des précipitations, et cela devrait s'accentuer, affectant la capacité de leurs ressources en terres et en eau déjà entamées, à fournir en continu des intrants aux écosystèmes agricoles, nécessaires à la lutte contre la pauvreté, à la croissance économique, ainsi que les biens écologiques publics régionaux et mondiaux tels que l'accumulation de carbone dans le sol et dans la biomasse, la recharge des eaux souterraines, etc.

Figure 3.
Pays concernés par l'Initiative de la Grande Muraille Verte (IGMV).

Dans les pays concernés, les principales stratégies de subsistance comprennent l'agriculture, l'élevage de bétail, la pêche, le commerce, ainsi qu'une variété d'occupations urbaines. La variabilité des précipitations, la dégradation des terres (déforestation, monoculture et surpâturage) et la désertification sont quelques-uns des facteurs qui se combinent pour en faire des pays appartenant à ces zones les plus pauvres et les plus dégradées sur le plan écologique dans le monde (Kandji *et al.*, 2006). L'état des ressources dans cette zone n'a cessé de se dégrader en raison de l'expansion des établissements humains et de l'augmentation de la demande alimentaire et de bois de chauffage. Les sécheresses fréquentes accompagnées d'une exploitation anarchique, non durable et mal gérée des terres et des eaux – de surface et souterraines – ont, avec la variabilité naturelle, causé le tarissement des fleuves et lacs nationaux et transfrontaliers, tandis que l'érosion éolienne a enlevé de précieuses couches arables.

Ces difficultés sont en passe de devenir plus chroniques avec les changements climatiques. Les températures plus élevées et plus variables peuvent conduire à une

désertification plus large et plus rapide, des sécheresses et des inondations plus fréquentes, des changements dans la configuration des terres humides saisonnières, un stress de chaleur plus élevé sur le bétail, des changements dans la longueur et la durée de la saison culturale, ainsi que dans la qualité des récoltes et des rendements. Les changements climatiques augmentent généralement les risques de catastrophe, non seulement par une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes et l'élévation du niveau de la mer, mais aussi par l'augmentation des vulnérabilités de la société aux dangers résultant des problèmes de la disponibilité de l'eau, de l'agriculture et des écosystèmes en état de dégradation.

Les conditions mentionnées ci-dessus sont liées à celles de la savane et des zones humides de l'Afrique de l'Ouest. La dégradation des terres, la variabilité climatique, ainsi que l'érosion des sols demeurent des menaces importantes qui mettent en péril les moyens de subsistance, les écosystèmes, les infrastructures et les peuplements. En outre, les échanges et les conflits sur l'utilisation des ressources naturelles sont constants. Par exemple, les conflits entre éleveurs semi-nomades traditionnels et agriculteurs sédentaires autour du Sahel et de la savane sont courants, car les troupeaux se déplacent plus au sud où les systèmes agro-pastoraux se développent et où l'agriculture est associée à la production de bétail.

Soutien régional de l'IGMV au Togo

L'IGMV au Togo est soutenue par la Banque mondiale/FEM. L'IGMV du Togo établit aussi des liens étroits avec le programme TerrAfrica, qui englobe l'Agence de l'Union africaine pour la planification et la coordination (UA-NEPAD), les organes de la Convention des Nations unies pour la lutte contre la désertification (CNULD), et d'autres partenaires tels que l'Agence panafricaine de la GMV. Le programme TerrAfrica et son organisme de coordination FEM-SIP dirigé par la Banque pour la GDT fournissent déjà un appui financier et non financier pour améliorer la pratique, la politique et la planification entre les secteurs, les parties prenantes, en conformité avec la Déclaration de Paris, les plans d'action nationaux de la CNULD, ainsi que le Plan Environnement et le Programme global de développement de l'agriculture en Afrique (CAADP) de l'UA.

En outre, les ressources de l'Association internationale de développement (IDA) de la Banque mondiale constituent la principale source de cofinancement. L'appui de l'IDA permettra aux pays de poursuivre des solutions de gestion intégrée des terres et de l'eau dans un portefeuille cohérent, notamment les opérations telles que la gestion des bassins versants et des ressources hydriques et des flancs de montagnes, la réduction des risques climatiques et des risques de catastrophe, l'agriculture et l'irrigation, le renforcement des capacités des acteurs locaux et des services déconcentrés et le reboisement. Le programme additionnel du FEM se focalise sur la sécurisation des services écologiques provenant de la mosaïque des paysages, en favorisant l'adoption de pratiques de gestion durable des terres et de l'eau et des approches qui présentent des avantages écologiques mondiaux. Il s'agit notamment des pratiques de conservation des sols et de l'eau telles que les

haies brise-vent, les arbres multi-usages sur les terres de production, l'irrigation à petite échelle et la collecte de l'eau. Les approches complémentaires pourraient comprendre, entre autres, la planification à grande échelle de la gestion des bassins versants ou la planification à plus petite échelle de l'utilisation des terres communautaires pour permettre le libre accès au bois de chauffe et à l'élevage, le développement et la gestion du corridor biologique, ainsi que le développement de l'écotourisme.

Le Fonds des pays les moins avancés (Fonds PMA) et le Fonds spécial TerrAfrica constitueront des sources supplémentaires de financement, notamment pour les activités d'adaptation ciblées (telles que la construction d'ouvrage de collecte de l'eau, les variétés de semences améliorées, les équipements de mesure de pluviométrie) pour réduire la vulnérabilité et augmenter la capacité d'adaptation aux impacts réels ou potentiels de la variabilité climatique.

La mise en œuvre du programme GMV au Togo va se faire à trois échelles.

– À l'échelle régionale : pour optimiser les synergies avec la plate-forme TerrAfrica et l'IGMV. Le programme va collaborer avec le Nouveau Partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) qui assure les activités de coordination et de coopération au niveau régional (suivi et partage des connaissances). En outre, les institutions et autorités régionales telles que l'Agence panafricaine de la GMV, ainsi que les centres d'excellence et de recherche joueront un rôle clé en tant que partenaires pour la coordination et l'exécution des activités régionales. Globalement, le programme comptera sur les organismes publics et privés régionaux en place afin de coordonner et mettre en œuvre les opérations régionales ou multi-pays conçues pour compléter les agendas des pays (à travers le plaidoyer, les dialogues politiques ou les alliances opérationnelles) ou de s'attaquer aux problèmes des écosystèmes transfrontaliers. La Banque assurera la coordination avec les partenaires de TerrAfrica.

– À l'échelle nationale : le programme sera mis en œuvre à travers divers projets spécifiques au niveau national en fonction des priorités spécifiques identifiées, de la capacité d'absorption et des opérations d'investissement autonomes. Les ministères en charge de l'environnement et des forêts, de l'agriculture, du développement à la base, de l'eau, de l'énergie, de la planification, de la recherche sont des organismes qui pourraient être impliqués. Le programme se focalisera essentiellement sur les biens publics issus des interventions en Gestion durable des terres et de l'eau (GDTE) ; il nécessitera une extension à d'autres services consultatifs sur le terrain. Les ONG et les comités de coordination locale joueront également un rôle important en fournissant des conseils aux projets individuels afin qu'ils puissent contribuer à l'objectif commun du programme et en participant à la réalisation des priorités nationales.

– À l'échelle locale, les activités seront exécutées sous forme de sous-projets sélectionnés par appel à proposition. Dans chacune des cinq régions administratives, les Agences d'appui aux initiatives de base (AGAIB) seront responsables de la mise en œuvre des actions communautaires qu'exécuteront les groupements et organisations paysannes, les ONG et les collectivités locales.

Stratégies opérationnelles du projet GMV au Togo

En matière de gestion de l'environnement, de lutte contre la désertification et de GDT

Le Togo a élaboré plusieurs stratégies et politiques pour atteindre les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD). Ces orientations politiques sont déclinées en de grands programmes nationaux actuellement en cours dans le Document complet de stratégie de réduction de la pauvreté (DSRP-C), le Plan d'action national pour le secteur de l'eau et de l'assainissement (PANSEA), le Programme d'action national de lutte contre la désertification (PAN), le Programme d'action décentralisé de gestion de l'environnement (PNADE), le Programme national d'investissement pour l'environnement et les ressources naturelles, le Programme national d'investissement pour l'agriculture et la sécurité alimentaire (PNIASA), etc. Les plus hautement prioritaires devant guider les actions des partenaires techniques et financiers (PTF) dans le programme GMV sont contenues dans le Programme national d'investissements pour l'environnement et les ressources naturelles (PNIERN) [Ministère de l'Environnement et des Ressources forestières (MERF), 2010].

Pour la lutte contre les changements climatiques

L'État togolais a élaboré de nombreuses stratégies et politiques [Première communication nationale (CNI), Deuxième communication nationale (DCN), Stratégie nationale de mise en œuvre de la convention sur les changements climatiques, Plan d'action national d'adaptation aux changements climatiques (Pana)]. Le Pana poursuit trois objectifs fondamentaux à savoir (MERF, 2009) :

– la protection des vies humaines et leurs moyens de subsistance, ressources, infrastructures et environnement ;

– l'identification et la mise en œuvre des besoins urgents et immédiats d'adaptation des communautés aux impacts adverses des changements et variabilités climatiques ;

– l'intégration des mesures et objectifs d'adaptation aux politiques sectorielles et de planification nationale.

En outre, le Pana a identifié sept options prioritaires d'adaptation aux changements climatiques. Il s'agit de :

– l'adaptation des systèmes de production agricoles dans trois régions par la mise en place de techniques culturales intégrant le changement climatique et l'amélioration de l'information agro-météorologique ;

– la mise en place d'un système d'alerte précoce pour informer en temps réel contre les inondations dans les régions Maritime et des Savanes ;

– le renforcement du dispositif de protection du littoral contre l'érosion côtière dans la partie est du port autonome de Lomé ;

– l'appui et l'accompagnement des communautés rurales des régions des Savanes et des Plateaux pour prévenir et lutter contre les maladies vectorielles ;

– le développement de la petite irrigation en zones de bas-fonds pour les groupements de maraîchers existants des régions Centrale, Kara et Savanes, susceptible de freiner l'exode rural ;

– l'initiation des activités génératrices de revenus (AGR) pour les communautés de maraîchers et de pêcheurs de la zone du littoral pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques ;

– l'appui au captage des ressources en eau de surface des régions des Savanes et de la Kara par les retenues d'eau collinaires à buts multiples.

Pour la conservation et l'utilisation durables de la biodiversité

Le Togo a élaboré sa stratégie de conservation nationale de la biodiversité en 2003 en vue d'améliorer les conditions et le cadre de vie des populations et garantir aux générations futures, des ressources naturelles suffisantes dans la perspective d'un développement durable. Cet objectif doit être atteint à travers :

– le renforcement des capacités de tous les acteurs impliqués dans la gestion de la diversité biologique ;

– la préservation participative des aires représentatives des différents écosystèmes pour garantir leur pérennité et conserver leurs éléments constitutifs ;

– l'utilisation durable des ressources et le partage équitable des rôles, des responsabilités et des bénéfices découlant de la gestion de la diversité biologique.

Pour le FEM-5 2010-2014 (MERF, 2011a)

Les acteurs ont identifié des priorités nationales en matière de dégradation des terres, des changements climatiques et de biodiversité parmi lesquelles le programme GMV a été vivement recommandé (tabl. 1 et Annexe 1). Ce sont les actions prioritaires suivantes :

– le renforcement des capacités des populations sur les pratiques culturales adaptées aux changements climatiques dans l'extrême nord du Togo ;

– la mise en œuvre de technologies adaptées en matière d'utilisation de l'eau, de traitement et de conservation des sols, en tenant compte des connaissances endogènes ;

– la gestion durable des écosystèmes de forêts naturelles du Nord-Togo pour améliorer leur rôle dans l'adaptation aux changements climatiques ;

– la promotion des plantations familiales au nord du Togo (une famille, un hectare de plantation) ;

– l'appui aux populations pour le reboisement communautaire à base de plantes à usages multiples au Nord-Togo ;

– le renforcement des capacités des services techniques régionaux et des populations pour la lutte contre les feux de végétation ;

– le renforcement du système d'alerte précoce sur les inondations dans la région des Savanes.

Tableau I
Idées de projets soumises au FEM-5 pour la période 2010-2014.

Idées de projets	Zones d'intervention	Acteurs
Sous-programmes sectoriels		
Gestion durable des terres		
Appuis communautaires pour une gestion intégrée des terres	Régions Maritime, Plateaux, Kara et Savanes	MERF, MAEP, ONG, collectivités territoriales
Amélioration du cadre institutionnel et technique en gestion durable des terres	National	MERF, MAEP, ONG, collectivités territoriales
Changements climatiques		
Renforcement des capacités des acteurs sur les changements climatiques	National	MERF, MAEP, ONG, Université et centres de recherche, ministère en charge des Mines et de l'Énergie, collectivités territoriales
Biodiversité		
Conservation des forêts denses semi-décidues du Togo et préservation des espèces menacées	Région des Plateaux de Bassar	MERF, MAEP, ONG, syndicats des exploitants forestiers, collectivités territoriales
Aménagement des aires protégées	Régions Centrale et Maritime	MERF, MAEP, ONG, associations villageoises, collectivités territoriales
Sous-programmes multisectoriels		
Aménagement et gestion intégrée des zones humides	Région des Savanes, Kara et Maritime	MERF, MAEP, ONG, MEHVA, groupements de pêcheurs, collectivités territoriales
Projet de mise en place de la Grande Muraille Verte (PGMV) du Togo	Régions des Savanes et de la Kara	MERF, MAEP, ONG, groupements agricoles, lycées et collèges, universités, ministère de l'Action sociale, collectivités territoriales

MERF : ministère de l'Environnement et des Ressources forestières ;
MAEP : ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche ;
MEHVA : ministère de l'Eau, de l'Hydraulique villageoise et d'Assainissement.

Pour le compte du projet de gestion intégrée des catastrophes et des terres (PGCIT)

Quatre composantes sont retenues pour mettre en œuvre la stratégie IMGV du Togo (Banque mondiale, 2011).

Composante 1 : renforcement institutionnel et sensibilisation

La capacité des organisations nationales, régionales, locales et communautaires clés engagées dans la GRC et la GDT sera renforcée à travers la fourniture d'équipements et de formations. En étroite collaboration avec le projet d'appui au secteur agricole (Pasa), le Projet ouest-africain de productivité agricole (WAAP), les activités de Réduction des risques de catastrophe (RRC), et les cours de formation sur la GDT seront élaborés. Les agents de vulgarisation seront formés afin de promouvoir et d'appliquer les techniques de GDT et les techniques résilientes aux changements climatiques. Les capacités des collectivités locales seront renforcées pour gérer plus efficacement les forêts et les zones pastorales. Le programme de formation est supposé profiter à 300 bénéficiaires issus de la société civile et 300 fonctionnaires des unités de vulgarisation forestière et agricole. Les variétés de cultures et des espèces animales identifiées pour leur forte résistance aux changements climatiques seront encouragées. Un centre de formation pour chaque région sera réhabilité pour accueillir cette formation.

Le service de la protection civile limitée à Lomé et sans moyens sera déconcentré, équipé et doté de moyens humains. Les besoins en équipement pour rendre opérationnelle la caserne des sapeurs pompiers de Kara seront satisfaits afin de prendre en charge les urgences dans les régions Nord-Togo. En plus, 10 plates-formes locales de GRC seront rendues opérationnelles.

Un système de coordination sera élaboré et mis en œuvre en vue d'assurer une coordination régulière des projets connexes, particulièrement dans les secteurs de l'environnement et de l'agriculture.

Des campagnes générales de sensibilisation sur les risques d'inondation et de dégradation des terres seront réalisées pour éduquer la population sur les zones inondables, les plans d'évacuation en cas d'inondation, et la prévention de l'inondation et pour améliorer l'état de préparation lorsque ces événements se produisent. La campagne de sensibilisation sera menée à travers la production de documentaires et le financement d'émissions de sensibilisation diffusées à la télévision, la radio et la presse.

Composante 2 : activités communautaires pour l'adaptation aux changements climatiques et la gestion durable des terres

Les techniques de GDT pour résister aux changements climatiques seront promues telles l'agriculture de conservation, la collecte des eaux de pluie, la lutte contre les feux de végétation, l'agroforesterie, les plantes de couverture, le pâturage par rotation, la collection de l'eau combinée à la planification plus large des bassins fluviaux et des paysages, la construction d'écosystèmes plus forts et plus résistants qui réduiront la vulnérabilité à la dégradation des terres, les inondations et la sécheresse. Une campagne de sensibilisation sera organisée dans 100 villages. Les organisations paysannes seront encouragées à lutter contre les feux de végétation, à promouvoir l'agroforesterie et la gestion des forêts.

Les activités communautaires dans les bassins fluviaux et les zones inondables permettant de renforcer la résistance à l'inondation, de mieux gérer les risques de catastrophe et de dégradation des terres, seront exécutées (curage de cours d'eau pour rétablir le flux naturel des voies navigables et réduire le risque d'inondation

dans les villages environnants, amélioration communautaire des canaux de drainage, stabilisation de barrages à travers le reboisement).

Les activités communautaires sur les terres en culture et les pâturages seront pilotées et promues dans des zones ciblées afin d'accroître la résistance de l'agriculture aux changements climatiques et promouvoir la productivité de la terre, ainsi que l'efficience de l'utilisation de l'eau et les meilleures pratiques de GDT.

Les interventions dans les domaines couverts par le Pasa seront réalisées par introduction des techniques telles que la conservation agricole, les barrières en pentes transversales, l'agroforesterie ou la régénération naturelle.

Les communautés environnantes des aires protégées et de forêts ciblées recevront une assistance dans la préparation de plans de financement durable et le développement de petites activités génératrices de revenu afin de gérer durablement les forêts et les zones humides et de réduire la pression sur les ressources forestières et restaurer les services d'écosystèmes tels que les puits de carbone. La gestion participative sera promue et des plans de financement durable seront préparés dans 15 forêts communautaires. Un plan de gestion sera élaboré pour les zones humides dans les bassins fluviaux de l'Oti, Zio, Haho et Mono. La coordination avec les Comités villageois de développement (CVD) et les Associations villageoises de gestion des aires protégées (AVGAP) sera recherchée.

La délimitation du périmètre de la forêt classée à Abdoulaye sera mise en œuvre dans la région Centrale.

Composante 3 : Systèmes d'alerte précoce (SAP), de suivi et de connaissances

L'identification d'indicateurs locaux d'inondation (par exemple, les hippopotames qui quittent les rivières pour les secteurs en hauteur), la formation et la sensibilisation des communautés, un réseau de volontaires à la base, la communication et les alertes par téléphone mobile, l'identification des sites sécurisés d'accueil et des exercices de simulation sont des activités clés à mener. Le mécanisme de SAP mis en œuvre dans 100 communautés prioritaires depuis 2008, sera étendu à 200 autres communautés prioritaires.

Des plans pour étendre et renforcer le SAP communautaire existant sont convenus entre le Service de météorologie, le Service de l'hydrologie et la Croix-Rouge. Les activités prévues sont : *(a) soutien au Service de météorologie* : l'acquisition de 50 jauges de pluviométrie, le rééquipement des stations météorologiques clés et la formation. Une étude sera également effectuée pour identifier les besoins des services météorologiques et hydrologiques dans les régions des Plateaux, Centrale, de la Kara et des Savanes ; *(b) soutien au Service hydrologique* : l'installation de deux cents jauges de niveau de rivière (échelles limnimétriques) et six enregistreurs de niveau de rivière (*limnigraphes*). Une embarcation gonflable pour le travail hydrologique et océanographique sera achetée ; *(c) soutien à la Croix-Rouge* : les balises, les cyclomoteurs, les bicyclettes et certains matériels de bureau seront achetés. Au total, 570 agents de terrain (volontaires communautaires de la Croix-Rouge) et 42 points focaux d'alerte précoce seront formés.

Un SAP multirisque ciblant les paysans sera développé et des informations agro-météorologiques seront rendues plus accessibles. En outre, un système géographique national intégré basé sur le web avec des données sur la GDT, la GRC et les changements climatiques sera mis en place.

Un système national de suivi du climat et de la terre, y compris des données géospatiales, sera élaboré pour suivre la couverture végétale et l'utilisation des terres (culture, pâturage/parcours, forêt, zone humide, aire protégée et autres catégories pertinentes) et pour fournir des estimations de séquestration de carbone dans les zones sélectionnées du projet.

Le système de suivi environnemental sera basé sur le prototype régional de TerrAfrica qui a été élaboré au Mali pour permettre la compilation à différents niveaux : locaux, préfectoraux et régionaux. Le système de suivi environnemental portera aussi sur les feux de végétation.

Une mise à jour partielle de la cartographie nationale sera financée et les évaluations des risques ciblés seront effectuées, y compris l'analyse du danger, des atouts et de la vulnérabilité qui prend en compte les vulnérabilités géographiques, structurelles, opérationnelles et socio-économiques. De même, pour soutenir l'adoption de la GDT au Togo, un guide des meilleures pratiques intégrant les impacts possibles des changements climatiques sera élaboré.

La cartographie de la région de Lomé sera réalisée pour créer une base nécessaire au développement d'une approche globale aux questions d'inondation affectant la capitale et ses environs.

Le projet financera une étude analytique de l'hydrologie, l'implantation des installations et le profil économique et social de la population de Baguida (banlieue de Lomé) qui a été inondé pendant plus six mois au cours de l'année 2010. Cette étude comprendra un aperçu des différentes options d'investissement possibles pour trouver une solution à l'inondation dans la zone.

Les meilleures pratiques de GDT seront validées et diffusées au niveau national. Plusieurs guides seront ensuite diffusés dans le cadre de la campagne de sensibilisation.

Composante 4 : gestion du projet

Les fonctions de gestion du projet y compris la gestion fiduciaire, le suivi-évaluation (S&E), la supervision technique, l'élaboration de rapports et les audits seront couvertes. Étant donné la nature pilote de certaines des interventions prévues, l'accent sera particulièrement mis sur le rôle important de S&E.

Actions en cours, capitalisables pour le programme GMV

Programme commun du millénaire

Depuis 2008, ce programme conjoint des Agences des Nations unies au Togo et du gouvernement togolais, vise l'atteinte des Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) dans 10 communes des régions des Savanes, Centrale, de Kara et Maritime qui sont les plus défavorisées du fait d'une plus grande incidence de la

pauvreté. Ce programme s'inscrit au titre de la mise en œuvre du Plan cadre des Nations unies pour l'aide au développement (UNDAF 2008-2012). Une première phase pilote de deux à trois ans a démarré dans la région des Savanes et concerne les communes de Kountoiré et Naki-Est, lesquelles ont été choisies à partir de critères consensuels et objectifs sur la pauvreté et la vulnérabilité.

Les activités en cours de réalisation sont :

– l'agrosylvopastoralisme afin d'augmenter la production agricole, tout en améliorant l'environnement ;

– les investissements ciblés tels que les plates-formes multifonctionnelles pour soulager les femmes des lourds travaux domestiques ;

– les investissements en infrastructures (sanitaires, scolaires, assainissement, hydraulique villageoise, routes rurales, énergie) ;

– la microfinance ;

– la promotion de l'entreprenariat rural ;

– le renforcement des capacités institutionnelles, de gouvernance locale et des acteurs de développement.

Les résultats obtenus et qui pourront profiter au programme GMV dans cette partie du Togo sont :

– la formation d'une équipe de 30 personnes des services techniques et ONG de la région en MARP ;

– la conduite de diagnostic participatif ;

– les infrastructures et équipements ;

– l'acquisition de 857 tables-bancs au profit de l'ensemble des établissements scolaires ;

– la réhabilitation totale de 26 forages non fonctionnels ;

– la réhabilitation du centre médical de Naki-Est ;

– les activités de sensibilisation contre le VIH/Sida ;

– l'aménagement d'environ 150 ha de bas-fonds pour la riziculture et les cultures de contre-saison ;

– l'aménagement de sites pour la pisciculture et l'élevage de petits ruminants ;

– la mise en chantier de cantines scolaires dans les communes du Millénaire ;

– l'électrification de villages grâce à des panneaux solaires…

Programmes de développement communautaire et le projet « Bois-École »

Afin de réhabiliter l'environnement et réduire la vulnérabilité de la population rurale aux conséquences de dégradation des sols, le projet de la Banque mondiale « Haute intensité de main-d'œuvre (Himo) », inscrits dans le cadre des Programmes de développement communautaire (PDC), a été lancé en 2010. Le but est d'offrir des emplois temporaires à environ 25 000 jeunes, notamment à travers le reboisement des espaces publics et communautaires. À la fin 2011, 305 sites de pépinières et 1 060 ha de sites de reboisement ont été prospectés, 1 212 pépiniéristes recrutés puis formés en technique de pépinière. Ces derniers ont été installés en leur propre

compte. Ces travaux ont également permis de produire 928 328 plants de bois d'œuvre, 371 216 plants de bois d'énergie et 62 712 fruitiers, soit un total de 1 362 316 plants, toutes catégories confondues.

Un autre projet semblable est mené par le Programme de renforcement de capacité pour la gestion de l'environnement (PRCGE) du MERF qui, avec le projet « Bois-École » a mis en place 100 ha de reboisement pour le compte de l'année 2011 dans 150 écoles du Togo.

Projet de gestion durable de la filière bois-énergie dans la région des Savanes au nord du Togo

Au regard de la situation de dégradation alarmante des espaces communautaires de la région des Savanes au nord du Togo (fig. 4), les acteurs locaux ont décidé d'engager un processus d'affectation des terres aux fins d'une gestion rationnelle et durable des ressources naturelles. C'est dans ce contexte que l'ONG Rafia (Recherche, appui, formation aux initiatives d'auto-développement) a initié le « projet de gestion durable de la filière bois énergie dans la région des Savanes au Nord-Togo » dans le cadre de son Programme régional biomasse énergie (PRBE). Ce programme est soutenu par l'UEMOA (Union économique et monétaire ouest-africaine) et vise à aider le Togo à assurer une part importante de sa demande en bois énergie en progression rapide, tout en préservant le couvert végétal, la biodiversité et assurer la gestion durable des écosystèmes de la région des Savanes. Vu l'importance que revêtent l'implication et la participation des communautés locales riveraines au maintien et à la mise en valeur des sites, les actions se focaliseront surtout sur l'aménagement, la mise en défens, la protection, l'enrichissement des zones critiques et s'étendront progressivement sur l'ensemble des périmètres retenus.

Le processus entamé en janvier 2008 a conduit à la réalisation de quelques études thématiques dans la zone du projet (végétation et flore ligneuse, socioéconomique et culturelle, cartographie) pour mieux appréhender la problématique d'aménagement, d'exploitation et de gestion des sites potentiels. Ces travaux ont permis, d'une part d'examiner l'état des ressources naturelles et les relations entre les populations et leur environnement, d'autre part d'explorer les mécanismes de gestion durable et participative. Les études ont concerné dès le départ quatre communautés villageoises localisées dans les préfectures de Kpendjal (Djéyiga, Natchambonga) et de l'Oti (Galangashie, Kadjitiérie). Mais compte tenu de l'état d'avancement des préalables requis (acceptation et implication des populations au projet, connaissance des milieux à retenir pour le projet), les travaux se sont focalisés sur les sites de Djéyiga et Natchambonga (très favorables et relativement mieux organisés), pour expérimenter l'approche de gestion communautaire des ressources naturelles des terroirs villageois qui donne le droit aux populations locales de décider du type d'affectation des sols à divers usages dans un contexte de développement durable.

En dehors de ce projet, des actions telles que le renforcement des capacités endogènes des acteurs en matière de sauvegarde et de protection de l'environnement sont menées dans la région septentrionale. Ces actions sont réalisées à travers la capitalisation et la diffusion de paquets technologiques sur la gestion durable des ressources naturelles, la formation des agents endogènes et leur mise en réseau. Au

total, six paquets technologiques ont été recensés, décrits et illustrés notamment sur la lutte antiérosive, le compostage, la gestion intégrée de la fertilité des sols, la construction des foyers améliorés, le reboisement et la lutte contre les feux de végétation. Parmi ces fiches techniques, trois sont déjà traduites en langue locale. Ces paquets décrits et traduits sont faciles à comprendre et favorisent par conséquent une large diffusion des options technologiques développées par Rafia en matière de gestion des ressources naturelles pour une production agricole durable.

En outre, d'autres associations mènent dans la région septentrionale des activités similaires. C'est le cas de l'Association Songou-Man qui organise les villageois dans la mise en place des plantations communautaires gérées par celle-ci. Songou-Man a réalisé 13 plantations communautaires sur 35 ha, essentiellement à objectif « production de bois de service » (fig. 5).

Figure 4
Exemple de paysage agraire dans la région des Savanes.

Figure 5
Plantation communautaire de Tantouatre à Dapaong.

Programme des Aires protégées

Le Togo fait partie du projet « Évolution des systèmes d'Aires protégées (AP) vis-à-vis du changement climatique en Afrique de l'Ouest-Parcc-Afrique de l'Ouest ». Il s'agit principalement d'un projet de développement d'outils scientifiques à l'échelle régionale afin d'appuyer l'amélioration de la gestion des systèmes d'aires protégées en réponse aux impacts du changement climatique. C'est un projet FEM dont le PNUE *World conservation monitoring centre* (UNEP-WCMC) est l'agence d'exécution (Unité de gestion du projet, PMU), et l'UICN Papaco est son principal partenaire régional (Unité de gestion régionale, RMU). Le projet court jusqu'en 2015 et couvre cinq pays pilotes en Afrique : Tchad, Gambie, Mali, Sierra Leone et Togo. Trois autres pays participent aux activités préparatoires concernant la conservation transfrontière (Burkina Faso, Côte d'Ivoire et Ghana).

Au Togo, ce projet est centré sur les aires protégées engagées dans un processus de requalification dont Abdoulaye, Alédjo, Amou Mono, Assoukoko, Bayémé, Djamdè, Doung, Fazao-Malfakassa, Galangachie, Sirka, Togodo. En effet, ces aires protégées sont considérées comme les outils les plus efficaces pour la conservation de la biodiversité, des écosystèmes qu'elles renferment ainsi que les services associés. Déjà limitées dans leurs capacités de satisfaction des services environnementaux, ces aires protégées doivent aujourd'hui faire face à de nombreuses pressions, dont celle du changement climatique considérée comme l'une des plus importantes menaces qui pèse sur la biodiversité. Le but du projet est l'amélioration de la protection et la gestion durable des écosystèmes représentatifs des aires protégées en Afrique de l'Ouest par le renforcement de l'évaluation du changement climatique et de l'adaptation à ses impacts. L'objectif du projet est d'améliorer la gestion régionale (transfrontalière) et nationale des AP par le renforcement des capacités scientifiques et techniques sur les questions suivantes : a) évaluation des risques liés au changement climatique, b) développement de la planification et de directives pour l'adaptation, etc) rationalisation de l'adaptation axée sur les risques en matière de gestion des AP. Le projet comporte quatre composantes (UICN-PAPACO, 2011).

Évaluation de la vulnérabilité et stratégies de réduction des risques pour les systèmes d'aires protégées existants

Cette composante tente d'évaluer de manière exhaustive l'étendue selon laquelle les aires protégées en Afrique de l'Ouest ont été touchées ou pourraient être touchées par les changements climatiques. Cela se fera à travers :

– l'évaluation de la vulnérabilité des aires protégées et le développement de stratégies d'adaptation pour celles qui sont le plus à risque ;

– l'évaluation de futurs scénarios de changement climatique grâce à des outils et des directives appropriés ;

– le développement de réponses de gestion adaptées pour les aires protégées qui sont le plus à risque ;

– la mise en place de stratégies de gestion d'adaptation et l'élaboration d'outils de suivi des résultats.

Analyse des lacunes/études et planification spatiale

Cette composante met l'accent sur les études relatives aux changements climatiques, les évaluations et l'élaboration de cartes, qui sont nécessaires pour informer les décideurs et formuler des recommandations sur des interventions pratiques pour les situations spécifiques. Les cartes comprendront l'emplacement idéal de nouvelles aires protégées (au niveau national ou transfrontalier). Elles seront créées sur la base des évaluations au niveau national du statut des espèces globalement menacées, de l'étude des écosystèmes et de leurs services, de leur localisation et du flux de leurs bénéfices (tels que l'eau douce et le stockage de carbone), et enfin de l'évaluation des effets des changements climatiques sur les activités communautaires. Au niveau régional, la diffusion de ces informations auprès des réseaux existants en Afrique de l'Ouest sera un objectif clé.

Soutien politique et mise en œuvre, projets pilotes et formations

Cette composante se focalise sur le renforcement des capacités et la sensibilisation de tous les acteurs afin que ces derniers bénéficient des outils, approches et recommandations formulées dans les deux premières composantes. Cela nécessite des formations à différents niveaux opérationnels et, le cas échéant, inclut l'élaboration de mesures politiques et autres mesures pour l'application de ces recommandations. Cette composante inclut également l'élaboration de programmes de gestion pour un projet pilote de corridor. Ceci implique d'autres modes de gouvernance tels que les communes, les autorités traditionnelles, et les communautés locales.

Gestion des connaissances, communication, suivi et évaluation

Cette composante inclut le développement d'une stratégie de communication axée sur le renforcement des capacités. Le point central de toutes les connaissances, informations et données produites au cours du projet est posté sur le site web du projet et le portail de données. Ce portail centralise la gestion des données et l'analyse des activités. Il inclut également un outil de cartographie permettant aux utilisateurs de produire facilement une grande diversité d'analyses basées sur les informations recueillies. Il est également prévu le développement d'un système de suivi à long terme des aires protégées et des bénéfices qu'elles fournissent. Ce système pourra être utilisé dans toute la région, y compris les données de référence, les objectifs et les indicateurs de succès, afin de contribuer à une gestion durable des aires protégées résilientes aux effets du climat et autres facteurs de changement.

Un autre projet FEM en cours dans le parc Oti-Kéran-Mandouri (OKM) est le « projet de renforcement du rôle de conservation du système national des aires protégées ». Ce projet est né à la suite de la conversion des écosystèmes du complexe OKM (179 000 ha) et de la surexploitation des ressources naturelles après les troubles socio-politiques des années 1990 qui ont entraîné la création des villages et l'extension de l'agriculture dans les AP, la fragmentation des habitats par les couloirs de bétail et les champs, les feux de végétation, la dégradation des sols, la destruction de la couverture végétale, le surpâturage dans les AP, le braconnage de la faune sauvage et la surexploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux. L'objectif du projet est de renforcer la gestion du système des aires protégées du Togo afin d'améliorer la contribution à la conservation de la biodiversité. Les deux

principaux résultats attendus sont l'amélioration du cadre politique, juridique et institutionnel des aires protégées et la gestion efficace des aires protégées du complexe OKM (fig. 6). Le projet vient en appui à la finalisation du processus de

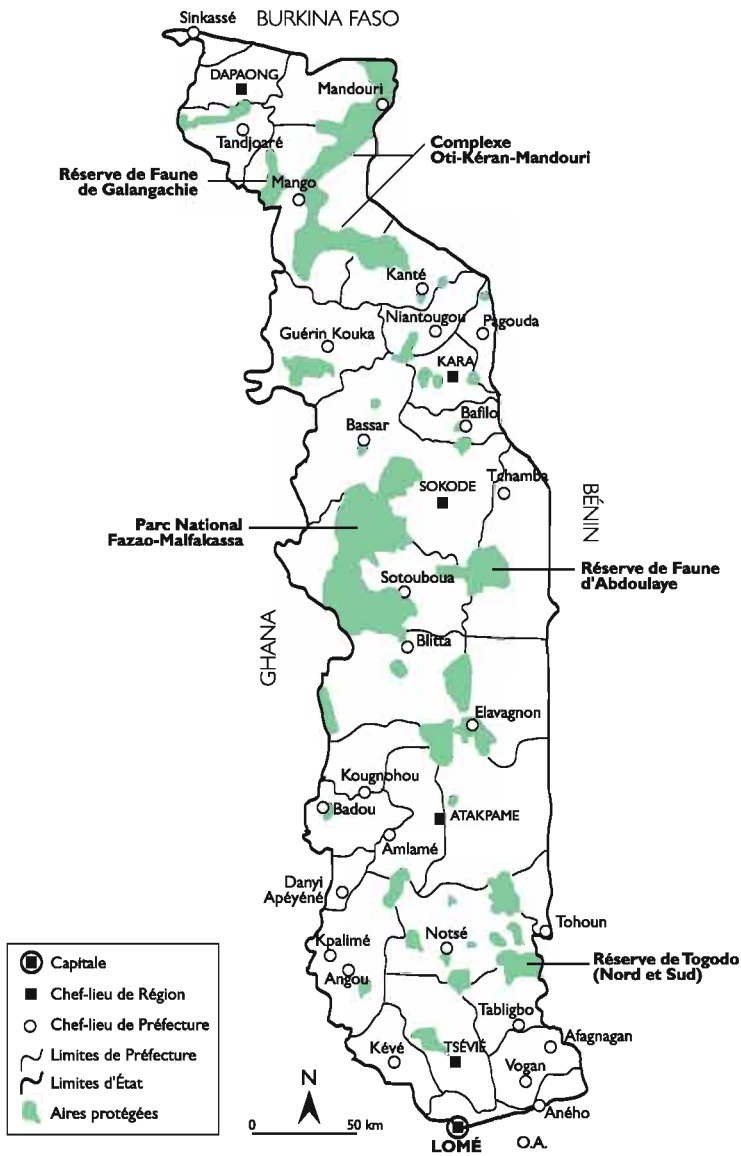


Figure 6
AP du Togo et complexe OKM au nord du Togo.

requalification en cours dans ce complexe d'AP (i) en formant le personnel en charge de la gestion, y compris les Associations villageoises de gestion des aires protégées/Unions des associations villageoises de gestion des aires protégées (AVGAP/UAVGAP), les communautés locales, les services techniques déconcentrés, (ii) en planifiant la gestion du système des AP (développement des contrats de partenariat incluant des contrats de cogestion des AP avec les communautés locales, secteur privé), (iii) en promouvant le marketing des AP. Un autre aspect intéressant de ce projet, c'est qu'il donne la possibilité de créer des microprojets pouvant bénéficier de l'appui du PNADE. Le PNADE est financé par le 10e FED de l'Union européenne et mis œuvre par l'Agence nationale de gestion environnementale (ANGE).

En outre, ce projet jette les bases de la restauration des principaux corridors qui relient le complexe OKM au W-Arly Pendjari (WAP) et favorisera l'interconnexion écologique. En effet, la démarche entreprise pour la prise en compte du Togo dans le projet régional WAP a été acceptée lors du premier Conseil des ministres et du lancement officiel du PAPE, le 10 février 2011 à Ouagadougou, pour le développement d'une vision stratégique de politique régionale concertée. Cette intégration permettra :

– la mise à niveau du complexe OKM par rapport au WAP ;

– la coopération au niveau régional pour la gestion durable du complexe OKM ;

– le maintien du cycle biologique des espèces migratrices ;

– l'accroissement de la valorisation touristique ;

– la mise en œuvre conjointe des mesures d'amélioration de la connectivité entre les complexes ;

– la définition consensuelle du principal corridor de migration de la faune entre les complexes OKM et WAP.

Conclusion

Cette synthèse permet de montrer que sous l'effet de la pauvreté des populations locales, de la dégradation des terres, des risques et catastrophes ainsi que des changements climatiques et des scénarios de prévisions futures avec une alternance de périodes sèches et de périodes très pluvieuses, le programme GMV apparaît comme une opportunité d'adaptation pour le Togo, en particulier dans la partie septentrionale plus vulnérable. Le présent travail de synthèse sur les avancées de l'IMGV au Togo montre qu'aucune action n'est encore concrètement entreprise sur le terrain. Cependant, plusieurs partenaires financiers et techniques y adhèrent et comptent apporter leur soutien. L'État togolais s'y prépare à travers la mise en place de stratégies GMV, notamment par la prise en compte de l'IMGV dans des plans, programmes et projets en matière de gestion de l'environnement, de lutte contre la

désertification et de GDT, de lutte contre les changements climatiques, de conservation et d'utilisation durables de la biodiversité, du FEM-5, de la Facilité mondiale pour la réduction de risque de catastrophe et de la relance. Néanmoins des actions à petites échelles sont actuellement en cours dans certaines localités et vont contribuer au succès de l'IGMV au Togo.

Références

Agbossou A.
2009 - Etablissement des scénarios climatiques pour les études de vulnérabilités et d'adaptation au Togo.
PNUD : 32 p.

Banque Mondiale
2011 - Projet de Gestion Intégrée des Catastrophes et des Terres (GICT).
Document d'Evaluation de Projet : 105 p.

Gagnol L.
2011 - La mobilité : stratégie adaptative ou symptôme d'inadaptation des sociétés sahéliennes ? Une mise en perspective historique des politiques de lutte contre la désertification.
Communication au Séminaire « Politiques, programmes et projets de lutte contre la désertification, quelles évaluations ? », CSFD, 29-30 juin 2011, Montpellier.

GTZ
2007 - Adaptations aux changements climatiques et lutte contre la désertification.
OSS/GTZ, Note introductive n°1, Tunis, 2e édition : 28 pp. ISBN : 978-9973-856-24-11

IPCC
2001 - *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerability.*
Contribution of Working Group II to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
IPCC/WMO/UNEP.

Kandji S. T., Verchot, L., Mackensen, J.
2006 - Climate Change and Variability in the Sahel Région : Impacts and Adaptation Strategies in the Agricultural Sector.
Word Agroforestry Centre.
Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF)
2009 - Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques – PANA, Togo : 113 p.

Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF)
2010 - Programme National d'Investissements pour l'Environnement et les Ressources Naturelles au Togo (PNIERN), Togo : 133 p.

Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières (MERF)
2011a - Priorités nationales pour la mise en œuvre du FEM-5 2010-2014.
MERF, Togo : 16 p.

CEN-SAD
2008 - Initiative Grande Muraille Verte du Sahara et du Sahel. Note Introductive n°3-OSS Tunis : 46 p.

Sokona Y.
2007 - Lutte contre la désertification en Afrique sub-saharienne.
agriculture & développement rural n°1, pp : 16-18.

UICN-PAPACO
2011 - Le projet Evolution des systèmes d'AP vis-à-vis du changement climatique en Afrique de l'Ouest – « PARCC- Afrique de l'Ouest ».
Programme Aires protégées d'Afrique du Centre et de l'Ouest, n°46, pp : 1-8.

Wigley T.M.L., Jones P.D., Briffa K.R., Smith G.
1990 - Obtaining sub-grid-scale information from coarse-resolution general circulation model output.
Journal of Geophysical Research 95 : 1943-1954.

Annexe

Quelques actions identifiées par les acteurs sur le terrain dans la mise en place de la Muraille Verte togolaise pour une lutte efficace contre les effets des changements climatiques

Thématique	Idées de projets/actions prioritaires
Biodiversité	*Parc Fazao-Malfakassa* – Promouvoir le tourisme (ouverture/aménagement de piste, retenues d'eau, miradors) – Initier des AGR dans la zone tampon (ferme d'élevage, apiculture, activités agro-sylvo-pastorales, etc.) pour réduire les pressions sur les ressources du parc – Construire des pistes périphériques autour du parc afin de maîtriser les entrées et sorties – Doter les villages d'infrastructures socio-collectives (forages, centres de santé, etc.) – Sensibiliser la population afin de les préparer à la protection des ressources du parc – Faire une relecture de la convention entre Franz Weber et l'État togolais – Initier des zones synégétiques communautaires ou de sylviculture communautaire sous forme de projet pilote dans les villages environnants où de larges surfaces de terrains vierges sont encore disponibles (Bougabou et Kona)
	Bandjéli – Sauvegarder *Phyllanthus rouxii* (patrimoine de Bandjéli) menacée par l'exploitation des mines de fer par des essais de multiplication et d'acclimatation
	Kara – Reboiser les écosystèmes dégradés de flancs de montagne – Restaurer, aménager et protéger les forêts sacrées et forêts communautaires – Protéger et accroître la production des espèces de PFNL (Karité et Néré) qui sont aujourd'hui très recherchées pour la fabrication du charbon de bois ou des mortiers – Vulgariser/sensibiliser/renforcer les textes/lois qui protègent les berges des cours d'eau – Appuyer les populations riveraines du fleuve Kara pour le reboisement des berges dégradées à l'échelle du bassin
	Kantè – Réhabiliter le parc national Oti-Kéran et sa zone périphérique (finalisation du bornage, valorisation des zones rétrocédées par le reboisement, mise en place des infrastructures pour l'approvisionnement en eau à l'endroit de la population (forage, puits), création des AGR (apiculture, élevage, maraîchage, octroi de crédits à l'endroit des populations riveraines, et valorisation du tourisme) – Renforcer les capacités techniques des populations riveraines du parc de la Kéran (former les éleveurs sur les techniques de stockage de foin, éveiller la conscience des jeunes sur les questions de reboisement, etc.)

Thématique	Idées de projets/actions prioritaires
	Mango – Créer des AGR à l'endroit des populations riveraines des aires protégées de la région
	Dapaong – Conserver les plantes à vertu thérapeutique et alimentaire en voie de disparition – Réhabiliter les écosystèmes dégradés (flancs de montagne, forêts sacrées et autres) à partir de la régénération naturelle assistée et la promotion des essences à croissance rapide à travers l'agroforesterie – Appuyer les communautés riveraines des berges des cours d'eau par la création des AGR
Dégradation des terres	*Région de la Kara* – Cartographier les sols et en faire une typologie en fonction de leur aptitude – Reboiser les sites dégradés et les berges du fleuve Kara (étendre dans tout le bassin) – Créer les activités alternatives aux maraîchers qui utilisent les berges du fleuve Kara et qui provoquent la pollution par l'utilisation des pesticides et des engrais – Développer les plants de couverture pour limiter la dégradation des terres, régénérer les sols de montagne et limiter l'érosion – Associer l'élevage à l'agriculture dans une perspective de fabrication du compost avec les déchets animaux – Vulgariser les techniques de compostage dans la culture des céréales dans la partie est de la région de la Kara – Promouvoir les actions et des technologies endogènes de lutte contre l'érosion des sols (cordon pierreux, cultures en terrasses, digues, etc.) – Appuyer le renforcement des capacités/formation des jeunes (élèves des collèges et lycées) sur les techniques de pépinière, greffage pour le reboisement et la création des espaces verts dans la région de la Kara (on pourra choisir des villages pilotes)
	Kantè – Procéder à la mise en défens temporaire et de reboisement des flancs de montagne pour la restauration de la couverture végétale et des sols – Aménager les plans d'eau permanents pour le maraîchage afin de détourner les riverains de l'activité de charbonnage
	Mango – Aménager les zones humides (reboisement des bas-fonds, berges des cours d'eau, des corridors dans le bassin de l'Oti) et appuyer les groupements agricoles pour une exploitation durable – Réhabiliter et agrandir les retenues d'eau (barrage) servant pour l'irrigation des rizières de la région pour la pratique de la riziculture intensive en toute saison – Reboiser les zones culturales par l'agroforesterie pour la restauration de la fertilité et la protection des sols

Thématique	Idées de projets/actions prioritaires
	– Réglementer l'exploitation des ressources naturelles (terres et ressources halieutiques) – Octroi de microcrédits pour le renforcement des capacités techniques (équipement) des groupements agricoles – Sensibiliser les groupements agricoles sur les pratiques agricoles adaptées aux types de sols dans la région et sur la promotion des pratiques agricoles durables – Appuyer les ONG de la région pour la sensibilisation des populations sur les grands problèmes environnementaux (dégradation des terres, feux de végétation, sécheresse, etc.) – Promouvoir les techniques culturales endogènes dans la région
	Dapaong – Reconstituer les sols à travers l'installation des plantations familiales dans la région des Savanes (une famille, un ha) – Renforcer les capacités des populations sur les pratiques permettant la restauration des terres (fosse de compostage, cultures suivant les courbes de niveau, cultures en terrasses, installation des diguettes, productions des plants, agroforesterie, etc.) – Promouvoir les essences fourragères (formation sur les techniques de stockage et de conservation du fourrage, mise en place des corridors à base d'essences fourragères, etc.) – Appuyer les populations pour la pratique de l'élevage en enclos (infrastructures et équipements, renforcement des capacités pour l'entretien des animaux, formation pour la production du compost, etc.)
Changements climatiques	*Bandjéli* – Mettre en place des infrastructures sanitaires (centres de santé) dans les villages et les doter de matériels nécessaires pour les soins des populations (recrudescence/émergence de nombreuses maladies telles que la toux, les anémies, etc.) – Lutter contre les effets des changements climatiques (inondation, détournement des eaux de ruissellement, tarissement des cours d'eau, dérèglement des saisons, sécheresse, etc.) accentués par l'exploitation des carrières de fer responsables des inondations – Créer une ceinture verte ou une bande d'arbres en synergie avec le projet Himo (financement de AGAIB et mise en œuvre par l'Odef et les populations locales) pour accroître les actions de reboisement sur les collines de la région – Créer une ceinture verte autour du parc de la Kéran vers le village d'Ossacré qui connaît une forte activité de production de charbon de bois – Sensibiliser les populations sur les atteintes à l'environnement (coupe anarchique de bois, feux de végétation, etc.)
	Kara – Subventionner les femmes qui fabriquent le charbon de bois pour la création d'activités alternatives – Subventionner les ménages moyens pour l'installation des foyers améliorés afin de limiter l'utilisation excessive du charbon de bois – Réaliser des microprojets d'adduction d'eau (retenues, forages, puits) autour des aires protégées (parc national Oti-Kéran) pour gérer la transhumance

Thématique	Idées de projets/actions prioritaires
	– Assurer une gestion intégrée des ressources en eau par la création des AGR autour des aires protégées – Améliorer le cadre de vie des populations [gestion des déchets liquides, solides, initiation/construction des latrines et/ou fosses septiques familiales, lutte contre les maladies émergentes et réémergentes avec les changements climatiques (cancer, leucémie, etc.)] – Mettre en place un laboratoire de contrôle efficace contre les produits frelatés (médicaments, huiles, boissons, articles manufacturés, etc.) – Subventionner l'utilisation du gaz à butane pour substituer l'usage excessif du charbon de bois comme source d'énergie domestique) – Appuyer au développement des énergies propres et d'utilisation optimale de l'énergie (panneaux solaires pour l'électrification rurale et urbaine, vulgarisation des lampes électriques à basse consommation, promotion de la consommation des énergies renouvelables, etc.) – Appuyer la gestion des déchets issus des centrales énergétiques [traitement des déchets issus des transformateurs des postes de transformation électrique (isolants prohibés)]
	Kantè – Reproduire le projet bois-école qui consiste à faire planter les écoles sur un périmètre leur appartenant pour accroître la couverture forestière dans la préfecture
	Dapaong – Sensibiliser le soutien à la mise en place de la muraille verte dans la partie septentrionale du Togo – Renforcer les capacités (sensibilisation et formation) des populations sur les questions liées aux changements climatiques – Installer les infrastructures de fourniture d'eau aux populations en milieu rural (puits maraîchers, forage, puits, retenues d'eau pour l'irrigation et l'arrosage des pépinières)

Mycorhization contrôlée et fertilisation phosphatée
Applications à la domestication du jujubier, arbre fruitier forestier sahélien

Amadou M. Bâ
IRD/Laboratoire Commun de Microbiologie, Centre de recherche, IRD / ISRA, BP 1386, Dakar, Sénégal

Tiby Guissou
Laboratoire de Microbiologie forestière, DPF/INERA, BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso

Robin Duponnois
Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Écologie et Environnement (L2E)
(Unité Associée au CNRST, URAC32), Marrakech, Maroc

Christian Plenchette
Station d'Agronomie, INRA, BP 86510, 17 rue Sully, 21065 Dijon, France

Ousmane Sacko
École Normale Supérieure, BP 241, Bamako, Mali

Daouda Sidibé
Institut d'Économie Rurale, BP 270, Bamako, Mali

Kondé Sylla
Direction des Eaux et Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols
et Projet de Reboisement villageois dans le nord-ouest du Bassin arachidier, BP 338 A, Thiès, Sénégal

Baba Windou
Direction des Eaux et Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols
et Projet de Reboisement villageois dans le nord-ouest du Bassin arachidier, BP 338 A, Thiès, Sénégal

Introduction

Les arbres fruitiers sont d'un grand intérêt alimentaire et économique dans la zone soudano-sahélienne. Ce sont des arbres à usages multiples et exploités de manière extensive, pour leurs fruits, leurs graines, le fourrage, le bois et la pharmacopée (Okafor, 1991). Ils participent donc à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations du Sahel en leur procurant aussi des revenus non négligeables, notamment en saison sèche. La plupart de ces fruitiers sont à croissance lente et leur sylviculture est encore peu maîtrisée. Par exemple, l'espèce *Zizyphus mauritiana* Lam., communément appelée jujubier, est l'un des arbres fruitiers forestiers les plus

recherchés par ces populations intéressées surtout par ses fruits. D'après une enquête faite au nord-est du Sénégal, la vente des jujubes par les villageois, en particulier par les femmes, représenterait plus de 50 % des revenus tirés de la forêt par les pasteurs localisés dans la zone de forage de Mbiddi, au nord du Sénégal (*Projet ligneux...*, 1997).

La recherche en matière de foresterie s'intéresse à une domestication des jujubiers orientée vers l'obtention de variétés productives de fruits de qualité. La domestication est en effet une démarche itérative comprenant l'identification des plants, l'étude de leur production, la gestion de leur exploitation et la constitution d'un germplasm sélectionné (Leakey et Simons, 1998 ; Leakey et Tomich, 1999). C'est un processus qui prend nécessairement en compte le choix, par les paysans arboriculteurs, des arbres fruitiers à domestiquer et la situation du marché de l'offre et de la demande en fruits. La domestication des arbres fruitiers forestiers proprement dite repose aussi bien sur l'amélioration de la production fruitière que sur la connaissance des contraintes du milieu susceptibles de la limiter ou même de l'inhiber. Plusieurs approches complémentaires ont pu être envisagées pour améliorer le matériel végétal : la conservation de la ressource, la multiplication végétative pour le clonage d'individus repérés *in situ* pour la qualité de leur fruit, l'introduction de variétés d'arbres fruitiers domestiquées et productives, la création par hybridation de variétés améliorées qui peuvent être caractérisées du point de vue moléculaire (Okafor, 1991 ; Leakey et Tomich, 1999 ; Leakey, 1999). Par ailleurs, l'utilisation de certaines techniques sylvicoles adaptées à la gestion des espèces fruitières de la forêt peut également permettre d'améliorer la production : la taille de l'arbre, l'irrigation, la fertilisation phosphatée avec des engrais solubles ou des phosphates naturels ou la mycorhization contrôlée (Bajwa *et al.*, 1988 ; Bâ *et al.*, 2000). L'analyse bibliographique présentée, appuyée sur nos propres expérimentations, s'est surtout intéressée aux recherches orientées vers ces deux dernières approches. Elle a permis de mettre en évidence les avantages imputables à l'utilisation de la mycorhization contrôlée et de la fertilisation phosphatée à l'aide de phosphates naturels pour l'exploitation du jujubier de systèmes agroforestiers à faible niveau d'intrants.

Utilisations du jujubier

Le jujubier est un petit arbre buissonnant de la famille des Rhamnacées. Il mesure de 3 m à 8 m de haut (fig. 1). Il est très commun dans les zones sahéliennes où il se trouve soit à l'état isolé, soit, parfois, en peuplements purs. Il a une aire naturelle de répartition très large : Afrique tropicale, Amérique du Sud, Caraïbes et Asie du Sud-Est. C'est un arbre rustique à croissance lente qui pousse sur des sols très pauvres (Depommier, 1988). L'intérêt principal du jujubier est son fruit qui est consommé frais ou sec et qui peut servir à la préparation de galettes, de condiments et de boissons rafraîchissantes. C'est une petite drupe ovoïde allongée dont la pulpe

est très riche en glucides et en vitamines A et C. Certaines variétés indiennes et thaïlandaises de jujubiers domestiqués produisent des fruits de la taille d'une cerise (fig. 2). Comme la plupart des arbres, le jujubier a de nombreux usages. Les feuilles sont consommées comme légume et surtout comme fourrage d'appoint pendant la saison sèche. Son bois dense est résistant aux termites et facile à travailler pour la fabrication d'ustensiles de cuisine et d'outils. Les racines, écorces et feuilles sont utilisées dans la pharmacopée traditionnelle. L'arbre fait aussi l'objet de plantations en vergers où il fructifie 2 ans en moyenne après sa mise en place. Dans des systèmes agroforestiers, il peut être exploité en banque fourragère, haie vive ou brise-vent (Bonkoungou *et al.*, 1998).

© P. Derchu

Figure 1.
Cueillette de jujubes.

© P. Derchu

Figure 2.
Jujubes de la taille d'une cerise (variété Golan) comparés à des jujubes d'une variété sahélienne.

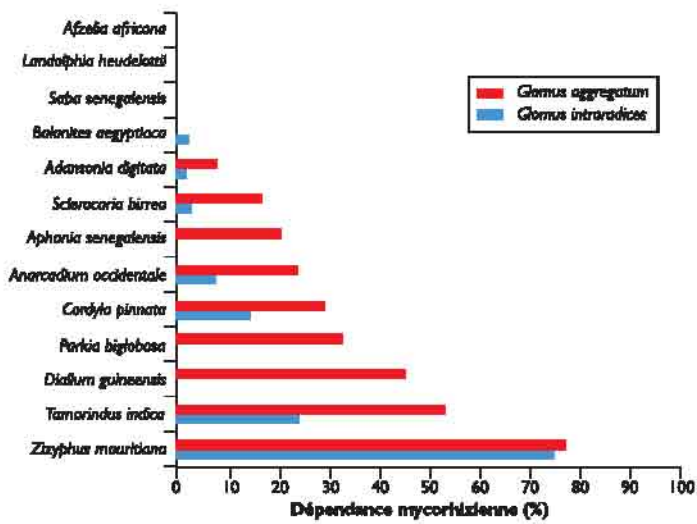


Figure 3.
Dépendance mycorhizienne de 13 arbres fruitiers forestiers vis-à-vis de deux champignons mycorhiziens à arbuscules, Glomus aggregatum *et* G. intraradices.

Tableau 1.
Classement de certaines espèces d'arbres fruitiers forestiers en fonction de leur dépendance mycorhizienne vis-à-vis du champignon mycorhizien à arbuscules Glomus aggregatum.

Espèce fruitière	Dépendance mycorhizienne (%)	Observation
Zizyphus mauritiana	> 75	Haute dépendance
Tamarindus indica	> 50 < 75	Relative bonne dépendance
Cordyla pinnata	> 25 < 50	Dépendance modérée
Dialium guineensis	"	"
Parkia biglobosa	"	"
Adansonia digitata	> 0 < 25	Dépendance marginale
Anarcadium occidentale	"	"
Aphania senegalensis	"	"
Sclerocaria birrea	"	"
Afzelia africana	Nulle	Aucune dépendance
Balanites aegyptiaca	"	"
Landolphia heudelottii	"	"
Saba senegalensis	"	"

Tableau 2.
Effets de différentes formes de phosphate sur des jujubiers inoculés ou non avec le champignon mycorhizien Glomus aggregatum, *observés après 3 mois de croissance en pot (phosphate naturel (PN) à 250 kg phosphore x ha^{-1} ; triple superphosphate (TSP) à 25 kg phosphore x ha^{-1}).*

État des jujubiers	Origine du phosphate	Biomasse totale (g)	Phosphore des tiges et feuilles (%)	Intensité de mycorhization (%)
Non inoculé	Sans P	0,38 a	0,05 a	0,00 a
	PN Mali	0,57 a	0,05 a	0,00 a
	PN Sénégal	0,29 a	0,05 a	0,00 a
	PN Burkina Faso	0,32 a	0,04 a	0,00 a
	TSP	1,80 d	0,20 e	0,00 a
Inoculé	Sans P	1,50 bc	0,14 b	78,47 bc
	PN Mali	1,87 d	0,16 c	95,39 d
	PN Sénégal	1,30 bc	0,17 cd	66,00 b
	PN Burkina Faso	1,25 b	0,18 de	87,13 cd
	TSP	2,70 e	0,19 e	63,60 b

Dans chacune des colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon la méthode de Newman et Keuls au seuil de 5 %. Chaque valeur représente la moyenne sur douze plants.

Intérêts de la mycorhization contrôlée

Les mycorhizes sont des symbioses ou associations à bénéfices réciproques entre des racines de plantes et des champignons du sol. Il existe deux principaux types de symbiose mycorhizienne : les ectomycorhizes et les mycorhizes à arbuscules. Les mycorhizes à arbuscules concernent 90 % des espèces végétales terrestres et sont

Tableau 3.
Effets de l'apport de différentes doses de phosphate naturel (PN) du Mali et de triple superphosphate (TSP) à des jujubiers inoculés ou non avec le champignon mycorhizien Glomus aggregatum, *observés après 3 mois de croissance en pot.*

État des jujubiers	Origine du phosphore	Doses de phosphore (kg P x ha^{-1})	Biomasse totale (g)	Phosphore des tiges et feuilles (%)	Intensité de mycorhization (%)
Non inoculé	Sans P	0	0,27 a	0,09 ab	0,00 e
	PN Mali	25	0,21 a	0,10 ab	0,00 e
		50	0,30 a	0,07 a	0,00 e
		75	0,28 a	0,06 a	0,00 e
		100	0,28 a	0,12 b	0,00 e
		125	0,30 a	0,11 ab	0,00 e
	TSP	25	1,86 bc	0,20 cde	0,00 e
		50	2,41 cde	0,18 c	0,00 e
		75	2,37 bcde	0,25 f	0,00 e
		100	3,49 fg	0,25 f	0,00 e
		125	2,87 ef	0,31 gh	0,00 e
Inoculé	Sans P	0	1,67 bc	0,24 ef	74,80 a
	PN Mali	25	2,12 bcd	0,23 def	64,44 b
		50	2,44 cde	0,19 cde	67,98 ab
		75	2,11 bcd	0,19 cde	57,38 bc
		100	1,82 bc	0,23 def	86,29 a
		125	3,06 efg	0,19 cde	73,64 ab
	TSP	25	2,88 e	0,22 cdef	57,15 bc
		50	2,41 cde	0,26 f	76,46 ab
		75	2,65 de	0,25 f	46,02 c
		100	2,67 de	0,31 gh	48,82 c
		125	3,59 g	0,27 fg	30,74 d

Dans chacune des colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon la méthode de Newman et Keuls au seuil de 5 %.
Chaque valeur représente la moyenne sur douze plants.

universellement répandues. Elles présentent des structures typiques à l'intérieur des racines ; il s'agit de vésicules stockant des réserves et d'arbuscules, lieu d'échanges entre le champignon et la plante hôte. Les champignons responsables de ces structures appartiennent à la classe des Glomeromycota et à l'ordre des Glomales. Les arbuscules sont présents chez tous les Glomales mais les vésicules s'observent uniquement dans les familles des glomacées et des acaulosporacées. Le champignon permet à la plante d'explorer un volume important de sol pour s'approvisionner en éléments minéraux. En retour, le champignon reçoit de la plante des photosynthétats qu'il est incapable de fabriquer lui-même. Cette symbiose améliore de manière remarquable la croissance et la nutrition phosphatée des plantes et leur permet de mieux résister à certaines maladies racinaires et d'exploiter au mieux les ressources en eau (Smith et Read, 1997). La mycorhization contrôlée est un ensemble de techniques qui consiste à isoler, cultiver, sélectionner, multiplier, incorporer et suivre le champignon dans le sol afin de produire des plants « biologiquement améliorés » par optimisation de la symbiose (Garbaye, 1991). Si ces techniques ont commencé à être transférées dans les régions tempérées ou dans certaines régions tropicales, elles ont fait l'objet de très peu d'études en Afrique de l'Ouest.

Production d'inoculum de champignons mycorhiziens à arbuscules

Les sols ouest-africains renferment une grande diversité de champignons mycorhiziens à arbuscules qui peuvent être identifiés grâce à la morphologie de leurs spores (Bâ *et al.*, 1996 ; Dalpé *et al.*, 2001). Ces champignons sont inféodés aux plantes et ne présentent pas de spécificité d'hôtes. À partir d'une collection de 13 espèces de champignons mycorhiziens à arbuscules disponibles dans notre laboratoire (Bâ *et al.*, 1996 ; Dalpé *et al.*, 2001), nous en avons sélectionné une, *Glomus aggregatum*, efficace aussi bien sur des arbres que sur des plantes annuelles (Guissou *et al.*, 1998 ; Bâ *et al.*, 2000 ; Bâ et Guissou, 1996 ; Dianou et Bâ, 1999). Ce champignon a été multiplié sur des racines de mil cultivé en pot dans une chambre de culture. Après 4 mois de culture, l'inoculum obtenu se présentait sous forme de fragments de racines mycorhizées, d'hyphes et de spores à une concentration d'environ 1 127 propagules viables par g de sol (Guissou *et al.*, 1998).

Dépendance mycorhizienne du jujubier

La notion de dépendance mycorhizienne exprime dans quelle mesure la symbiose est susceptible d'accroître la biomasse des plantes dans des conditions environnementales données (Plenchette *et al.*, 1983). Elle varie suivant la plante hôte, le champignon et

les conditions édaphiques. Nous avons comparé la dépendance mycorhizienne du jujubier (*Z. mauritiana*) à celle de douze autres arbres fruitiers forestiers indigènes ou exotiques (*Adansonia digitata, Afzelia africana, Anarcadium occidentale, Aphania senegalensis, Balanites aegyptiaca, Cordyla pinnata, Dialium guineensis, Landolphia heudelottii, Tamarindus indica, Parkia biglobosa, Saba senegalensis* et *Sclerocaria birrea)* dans un sol sableux faiblement acide (pH eau = 6,4), pauvre en phosphore biodisponible (6,6 g kg^{-1} de sol) et stérilisé à l'autoclave pour éliminer la microflore native. L'inoculation a été réalisée en comparant une souche efficace, *G. aggregatum*, avec une souche peu efficace, *G. intraradices* (Guissou *et al.*, 1998 ; Bâ *et al.*, 2000). La dépendance mycorhizienne a varié de 0 % à 77 %. Elle a d'ailleurs été plus marquée avec *G. aggregatum* (fig. 3). En accord avec les travaux de Habte et Manjunath (1991), nous avons procédé à un classement des arbres fruitiers considérés dans notre étude en fonction de leur dépendance mycorhizienne vis-à-vis de *G. aggregatum* (tabl. 1). Pour l'espèce *A. africana*, qui ne présente aucune dépendance, l'inoculation a eu un effet dépressif sur la croissance. L'hypothèse explicative serait qu'une partie des photosynthétats de la plante est alors détournée à son détriment par le champignon au contact des racines (Plenchette, 1991). Globalement, *Z. mauritiana* s'est révélée être l'espèce fruitière répondant le mieux à la mycorhization, quel que soit le champignon inoculé (fig. 3). Ces résultats permettent, de conforter le choix du jujubier utilisé comme plante modèle dans l'étude des interactions entre arbres fruitiers et microorganismes intervenant dans le cycle du phosphore.

Fertilisation des jujubiers mycorhizés avec des phosphates naturels

Les sols ouest-africains sont structurellement carencés en phosphore biodisponible (Piéri, 1989). Cette faible disponibilité du phosphore limite considérablement la nutrition phosphatée des plantes et donc la productivité agricole et forestière. Les réserves en phosphore de ces sols ne sont plus renouvelées, car les engrais chimiques sont difficilement accessibles aux producteurs et le recyclage de la matière organique, même lorsqu'elle est disponible, ne suffit pas à remédier à cette carence. Dans ce contexte de baisse constante de la fertilité des sols, l'utilisation des phosphates naturels connaît un regain d'intérêt en Afrique de l'Ouest. Des opérations de phosphatage de fond à grande échelle ont été conduites en milieu paysan pour reconstituer les réserves en phosphore des sols agricoles (Snrech, 1996). Cette forme de phosphate est cependant peu disponible dans les sols à pH faiblement acide, voire neutre, très répandus en Afrique de l'Ouest (Truong *et al.*, 1977 ; Bâ *et al.*, 1996). C'est pourquoi nous avons envisagé d'utiliser des champignons mycorhiziens à arbuscules pour mobiliser, au profit du jujubier, le phosphore de différents phosphates naturels d'Afrique de l'Ouest. Le phosphate naturel du Burkina Faso (phosphate de Kodjari à 12,5 % de phosphore total) est réputé peu réactif, même dans les sols acides (Truong *et al.*, 1977).

Nous avons montré que, dans un sol faiblement acide, une partie du phosphore libéré de ce phosphate naturel est absorbée par les jujubiers mycorhizés sans incidence sur la croissance de ces derniers (Guissou *et al.*, 1998, 2000). On peut supposer que les jujubiers mycorhizés feraient une consommation de luxe du phosphore biodisponible. Nous avons comparé l'efficacité du phosphate naturel du Burkina Faso à celui du Mali (phosphate de Tilemsi à 15 % de phosphore total) et du Sénégal (phosphate de Taïba à 12,2 % de phosphore total) en utilisant le triple superphosphate à 23 % de phosphate soluble comme engrais de référence (tabl. 2). Il est apparu que, en l'absence de mycorhizes, la croissance des jujubiers était faible et cela quel qu'ait été le phosphate naturel utilisé. Le jujubier se confirme donc être hautement dépendant des mycorhizes. Lorsqu'ils sont mycorhizés, les jujubiers assimilent mieux le phosphore fourni par les différents phosphates. Cependant, le phosphate naturel du Mali a été le seul parmi les engrais naturels utilisés à avoir un effet bénéfique sur la croissance des jujubiers mycorhizés. Cet effet a alors été comparable à celui du triple superphosphate apporté à des jujubiers non inoculés. Par ailleurs, la biomasse des jujubiers mycorhizés s'est révélée fortement stimulée par le triple superphosphate, en dépit de l'effet dépressif de cet engrais sur l'intensité de la mycorhization. Les jujubiers mycorhizés ont donc une grande aptitude à utiliser les engrais phosphatés. L'efficacité du phosphate naturel du Mali sur la croissance du jujubier a justifié que différentes doses de cet engrais soient testées vis-à-vis de la croissance de plants mycorhizés ou non, l'engrais de référence utilisé étant du triple superphosphate (tabl. 3). Chez les jujubiers non mycorhizés, seuls les apports de différentes doses de triple superphosphate ont eu un effet significatif. Chez les jujubiers mycorhizés, la plus forte dose de phosphore testée (amendement de 125 kg P ha^{-1}) a provoqué la

Figure 4.
Jujubiers inoculés avec Glomus aggregatum *(Ga) et fertilisés avec du phosphate naturel provenant du Mali (MP).*

meilleure croissance des plants, quelle qu'ait été l'origine du phosphore appliqué. Cependant, l'assimilation du phosphore dans les tiges et les feuilles a été meilleure avec le triple superphosphate. L'intensité de mycorhization des plants a été comparable, quelle que soit la dose de phosphate naturel utilisée, alors qu'elle a significativement diminué avec l'augmentation des doses de triple superphosphate. Du fait de ces résultats et pour des raisons de coût, il peut être conseillé de fertiliser les jujubiers mycorhizés en pépinière avec des phosphates naturels plutôt qu'avec du triple superphosphate, bien que ce dernier engrais ait des effets positifs avec ou sans inoculation.

Mycorhization des jujubiers en pépinière et au champ

Afin d'accélérer la croissance initiale des jeunes plants de jujubier et d'augmenter la production fourragère et fruitière de l'espèce lorsqu'elle est exploitée, il serait souhaitable de transférer la mycorhization contrôlée du jujubier dans des systèmes forestiers (vergers de fruitiers) et agroforestiers (haies vives, banques fourragères). Dans les conditions habituelles de pépinières (substrat non stérilisé) renfermant une microflore fongique native, l'inoculation des plants par le champignon *G. aggregatum* a, en général, un effet bénéfique sur la biomasse totale des jujubiers (tabl. 4). Cela suggérerait que la souche alors introduite serait compétitive vis-à-vis des champignons mycorhiziens à arbuscules natifs des substrats de pépinières. Par ailleurs, il apparaît également que la réponse des jujubiers à l'inoculation différerait selon la provenance des jujubiers. Ce sont ceux de Gola (Thaïlande) qui répondraient le mieux à l'inoculation, alors que ceux de Bamako (Mali) y seraient le moins sensibles. Ainsi, des jujubiers provenant de Gola, transplantés dans la station de recherche de l'Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra) à Bandia (sud du Bassin arachidier, Sénégal), ont disparu au bout de 5 mois lorsque les plants n'avaient pas été inoculés, alors que, pour les plants inoculés, le taux de survie était de 80 % (comm. pers.).

Une expérimentation destinée à évaluer l'influence d'une inoculation avec *G. aggregatum* sur la croissance du jujubier en plantation a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre l'Isra, la Direction des eaux et forêts, de la chasse et de la conservation des sols (DEFCCS), l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et le Projet de reboisement villageois dans le nord-ouest du Bassin arachidier (Previnoba). Cet essai de mycorhization contrôlée de l'espèce a été mis en place dans un champ de la localité de Colobane Thiombane (Département de Tivaouane, Sénégal). Après 4 mois de croissance en pépinière, il a été constaté que l'inoculation avait stimulé la biomasse totale du jujubier d'un facteur multiplicateur de 1,9 (tabl. 4).

Après 20 mois en plantation, les jujubiers inoculés présentaient une hauteur et un diamètre au collet significativement améliorés par rapport aux plants non inoculés (tabl. 5).

Tableau 4.
Effet de la mycorhization contrôlée sur des jujubiers de différentes provenances, inoculés avec Glomus aggregatum
et observés après 4 mois de croissance en pépinière (n = 40).

Provenance	Stérilisation du substrat	Mycorhization (%)	Augmentation de la croissance par rapport aux plants non inoculés*
Lery (Burkina Faso)	Stérilisé	Non déterminé	X 1,5
Bamako (Mali)	Non stérilisé	Non déterminé	X 1,2
Keur Serigne Touba (Sénégal)	Non stérilisé	50	X 1,9
Gola (Thaïlande)	Non stérilisé	55	X 3

* Résultats significatifs selon la méthode de Newman et Keuls au seuil de P < 5 %.

Tableau 5.
Effet de la mycorhization contrôlée sur des jujubiers (provenant de Keur Serigne Touba, Sénégal) inoculés avec Glomus aggregatum, *observés 20 mois après leur mise en place en plantation (n = 60).*

État des jujubiers	Hauteur de la tige principale (m)	Diamètre au collet (cm)
Inoculé	1,55 a	2,8 a
Non inoculé	1,04 b	1,5 b

Dans chacune des colonnes, les moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon la méthode de Newman et Keuls au seuil de 5 %.

Conclusion

La mycorhization contrôlée et la fertilisation phosphatée avec des phosphates naturels sont des techniques efficaces pour stimuler la croissance et la nutrition phosphatée des jujubiers en pépinière et au champ. Malgré les résultats encourageants obtenus au champ, ces techniques devront être éprouvées dans d'autres sites forestiers afin d'évaluer leurs effets sur la production fruitière et fourragère des jujubiers. Elles pourront ensuite être prises en compte dans la stratégie de domestication de *Z. mauritania*. Les recherches effectuées sur l'efficacité de la mycorhization et de l'utilisation des phosphates naturels gagneront à être complétées par la mise en œuvre de méthodes d'amélioration du matériel végétal et de multiplication végétative horticole et *in vitro*. Conjointement, l'introduction de variétés productives provenant d'Asie du

Sud-Est devra être entreprise (*Projet ligneux...*, 1997). Un autre volet d'étude touchant la domestication du jujubier est lié à sa grande sensibilité aux nématodes phytoparasites *Meloidogyne javanica* qui pourrait en faire un réservoir du pathogène (*Projet ligneux...*, 1997). Cette sensibilité aux nématodes à galles pose des problèmes pour l'utilisation de cet arbre fruitier dans les systèmes agroforestiers. Le rôle antagoniste de champignons mycorhiziens à arbuscules sur *M. javanica* déjà mis en évidence par ailleurs (Duponnois et Cadet, 1994) devra être vérifié dans le cas de la culture du jujubier.

Références

Bâ A.M., Bazié M., Guissou T.
Effet du phosphate naturel de Kodjari sur la croissance et la nutrition minérale de Faidherbia albida Del. en présence ou non de mycorhizes à vésicules et à arbuscules, in : Cirad-Forêt (Éd.), Les parcs à Faidherbia, Cah. Scientif. 12 (1996) 237–244.

Bâ A.M., Dalpé Y., Guissou T.
Les glomales d'Acacia holosericea A. Cunn. ex G. Don. Et d'Acacia mangium Willd. : diversité et abondance relative des champignons mycorhiziens à arbuscules dans deux types de sols de la zone nord et sud soudanienne du Burkina Faso, Bois For. Trop. 250 (1996) 5–18.

Bâ A.M., Duponnois R., Danthu P., Diallo I., Guissou T., Sanon K.B., Sacko O., Plenchette C.
Utilisation des phosphates naturels par des jujubiers mycorhizés, in : ISSS (Éd.), Résumé du 16e congrès mondial de Sciences du sol, 20–26 août, Montpellier, France, 1998, p. 21.

Bâ A.M., Guissou T.
Rock phosphate and mycorrhizas effects on growth and nutrient uptake of Faidherbia albida (Del.) in an alkaline sandy soil, Agroforest. Syst. 34 (1996) 129–137.

Bâ A.M., Guissou T., Duponnois R., Danthu P., Konde S., Baba V., Sacko O., Sidibé D., Plenchette C.
Controlled mycorrhization of jujubes tree (Zizyphus mauritiana Lam.) to increase the productivity of plantations in West Africa, in : TSBF (Éd.), Opportunities and chalenges for African agriculture, Nairobi, Kenya, 1999, p. 21.

Bâ A.M., Plenchette C., Danthu P., Duponnois R., Guissou T.
Functional compatibility of arbuscular mycorrhizae with thirteen tropical fruit trees in Senegal, Agroforest. Syst. 95 (2000) 95–105.

Bajwa G.S., Sandhu H.S., Bal J.S.
Effect of pruning severety on growth and bearing of ber, Indian J. Hortic. 22 (1988) 203–206.

Bonkoungou E.G., Djimde M., Ayuk E.T., Zoungrana I., Tchoundjeu Z.
Taking stock of agroforestry in the sahel-harvesting results for the future, in : Icraf (Ed.), End of phase report 1989–1996, Nairobi, Kenya, 1998, pp.1–58.

Dalpé Y., Diop T., Plenchette C., Gueye M.
Biodiversity of glomales with soil depth under Faidherbia albida in Senegal, Mycorrhiza (2001), sous presse. A. Bâ et al. **268** Fruits, vol. 56 (4)

Diallo A.T., Samb P.I., Ducousso M.
Arbuscular mycorrhizal fungi in the semi-arid areas of Senegal, Euro. J. Soil Biol. 35 (2000) 65–75.

Dianou D., Bâ A.M.
Réponse de Vigna unguiculata (L.) Walp. à l'inoculation de rhizobactéries et de champignon mycorhizien en présence de phosphate naturel, Ann. Univ. Ouagadougou série B Vol. VII (1999) 107–122.

Depommier D.
Ziziphus mauritiana Lam., culture et utilisation en pays Kapsiki (Nord- Cameroun), Bois For. Trop. 218 (1988) 57–63.

Duponnois R., Cadet P.
Interactions of Meloidogyne javanica and Glomus sp. on growth and nitrogen fixation of Acacia, Afro-Asian J. Nematol. 4 (1994) 228–233.

Garbaye J.
Utilisation des mycorhizes en sylviculture, in : Lavoisier (Éd.), Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées, Paris, France, 1991, pp. 197–248.

Guissou T., Bâ A.M., Ouadba J.M., Guinko S., Duponnois R.
Responses of Parkia biglobosa (Jacq.) Benth., Tamarindus indica L. and Zizyphus mauritiana Lam. to arbuscular mycorrhizal fungi in a phosphorus deficient soil, Biol. Fert. Soils 26 (1998) 194–198.

Guissou T., Bâ A.M., Guinko S., Duponnois R., Plenchette C.
Influence des phosphates naturels et des mycorhizes à vésicules et à arbuscules sur la croissance et la nutrition minérale de Zizyphus mauritiana Lam. Dans un sol à pH alcalin, Ann. Sci. For. 55 (1998) 925–931.

Guissou T., Bâ A.M., Guinko S., Plenchette C., Duponnois R.
Mobilisation des phosphates naturels de Kodjari par des jujubiers (Zizyphus mauritiana Lam.) mycorhizés dans un sol acidifié avec de la tourbe, Fruits 55 (2000) 187–194.

Habte M., Manjunath A.
Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species, Mycorrhiza 1 (1991) 3–12.

Leakey R.R.B.
Potential for novel food products from agroforestry trees: a review, Food Chem. 66 (1999) 1–14.

Leakey R.R.B., Simons A.J.
The domestication and commercialization of indigenous trees in agroforestry for the alleviation of poverty, Agroforest. Syst. 38 (1998)165–176.

Leakey R.R.B., Tomich T.P.
Domestication of tropical trees: from biology to economics and policy, in : Buck L.E., Lassoie J.P., Fernandes E.C.M. (Éd.), Agroforestry in sustainable agriculture systems, New York, USA, 1999, pp. 319–338.

Okafor J.-C.
Amélioration des essences forestières donnant des produits comestibles, Unasylva 165 (1991) 17–23.

Piéri C.
Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente années de recherche et de développement au Sud du Sahara, Ministère de la Coopération et Cirad, Paris, France, 1989.

Plenchette C.
Utilisation des mycorhizes en agriculture et horticulture, in : Lavoisier (Éd.), Les mycorhizes des arbres et plantes cultivées, Paris, France, 1991, 131–179.

Plenchette C., Fortin J.A., Furlan V.
Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility, I : mycorrhizal dependency under field conditions, Plant Soil 70 (1983) 199–209.

Projet ligneux fruitiers (Sénégal)
in : Isra/CRDI (Éd.), Rapport final d'exécution scientifique et technique (1991–1997), Direction des Productions forestières (DRPF), Isra/CRDI, Sénégal, 1997, 83 p.

Smith S.E., Read D.J.
Mycorrhizal symbiosis, Academic Press, second edition, Oxford, UK, 1997.

Snrech S.
Les phosphates rocheux au secours de l'agriculture africaine ? Club du Sahel, Bull. Info. 15 (1996) 26–29.

Truong B., Pichot J., Beunard P.
Caractérisation et comparaison des phosphates naturels tricalciques d'Afrique de l'Ouest en vue de leur utilisation directe en agriculture, Agron. Trop. 33 (1977) 136–145.

La lutte contre les aléas climatiques au Burkina Faso
Acquis et défis de l'agro-écologie : le cas de la Région Nord

René Billaz
Agronome, vice-président d'AVSF

Introduction

La Région Nord du Burkina Faso a donné lieu à de nombreux travaux, dont j'ai tenté de rendre compte dans un texte récent : « Lutte contre l'aridité climatique au Burkina Faso ; quarante ans de recherche et d'appui au développement ; bilan et perspectives ». En cette année 2012 où la communauté internationale focalise sa réflexion sur l'eau, il me semble utile de revenir de façon plus détaillée et plus quantitative sur le défi que représente la lutte contre les aléas climatiques, pluviométriques en particulier. Je me place pour ce faire dans une approche délibérément agro-écologique, en questionnant nos connaissances sur l'optimisation de l'usage de l'eau : l'eau pour les hommes, leurs troupeaux, leurs cultures, ainsi que le couvert végétal des espaces non cultivables. C'est ce dernier domaine qui est actuellement le plus menacé par la désertification ; c'est aussi celui où on manque le plus de connaissances et où les pratiques (la gestion) laissent le plus à désirer. Le présent texte est donc aussi un plaidoyer pour la poursuite tenace et sereine de travaux associant paysans, praticiens et chercheurs.

Pourquoi l'agro-écologie ?

D'abord par défaut, car on pouvait conclure au début des années 1980, suite aux épisodes de grande sécheresse, que, dans le contexte de l'ex-Yatenga (zone semi-aride à forte densité de population et forte pression du bétail sur les ressources naturelles), les limites des recommandations de la recherche agronomique (labour, fertilisation minérale d'appoint, fertilisation organique lourde) étaient atteintes.

Ensuite, parce que les pratiques paysannes « résistantes » qui sont apparues entre 1980 et 1985 et qui se sont généralisées ultérieurement se présentaient comme des alternatives novatrices par rapport aux modèles antérieurs.

Enfin, par intérêt pour les principes formulés ultérieurement (1998) par les fondateurs de l'agro-écologie (Gliessmann et Altieri), basés sur : (i) le recyclage de la matière organique dans un système fermé pour limiter les pertes de nutriments ; (ii) la diversité d'espèces liées par des relations à bénéfices mutuels (symbiose, complémentarité) ; et (iii) la forte productivité de biomasse du milieu.

Comme on le verra, ces principes ont été mis en œuvre sous des formes diverses par plusieurs acteurs. Ce n'est que récemment que la conjonction des connaissances et des compétences conduit à une approche où l'agro-écologie occupe une place majeure.

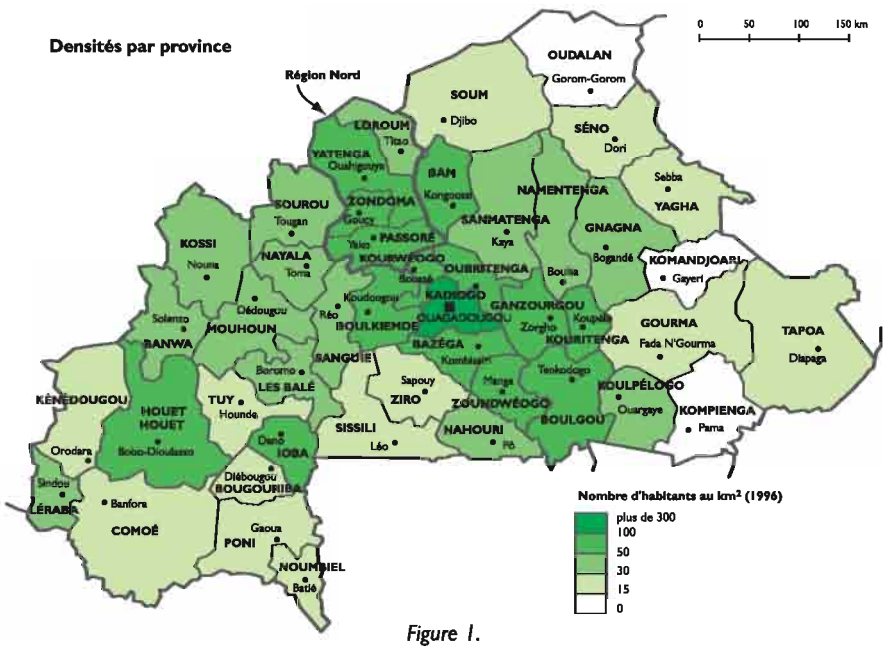


Figure 1.
Burkina Faso : densités par province, 2005.
Source : Atlas Jeune Afrique du Burkina Faso, 2005, 1re édition

Le contexte : une lutte ancestrale contre les aléas climatiques

La Région Nord est frontalière avec le Mali ; elle correspond à l'ex-royaume mossi du Yatenga, actuellement divisé en trois provinces (Loroum, Yatenga et Zondoma) auxquelles a été adjointe celle du Passoré. Au Mali, de l'autre côté de la frontière, c'est le pays Dogon.

Une pluviométrie très aléatoire

On connaît l'extrême variabilité interannuelle des hauteurs d'eau tombées annuellement, résumées dans le graphique ci-dessous, qui illustre l'imprévisibilité de chaque nouvelle campagne.

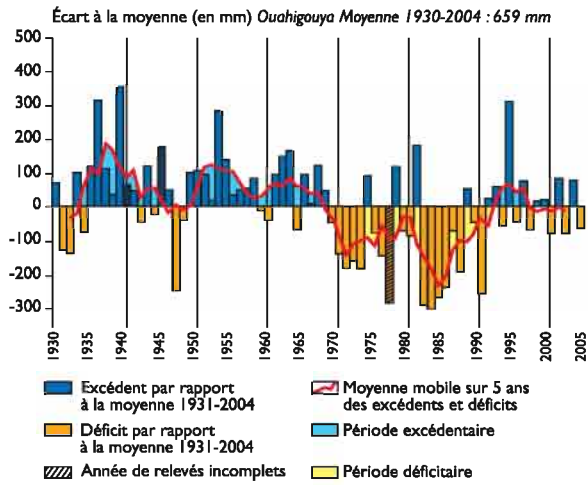


Figure 2.
Évolution de la pluviométrie : tendance 1930-2004.
Source : Atlas Jeune Afrique du Burkina Faso, 2005, 1re édition

Ces moyennes ne rendent toutefois pas compte de la variabilité des pluies au cours de chaque saison pluvieuse, qui peut avoir des conséquences désastreuses sur les cultures même quand le total annuel est satisfaisant, en cas soit de pluies tardives (semis en juillet), soit d'arrêt précoce (avant la maturation des épis, p. ex. courant septembre). Francis Forest (1984), du Cirad (l'Irat à l'époque) a réalisé en 1984 une approche probabiliste de la satisfaction des besoins en eau du mil en fonction des premières pluies de la saison : il concluait que c'est entre le 25 juin et le 1er juillet qu'on a 8 chances sur 10 de disposer de deux à trois jours de pluie conduisant à un indice élevé de satisfaction des besoins en eau. Par contre, dès le 25 juillet, il est très peu probable qu'il le soit. La « fenêtre de tir » pour réussir un semis est donc très étroite : deux à trois semaines au maximum entre la mi-juin et la mi-juillet.

Des ressources naturelles fortement dégradées

Cette dégradation est déjà ancienne : J.-Y. Marchal (1983) soulignait dès 1983 les nombreuses manifestations locales de la dégradation des ressources naturelles, ainsi que sa progression, en comparant des photos aériennes prises à dix ans d'intervalle. Actuellement, la végétation naturelle, herbacée et arbustive, est en voie de dispari-

tion : dans des zones fortement affectées, la végétation ligneuse couvre moins de 5 % de la superficie des sols très fortement dégradés, 5 à 20 % pour les sols fortement dégradés. Ailleurs, dans les zones moins dégradées, les proportions de sols dégradés croissent dangereusement, comme le montre une étude conduite récemment dans la province du Zondoma par le projet PDCL/SAZ (2006).

On assiste donc à un véritable processus de désertification, dont les causes sont bien connues.

Les besoins en bois de chauffe des familles paysannes et urbaines : J.-Y Marchal suggère que la dégradation du couvert végétal au cours de la première moitié du XXe siècle pourrait avoir été provoquée par une intense activité métallurgique (nombreux forgerons). Il cite différentes études, les estime à 1,4 stère/personne/an (dont les bois de service) en milieu rural et à 2 en ville (Ouahigouya). À l'époque, il estimait qu'au Yatenga la ressource ne couvrait que 40 % des besoins.

La pression exponentielle du bétail sur les ressources fourragères, caractérisable par le graphique ci-dessous.

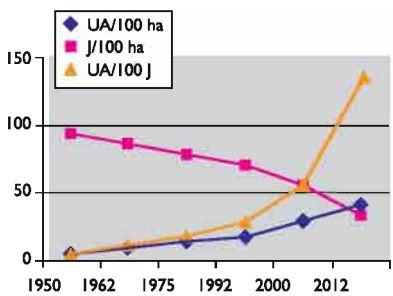


Figure 3.
Pression du bétail sur la jachère.

Le graphique illustre l'évolution exponentielle de la pression du bétail (UA/100 ha de jachères) en fonction de la croissance démographique des troupeaux de ruminants (2 % par an : UA/100 ha totaux) et de la réduction des superficies en jachère (C'est-à-dire des sols non cultivés) résultant de la croissance démographique humaine (3 % par an), calculée sur la base d'un ha cultivé par actif par an.

Qu'en est-il actuellement ? Les statistiques officielles (cf. annexe B) permettent de calculer, par province, la superficie non cultivée (zones de parcours du bétail) disponible par UBT (Unité de Bétail Tropical, voir annexe B). Pour la Région Nord, en 2008, on arrive aux chiffres suivants : Loroum : 2,1 ; Yatenga : 2,7 ; Zondoma : 3,3 ; Passoré : 3,0.

Ces valeurs (moins de 3 ha par UBT) sont très alarmantes, dans la mesure où les zootechniciens considèrent qu'il faut environ 15 ha de végétation naturelle de ces savanes semi-arides pour alimenter une UBT. On est donc en régime de surpâturage généralisé.

Cette disparition progressive de la végétation herbacée et arborée cause dès à présent des catastrophes écologiques locales (voir photos de ravinements) et condamne toute forme d'élevage productif sur la base des seules ressources naturelles, ce qui a été la pratique traditionnelle.

En outre, les sols se dégradent rapidement : cette dégradation se manifeste entre autres par la formation d'une croûte superficielle imperméable aux pluies, qui est attribuée à la baisse tendancielle des teneurs en matière organique des sols.

Zippelé (sol dégradé, en mooré) observé deux ans après la dernière mise en culture. En l'absence de cultures, les zippelés se forment rapidement.

Des modelés géo-pédologiques à risques érosifs souvent élevés

P. Dugué (1989) rappelle que la morphologie de la Région est marquée par quatre types de modelés :

• le système dunaire, caractérisé par des plaines sableuses mollement ondulées, formées sur les sables, grès et argiles du Continental terminal (à la frontière du Mali). Il ne représente que 6 % de l'espace régional (sans compter le Passoré, intégré plus tard à la région Nord) ;

• des archipels de collines ceinturées de tables cuirassées ; elles sont organisées en chapelets sur une ligne NNE-SSW. Des tables cuirassées plus récentes les jouxtent, en créant des dépressions de petite surface. Ce type de modelé représente 13 % de la Région (sans compter le Passoré, intégré plus tard à la Région Nord) ;

• les dômes éventrés, parfois associés aux tables cuirassées. Ce modelé, caractéristique du Plateau Mossi et du Centre-Sud et Sud de la Région, représente 43 % de l'espace régional (sans compter le Passoré, intégré plus tard à la Région Nord) ;

• les pénéplaines : le relief cuirassé s'y estompe ; il est peu marqué mais forme le sommet aplati des topo-séquences, qui sont longues. On les trouve principalement dans le Sud-Ouest, en allant vers la plaine du Sourou. Ce type de modelé couvre 38 % de la région (sans compter le Passoré, intégré plus tard à la Région Nord).

La carte ci-dessous rend compte des principales composantes géologiques et on y a représenté schématiquement les limites de la Région.

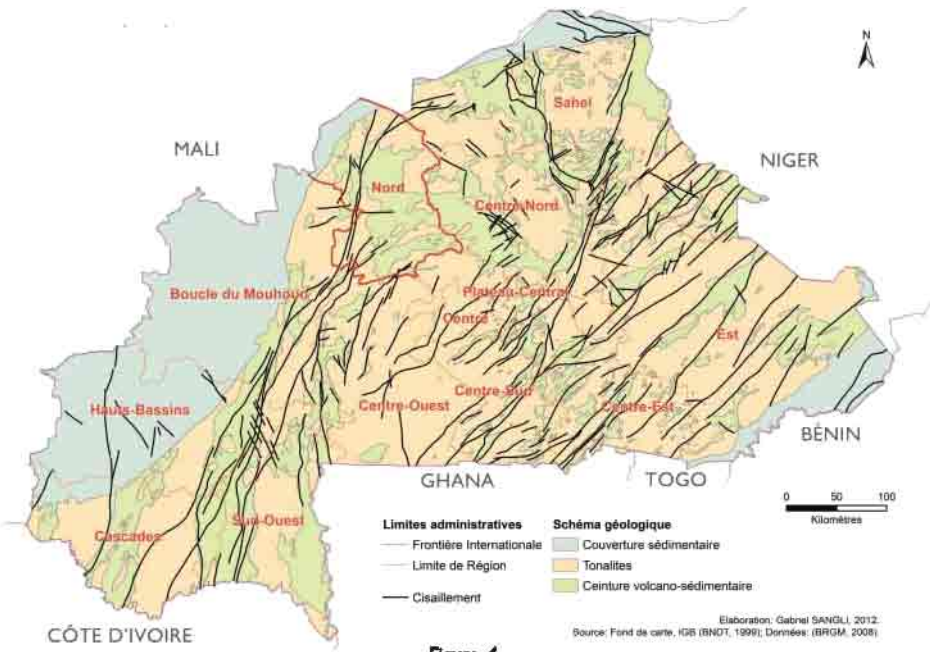


Figure 4.
Carte géologique simplifiée du Burkina Faso.

Les pentes associées aux modelés de collines et de dômes éventrés présentent un risque élevé d'érosion dès que le couvert végétal disparaît, ce qui est le cas général. La gestion des ressources naturelles y mérite donc une attention toute particulière, d'autant que pour des raisons historiques ce sont les zones les plus densément peuplées.

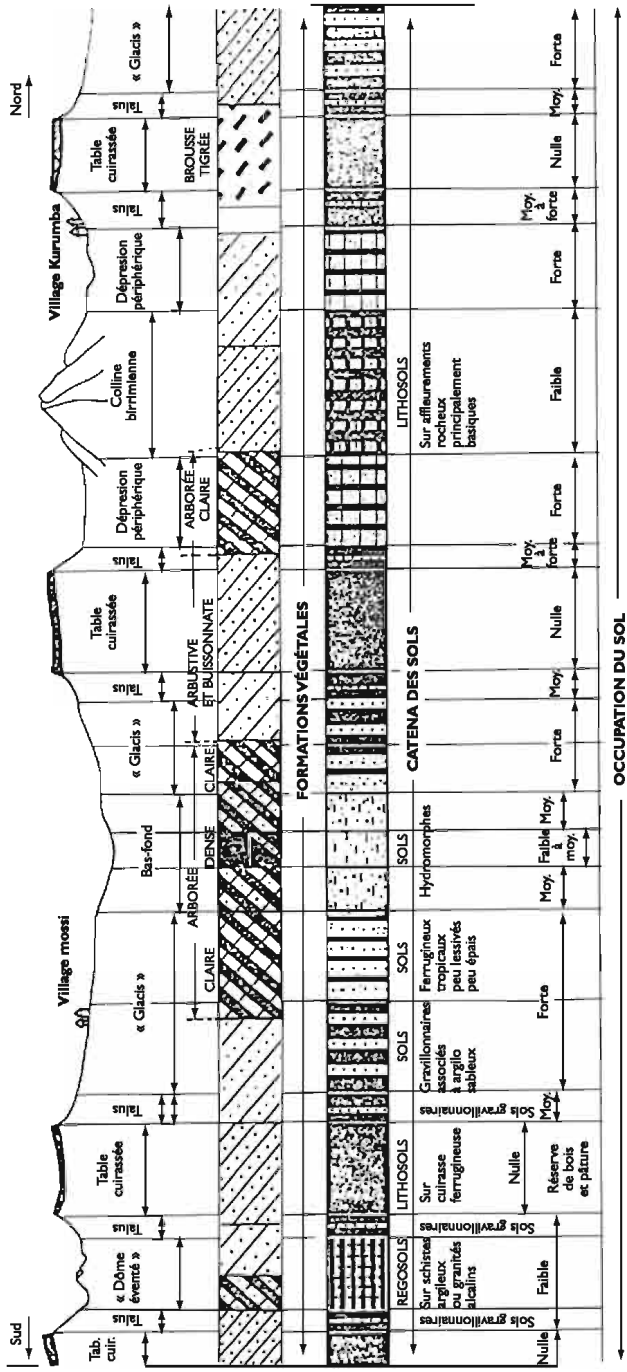
Quelle est l'occupation de l'espace dans ces modelés à risques ? C'est ce que présente le schéma suivant (fig. 5).

NB : les échelles verticales et horizontales ne sont pas les mêmes. Les glacis s'étendent sur plusieurs centaines de mètres (de l'ordre de un à trois kilomètres), alors que les collines et les tables cuirassées ne les dominent que de quelques dizaines de mètres.

Ce schéma met clairement en les faits suivants :

– les paysans ont établi leurs villages sur les glacis, et que c'est là qu'ils cultivent ;

– les sols sont répartis le long des topo-séquences depuis les lithosols des cuirasses jusqu'aux sols argileux plus ou moins hydromorphes des bas de pente en passant par des sols gravillonaires et des sols ferrugineux tropicaux (ou sols ferralitiques) ; ce sont



Sources : J.Y. Marchal, 1980
« L'espace rural du Centre Yatenga.
Le complexe naturel et son utilisation agro pastorale »
ORSTOM Paris

Figure 5.
Yatenga – Approche morphopédologique. Modèle sols-végétations.
Associations : tableau schématique des correspondances.

ces derniers qui sont aptes aux cultures, et ce d'autant plus qu'ils sont plus profonds. Comme nous l'avons évoqué dans l'annexe E, il faut que les racines puissent disposer d'une réserve utile racinaire (RUR) de 120 mm pour que les cultures supportent sans dommage un épisode non pluvieux de trois semaines. Or, selon leur texture, plus ou moins sableuse, une telle RUR n'est atteinte qu'au-delà d'un mètre de profondeur. La profondeur des sols est donc une donnée essentielle (ainsi que la nature des matériaux sous-jacents : cuirasse, altérites des roches sous-jacentes,...) ; or elle n'est documentée qu'à des échelles non pertinentes : les observations de terrain sont indispensables.

– la végétation naturelle n'est dense qu'à proximité des talwegs ; en hauts de pentes, elle est très clairsemée, et nous avons vu qu'elle tend à se dégrader rapidement.

En somme, dans ces types de modelés, qui couvrent plus de la moitié de la Région :

• une grande partie de l'espace n'est ni cultivé ni cultivable. C'est ce que montrent par ailleurs les statistiques officielles (voir l'annexe B) ;

• même modestes, les pentes des glacis les soumettent à un risque élevé de ruissellement ;

• peu, mal ou non végétalisés, les « reliefs » qui dominent les glacis sont soumis à un risque érosif considérable, avec des conséquences éventuellement dramatiques pour les hommes, leurs troupeaux et leurs cultures.

Les photos ci-dessous témoignent de la sévérité des formes d'érosion, en haut et en bas de pente.

Ravines de haut de pente.

Ravines de bas de pente.
Dégâts des eaux dans un bas-fond.

Des paysans pauvres et mal nourris, mais en résistance

Une densité de population élevée

En 2006, la population de la Région s'élevait à 1 185 796 habitants (RGP), rurale à 85,8 %, soit environ 160 000 ménages ruraux répartis en quatre provinces – Loroum, Yatenga, Zondoma et Passoré – et 315 villages.

Les provinces du Passoré et du Yatenga sont deux à trois fois plus peuplées que les deux autres. En termes de densités de population rurale (nb. d'habitants/km^2), les différences sont également assez marquées : la moyenne régionale étant de 63, le Passoré et le Zondoma ont les valeurs les plus élevées (respectivement 78 et 81),

Tableau 1.
Population par province en 2006.

	Urbains		Ruraux		Total	
	Ménages	Habitants	Ménages	Habitants	Ménages	Habitants
Loroum	3 043	19 131	19 366	123 722	22 409	142 853
Passore	4 392	22 685	45 180	300 537	49 572	323 222
Yatenga	14 157	73 153	72 704	480 011	86 861	553 164
Zondoma	4 003	24 616	20 289	141 941	24 292	166 557
Région Nord	25 595	139 585	157 539	1 046 211	183 134	1 185 796

celle du Yatenga étant de 69. Ce sont les valeurs parmi les plus élevées du Burkina, alors que l'aridité climatique y est des plus sévères. Cette situation s'explique pour des raisons historiques : la création de l'empire Mossi et de sa « dépendance », le royaume du Yatenga, dès le XVe siècle (et sans doute par le caractère plus insalubre des savanes arborées humides : maladie du sommeil, onchocercose…).

Une analyse plus fine de la densité de population a été réalisée par J.-Y. Marchal : elle montre qu'à l'époque (1980), elle variait de moins de 20 au NE et au NW (le Loroum et la zone de sables dunaires du NW du Yatenga) à plus de 100 à proximité de Ouahigouya et, par taches, dans le Zondoma. Ces différences s'expliquaient également par des raisons historiques : l'expansion progressive des Mossi à partir de leur capitale Ouahigouya.

Une telle densité représente une pression très élevée sur les ressources naturelles. En effet, une valeur de 100 habitants au km^2 signifie que chaque habitant ne « dispose » que d'un hectare (1 km^2 = 100 hectares), soit, pour un ménage rural de 6,5 personnes, 6,5 ha. Or, dans ces savanes, une proportion élevée des sols n'est pas cultivable, pour des raisons diverses (déclivité, texture, profondeur). Il n'y a alors plus assez de réserve foncière de sols cultivables pour pratiquer des jachères de longue durée, mode historique de régénération des sols quand la densité est faible.

Croissance démographique et migrations

La croissance démographique de l'ex-Yatenga (l'actuelle région du Nord moins le Passoré) au cours des cent dernières années est impressionnante. J.-Y. Marchal puis P. Dugué l'ayant reconstituée de 1910 à 1985, elle peut être décrite jusqu'à 2006, ce qui conduit aux chiffres ci-dessous :

Tableau 2.
Évolution de la population et de la densité rurale entre 1910 et 2006

	1910	1930	1960	1975	1985	1996	2006
Population*	200	300	400	530	537	684	862
Densité	16	24	32	43	44	55	70

* en milliers. Sources P. Dugué puis RGP (1985 à 2006)

En un siècle, la population a été multipliée par quatre. Un taux de croissance absolument inconnu auparavant, qui bouleverse complètement les rapports des habitants avec la nature : fin des jachères de longue durée, collecte de bois de feu de plus en plus éloignée et incertaine, déficit croissant de ressources fourragères…

Comment les populations rurales ont-elles tenté de s'y adapter ?

(1) En premier lieu, en créant de nouveaux villages dans les espaces jusque-là inoccupés : selon J.-Y. Marchal, cette stratégie a été largement mise en œuvre au cours de la première moitié du xxe siècle. Ses limites sont évidentes : l'espace cultivable d'une part et la disponibilité d'eau de l'autre. C'est ce qui expliquerait les densités faibles observées au NW et au NE.

(2) En second lieu, en migrant vers le SW du pays (expansion de la zone cotonnière) et vers la Côte d'Ivoire (d'importants mouvements migratoires ont également eu lieu à l'époque coloniale, à l'occasion d'épisodes de sécheresse, mais aussi pour échapper aux contraintes administratives (corvées, déplacements..). Ces deux processus sont postérieurs aux indépendances de ces deux pays (1962) et liés aux importants investissements réalisés pour la diversification agricole (le coton dans le SW burkinabé, le café et le cacao en Côte d'Ivoire) et, dans ce dernier pays, pour les infrastructures urbaines, routières et portuaires. P. Dugué, s'interrogeant sur les causes de la stagnation de la progression démographique entre 1975 et 1985, l'attribuait à des mouvements migratoires causés par les épisodes de grande sécheresse entre 1970 et 1975 puis entre 1982 et 1985 (voir graphique « Évolution de la pluviométrie »). À l'époque (1980), j'estimais pour ma part (Billaz *et al.,* 1981) que dans la tranche d'âge 20-29 ans, un homme sur deux était absent des ménages ruraux. Il est probable qu'il en est encore de même actuellement, au vu de la composition des ménages ruraux en 2006, qui montre une forte prédominance féminine 3,6 femmes/3,1 hommes. Pour les valeurs par province, voir l'annexe B.

Ce déficit d'hommes a des conséquences importantes sur la capacité de travail des exploitations agricoles. Elle est compensée par l'apport de revenus monétaires, qui sont loin d'être négligeables par rapport à ceux de l'exploitation agricole. G. Ancey estimait en 1977 que les sommes rapportées par migrant étaient de l'ordre de 14 000 FCFA par an (FCFA de l'époque, donc), revenus au moins égaux à ceux de l'exploitation (hors variation d'effectif du cheptel) (Ancey, 1977). Il est probable qu'il en va de même actuellement, d'autant que l'aspiration des jeunes à l'autonomie (par rapport aux contraintes familiales liées aux travaux agricoles) les pousse à rechercher des revenus monétaires. Le cas des exploitations aurifères « sauvages » créées récemment à la suite de la hausse du métal précieux l'illustre singulièrement.

Les techniques se réclamant de l'agro-écologie sont ainsi confrontées à la question de la rémunération du travail : si les « délais de retour » sont jugés trop élevés (p. ex. dans le cas de la fabrication des composts), la concurrence d'activités rémunérées immédiatement, comme celles issues des migrations de travail, peut être dirimante.

Bilan vivrier et situation nutritionnelle

En 2001, la production céréalière par habitant rural était la suivante :

Tableau 3.
Production céréalière disponible par habitant rural (kg) en 2001.

Passoré	248
Zondoma	137
Yatenga	290
Loroum	174

Source : Minagri/SSA pour la production 2001 ; RGP 2006 pour la population

Les agriculteurs des quatre provinces sont donc dans des situations très contrastées : dans le Zondoma, les paysans ne produisaient en 2001 pas plus de 137 kg de céréales par personne, alors que ceux du Yatenga atteignaient 290 kg. Ces chiffres traduisent des situations très différentes en termes de bilan vivrier. La norme de consommation annuelle de céréales est en effet estimée à 190 kg (MAHRH/SG/DGPSA), ce qui signifie que deux provinces étaient à l'époque déficitaires (le Zondoma et le Loroum), les deux autres étant excédentaires. Toutefois, si l'on tient compte des besoins en semences, des risques de pertes de stockage et de la nécessité de disposer de réserves pour faire face à des années fortement déficitaires (au moins une année sur quatre), on est amené à considérer que le « seuil de sécurité céréalière » se situe à 250 kg par personne. On obtient alors les situations présentées dans l'annexe B.

Elles montrent une grande variabilité interannuelle, conséquence de celle des épisodes pluviométriques :

• l'année 2004, le seuil de sécurité céréalière n'a été atteint dans aucune des quatre provinces (0,68 pour le Loroum, 0,74 pour le Passoré) ; cette année-là, les pluies ont démarré très tardivement, et leur total a été faible (596 mm enregistrés à Ouahigouya) ;

• en 2001, où il a plu 734 mm et en 2003 où il a plu 730 mm, le Passoré et le Yatenga ont eu des bilans céréaliers satisfaisants (0,99 et 1,16), ce qui n'a pas été le cas du Loroum (0,7) et du Zondoma (0,55).

Aucune des quatre provinces n'est donc à l'abri d'une année critique en termes de sécurité céréalière, et par ailleurs deux sont en déficit chronique : le Zondoma et le Loroum.

Par ailleurs, la situation nutritionnelle mesurée par les enquêtes du ministère de la Santé est très préoccupante pour l'ensemble des zones rurales du pays. Par exemple, la malnutrition protéinique et énergétique (MPE) est omniprésente : elle affecte particulièrement les enfants en âge préscolaire. Elle a en outre tendance à croître : sous sa forme chronique, elle est passée de 29 à 37 % de cette tranche d'âge entre 1993 et 1998, et de 11 à 17 % sous sa forme sévère. Et l'insuffisance pondérale affecte un tiers des jeunes : elle a également tendance à s'accroître. Sous sa forme chronique, elle est passée de 30 à 34 % de cette tranche d'âge entre 1993 et 1998, et de 8 à 12 % sous sa forme sévère (EDS 98/99).

Les familles paysannes de la Région, adultes et jeunes compris, souffrent donc de déficits céréaliers et nutritionnels chroniques.

L'organisation sociale

Elle est marquée par la superposition de trois « modèles ».

Celui des origines ethniques et précoloniales : historiquement, l'expansion mossi à partir du Sud a repoussé les Dogon vers la frontière du Mali, où ils ne représentent plus que 0,5 % de la population. C'est également de cas des Samo, au sud-ouest. Une autre ethnie endogène, antérieure aux Mossi, les Fulsé (ou Kurumba) a été dominée puis assimilée progressivement : ils sont donc restés sur place. Ils représenteraient moins de 20 % de la population. L'arrivée par le nord des Peulhs-Fulbé (et leurs anciens esclaves Rimaïbé) et des Silmi-Moosé s'est traduite par leur dissémination au sein des terroirs, dans le cadre de rapports d'échanges de services spécifiques avec les autres villageois. Ils représentent respectivement 9 et 5 % de la population. Avec 67 %, les Mossi sont donc largement majoritaires, et de surcroît ils dominent l'organisation socio-politique. À la campagne, les structures sociales sont donc marquées par la prééminence des hiérarchies héritées du royaume mossi du Yatenga et par les rapports de voisinage des Mossi avec les Fulsé-Kurumba, les Fulbé et les Silmi-Moosé.

Celui des structures de la gouvernance démocratique : depuis la fin du siècle dernier, le Burkina Faso a créé des communes rurales, dont les maires et les conseillers municipaux sont élus. Il y a une quarantaine de communes rurales dans la Région, soit une dizaine par province. Elles ont toutes constitué un Comité villageois de développement (CVD) doté d'attributions importantes en matière de développement rural.

Celui des organisations professionnelles paysannes : elles sont très nombreuses, car on peut en trouver plusieurs par village (par quartier, par genre…). À partir des années 1980, une organisation faîtière régionale a pris une grande importance, celle des groupements NAAM, dont le siège est à Ouahigouya : elles ont eu un rôle décisif dans la mise en œuvre des actions de lutte contre la sécheresse, avec l'appui technique et financier de l'ONG « 6S ».

L'articulation entre ces trois formes de légitimité et de pouvoir est un exercice délicat, particulièrement pour ce qui relève des questions foncières et des « biens publics », dont l'accès à l'eau, à la santé… Les services de l'État et les ONG doivent trouver des modalités spécifiques de collaboration avec les unes et les autres. Dans un passé récent, les pratiques du projet national de gestion des terroirs (PNGT) et du projet régional PDRD, basé à Yako, méritent certainement un intérêt particulier.

Résistances paysannes

Face aux crises vivrières et nutritionnelles d'une part, fourragères de l'autre, écologiques enfin (les sols et la végétation), accentuées par les deux épisodes de sécheresses successives des années 1970, les paysans de la Région, avec l'appui des services de l'État et de plusieurs ONG, ont fait preuve d'un dynamisme remarquable, en mettant en œuvre des pratiques novatrices très exigeantes en temps de travail et en efforts

physiques. Il s'agit d'une part de la régénération des sols dégradés par la pratique du zaï et d'autre part de la lutte contre le ruissellement par la réalisation de cordons pierreux en aval des parcelles cultivées. Plus précisément, entre 1980 et 1985, des paysans et des ONG ont mis au point et testé des zaï améliorés et des cordons pierreux sur courbes de niveau, et après 1985 ces techniques ont été de plus en plus promues par des projets.

Amélioration des techniques de semis : le zaï

Changement radical des pratiques conventionnelles des pratiques de semis, le zaï a pris une importance considérable depuis 1980. Rappelons en les principales caractéristiques (voir encadré ci-dessous).

Le « zaï »

Cette pratique consiste à la fois à favoriser le stockage de l'eau (contrôle du ruissellement) en semant dans une cuvette de faible profondeur – quelques décimètres – enrichie en matières organiques d'origine locale (compost constitué à partir de pailles, de déjections), mesurant les effets des zaï sur le rendement du sorgho dans une station de recherche de l'INERA, ont observé une augmentation très sensible des rendements, qui passaient de 70 à 300 kg/ha environ (moyenne de deux années). Roose (Roose *et al.*, 1995), qui a étudié les effets du zaï au Burkina Faso et au Nord-Cameroun, a également mesuré des accroissements spectaculaires de rendement du sorgho (de 63 à 976 kg/ha en année humide, de 22 à 550 en année plus sèche) résultant d'effets combinés de la rétention d'eau, du compostage et d'une fumure minérale d'appoint, et a permis de préciser les limites de pluviométrie à l'intérieur desquelles le zaï constitue une alternative adaptée. La mise en œuvre de ces techniques exige certes beaucoup de travail – là encore en saison sèche – mais elle se satisfait de ressources disponibles dans l'exploitation elle-même, contrairement aux cordons pierreux.

Trous préparés pour le zaï manuel.
Ici à une densité supérieure à celle des semis de mil ou sorgho.

Pour souligner les exigences de ces modalités de semis, notons :

– l'intensité en travail : 300 heures pour un hectare dont une grande partie en saison sèche et chaude, dans des conditions très pénibles, et la densité de poquets est de l'ordre de 25 000 à l'hectare. (Kaboré WTT [2005] a relevé 62 jours à Ziga). Comparés aux semis en traction animale, ces chiffres sont vingt fois plus élevés. Que dire alors de la comparaison avec des semis motorisés ? Une telle intensité de travail relève de comportements de survie ;

– les besoins en fumure organique : 2 à 3 tonnes par hectare selon Roose, 8 à 13 selon Kaboré. Le développement du zaï n'a été possible que grâce à la récupération systématique des pailles de céréales et légumineuses et à une stabulation partielle du bétail, premières étapes de l'intégration de l'agriculture et de l'élevage.

Zaï et djengo

Le djengo est une alternative au zaï : selon Kaboré WTT, le creusement des trous est réalisé avec un outil de manche plus long, le paysan creuse en position debout, et de surcroît en début de saison des pluies. C'est donc une modalité sensiblement moins fatigante. Il s'applique principalement aux sols sableux, ce qui permet un travail plus rapide : même avec une densité de poquets (de l'ordre de 40 000) supérieure à celle du zaï (qui est de 25 000), la préparation d'un hectare ne nécessite qu'une vingtaine de jours, soit quarante de moins environ. Selon les cas, il y a ou non adjonction de matière organique. Toujours selon Kaboré, la pratique du djengo à Ziga est loin d'être anecdotique, particulièrement dans les petites exploitations limitées en fumure organique et en main-d'œuvre. Le djengo est donc une pratique simplificatrice, qui permet de gagner du temps et d'économiser de la fumure organique, mais les conditions de germination des graines sont *a priori* moins favorables (pas de récupération du ruissellement des premières pluies, volume de récupération plus faible, moindre quantité de matière organique).

Pour la majorité des agriculteurs, le zaï est d'abord une pratique de récupération des sols dégradés (les *zippelés*).

Les cordons pierreux

La technique s'inspire des levées de terre réalisées à grands frais par le projet GERES des années 50 : elle vise à arrêter ou détourner les eaux de ruissellement des parcelles cultivées, mais il ne s'agit plus de levées de terre mais de cordons pierreux, comme le montre la photo ci-contre :

Cordons pierreux visant à arrêter ou détourner les eaux de ruissellement des parcelles cultivées.

Plus résistantes aux fortes « vagues » de ruissellement que les levées de terre, ces « diguettes filtrantes » ne sont pas destinées à détourner les eaux de ruissellement vers des exutoires aménagés à cet effet, mais à les freiner et, autant que possible, à les retenir. La réussite d'un cordon pierreux s'apprécie, avec le temps, à la constitution de « marches d'escaliers » du fait de l'accumulation des sédiments entraînés. Les espaces entre les pierres peuvent être comblés par les sédiments.

Les paysans bénéficient fréquemment d'appui logistique de la part de projets pour le transport des pierres, qui peut représenter plusieurs déplacements de camions sur une distance de l'ordre de la dizaine de kilomètres, voire plus (ex : les FDR I et II (1976), le PAF : 8 000 ha dans le Yatenga et le Zondoma ; le PEDI : 17 200 ha dans le Bam et le Sanmatenga entre 1986 et 2001 ; PATECORE/GTZ : 30 000 ha dans le Bam entre 1989 et 2002 ; le CES/AGF : 46 000 ha dans 3 provinces entre 1989 et 2002).

La régénération naturelle assistée (RNA)

De façon complémentaire est apparue, spontanément, la pratique de la régénération naturelle assistée (RNA) : les plantes pérennes issues de graines germant dans les trous de zaï bénéficient de conditions privilégiées et ont une croissance supérieure aux autres. Ce processus a pris une certaine ampleur dans plusieurs zones sahéliennes qui a permis, là où les situations foncières et sociales s'y prêtent, la réapparition de nombreuses plantes pérennes.

Un exemple de RNA (à proximité de Ouahigouya) : à gauche, sans RNA, à droite, avec RNA. Les photos ont été prises des deux côtés d'une même route.

Qu'observe-t-on ? Des plantes pérennes dont les graines se trouvent par hasard dans des trous de zaï y trouvent un milieu propice à leur germination puis à leur développement : les plantules peuvent alors devenir des arbres. Ce processus est susceptible de provoquer la reconstitution de la végétation arborée d'origine, avec localement des effets spectaculaires.

Il est malheureusement limité par la situation foncière d'une part et le contrôle de la vaine pâture de l'autre. Les familles descendantes des lignages fondateurs, ne cèdent l'usage d'un champ à un tiers qu'à titre précaire : elles exigent généralement que son usage soit limité aux cultures annuelles. La présence de plantes pérennes remet en cause le bail. Aussi informel soit-il, il est résilié d'office.

Il l'est aussi par la vaine pâture, beaucoup des jeunes plants étant très appétés par le bétail : les parcelles où la RNA a réussi ont fait l'objet d'un gardiennage strict. À notre connaissance, elles sont rarement éloignées des villages.

Bilan des pratiques de « résistance paysanne » (CES + Zaï)

Les enquêtes menées lors d'une étude réalisée en 2007 au Burkina Faso sur un échantillon de 700 unités de production ont montré que le taux d'adoption des techniques de CES était de l'ordre de 53 %. La plupart des agriculteurs combinent plusieurs techniques. La plus fréquente est celle des cordons pierreux et des zaï. L'application de la fumure organique se généralise avec plus de 67 % des unités de production qui ont adopté la technologie.

On dispose d'informations plus détaillées avec l'étude réalisée par C. Reij et T. Thiombiano (2003 - *cf.* annexe C) sur « la réhabilitation de la capacité productive des terroirs sur la partie nord du Plateau central entre 1980 et 2001 », qui a porté sur 12 villages dont trois témoins (sans CES), 226 exploitations agricoles de trois provinces (Bam, Sanmatenga et Yatenga). Elle a montré que plus de 100 000 ha ont été ainsi aménagés, dans le cadre de plusieurs projets,

Les objectifs paysans étaient clairement de capter les eaux de ruissellement, et non pas de les dévier. Leurs commentaires concluent à la supériorité des cordons pierreux sur les demi-lunes et les diguettes de terre

L'étude conclut que la CES :

– associée au zaï, a permis une amélioration sensible des rendements en céréales. Elle contribue donc à la sécurité alimentaire ;

– y compris avec une pluviométrie déficitaire : elle contribue aussi à la lutte contre les aléas climatique ;

– contribue à la réhabilitation de l'environnement, grâce à la RNA, souvent spectaculaire ;

– contribue dans plusieurs cas au rehaussement de la nappe phréatique, mais pas systématiquement ;

– sur le plan social, tend à diminuer l'exode rural, à lutter contre la pauvreté et à améliorer la condition féminine ;

– par contre, ne contribue pas à l'intensification agronomique.

Des informations plus détaillées figurent à l'annexe C.

Un combat inachevé

Peut-on pour autant considérer que la lutte contre l'aridité a été gagnée, que les mécanismes cumulatifs du développement sont enclenchés ?

C'est l'avis de E. Botoni et C. Reij qui ont publié en 2009 une importante synthèse sur « la transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel », dont ils concluent que « le Sahel reverdit » (Botoni et Reij, 2009). Certes, c'est le cas des espaces auxquels ils se réfèrent. Mais il convient de garder en mémoire : qu'il s'agit d'espaces bénéficiant de droits fonciers non limitants et d'une capacité à éviter les effets de la vaine pâture ; que le choix des plantes pérennes est laissé à la nature (il ne peut pas être « ciblé » sur des espèces présentant un intérêt

spécifique en termes de préservation de la biodiversité) ; qu'il n'empêche pas les processus de dégradation des sols entre les arbres (observations *in situ*, comme par exemple dans le village de Renawa, à proximité de Gourcy).

Je pense pour ma part que l'extension des sols dégradés et l'aggravation de la malnutrition, dont nous avons rendu compte ci-dessus, montrent que le combat contre la désertification n'est pas encore gagné.

En fait, les très prometteuses réalisations en matière de CES ont incontestablement évité des catastrophes humanitaires et écologiques, sans atteindre toutefois les seuils de reproductibilité écologique et sociale que sont une productivité du travail agricole à 15 qq de céréales/actif/an, au lieu de 4 actuellement, et la régénération des zones de parcours, sans doute les plus dégradées des terroirs.

Il faut sans doute y voir trois limitations majeures :

– la réalisation manuelle des cordons pierreux et du zaï représente un travail physiquement pénible et lent (dans le cas du zaï, il faut compter plus de 300 heures de travail à l'hectare) ;

– les composts utilisés sont de qualité très médiocre : leur capacité à corriger les principales carences du sol ou à stimuler leur vie biologique est en fait très faible ;

– une part importante des sols d'un même terroir ne sont pas cultivables, pour des causes diverses (déclivité, texture, profondeur) et ne sont pas redevables des mêmes actions d'amélioration foncière.

Illustrons ce dernier point par la représentation, en annexe B, de deux types de topo-séquences caractéristiques des modelés de la zone centrale : Sabouna se situe à une vingtaine de kilomètres au nord de Ouahigoua, Ziga à peu près à la même distance, au sud.

Les topo-séquences illustrent la part relativement modeste des glacis sablo-argileux, les seuls susceptibles de porter des cultures céréalières (et encore sous réserve d'une profondeur suffisante, supérieure à 1 m) et la nature des espaces non cultivables (pentes, tables cuirassées, sols gravillonaires, bas-fonds…).

Les cartes morpho-pédologiques montrent l'enchevêtrement des unités de paysage, et donc la difficulté d'y repérer précisément les circuits des eaux de ruissellement et de ravinement, non accessibles par les cartes géographiques aux échelles disponibles. Il faut avoir recours à des parcours de terrain avec les producteurs, en s'appuyant si possible sur des images satellitaires.

Des pratiques agro-écologiques porteuses d'avenir

Faut-il pour autant perdre espoir ? Nous n'en croyons rien, car, en ce qui concerne les sols cultivables :

– nous savons dès à présent maîtriser des techniques anti-aléatoires pour les cultures de saison des pluies, ce qui permet de « sécuriser » des rendements à un niveau sensiblement supérieur aux moyennes actuelles ;

– nous savons aussi augmenter la superficie cultivée par actif en régénérant les sols dégradés avec des moyens à la portée des paysans les plus démunis ;

– nous avons par ailleurs de solides espoirs que des paysans puissent fabriquer des composts améliorés de bien meilleure qualité que ceux qui sont disponibles actuellement ;

– les surplus vivriers et fourragers ainsi obtenus permettront une diversification des productions, en particulier le petit élevage villageois.

Pour les espaces non cultivables, d'importants travaux de R&D sont certes encore nécessaires, en particulier en matière d'agroforesterie assistée biologiquement (renforcement du potentiel symbiotique) : les antécédents disponibles sont encourageants.

Le ruissellement : l'ennemi public n° 1

Il n'est pas fortuit que les paysans aient fait de la lutte contre le ruissellement leur priorité, que ce soit avec le zaï ou avec les cordons pierreux : c'est en effet le problème majeur de la lutte contre l'aridité. Selon P. Dugué :

– il peut attendre 100 % sur les *zippelés ;*

– il peut être estimé entre 40 % et 80 % sur les sols gravillonaires de haut de pente et atteindre 40 % sur les sols limono-argileux ;

- il n'est faible que sur les sols sableux.

En tout état de cause, il est d'autant plus élevé que la pente est plus forte et que l'intensité des pluies est plus élevée ; or la hauteur d'eau totale est constituée pour l'essentiel de fortes pluies, abondantes et intenses.

En conditions semi-arides, le ruissellement constitue le principal facteur aggravant des conditions de sécheresse, puisqu'il pénalise les cultures et limite le rechargement des nappes phréatiques : quand il atteint 40 %, il ramène une pluviosité utile de 500 mm (médiocre) à 300 mm (catastrophique).

Comment lutter contre le ruissellement ? Pour les parcelles cultivées, on a fait récemment des progrès importants avec la mécanisation du zaï en traction asine ; pour les autres, on ne manque pas de solutions techniques (diguettes, retenues…) mais les conditions de leur mise en œuvre sont loin d'être à la portée des villageois.

Le contrôle du ruissellement dans les parcelles cultivées

On savait depuis le travail de P. Dugué et des travaux ultérieurs de l'Inera que la croûte superficielle des *zippelés* est susceptible d'être brisée par un travail superficiel, mais on ne pouvait à l'époque le réaliser qu'en traction bovine, laquelle n'est pas à la portée de la majorité des agriculteurs. Ce n'est que récemment, avec le développement de la traction asine et l'existence du porte-outil kassine adapté à la traction asine, que le zaï mécanisé est devenu une option réaliste pour la lutte contre le ruissellement.

Le développement de la traction asine et la fabrication locale de la kassine

L'élevage des ânes domestiques a commencé en 1960 ; il était auparavant limité à quelques familles spécialisées dans le transport bâté à longue distance. Nous avons eu l'opportunité, avec des collègues de l'Inera et à la demande d'une ONG luxembourgeoise (Les jeunes agriculteurs et viticulteurs chrétiens du Luxembourg), de décrire ce processus et d'en rendre compte à l'occasion de l'atelier régional organisé à Bobo Dioulasso en 2003 par le Cirad et ses partenaires, consacré à la traction animale en Afrique de l'Ouest (A. Wereme *et al.*, 2003).

La mise au point d'un porte-outil spécialisé pour la traction asine, la « kassine » (voir annexe D), par une ONG française (Prommata, basée en Ariège, héritière des travaux de Jean Nolle, le promoteur des équipements de traction animale en Afrique de l'Ouest) ouvrait parallèlement la voie à la régénération des sols dégradés en traction asine, jusque-là limitée à la traction bovine, et donc à une fraction minime des paysans. Avec des collègues de l'Inera, de MARP Burkina, une ONG qui travaillait à l'époque dans la province du Zondoma, et de Prommata, nous avons entrepris en 2006 une opération de validation du zaï mécanisé en conditions paysannes, dans sa version asine, qui a permis de mettre en évidence (Barro *et al.*, 2007 a et b) :

– une réduction très importante des temps de travaux (40 heures/ha contre plus de 300) ;

– la capacité de cultiver des *zippelés* incultes et d'obtenir des rendements/ha satisfaisants, de l'ordre de 400 kg/ha en travail manuel et 800 en culture attelée ; l'addition d'une « microdose » d'engrais minéral NPK augmente dans les deux cas les rendements de 400 kg. Dans cette dernière version, la productivité du travail est 24 fois supérieure à celle du zaï manuel sans complémentation minérale. La production de pailles suit les mêmes proportions (5,5 t/ha en zaï manuel conventionnel, 8,5 en zaï mécanique avec complémentation minérale) ;

– les types de sols aptes à répondre favorablement à ce type de travail en sec.

Validation du zaï mécanisé en champ-école paysan (Zondoma, 2006). En avant : « zippelé » ; à droite, zaï manuel ; à gauche : zaï mécanisé.

Bien que non mesuré *in situ*, le contrôle du ruissellement constitue incontestablement le facteur essentiel du développement des cultures : le travail du sol avec un coutrier (dent IR 12), croisé pour faciliter le creusement des trous de zaï crée des rugosités de surface, dont témoignent les photos ci-dessous. Ces rugosités sont des freins efficaces au ruissellement.

À gauche : réalisation du zaï mécanisé avec la kassine.
À droite : état de la surface du sol après passage croisé du coutrier fixé sur la kassine.

L'optimisation de l'alimentation hydrique des cultures : les pratiques anti-aléatoires

Compte tenu des aléas pluviométriques évoqués dans la première partie, c'est l'eau disponible dans le sol qui assure l'alimentation hydrique entre deux pluies : l'évapotranspiration potentielle (ETP) journalière étant de l'ordre de 5 à 7 mm par jour, il faudrait que la réserve utile (RUR) du sol contienne 60 mm pour assurer l'alimentation en eau des cultures entre deux pluies espacées de 10 jours, 120 mm si elles le sont de 20 jours. Or la RUR de la majorité des sols cultivés dans les provinces concernées ne dépasse pas 100 mm jusqu'à un mètre de profondeur (*cf.* Dembélé et Some, 1991) et les racines n'atteignent ces profondeurs qu'après plusieurs semaines.

L'alimentation hydrique des cultures est donc à la merci d'intervalles « secs » supérieurs à deux semaines (inférieurs les premiers jours après le semis). Encore faut-il : que le « réservoir » soit rempli ; et que les racines des cultures descendent suffisamment profondément dans le sol. Ces deux conditions ne sont remplies que

Tableau 4.
Réserves utiles racinaires cumulées de deux types de sols « ferrugineux tropicaux » ou « sols ferrallitiques fortement lessivés » en mm

Profondeur (cm)	Saria*	Karfiguèla**
0-20	17.9	15.5
20-40	40.1	26.1
40-60	61.5	34.8
60-80	61.5	56.4
80-100	102.3	76.6

* sols à texture plus limoneuse ** sols à texture plus sableuse.

si : les techniques culturales limitent au maximum le ruissellement des eaux de pluie, qui est fréquemment intense (> 50 % si le sol est induré en surface) ; et les semis sont suffisamment précoces pour permettre un développement racinaire rapide.

On voit ainsi tout l'intérêt du travail du sol en sec réalisé par le zaï mécanisé, qui freine très efficacement le ruissellement en sol limoneux, comme le montre la photo précédente.

L'optimisation du bilan hydrique résulte aussi de deux pratiques culturales :

– le passage du coutrier entre les lignes en cours de culture, de façon à favoriser l'infiltration des eaux de pluie et à éliminer les adventices ;

– le semis en sec du mil ou du sorgho, c'est-à-dire après le zaï mécanisé et avant les premières pluies. Sous réserve du traitement des graines avec un insecticide, le risque de perdre les semences n'est pas très élevé (quelques kilogrammes), alors que le gain potentiel est élevé : avec une ETP de 6 mm par jour, tout gain de temps est précieux, d'autant que les racines n'explorent à ce stade qu'un volume très réduit de sol.

Des validations de ces deux options sont en cours, les premiers résultats s'avérant satisfaisants.

La kassine permet non seulement la régénération des sols dégradés, mais aussi la mise en œuvre de plusieurs pratiques « anti-aléatoires » dans les sols cultivés, qui améliorent beaucoup le bilan hydrique des cultures.

Elle permet également une diminution très appréciable des temps de travaux, non seulement en ce qui concerne le zaï, mais aussi les sarclages : on peut en attendre une forte augmentation de la superficie cultivée par actif, probablement un doublement (de 0,65 à 1,3 ha), par la remise en culture des sols dégradés.

Elle coûte une centaine d'euros ; ses différents équipements, qui peuvent être achetés par plusieurs paysans (ou loués), représentent une cinquantaine d'euros. Le quintal de sorgho se vendant actuellement une vingtaine d'euros, les bases économiques d'une bonne rentabilité sont acquises.

Le Centre technique d'amélioration de la traction asine (CTAA)

Avec la création en 2007 à Imasgo, dans le Boulkiemdé, du CTAA, centre dédié à la promotion de la traction, celle-ci bénéficie maintenant au Burkina d'une structure d'appui jusque-là inconnue : plusieurs centaines de paysans ont été formés et sont en cours de formation à l'élevage des ânes et à l'utilisation de la kassine. Financé par la Coopération luxembourgeoise et géré par l'ONG AMUS (Association Mains Unies pour le Sahel), il s'appuie sur quatre villages représentatifs de la diversité des situations des régions Nord, Centre-Est, Boulkiemdé et Sanguié, dont les CVD (voir supra) sont associés à ses choix stratégiques.

Le contrôle du ruissellement sur les espaces non cultivés

Les photos de la première partie et les schémas de l'annexe A mettent en évidence la gravité des processus de ruissellement et d'érosion d'une part, et la complexité topographique des unités de paysages correspondantes de l'autre. Concevoir et

réaliser des dispositifs aptes à y limiter le ruissellement suppose donc une excellente connaissance des terrains à protéger et des circuits des eaux de ruissellement, ce qui implique une collaboration étroite entre les paysans concernés et des techniciens avertis. Cela étant, la nature des ouvrages à réaliser est bien connue, ainsi que les méthodes de construction. À titre d'exemple, on illustre ci-dessous un chantier de construction d'une digue de protection en amont d'un glacis.

Photo Yaya Ouedraogo

Chantier-école de réalisation d'une digue de protection.

La réalisation de tels ouvrages (ou de diguettes de retenue) est toutefois onéreuse : le problème de savoir comment la financer est d'autant plus difficile à résoudre que les bénéficiaires des effets induits (limitation du ruissellement, contrôle de l'érosion, recharge des nappes phréatiques...) ne peuvent pas être individualisés, puisqu'il s'agit de la gestion d'un bien public : l'eau. Les situations foncières sont complexes (y a-t-il une ou plusieurs familles fondatrices qui revendiquent des droits sur les espaces correspondants ?) (*cf.* Ouedraogo Y., 1996). De surcroît, ce sont des zones de vaine pâture, y compris par des troupeaux transhumants : encore un bien public ! cela constitue donc un imbroglio technique, économique et social dont la solution a toute les chances d'être compliquée. Une certitude toutefois : les projets de gestion des terroirs, dans le cadre du PNGT, ainsi que le projet PDRD, basé à Yako, se sont confrontés à ces problèmes d'aménagement. Il serait important d'avoir connaissance de leurs acquis et de leurs recommandations.

L'amélioration des composts

Les sols cultivables de la Région sont pauvres en matière organique, leur capacité d'échange cationique est faible et ils sont fortement carencés en phosphore. Nous faisons le point dans l'annexe E sur les connaissances disponibles, en particulier après les travaux de P. Dugué dans trois villages de références sur les pratiques paysannes et les modalités d'une fertilisation améliorée.

Il en concluait que les conditions pour que la fertilisation minérale recommandée par les services techniques soit efficace et rentable sont très restrictives (certains types de sol) et aléatoires (pluviométrie favorable). La seule alternative organique

disponible à l'époque, la poudrette de parc, n'offre pas suffisamment de résidus organiques pour jouer un rôle autre que de fertilisation minérale, elle aussi soumise aux aléas climatiques. L'utilisation systématique des résidus de cultures comme ressource fourragère limite sévèrement les possibilités de fabriquer des quantités significatives de fumier ou de compost.

L'option d'une fertilisation par l'usage de composts s'impose donc, d'autant qu'avec la pratique du zaï, c'est celle qui est mise en œuvre par les paysans. Mais les composts qu'ils utilisent sont de mauvaise qualité chimique, organique et microbiologique. Leur amélioration a fait l'objet de nombreux travaux de l'Inera (Sawadogo *et al.,* 2008) et de plusieurs ONG burkinabés, dont l'ARFA dans l'est du pays (Association pour la Recherche et la Formation en Agro-écologie, à Fada N'Gourma) (ARFA, 2005 ; Sagnon, 2005) et le CEAS (Ouedraogo E., 2004). Les modalités en sont simples, même si leur mise en œuvre est très exigeante en temps de travail : optimiser les conditions de la fermentation (couches successives de résidus de récolte, de déchets animaux, de cendres domestiques ; arrosages, retournements…) ; et enrichir le mélange avec du phosphate tricalcique, disponible localement. Les résultats obtenus sont très convaincants : raccourcissement du temps de fermentation (de l'ordre de deux à trois mois), destruction des graines d'adventices, effets sur le rendement des cultures maraîchères (les maraîchers sont les principaux utilisateurs de composts) et céréalières. Certains paysans du Gourma, appuyés par l'ARFA, en ont déjà une bonne pratique.

Leur adoption en zone subaride constitue donc un objectif important, mais elle va se heurter à la disponibilité en eau, déjà limitante en de nombreux endroits pour les besoins des familles et de leurs troupeaux. D'où l'idée, que nous sommes en train d'expérimenter, d'accélérer la dégradation des lignines et des celluloses par l'adjonction au compost de spores de *Trichoderma harzianum*, champignon endémique des sols tempérés et tropicaux, avec l'objectif de raccourcir sensiblement le délai de fabrication des composts tout en bénéficiant de ses effets d'inhibition de certains parasites des cultures (Razikordmahalleh ; Rudresh *et al.,* 2005; Sharon *et al.,* 2009). Les résultats préliminaires obtenus en 2011 tant sur maïs, niébé et sésame que sur plusieurs cultures maraîchères s'avèrent très encourageants.

La fabrication à grande échelle de composts améliorés sera une œuvre de longue haleine, car les volumes et les quantités en cause sont élevés : il faut en effet 30 t/ha en maraîchage (1,5 t sur 500 m^2), 5 t/ha en grande culture. Or, la fabrication de 5 t de compost amélioré nécessite la confection de fosses adéquates, le transport et la manipulation de 3,5 t de résidus végétaux, l'arrosage en plusieurs fois avec au moins 1,5 m^3 d'eau, au moins deux retournements pour assurer une aération suffisante… C'est pourquoi nous estimons que ce sont les maraîchers qui seront les premiers clients : ils sont déjà nombreux dans la zone, y compris dans les villages où se sont créés des périmètres maraîchers avec l'aide d'ONG diverses. Il existe déjà un marché des composts, même si leur qualité laisse souvent à désirer. Dans la perspective de composts améliorés, il est probable (et nous pourrions y contribuer) que se développe une profession d'artisans spécialisés dans la fabrication de composts améliorés, bénéficiant d'accès facilité à l'eau (proximité de bas-fonds), d'équipements de transport (charrettes) et de main-d'œuvre suffisants.

Le renforcement des symbioses racinaires

Il constitue le troisième volet de l'approche agro-écologique. L'Inera et l'IRD ont collaboré plusieurs années sur le thème des symbioses racinaires des arbres endémiques, en particulier les symbioses mycorhiziennes (Ba *et al.*, 2010). Robin Duponnois, du LSTM de Montpellier, propose de valoriser les ressources arbustives pionnières dans le cadre du zaï mécanisé en utilisant des composts améliorés, sur la base de l'hypothèse de travail suivante : « L'introduction dans la technique du zaï d'espèces végétales endémiques ayant une forte dépendance mycorhizienne pourra augmenter le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) de ces sols et contribuera à la réactivation des phénomènes biologiques impliqués dans le fonctionnement des cycles biogéochimiques (P, N) pour aboutir à un maintien durable de la fertilité des sols. De plus, ces "plantes nurses", via leur impact sur le PIM des sols, optimiseront la valeur agronomique des intrants généralement utilisés dans la technique du zaï (compost, phosphate naturel). » Dans ce cadre, il conviendra : d'identifier et mesurer le potentiel mycotrophe d'espèces pérennes endémiques utiles (une demi-douzaine, choisies avec les paysans concernés) ; d'évaluer la mycorhization des espèces choisies en conditions de zaï ; d'identifier les mécanismes microbiens du sol favorables à la croissance des plantes. L'Inera et l'IRD disposant localement des personnels scientifiques et des équipements pour mener à bien les analyses de laboratoire et les observations de terrain, la mise en œuvre de ces activités ne se heurte pas à des obstacles majeurs. Cette étude permettra d'ouvrir la voie à une approche renouvelée de l'agroforesterie.

Parmi les arbres dont le développement nous paraît très souhaitable, *Moringa oleifera* occupe une place importante. L'annexe G rappelle ses remarquables propriétés nutritionnelles, qui en font un des meilleurs candidats pour lutter contre la malnutrition en milieu rural, à coût monétaire nul. C'est aussi un excellent complément fourrager. Il devrait trouver sa place dans les concessions villageoises, où il peut facilement être arrosé en saison sèche et protégé des animaux en divagation, ainsi que sa place d'origine dans les savanes, sous réserve de le protéger du bétail itinérant.

L'aviculture villageoise et le petit élevage

Volailles et petits ruminants sont présents dans toutes les exploitations paysannes de la région. Les statistiques disponibles (cf. annexe C) montrent les effectifs moyens suivants pour trois des quatre provinces de la région Nord :

Tableau 5.

	Asins	*Bovins**	Caprins	Ovins	Pintades	Poules	*Porcins**
Passore	1	*1.9*	6.5	4.1	6.2	27.5	2.2
Yatenga	0.4	2.3	5.9	4.8	1.6	9	*0.1*
Zondoma	1	*1.1*	8	4.8	4.1	17.5	*0.6*

* il est peu probable que ces moyennes soient pertinentes dans le cas des bovins et des porcins, du fait du rôle des peulhs dans le premier cas, et des appartenances religieuses dans le deuxième.

Qu'il s'agisse de volailles ou de petits ruminants, les effectifs sont modestes. Ces élevages sont en effet limités par des pathologies sévères et par le déficit de ressources alimentaires (grains pour les volailles, fourrages pour les ruminants). Contre les premières, AVSF a montré qu'elles sont maîtrisables en milieu paysan par la création de réseaux d'auxiliaires villageois d'élevage, sous le contrôle de vétérinaires professionnels. Mais l'accroissement des ressources alimentaires exige l'intensification des cultures vivrières et fourragères.

Dès lors que ces conditions sont remplies, l'expérience d'AVSF (AVSF, 2001), qui porte sur plusieurs centaines de villages et plusieurs milliers de poulaillers traditionnels améliorés pendant plusieurs années, montre :

– qu'en conditions paysannes, le contrôle sanitaire de la maladie de Newcastle et des affections parasitaires peut être assuré de façon très satisfaisante, et qu'il assure aux auxiliaires villageois d'élevage un complément substantiel de revenus (les vaccinations sont payantes) ;

– que l'alimentation des familles d'éleveurs peut être enrichie de façon appréciable (de l'ordre de trois volailles et autant d'œufs par mois et par famille) ;

– que leurs revenus monétaires annuels peuvent être accrus d'un montant de l'ordre d'au moins cent euros, pour un coût d'investissement du même ordre, amortissable sur plusieurs années.

– que les femmes exploitant des poulaillers traditionnels améliorés (PTA) représentent un pourcentage important des ménages bénéficiaires : l'aviculture villageoise est un puissant outil de promotion féminine et de lutte contre la pauvreté rurale ;

– que les organisations d'éleveurs (groupements, fédérations) ont joué un rôle très important pour assurer le relais avec la profession vétérinaire, les autorités administratives et les collectivités territoriales.

Perspectives : l'amorce d'un cercle vertueux

L'objectif d'une productivité du travail de 15 q de céréales par actif par an en moyenne interannuelle (alors qu'elle ne dépasse pas 4 q actuellement), que nous avons évoqué peut être atteint à court terme par la combinaison de la traction asine, du zaï mécanisé et de la micro-fertilisation minérale NPK.

• On sait maîtriser l'eau à la parcelle, avec des moyens à la portée du plus grand nombre : par rapport au zaï manuel, et avec l'apport localisé d'une microdose de NPK, on peut espérer atteindre un surcroît de production par ha de 800 kg de grains de céréales et 3 t de pailles et de feuilles.

• Au niveau actuel de superficie cultivée par actif (0,65 ha), cela représente une augmentation de la productivité du travail de 520 kg de grains et 2 t de résidus organiques.

• Si notre hypothèse de duplication de la superficie cultivée par actif par régénération des sols dégradés se vérifie, la productivité du travail, accrue de 10 q de grains et de 4 t de résidus de récolte, passe à 14 q pour les premiers et à 7,5 pour les deuxièmes.

On franchit ainsi trois seuils essentiels :
– on sort de l'insécurité vivrière (4 q par actif) et on dispose d'excédents céréaliers de l'ordre de 10 q, qui permettent des revenus financiers directs et une valorisation par l'aviculture ;
– on dispose de résidus de récoltes utilisables dans l'élevage de petits ruminants et pour la fabrication de composts (il faut entre trois et quatre tonnes de résidus pour fabriquer 5 tonnes de compost amélioré) ;
– on dispose d'une quantité plus importante de déjections animales issues du petit élevage, la composition des composts peut être notoirement améliorée.

Parallèlement, en accompagnement des progrès de la productivité céréalière, nous pourrons appuyer le développement de l'aviculture villageoise et de l'élevage des petits ruminants

Il faudra en même temps valider en conditions paysannes les méthodes d'amélioration des composts avec l'adjonction de *Trichodermae harzanae,* tant pour la production maraîchère que pour les grandes cultures, et appuyer la création d'ateliers artisanaux de fabrication de composts.

D'importants travaux de R&D doivent accompagner ces évolutions, tant pour le pilotage des formules de fertilisation organique (on procède actuellement à l'aveuglette tant pour la nutrition minérale des cultures que pour l'évolution organique et biologique des sols) que pour mettre en œuvre les travaux visant au renforcement des symbioses racinaires au profit de l'agroforesterie « ciblée » vers des espèces importantes pour le développement.

Des métiers ruraux d'avenir

Le développement de ces activités s'appuiera sur une trame de métiers ruraux dont deux au moins sont susceptibles de devenir rapidement autonomes financièrement : les forgerons fabricants de kassines et les auxiliaires villageois d'élevage (au Togo, certains d'entre eux complètent ainsi leurs revenus d'éleveurs avec des montants de l'ordre de 100 000 FCFA par an). Le troisième métier d'avenir autofinancé serait celui de fabricant de composts améliorés.

Un quatrième métier paysan sera un jour indispensable : celui de spécialiste de l'aménagement de l'espace rural ; ses bases demandent à être formalisées, car le Burkina dispose certainement de nombreuses références, encore éparses. Il faudra aussi trouver des modalités de financement, mais là aussi la valeur ajoutée par les aménagements a toutes les chances d'être très élevée. Le fait qu'elle soit collective ne devrait pas constituer un obstacle dirimant, dès lors que les CVD en assureraient le pilotage.

Échéances, délais

Nous ne sommes pas en mesure de les préciser dans le cadre de cette note : il revient en effet aux partenaires actuels et potentiels de jeter les bases d'une stratégie d'action par provinces, communes, villages, en déterminant les éléments et les paramètres de réplication des actions. Il faudra aussi profiler les politiques publiques correspondantes, particulièrement pour ce qui est de l'organisation des marchés, des filières et des prélèvements fiscaux (TVA).

En tout état de cause, une telle entreprise suppose une visibilité à moyen terme d'au moins neuf ans, en trois phases renouvelables en fonction des résultats obtenus.

Financements

La présente note n'a pas non plus vocation à aborder cette question. Je me contenterai de deux remarques orientatives.

Dans le cas de la traction asine comme de l'aviculture villageoise, les investissements monétaires d'un ménage rural sont de l'ordre d'une centaine d'euros, et les valeurs ajoutées annuelles initiales se situent entre 50 et 100 euros, garantissant de saines conditions de remboursements d'emprunts. Les financements publics, quelles que soient leurs origines, devraient être limités aux dépenses de formation et de suivi technico-économique.

Dès lors que les gains de productivité céréalière du travail seront atteints, et qu'ils se massifieront, les filières céréalières et de petit élevage seront approvisionnées et verront circuler des masses monétaires importantes. Dans notre hypothèse d'un excédent céréalier annuel d'une dizaine de quintaux par actif et de 2 t de résidus à usage fourrager (auquel nous fixons arbitrairement une équivalence de 2 q de céréales), ce sont 12 q de céréales qui seront soit vendues directement, soit transformées en produits animaux vendus (œufs, volailles, moutons et chèvres). Sa valeur commerciale actuelle est de 15 000 FCFA le quintal de céréales, soit +/- 20 euros, ou 240 euros par actif par an. Pour un ménage de trois actifs, cela représente une somme de 720 euros. Dès que le processus se massifie, il y a matière à prélèvement fiscal : si on retient la base de 20 %, ce sont environ 150 euros par ménage. Rappelons que la Région compte actuellement 160 000 ménages environ.

Des recettes fiscales d'un montant appréciable permettraient de financer les travaux d'aménagement sur les espaces non cultivables. Prenons à titre d'exemple le cas d'un village de 1 000 habitants (150 ménages), avec une densité géographique de 70 hab/km^2, dont le terroir s'étend donc sur environ 1 500 ha, dont 300 sont cultivés et 1 200 non cultivables, qu'il convient donc d'aménager. À combien s'élèverait, dans nos hypothèses, une taxe de 20 % appliquée aux excédents vivriers et fourragers ? À 22 500 euros (150 euros x 150 ménages), soit près de 20 euros par ha et par an pour l'aménagement. Sous réserve de vérification, les expériences réussies, en la matière, ont dû coûter sensiblement moins cher.

Nous formulons donc l'hypothèse que les gains de valeur ajoutée obtenus par les seules activités céréalières et de petit élevage sont susceptibles de financer l'aménagement des espaces non cultivables, limitant ainsi les financements publics aux seuls services liés au projet, dont la formation.

Conclusions, perspectives

Un long chemin a donc été parcouru depuis que les « grandes sécheresses » des années 65/73 ont mobilisé des efforts considérables de la part des paysans et de leurs

partenaires du développement et de la recherche. Même si le pire a sans doute pu être évité, la paupérisation des populations rurales et la dégradation des ressources naturelles restent des processus récurrents.

Les contrecarrer efficacement passe par :

1) la mise en œuvre de connaissances acquises et éprouvées, notamment en matière de traction asine, de zaï mécanisé avec une fertilisation minérale minimale, mais aussi d'aviculture villageoise et d'élevage de petits ruminants. Elles sont susceptibles de faire progresser la productivité et la valeur ajoutée du travail paysan dans des proportions très importantes ;

2) l'acquisition et la mise en œuvre de connaissances nouvelles concernant en particulier la fabrication artisanale de composts améliorés à usage maraîcher et de grandes cultures, ainsi que le renforcement des symbioses racinaires au profit d'une nouvelle approche de l'agroforesterie.

Il faudra nécessairement traiter la question de l'aménagement des espaces non cultivables, qui peuvent représenter plus de la moitié de la superficie des terroirs, en se basant sur les acquis du PDRD et du PNGT. En complémentarité avec les « champs écoles », qui permettent des échanges efficaces entre paysans, techniciens et chercheurs, ne conviendrait-il pas de créer des « terroirs écoles », qui élargiraient ces dialogues à la gestion des espaces non cultivés ? Cette indispensable gestion collective constitue en effet un des défis majeurs pour l'avenir, comme l'avaient déjà souligné J.-Y. Marchal et P. Dugué.

Les partenaires compétents pour la réalisation de ces quatre composantes (zaï mécanisé en traction asine, petit élevage villageois, fabrication de composts améliorés, études sur le renforcement des symbioses racinaires d'arbres utiles issus de la biodiversité) entreprennent en 2011 et 2012 la mise en œuvre des trois premières. Ils souhaitent pouvoir engager le plus tôt possible un projet de moyen terme qui inclurait les quatre composantes

Liste des Annexes :

A : Croquis morpho-pédologique de deux villages

B : Statistiques régionales commentées

C : Synthèse de l'étude Reij et Thiombiano

D : La kassine

E : Fertilité des sols

F : Les ligneux à Ziga

G : Le Moringa

Références

Ancey G. (1977)
« Variation mossi sur le thème : reproduction des milieux ruraux. » in « Essais sur la reproduction des formations sociales dominées » ORSTOM Paris Travaux et documents ; pp 1-13.

ARFA, CRREA Est (2005) :
« Projet de mise au point et test d'application d'un compost enrichi à l'engrais biologique ORCA : rapport final » ARFA Fada N'Gourma, 15 p

AVSF :
« Développement de l'aviculture villageoise en Afrique de l'Ouest : vingt ans d'expérience au Togo, au Mali et au Sénégal : bilan et perspectives » Lyon 2011.

Ba Amadou M., Diedhiou Abdala G, Prin Yves, Galiana Antoine et Duponnois Robin : « Valorisation des symbiotes ectomycorhiziens associés aux essences forestières exotiques d'intérêt économique pour améliorer les performances des programmes de reboisement en Afrique tropicale »
Ann. For. Sci. Volume 67, Number 3, May 2010

Barro A., Hien V., Billaz R., Kabore I. et Konkissere S. (2007a) :
« La pratique du zaï mécanique par les paysans innovateurs du Nord et du centre du Burkina Faso »
FRSIT Ouagadougou 15 p.

Barro A., Zougmoure R., Maraux F., Dugu Ep. (2007b) :
« Etude de cas sur la récupération des sols dégradés dans le plateau central du Burkina Faso : un chemin vers une agriculture durable »
INERA Ouagadougou,17 p.

Billaz R., Diallo I., Tourte R.
« La recherche appliquée au service du développement rural régional : l'exemple du Yatenga en Haute Volta »
IFARC-GERDAT 1981

Billaz R., Hien V., Segda Z., Traore K. (2001) :
« Systèmes de culture permanente à jachère de courte durée en zone tropicale »
in : Floret C. et Pontanier R. (éd) :
« La jachère en Afrique tropicale » John Libbey Eurotexte Paris Volume 2, pp. 241.264

Billaz R, Guimaraes F et Conti C (2000).
« SAVANAS », CD ROM interactif consacré aux contributions des systèmes de cultures sous couvertures permanentes à la gestion durable des savanes péri amazoniennes.
CIRAD ; UEL Londrina Brésil

Botoni Edwige, Reij Chris
« La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel »
1989 CIS Amsterdam, CILSS

Dembele Y. & Some L.
« Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso » in *Soil Water Balance in Vie Sudano-Sahdian* Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991). IAHS Publ. no. 199,1991.
INERA,

Dugué P.
« Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone soudano-sahélienne : le cas du Yatenga au Burkina Faso »
1989 Thèse de docteur-ingénieur.
ENSAM Montpellier

Dugué P., Rodriguez L., Ouoba B., Sawadogo I., 1994.
Techniques d'amélioration de la production agricole en zone soudano-sahélienne : manuel à l'usage des techniciens du développement rural, élaboré au Yatenga, Burkina Faso. CIRAD-SAR, 209 p.

Forest F.1984 :
Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales.
BIP IRAT-CIRAD Montpellier multigraphié

Kabore WTT (2005) :
Usage des fumures organiques dans les systèmes de cultures et viabilités des agro-systèmes en zone soudano-sahélienne : cas du *zaï* à Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso).
Mémoire de diplôme de mastère spécialisé.
CNEARC Montpellier

Mando A., Zougmore R., Zombre P.N., Hien V. (2001) :
« Réhabilitation des sols dégradés dans les zones semi-arides de l'Afrique sub-saharienne »
in : Floret C. et Pontanier R. (éd) :
« La jachère en Afrique tropicale » John Libbey Eurotexte Paris volume II, pp. 241.264

Marchal J.-Y. « Yatenga :
Dynamique d'un espace rural soudano-sahélien »
ORSTOM Paris 1983

Ouedraogo E. (2004) :
« Le compostage pour l'amélioration de la fertilité
des sols et la production agricole au Sahel » ;
CEAS Ouagadougou

Ouedraogo Y. Alfred :
Les systèmes foncier traditionnels
et l'occupation de l'espace agropastoral
dans le centre du Burkina Faso :
Mémoire de Maîtrise mai 1996.

PDCL/SAZ et BACED (juillet 2006)
du « Analyse environnementale de la zone
d'intervention du PDCL/SAZ ».

Razikordmahalleh I.,
"Effect of Inoculation of Trichoderma
harzianum on the Rate of Sugarcane Bagasse
Decomposition and Produced Compost
Enrichment". Dept of the Environment, Hemmat
Highway, Centre of Environmental Research,
Soil Dept, Tehran, 9821, Iran,

Reij C. Thiombiano T ; (2003) :
Développement rural et environnement
au Burkina Faso : La réhabilitation de la capacité
productive des terroirs sur la partie Nord
du Plateau central entre 1980 et 2001
Rapport de synthèse mai 2003 GTZ/Patecore ;
USAID

Roose E., Kabore V., Guenat C., 1995.
Le zaï. Fonctionnement, limites
et améliorations d'une pratique traditionnelle
africaine de réhabilitation de la végétation
et de la productivité des terres dégradées
en région soudano-sahélienne (Burkina Faso).
Cahiers ORSTOM Pédologie.
In : Spéciale érosion : réhabilitation des sols
et GCES. pp 158-173.

Rudresh, D L. ; Shivaprakash, M K. ;
Prasad, R D (2005).
"Tricalcium phosphate solubilizing abilities
of Trichoderma spp. in relation to P uptake
and growth and yield parameters of chickpea
(Cicer arietinum L.)".
Canadian journal of microbiologie)
Volume 51, Number 3, pp. 217-222(6).

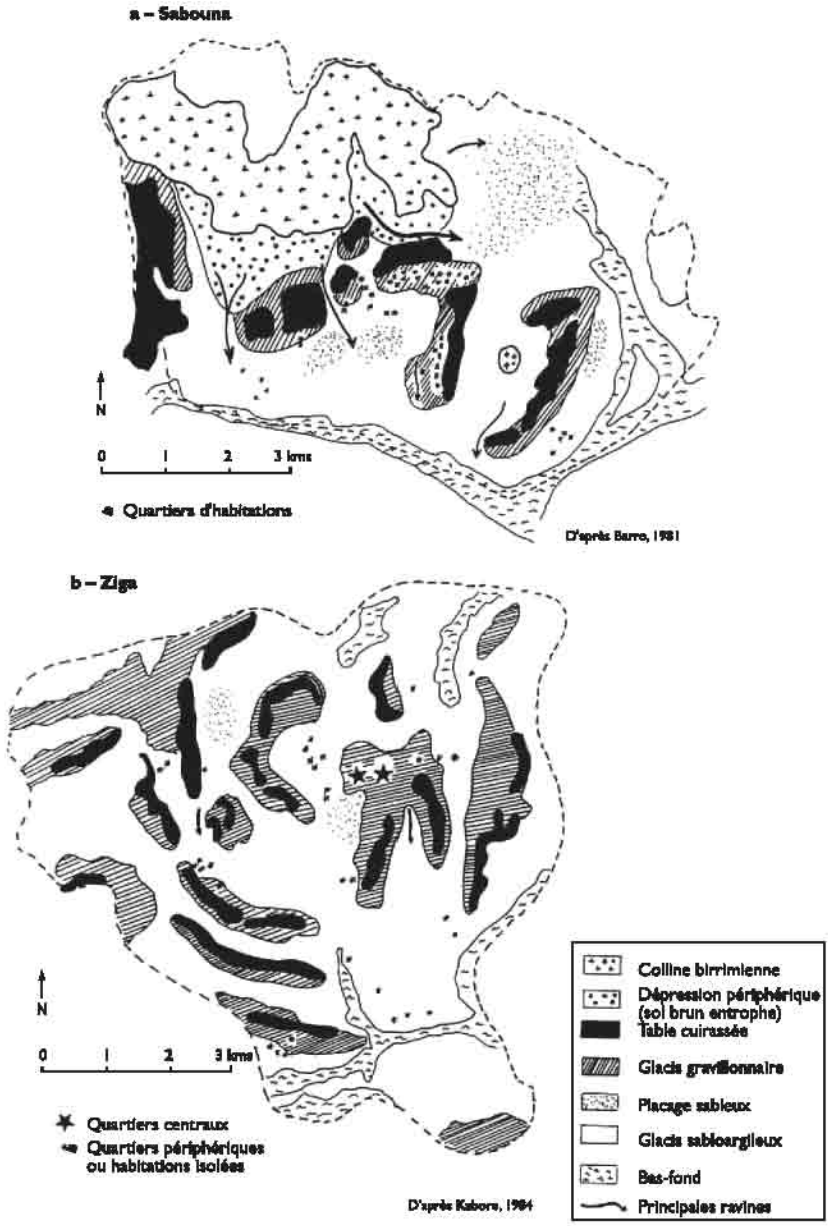
Sagnon S. (2005) : (2006) :
« Rapport d'activités de R/D INERA/ARFA :
suivi de la production et du test d'application du
compost enrichi à l'engrais biologique ARFA »
INERA Ouagadougou.

Sawadogo H., Bock L.,
Lacroix D. , Zombre N. P. (2008) :
« Restauration des potentialités
de sols dégradés à l'aide du zaï
et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso) » ;
Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2008 12(3),
279-290

Sharon E., Chet I. and Spiegel Y.. (2009 :
"Improved attachment and parasitism
of Trichoderma on Meloidogyne javanica
in vitro" ; European Journal of Plant Pathology)
Volume 123, Number 3.

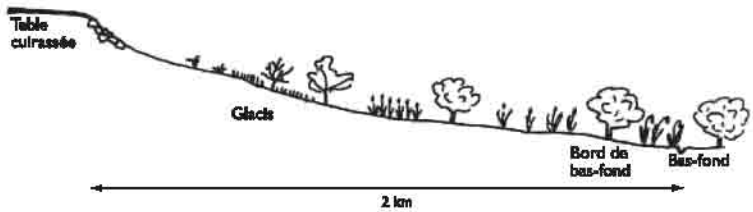
Wereme Aïssata, Ouedraogo Alfred, Billaz René :
« La traction asine en milieu rural
du plateau central du Burkina Faso »
communication à l'atelier des résultats de l'ATP
« traction animale » XI 2003 Bobo Dioulasso

Annexe A

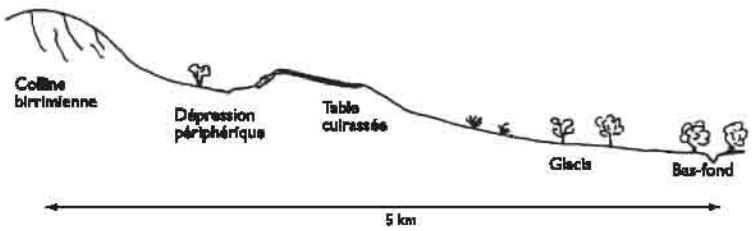


Croquis morpho-pédologique de deux terroirs du Yatenga.
Source : Dugué P.

A – L'exemple du village de Ziga



B – L'exemple du village de Sabouna



Topo-séquences correspondantes.
Source : Dugué P.

Annexe B
Statistiques régionales commentées

Population

Population et densité par région et province des trois derniers recensements

	Population			Superficie (km^2)	Densité		
	1985	1996	2006		1985	1996	2006
Loroum	82 773	111 339	142 853	2 587	31,9	43	55.2
Passore	223 830	271 864	323 222	3 866	57,9	70,3	83,6
Yatenga	353 669	444 563	553 164	6 987	50,6	63,6	79,2
Zondoma	100 136	127 654	166 557	1 759	56,9	72,6	94,7
Région du Nord	*760 408*	*955 420*	*1 185 796*	*16 199*	*46,9*	*59,0*	*73,2*
Burkina Faso	*7 964 705*	*10 312 609*	*14 017 262*	*270 764*	*29,4*	*38,1*	*51,8*

Source : RGP/INSD

Commentaires – Les 4 provinces ont connu, comme l'ensemble du pays, une très forte croissance démographique, de l'ordre de 60 % à 70 % en vingt ans. Conséquence : la croissance de la densité de population et de la pression qu'elle exerce sur les ressources naturelles, qui s'ajoute à celle du bétail, dont les effectifs croissent en moyenne à raison de 2 % par an.

Même limitée à la population rurale (voir ci-dessous), cette densité représente une pression très élevée sur les ressources naturelles. En effet, une densité de 100 habitants au km^2 signifie que chaque habitant ne « dispose » que d'un hectare (1 km^2 = 100 hectares), soit, pour un ménage rural de 6,5 personnes, 6,5 ha. Or, dans ces savanes, une proportion élevée des sols n'est pas cultivable, pour des raisons diverses (déclivité, texture, profondeur)*. Il n'y a plus de « réserve foncière » pour pratiquer des périodes de jachère sur les sols cultivables. La densité la plus critique se trouve dans le Zondoma, le Passore et le Yatenga, la moins critique étant dans le Loroum.

* voir ci-dessous l'occupation des sols au niveau régional

	Population rurale	Densité rurale
Loroum	123 722	47,8
Passore	300 537	77,7
Yatenga	480 011	68,7
Zondoma	141 941	80,6

NB : ces moyennes par province peuvent masquer de fortes disparités locales, liées au relief ou à l'histoire du peuplement.

Population urbaine et rurale en 2006.

	Urbaine				Rurale			
	Ménages	Hommes	Femmes	Ensemble	Ménages	Hommes	Femmes	Ensemble
Loroum	3 043	9 236	9 895	19 131	19 366	58 354	65 368	123 722
Passore	4 392	11 121	11 564	22 685	45 180	138 025	162 512	300 537
Yatenga	14 157	36 370	36 783	73 153	72 704	224 902	255 109	480 011
Zondoma	4 003	11 514	13 102	24 616	20 289	65 170	76 771	141 941
Nord	25 595	68 241	71 344	139 585	157 539	486 451	559 760	1 046 211

	Rural : effectifs par ménage			
	Ménages	Hommes	Femmes	Ensemble
Loroum	19 366	3.0	3.4	6.4
Passore	45 180	3.1	3.6	6.6
Yatenga	72 704	3.1	3.5	6.6
Zondoma	20 289	3.2	3.8	7.0
Nord	157 539	3.1	3.6	6.7

Situation céréalière

Le recensement général agricole (RGA) effectué en 2002, le dernier en date, montre les chiffres ci-dessous

SUPERFICIE TOTALE (EN HA) DES CULTURES CÉRÉALIÈRES - EPA- CAMPAGNE 2001/2002

	Mil	Sorgho blanc	Sorgho rouge	Maïs	Riz	Total
Passore	15 835	65 491	2 126	1 266	91	**84 808**
Yatenga	70 364	69 699	-	2 610	493	**143 666**
Zondoma	6 319	17 799	176	401	19	**24 715**
Loroum	40.744	10.776	253	531	121	**52.732**

Source : Service des Statistiques Agricoles/DEP/M.AGRI.

Les céréales prédominantes sont le mil et le sorgho blanc, dans des proportions sensiblement égales sauf dans le Passore et le Zondoma, dont les cultivateurs ont privilégié le sorgho en cette année 2001. Le sorgho rouge, le maïs et le riz sont des cultures marginales.

Un fait à souligner : la superficie cultivée en céréales par actif rural (la moitié de la population totale) est sensiblement la même, de l'ordre de 0,6 ha (sauf au Zondoma où elle est de 0,34). Dans tous les cas, elle est inférieure à 1 ha : il faut y voir la limite des capacités physiques de travail manuel.

Superficie cultivée en céréales par actif rural (ha)

Passore	0,56
Yatenga	0,6
Zondoma	0,34
Loroum	0,85

Ce constat valide fortement l'intérêt de la traction animale, particulièrement dans le cas de la traction asine avec la kassine, qui permet d'appréciables gains de temps dans l'exécution des travaux agricoles. Elle doit permettre de doubler la superficie cultivée par actif, donc sa productivité.

Production totale (en tonnes) des cultures céréalières - EPA - Campagne 2001/2002

	Mil	Sorgho blanc	Sorgho rouge	Maïs	Riz	Total
Passore	13 374	56 933	2 934	1 175	109	**74 525**
Yatenga	65 918	69 414	58	2 479	843	**139 255**
Zondoma	4 623	14 064	108	616	-	**19 442**
Loroum	22.898	9.719	202	363	111	**33 293**

Source : Service des Statistiques Agricoles/DEP/M.AGRI.

Rendement (en q/ha) des cultures céréalières - EPA - Campagne 2001/2002

	Mil	Sorgho blanc	Sorgho rouge	Maïs	Riz
Passore	8.7	8.7	1.4	9.3	12.0
Yatenga	9.4	10.	-	9.5	17.1
Zondoma	7.3	7.9	6.1	15.4	-
Loroum	5,6	9,	8,	6,8	9,2

Source : Service des Statistiques Agricoles/DEP/M.AGRI.

Les rendements des deux principales céréales ne dépassent jamais 10 q/ha, alors que la pluviométrie de cette année a été satisfaisante (par rapport à la moyenne interannuelle). Ils sont donc représentatifs du fonctionnement « courant » des systèmes de cultures.

Bilan céréalier

En rapportant la production céréalière au nombre d'habitants ruraux, on obtient les chiffres suivants :

Production céréalière disponible par habitant rural (kg) en 2001.

Passore	248
Yatenga	290
Zondoma	137
Loroum	174

Les agriculteurs des quatre provinces sont donc dans des situations très contrastées : dans le Zondoma, les paysans ne produisaient cette année pas plus de 137 kg de céréales par personne, alors que dans le Yatenga ils atteignaient plus du double (290 kg). Ces chiffres traduisent des situations très différentes en termes de bilan vivrier. La norme de consommation annuelle de céréales est en effet estimée à 190 kg (MAHRH/SG/DGPSA), ce qui signifie qu'une province est fortement déficitaire (le Zondoma), une à un niveau satisfaisant (Loroum), les deux autres étant excédentaires.

Toutefois, si l'on tient compte des besoins en semences, des risques de pertes de stockage et de la nécessité de disposer de réserves pour faire face à des années fortement déficitaires (au moins une année sur quatre), on est amené à considérer que le « seuil de sécurité céréalière » se situe à 250 kg par personne. On obtient alors les situations suivantes :

Situation vis-à-vis de la sécurité céréalière (en %), en 2001.

Déficitaire		**Satisfaisante**	
Zondoma	55	Passore	99
Loroum	70	Yatenga	116

Source : RB à partir des données du REPA 2001/2002

Situation vis-à-vis de la sécurité céréalière (en %), en 2003.

Déficitaire		**Satisfaisante**	
Zondoma	65	Passore	105
		Yatenga	114
		Loroum	98

Source : RB à partir des données du RDCA 2004/2005

Situation vis-à-vis de la sécurité céréalière (en %), en 2004.

Déficitaire	
Zondoma	65
Passore	78
Yatenga	74
Loroum	61

Source : RB à partir des données du RDCA 2004/2005

On constate une grande variabilité interannuelle, conséquence de celle des épisodes pluviométriques : l'année 2004, où le bilan céréalier a été médiocre dans les quatre provinces, a été marquée par un démarrage très tardif des pluies, et une pluviométrie totale faible (596 mm enregistrés à Ouahigouya) ; en 2001, où il a plu 734 mm, et en 2003, où il a plu 730 mm, le Passore et le Yatenga ont eu des bilans céréaliers satisfaisants.

Aucune des quatre provinces n'est donc à l'abri d'une année critique en termes de sécurité céréalière, et par ailleurs deux des quatre sont en déficit chronique : le Zondoma et le Loroum.

L'optimisation de l'alimentation hydrique des cultures

La pluviométrie

Évolution de la hauteur de pluie annuelle dans les principales stations (en mm).

	Moyenne 1971-2000	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ouahigouya	**594**	730	591	671	673	578	734	580	730	596	627	648	936	759

Source : Direction de la Météorologie/Ministère des Transports

L'occupation des sols

Situation de l'occupation des terres par région en superficie en hectares en 2002.

	Cultures	Forêts	Steppes	Savanes	Plan d'eau	Mosaïque	Autres
Nord	657 956	40 197	462 154	182 067	8 489	232 944	57 581
Burkina Faso	*10 299 900*	*921 104*	*3 639 363*	*8 377 299*	*104 535*	*3 299 838*	*646 448*

Source : BDOT 2002

La réserve en eau du sol

C'est l'eau disponible dans le sol qui peut assurer l'alimentation hydrique entre deux pluies : l'évapotranspiration potentielle (ETP) journalière étant de l'ordre de 5 à 7 mm par jour, il faudrait que la réserve utile (RUR) du sol contienne 60 mm pour assurer l'alimentation en eau des cultures entre deux pluies espacées de 10 jours, 120 mm si elles le sont de 20 jours. Or la RUR de la majorité des sols cultivés dans les provinces concernées ne dépasse pas 100 mm jusqu'à un mètre de profondeur.

Réserves utiles racinaires cumulées de deux types de sols « ferrugineux tropicaux » en mm.

Profondeur (cm)	Saria*	Karfiguèla**
0-20	17,9	15,5
20-40	40,1	26,1
40-60	61,5	34,8
60-80	61,5	56,4
80-100	102,3	76,6

* sols à texture plus limoneuse ** sols à texture plus sableuse

L'alimentation hydrique des cultures est donc à la merci d'intervalles « secs » supérieurs à deux semaines. Encore faut-il (i) que le « réservoir » soit rempli et (ii) que les racines des cultures descendent suffisamment profondément dans le sol. Ces deux conditions ne sont remplies que si (i) les techniques culturales limitent au maximum le ruissellement des eaux de pluie, qui est fréquemment intense (> 50 % si le sol est induré en surface) et (ii) les semis sont suffisamment précoces pour permettre un développement racinaire rapide.

Les pratiques culturales anti-aléatoires

On voit ainsi tout l'intérêt du travail du sol en sec réalisé par le zaï mécanisé, qui freine très efficacement le ruissellement en sol limoneux. On voit également l'intérêt de valoriser au mieux les premières pluies, en pratiquant le semis en sec : avec une ETP de 6 mm par jour, tout gain de temps est précieux, d'autant que les racines n'explorent à ce stade qu'un volume très réduit de sol.

La kassine, en permettant le zaï mécanisé en saison sèche, est donc une pratique « anti-aléatoire » très efficace. On a montré par ailleurs son utilité pour la régénération des sols dégradés, qui s'étendent déjà sur des superficies importantes (et croissantes).

L'élevage

Sous les réserves exprimées ci-dessous concernant les bovins et les porcins, les chiffres ci-dessous donnent sans doute une assez bonne image de la réalité de l'élevage paysan dans les quatre provinces :

Effectif de bétail par ménage rural en 2008.

	Asins	*Bovins*	Caprins	Ovins	Pintades	Poules	*Porcins*
Passore	1	*1,9*	6,5	4,1	6,2	27,5	*2,2*
Yatenga	0.4	*2,3*	5,9	4,8	1,6	9	*0,1*
Zondoma	1	*1,1*	8	4,8	4,1	17,5	*0,6*
Loroum	0,3	*4,7*	8,3	7,2	0,7	7,7	*0,03*

Source : RB à partir des statistiques du MRA et du RGP

Hormis donc ces deux cas, l'élevage des ménages des quatre provinces se résume (au plus) à un âne, une quinzaine de moutons et chèvres et une trentaine de volailles. Le potentiel n'est pas négligeable (en particulier pour la traction asine), mais il est fortement limité par la pathologie, omniprésente, et par le déficit chronique de ressources fourragères et céréalières. Il est important de noter que :

– la maîtrise des pathologies en milieu paysan est maintenant possible, grâce aux acquis d'AVSF,

– l'intensification des cultures est indispensable au développement des petits élevages, pour disposer d'excédents céréaliers et de résidus de récoltes (fanes, feuilles, tiges..)

La pression des ruminants sur les sols non cultivés

Les données disponibles permettent d'évaluer la superficie non cultivée de chaque province et l'équivalent en UBT* des effectifs de ruminants.

La conversion en UBT des effectifs de ruminants conduit aux valeurs ci-dessous :

Effectif de bétail par ménage rural en 2008.

	Bovins	Caprins	Ovins	*Total UBT*
Passore	83 872	294 944	187 487	
UBT	*63 000*	*29 500*	*18 700*	*111 200*
Yatenga	170 020	426 141	345 759	
UBT	*127 500*	*42 600*	*34 600*	*204 700*
Zondoma	23 350	161 398	97 940	
UBT	*17 500*	*16 100*	*9 800*	*43 400*
Loroum	91 200	160 990	139 962	
UBT	*68 400*	*16 099*	*13 996*	*98 495*

* Unité de bétail tropical, correspondant à un animal de 250 kg.
Les taux de conversion utilisés sont de 0,75 par tête de bovin, 0,10 pour un petit ruminant
(données fournies par Philippe Lhoste)

On peut alors calculer le nombre d'hectares non cultivés (JAC) disponibles par UBT, ce qui conduit aux valeurs suivantes :

	Superficie totale (ha)	Superficie cultivée (ha)	Superficie non cultivée (ha)	UBT (u)	SNC (ha)/ UGB
Passore	386.600	84 808	301 000	111 200	**3,0**
Yatenga	698.700	143 666	555 000	204 700	**2,7**
Zondoma	175 900	24 715	151 000	43 400	**3,3**
Loroum	258 700	52 732	205 968	98 495	**2,1**

Ces valeurs (moins de 3 ha par UBT) sont très alarmantes, dans la mesure où les zootechniciens considèrent qu'il faut environ 15 ha de végétation naturelle de ces savanes semi-arides pour alimenter une UBT. On est donc en régime de surpâturage généralisé. On sait qu'il est, avec les prélèvements de bois de feu à usage domestique, à l'origine du processus de désertification.

Annexe C

Synthèse de l'étude Reij et Thiombiano

a) Les rendements des céréales ont progressé

Globalement, les résultats rapportés par Reij et Thiombiano sont très positifs, par ex. :

• En 2001, la moyenne des rendements dans les villages avec beaucoup de CES était de 793 kg/ha, alors qu'ils étaient de 611 dans les villages avec peu de CES.

• En trois périodes de 4 ans, avec CES, on a mesuré une progression des rendements les rendements suivants :

1984-88 : sorgho : 450 kg/ha ; mil : 450

1989-95 : sorgho : 550 ; mil : 500

1995-2001 : sorgho : 700 ; mil : 630

• Les superficies cultivées ont tendu à se stabiliser dans le Bam et le Sanmatenga, malgré l'accroissement de population de +25 %.

• La sécurité alimentaire s'est améliorée : en année bonne, elle est passée de 67 à 88 % des exploitations, et en année mauvaise : de 35 à 44 %.

• Il y a eu une certaine diversification par le niébé et le coton à Ranawa, Ziga, Rissiam, Noh : c'est le signe que les efforts ne sont pas entièrement consacrés à la survie alimentaire.

• Sensibilité des rendements aux épisodes pluviométriques : les résultats ci-dessous montrent que la combinaison des aménagements de CES et du zaï permet de limiter les effets des déficits pluviométriques et de mieux profiter des années favorables.

Rendements en céréales (kg/ha) en fonction des aménagements et du zaï.

	Sans CES	CES seul	CES et zaï
Sorgho en année pluvieuse (1)	806	987	1031
Sorgho en année sèche (2)	373	301	700
Mil en année pluvieuse (1)	618	656	1040
Mil en année sèche (2)	363	406	-
(1) : 1996 ; (2) 1997			

Un autre paramètre pertinent est celui de la valorisation par les cultures des pluies tardives, de septembre et octobre (meilleur remplissage des grains). En comparant trois moyennes pluriannuelles (1984/88, 1898/95, 1996/2001), l'étude montre que dans trois provinces cette valorisation a crû dans des proportions sensibles : de + 410 à + 460 kg dans le Bam, + 510 à + 550 au Yatenga et + 380 à + 660 dans le Senmatenga.

La combinaison des aménagements CES et du *Zaï* a donc contribué significativement à sécuriser les productions vivrières.

b) L'évolution des modes d'élevage :

L'étude a mis en évidence une évolution des ressources fourragères : il y a plus d'herbes et de ligneux dans les aménagements, ainsi que plus de résidus de récolte. Entre 90 et 94, quand il y a eu mise en défens, il y eu régénération des herbacées (+137 %) et des ligneux (+19 %).

On a également observé que les paysans ont mieux conservé les pailles, et que plus d'animaux ont été gardés au village, en stabulation. Les conflits avec les Peulhs seraient en diminution, les Mossi reprenant leurs animaux en début de saison sèche.

Enfin le fumier est plus recherché par les agriculteurs : il a été vendu par les Peulhs au prix de 1 000 à 2 500 FCFA par charretée. On observe en outre une pratique de troc de fumier contre des pailles.

c) Les sols et leur fertilité

Les auteurs rapportent trois constats intéressants :

(i) les aménagements de CES se traduisent par une baisse sensible (43 %) du taux de sol nu

(ii) l'usage de la matière organique pour le zaï a progressé : au Yatenga, le nombre de parcelles en ayant reçu est passé de 50 à 80 % ; au Bam, de 27 à 64 % ; au Sanmatenga, de 8 à 38 %.

(iii) les quantités utilisées ont progressé sensiblement, comme le montre le tableau ci-dessous :

Quantités de matière organique et de NPK utilisées par ha.

	compost	fumier	NPK
Sans CES	64/86	62/608	1/49
avec CES (> 10 ans)	92/138	131/450	11/28

Les quantités appliquées sont certes très inférieures à celles recommandées (de l'ordre de 5 t pour la fumure organique, de 150 kg pour le NPK), et d'ailleurs au mieux un an sur deux, et généralement en cas de besoin. On est donc loin de pratiques susceptibles d'améliorer le statut organique ou minéral des sols, mais la tendance mérite d'être soulignée.

d) Régénération naturelle assistée

L'étude comportait le relevé botanique d'un transect par village ; elle a permis d'enregistrer :

(i) que la densité moyenne de ligneux était 126 pieds/ha avec CES contre 103 sans.

(ii) que leur diamètre est également plus élevé.

(iii) la repousse d'espèces disparues, comme *Diospyros mespliformis, Anogeissus leiocarpus, Acacia dudgeoni,* ainsi que le fait que la fructification a été menée à terme pour *Scelocarya, Butyrospermum, Lannea...*

(iv) la régénération est plus élevée dans les villages à densité de population élevée (de 30/40 : Sabouna, à plus de 100 : Ranawa, Ziga, Rissiam)

Les différences observées étant fréquemment spectaculaires, les résultats sont en général très convaincants.

e) Disponibilité en eau

Le comportement des puits après aménagement CES (enquête portant sur 103 puits modernes et 218 puits traditionnels) est dans l'ensemble plutôt favorable : la nappe phréatique est plus proche et elle tarit plus tard, si c'est le cas. Mais il y a des exceptions.

f) CES et tenure foncière

Plusieurs points ressortent de l'étude :

(i) Le statut foncier ne freine pas les aménagements CES : au contraire, la volonté d'aménager est maintenant conditionnelle pour l'obtention d'un droit de culture, avec peu ou pas de contribution préalable.

(ii) La durée des baux de culture a tendance à baisser de 10 à 3 ans.

(iii) Le droit d'héritage des migrants semble s'estomper progressivement.

Ces faits traduisent une précarisation des droits des candidats à la terre, qui sont incités à investir dans les aménagements CES sans assurance de pouvoir en bénéficier au-delà de la troisième année

g) Les femmes et l'impact des aménagements

L'étude conclut que les aménagements CES ont contribué à améliorer la production sur les parcelles des femmes, ainsi que leur sécurité alimentaire, ce qui leur a permis d'élever plus de volailles et de petits ruminants. Enfin la corvée d'eau a été allégée là où la nappe phréatique est remontée.

h) La pauvreté en recul

L'étude constate : que le taux d'émigration a beaucoup diminué (la CES semble avoir plutôt freiné les départs, qui se sont raccourcis de 4 à 2 ans, mais n'est pas un facteur décisif de retour au village), que les cultures se sont diversifiées, qu'il y a plus de bétail, que les revenus ont progressé, y compris ceux d'origine extra-agricole (de 28 à 40 %).

Dira-t-on pour autant que la pauvreté a reculé ? Pour y répondre, l'étude a défini trois catégories d'exploitants : riches (ceux qui ont plus de bétail) ; pauvres (en situation de déficit vivrier chroniques) ; moyens (entre les deux). Il en résulte que :

(i) les CES ont raccourci la période de soudure

(ii) réciproquement, la pauvreté semble avoir progressé dans les villages avec peu de CES

(iii) ailleurs, le nombre d'exploitations pauvres aurait baissé de moitié (Ranawa, Ziga, Noh, Kaartenga)

L'étude rappelle que, selon l'INSDI, qui caractérise la pauvreté sur le plateau central du Burkina par des revenus inférieurs à 73 000 FCFA/an et un régime alimentaire déficitaire en calories (< 2 300 cal./pers/jour), elle affectait 61 % de la population en 1998. Elle conclut que ce pourcentage serait très inférieur dans le cas des villages avec CES, alors qu'il serait égal pour les villages témoins.

i) Des foyers d'innovations paysannes

Les activités liées à la CES ont permis de promouvoir une quarantaine de « paysans innovateurs » spécialisés dans différents domaines, comme le zaï forestier, la diversification des cultures (riz, patate douce), l'intégration agriculture-élevage. L'étude a constaté qu'ils ont tous commencé par réhabiliter leurs *zippelés* et qu'ils ont tous atteint l'autosuffisance alimentaire.

Annexe D

La Kassine, porte-outils à traction animale

pour le soutien à l'agriculture familiale dans les pays du Sud

Association PROMMATA – Janvier 2012

1. Présentation de la Kassine

La Kassine a été développée par l'association française PROMMATA dans la continuité des travaux de Jean Nolle : elle a repris les innovations du Kanol (développé pour des paysans du Tchad) et notamment le « crochaxe », et celles de la Houe-sine, à traction souple (très utilisée au Sénégal). C'est un petit porte-outils léger (28 kg) et solide grâce aux pièces en acier renforcé sur les points les plus sollicités. Elle répond au principe de **simplicité** en étant fabriquée avec des matériaux communément trouvés dans tous les pays du monde, sans faire appel à des procédés industriels.

Elle est **polyvalente** : l'utilisation de tous les animaux de trait comme sa large gamme d'outils permet de réaliser de nombreux travaux, dans les conditions arides des pays sahéliens comme dans les rizières en régions tropicales... Ses principaux avantages résident en une traction souple par chaines ou traits (mais il est aussi possible de l'utiliser en Kanol : traction rigide, avec des brancards ou un timon), un travail précis en rang étroit, et la possibilité de travailler sur le rang de cultures grâce au régulateur qui permet de déporter l'animal et à la deuxième roue qui permet d'enjamber la culture.

Enfin, sa fabrication et ses évolutions sont réalisées avec un objectif de **standardisation**, ce qui rend possible les échanges d'outils et de techniques entre les utilisateurs mais aussi entre les différents ateliers qui la fabriquent.

Vue générale de la Kassine

Description :

1. crochaxe : changement facile et rapide des outils.
2. barre à crans : réglage rapide du piquage de l'outil dans le sol. En réglant la barre sur les crans du haut on diminue l'angle de pénétration de l'outil.
3. guidon ajustable.
4. réglage vertical de la roue : obtention de l'alignement nécessaire entre la pointe de l'outil au sol, le point d'attache du régulateur et le point d'accroche des traits au collier.
5. étriers : facilitent l'utilisation, le contre-écrou empêche le boulon de se desserrer.
6. clé unique pour tous les réglages réalisés rapidement

Annexe E
La fertilité des sols

Les sols cultivables

Dans la Région, les sols considérés comme impropres à la culture (c.-à-d. aux cultures annuelles) présentent soit une pente excessive, soit une texture défavorable, ou bien sont peu profonds. Ils occupent des superficies importantes là où prédominent les modelés marqués par des collines, des cuirasses, des dômes éventrés qui occupent plus de la moitié de l'espace régional. Dans ces types de modelés, selon le GERES, cité par P. Dugué, les sols non cultivables recouvrent 40 % de l'espace.

Les sols cultivables se répartissent le long des glacis, selon des topo-séquences, dont nous avons donné deux illustrations à l'annexe A, entre glacis gravillonaires, placages sableux et glacis argilo-sableux. Il existe deux autres types de sols : bruns eutrophes, au pied des collines birrimiennes, et hydromorphes, près des bas-fonds. Les premiers ne représentent que des superficies modestes, et les deuxièmes ne sont qu'assez rarement cultivés en céréales, à cause des risques d'inondation. Nous centrerons donc notre réflexion sur les sols dits ferrugineux tropicaux formés sur les glacis non gravillonaires, puisque ce sont eux qui sont le plus cultivés en saison des pluies.

Leur texture est toujours à prédominance sableuse (70 à 90 %), avec des teneurs de limon et d'argile de l'ordre de 6 à 20 %. Leur capacité de rétention d'eau est donc faible, mais réciproquement la rétention au-delà de la capacité d'extraction des racines (pF 4,2) est modeste. Rappelons que la RUR (réserve utile racinaire) est faible :

Réserves utiles racinaires cumulées de deux types de sols « ferrugineux tropicaux » en mm.

Profondeur (cm)	Saria*	Karfiguèla**
0-20	17.9	15.5
20-40	40.1	26.1
40-60	61.5	34.8
60-80	61.5	56.4
80-100	102.3	76.6

* sols à texture plus limoneuse ** sols à texture plus sableuse

Ce sont donc des réservoirs à faible capacité, qu'il faudrait remplir fréquemment. Or, avec une ETP[1] de 6 à 7 mm/jour, ce réservoir se vide rapidement : les premiers jours après le semis, alors que les racines sont loin d'atteindre un mètre de profondeur, la RUR des 40 premiers cm est épuisée en une semaine si le sol est plus limoneux, en quatre jours s'il est plus sableux.

En termes de réserve hydrique, le GERES, cité par P. Dugué, considérait que 13 % des sols présentaient une réserve hydrique élevée, alors qu'elle n'est moyenne que pour 27 % d'entre eux et qu'elle est médiocre pour 20 %.

1– Évapotranspiration potentielle : la croissance des plantes peut être fortement limitée si l'ETR (réelle) est très inférieure à l'ETP.

La teneur en matière organique est très faible, toujours inférieure à 1 et souvent à 0,5. Deux conséquences majeures en découlent : (i) avec des teneurs en argile elles-mêmes faibles, la CEC (capacité d'échange cationique) est très insuffisante. Non seulement ces sols sont de mauvais réservoirs d'eau, mais ils sont de très mauvais « stockeurs » de nutriments ; (ii) la structure du sol tend à se dégrader, une des conséquences majeures étant la formation de la croûte de battance caractéristique des *zippelés*.

Dans les modes actuels de culture, les résidus (tiges, feuilles...) sont enlevés des champs pour servir de fourrage : il n'y a plus aucune restitution au sol de matière organique. Améliorer le statut organique des sols constitue donc un objectif majeur d'une approche agro-écologique.

Les teneurs en nutriments solubles sont très basses : P. Dugué rapporte les teneurs suivantes : N total : 0,3 à 0,8 % ; P assimilable (Olsen) : 4 à 17 ppm. Pour ce dernier élément, c'est un niveau de carence.

En résume, ces sols : (i) sont en voie de minéralisation par non restitution de matière organique ; (ii) sont chimiquement pauvres en raison de la nature de la roche-mère dont ils sont issus et demandent des modalités de fertilisation adaptés à leur faible capacité d'échange.

Le travail du sol : la question du labour

P. Dugué y a consacré des travaux conséquents dans les trois villages d'étude : Sabouna, Ziga et Boukéré. Les effets du labour (toujours en humide, bien entendu, et avec retournement) en termes d'ameublissement du sol et de contrôle des adventices y sont amplement confirmés. Toutefois, dans ces contextes semi-arides, il faut pouvoir semer le jour même du labour, ce qui suppose une disponibilité de main-d'œuvre familiale qui est loin d'être générale. Pour les autres, le semis est reporté à la pluie suivante, avec les risques subséquents pour le bilan hydrique des cultures. À l'époque (début des années 1980), l'option labour en traction asine n'était pas disponible, de sorte que le labour était limité aux familles disposant d'une paire de bœufs entraînés, soit une fraction mineure d'entre elles.

Entre-temps, des travaux d'autres chercheurs du Cirad (L. Seguy) ont conduit à remettre en cause le labour en conditions tropicales, en raison de la dégradation rapide de la matière organique qu'il provoque (humidité et aération des couches retournées). Ces mêmes chercheurs privilégient l'alternative de création et de maintien d'une couverture permanente du sol, connue sous le nom de SCV (systèmes de cultures sous couvertures végétales). Malheureusement, dans le contexte semi-aride (longue saison sèche) et la prévalence de la vaine pâture, les SCV peinent à trouver leur place en Afrique sahélienne, d'autant que l'emploi d'herbicides chimiques pose le problème de leur résilience dans les sols et les nappes phréatiques.

Pour l'ensemble de ces raisons, nous avons privilégié l'option « travail en sec à la dent », sous forme de zaï mécanisé, qui a en outre l'avantage d'une application localisée du compost.

La fertilisation minérale et organique

La question est loin d'être tranchée.

P. Dugué, dans les trois villages d'étude, y a consacré de nombreuses enquêtes et expérimentations. Pour l'essentiel, ses conclusions sont les suivantes :

(i) **Les pratiques paysannes** : les paysans n'appliquent pas systématiquement l'engrais NPK recommandé par les services techniques ; ils le font à des doses très inférieures aux 100 kg/ha prescrits ; ils l'appliquent tardivement, plusieurs semaines après la levée, pour être assurés de ne pas les utiliser inutilement si les pluies s'avéraient insuffisantes ; la « poudrette de parc » est loin d'être utilisée systématiquement ; son apport organique est négligeable : le rôle fertilisant, directement lié à sa teneur en N, P et K. s'avère appréciable quand les conditions hydriques sont favorables.

(ii) **Les résultats des expérimentations** : l'application de NPK à la dose de 100 kg/ha conduit à des augmentations de rendements importantes et rentables, sous réserve qu'il s'agisse de sols peu dégradés (et sans doute suffisamment profonds) et si la pluviométrie est favorable. Dans les autres cas, les rendements obtenus ne couvrent pas les dépenses de fertilisants. Le Burkina Phosphate, qui ne libère que lentement du P soluble, n'a pratiquement aucun effet en première année, et cet effet est encore très modeste en deuxième. Dans ces conditions, les paysans sont peu motivés pour l'employer.

(iii) **En conclusion** : les conditions pour que la fertilisation minérale recommandée par les services techniques soit efficace et rentable sont très restrictives (certains types de sol) et aléatoires (pluviométrie favorable). La seule alternative organique disponible à l'époque, la poudrette de parc, n'offre pas suffisamment de résidus organiques pour jouer un rôle autre que de fertilisation minérale, elle aussi soumise aux aléas climatiques. L'utilisation systématique des résidus de cultures comme ressource fourragère limite sévèrement les possibilités de fabriquer des quantités significatives de fumier ou de compost.

L'option agro-écologique

Dans ce contexte (zone semi-aride à forte densité de population et forte pression du bétail sur les espaces non cultivés), et à l'époque, les limites des recommandations de la recherche agronomique (labour, fertilisation minérale d'appoint, fertilisation organique lourde : 20 t/ha) étaient atteintes.

Depuis, la densité de population s'est sensiblement accrue, ainsi que la pression du bétail, la dégradation des sols a progressé. De quelles alternatives dispose-t-on pour enrayer les processus de désertification ?

(i) les aménagements (cordons pierreux) pour limiter le ruissellement sur les parcelles cultivées. C'est maintenant un processus massif, dont les effets positifs ont été reconnus et mesurés (voir annexe C) ;

(ii) le zaï mécanisé, en traction asine : la kassine permet non seulement la régénération des sols dégradés, mais aussi, dans les sols cultivés, la mise en œuvre plusieurs pratiques « anti-aléatoires » qui améliorent très efficacement le bilan hydrique des cultures ;

(iii) l'amélioration des composts en conditions paysannes, résultat des travaux de l'INERA, de l'ARFA et du CEAS ;

(iv) le petit élevage villageois, dans ses versions « aviculture » comme « petits ruminants » : la maîtrise par les paysans des principales pathologies ouvre des perspectives jusque-là inédites de développement de ces filières, sous réserve de disposer d'excédents céréaliers et fourragers ;

(v) le maraîchage paysan et les cultures fruitières, qui ont connu des développements très importants.

On sait donc beaucoup mieux qu'à l'époque maîtriser l'eau à la parcelle, avec des moyens à la portée du plus grand nombre : par rapport au zaï manuel, avec l'apport localisé d'une microdose de NPK, on peut espérer atteindre un surcroît de production par ha de 800 kg de grains de céréales et 3 tonnes de pailles et de feuilles.

Au niveau actuel de superficie cultivée par actif (0,65 ha), cela représente une augmentation de la productivité du travail de 520 kg de grains et 2 t de résidus organiques. Si notre hypothèse d'accroissement de duplication de la superficie cultivée par actif par régénération des sols dégradés se vérifie, la productivité du travail, accrue de 10 q de grains et de 4 t de résidus organiques, passe à 14 q[2] pour les premiers et à 7,5 pour les deuxièmes. On franchit ainsi trois seuils essentiels :

• on sort de l'insécurité vivrière (4 q par actif) et on dispose d'un excédent céréalier de l'ordre de 10 q, qui permet des revenus financiers directs et une valorisation par l'aviculture

• on dispose d'excédents organiques utilisables dans l'élevage de petits ruminants et pour la fabrication de composts (il faut entre trois et quatre tonnes de résidus pour fabriquer 5 tonnes de compost amélioré)

• on dispose d'une quantité plus importante de fécès issus du petit élevage, la composition des composts peut être notoirement améliorée.

On voit se dessiner ainsi un scénario « vertueux » pour les parcelles cultivées, conforme aux objectifs généraux de l'agro-écologie, que nous rappelons ci-dessous.

Ce n'est donc qu'une première étape, les deux suivantes devraient donner lieu aux travaux suivants : (i) agroforesterie assistée par le renforcement des symbioses racinaires, pour laquelle nous formulons des propositions ; et (ii) aménagement et gestion durable des espaces non cultivés, qui constituent un chantier à ouvrir.

Définition de l'Agro-écologie *(Gliessman, Altiéri)*

Selon Gliessman (1998), l'agro-écologie s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels et des formes traditionnelles d'agriculture : dans ces systèmes, la productivité de la végétation est importante, due à l'efficacité des organismes vivants dans le recyclage des nutriments (Altieri, 1998). Les concepts et principes de l'écologie appliqués à l'agriculture sont :

• Le recyclage de la matière organique dans un système fermé pour limiter les pertes de nutriments.

• La diversité d'espèces liées par des relations à bénéfices mutuels (symbiose, complémentarité).

• La forte productivité de biomasse du milieu.

2– Rendement / ha interannuel de référence pour le mil et le sorgho : 630 kgs (moyenne des données de l'étude Reij et Thiombiano et des statistiques du MINAGRI pour 2010, ce qui conduit à une productivité du travail de 400 kg (0,65 ha cultivé par actif).

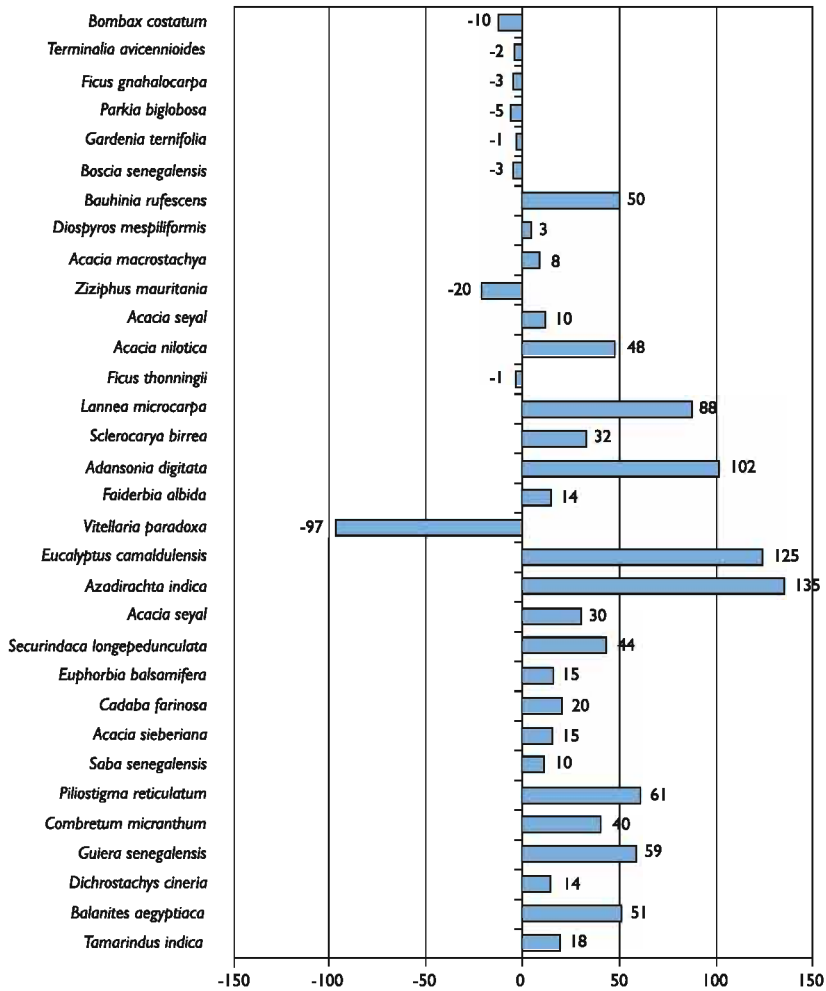
Annexe F

Espèces ligneuses rencontrées à Ziga (Yatenga).

Noms en mooré	Noms communs	Familles	Noms scientifiques	Habitat Sols	Usage alimentaire	Autres usages*
Pousgo	Tamarinier	Césalpiniacées	*Tamarindus indica*	Sols lourds drainés	Condiment (f Fe) Boisson (fr VitC)	Laxatif (fr) Bois, coagulant
Kègléga	Balanites	Balanitacées	*Balanites aegyptiaca*	Varié	Fourrage (chèvres)	
Gongnimngo		Mimosacées	*Dichrostachys cineria*	Sols lourds	Fourrage (f + fr)	
Wilinwiga		Combrétacées	*Guiera senegalensis*	Sableux épuisés	Fourrage (f + fr) Apiculture	
Kuiguenga		Combrétacées	*Combretum micranthum*	Dégradés, cuirassés	Fourrage (f :pr)	Rotin ; liens
Baguendé		Césalpiniacées	*Piliostigma reticulatum*	Varié	Boisson (fr : ac.tartrique)	Ec : tanin Bois
Waidga	(liane)	Apocynacées	*Saba senegalensis*	+/- ripicole	Fr très apprécié	Latex coagulant Teinture (fl fe ram)
Gourponsgo		Mimosacées	*Acacia sieberiana/polyacantha*	Sols frais et riches	Fourrage	Haies Bois Colle
Zilga	(arbrisseau)	Capparidacées	*Cadaba farinosa*	Sols variés	Condiment (Ec fe) Pâtisserie (fl)	Liens Cordages (ec)
Bêrêna		Euphorbiacées	*Euphorbia balsamifera*	Sols sablonneux	Galactologues (fe)	Haie vive Latex toxique
Pêlêga	(fleurs roses)	Polygalacées	*Securindaca longepedunculata*	Latérites et rochers	Condiments (fl)	Racines venimeuses
Gonpêlga		Mimosacées	*Acacia seyal*	Bas de pente	Fourrage (fe fr) Gomme arabique Apiculture	Tannage (ec)
Neem	Neem	Méliacées	*Azadirachta indica*	Tous types	Apiculture	Teinture (fe) Parfum (fl)
Ecalbtisse	Eucalyptus	Myrtacées	*Eucalyptus camaldulensis*	Tous types		Bois Eucalyptol (fe)

Noms en mooré	Noms communs	Familles	Noms scientifiques	Habitat Sols	Usage alimentaire	Autres usages*
Taanga	Karité	Sapotacées	*Vitellaria paradoxa*	Tous types	Apiculture	Beurre (amande) Cosmétique Bois
Zaanga		Mimosacées	*Faidherbia albida*		Fourrage (fe) Apiculture	Bois Tannage (Ec)
Toèga	Baobab	Bombacacées	*Adansonia digitata*	Sols variés	Condiment (fe) Boissons (pulpe)	Cordages (Ec) Teinture (rac)
Nobga		Anacardiacées	*Sclerocarya birrea/Spondia b.*	Sols sableux	Pulpe comestible Amande comestible	Bois Cordages (ec)
Sanbga	Raisinier	Anacardiacées	*Lannea microcarpa*	Sols variés	Fruit très apprécié	Bois, cordages…
Kamsongo	Epiphyte	Moracées	*Ficus thonningii/Urostigme*	Galeries forestières		Arbre à palabres
Pinguenga		Mimosacées	*Acacia nilotica/Mimosa scorp.*	Sols mal drainés	Fourrage	Haies Bois très dur Tannin (Ec + fr)
Gon-miiga		Mimosacées	*Acacia seyal*	Sols mal drainés	Fourrage Apiculture	Gomme arabique
Mougounougo	Jujubier	Rhamnacées	*Ziziphus mauritiana*	Variés	Fourrage	Enclos Bois Tannage (Ec)
Zamnga		Mimosacées	*Acacia macrostachya*	Sols variés	Apiculture	Poison (Ec)
Gaanka		Ebenacées	*Diospyros mespiliformis*	Variés	Pulpe consommée	Bois charpentes
Tipoèga	Bauhinia	Césapiniacées	*Bauhinia rufescens*	Sols secs, divers	Fruits comestibles	Bois charpentes Ec : liens, tanins

* autres qu'en pharmacopée
La liste des espèces provient de KABORE WTT (2005)
Les caractéristiques (habitat, usages alimentaires, autres) sont extraits de Michel ARBONNIER (2002) :
« Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest », CIRAD-MNHN



Évolution des espèces ligneuses à Ziga.

« Partant de nos observations et de nos résultats d'enquêtes, on observe de façon générale une reprise du couvert végétal. Toutefois, ce couvert reste typique des savanes arborées et arbustives claires de la zone soudanienne. La figure ci-dessus présente effectivement la régénération de diverses espèces (*Azadirachta indica, Eucalyptus camaldulensis, Adansonia digitata, Lannea microcarpa*, etc.). À l'opposé, des espèces comme *Vitellaria paradoxa* (karité), *Ziziphus mauritiana* (jujubier), *Bombax costatum*, etc. sont en régression. Cette régénération a deux origines : la régénération naturelle et la plantation (surtout pour *Azadirachta indica*, *Eucalyptus camaldulensis* et *Bauhinia rufescens*). Aux dires des paysans, les cordons pierreux

arrêtent les graines des espèces ligneuses et leur procurent un milieu longtemps humide et riche en éléments nutritifs juste en amont du cordon. La levée de la graine et la pousse de la jeune plante sont ainsi favorisées. En plus, certains arbres sont apparus dans des poquets de zaï et ont été protégés par les paysans, selon leurs dires. De plus, profitant de l'assistance des projets (fourniture d'essences exotiques), les paysans ont pu reboiser plusieurs de leurs parcelles. C'est le cas des espèces de *Bauhinia rufescens* et *Eucalyptus camaldulensis* qui ont été introduits dans le village avec le projet Recherche-Développement et qui, depuis se sont répandus. Par contre, une espèce comme *Vitellaria paradoxa* (karité) disparaît plus qu'elle ne se régénère, ce qui fait d'elle une espèce menacée. Ainsi, en 20 ans sur une superficie de 57 ha, près de 100 pieds de karité ont disparus. Par ailleurs, tous les 12 paysans enquêtés attribuent la disparition du karité à la péjoration climatique ou à l'assèchement du sol. Des raisons telles que la mécanisation et le labour ne sont pas évoquées pour justifier ces disparitions du karité. » Extrait de KABORE WTT (2005).

Annexe G

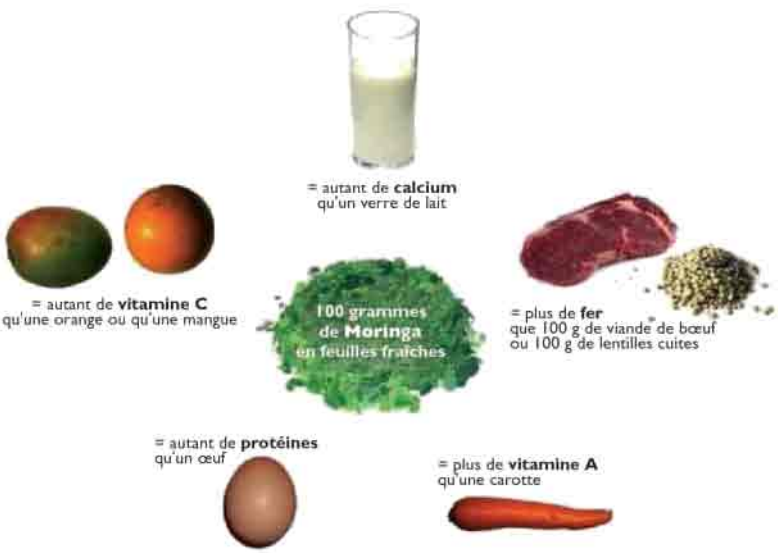
Moringa oleifera

Moringa oleifera (famille des Moringacées) est familier des savanes ouest-africaines depuis son introduction d'Inde au XVIe siècle.

Ses feuilles ont des teneurs exceptionnelles en protéines, en fer et en provitamines A et C, ce qui leur confère des qualités nutritionnelles exceptionnelles : séchées et broyées, elles constituent un complément alimentaire très apprécié dans les Centres de régénération nutritionnelle (CREN), qui accueillent des enfants gravement dénutris. Elles sont aussi un excellent complément fourrager pour les volailles et les petits ruminants. Elles servent aussi de condiment dans la cuisine.

Il connaît un fort développement dans plusieurs pays, dont le Burkina et le Ghana. Il devrait trouver sa place dans les concessions villageoises, où il peut facilement être arrosé en saison sèche et protégé des animaux en divagation.

Moringa *planté dans l'enclos d'un poulailler traditionnel amélioré (AVSF Togo).*



Valeur nutritionnelle comparée des feuilles sèches de **Moringa**. *Source : Moringa News.*

Partie IV

Gestion durable des terres : restauration, conservation, protection et valorisation

Aménagements hydrauliques innovants pour la gestion conservatoire des eaux et des sols sur le tracé de la Grande Muraille Verte

Jean Albergel
Directeur de recherche IRD, UMR 144 LISAH, Nairobi – Kenya

Salif Diop
Professeur à l'Université Cheikh Anta Diop,
Académie des Sciences du Sénégal et Académie africaine des Sciences
Chef de la Section des Écosystemes
Division de l'Évaluation scientifique et de l'Alerte rapide (DEWA)
Programme des Nations unies pour l'Environnement (UNEP) Nairobi – Kenya

Introduction

De Dakar à Djibouti, la Grande Muraille Verte (GMV) traverse au nord de l'isohyète 1 000 mm les bassins versants des fleuves Sénégal, Niger, Volta, Logone, Chari et Nil. Serpentant entre les parallèles 15° et 10°Nord, à peu près à mi-distance entre l'équateur et le tropique du Cancer, elle s'étend sur des versants arides ou semi-arides du Sahel, recoupe les bas-fonds de petites rivières souvent endoréiques et croise les plaines alluviales et les lits des grands fleuves, ou de leurs principaux affluents (fig. 1).

Le second objectif général assigné à la GMV est « la mise en valeur intégrée des zones dégradées du Sahel en vue d'une gestion durable des ressources naturelles » http://www.grandemurailleverte.org. Les deux premières ressources naturelles qui soutiennent l'ensemble des activités humaines dans la région sont l'eau et le sol (Marter and Gordon, 1996). Avec les couverts végétaux, les sols (Eswaran *et al.*, 2011) et l'eau sont les ressources naturelles qui ont connu la plus forte dégradation dans les 30 dernières années dans toute l'Afrique subsaharienne au nord de l'isohyète 1 000 mm (IAASTD, 2009).

Pour une restauration des ressources en eau et en sols en vue d'une gestion conservatoire, le projet de GMV propose en plus de la reconstitution d'un couvert végétal protecteur des aménagements de petite et moyenne hydrauliques. Dans les attendus

Le projet de « Grande muraille verte »
7 100 km de verdure du Sénégal à Djibouti pour contrer la désertification

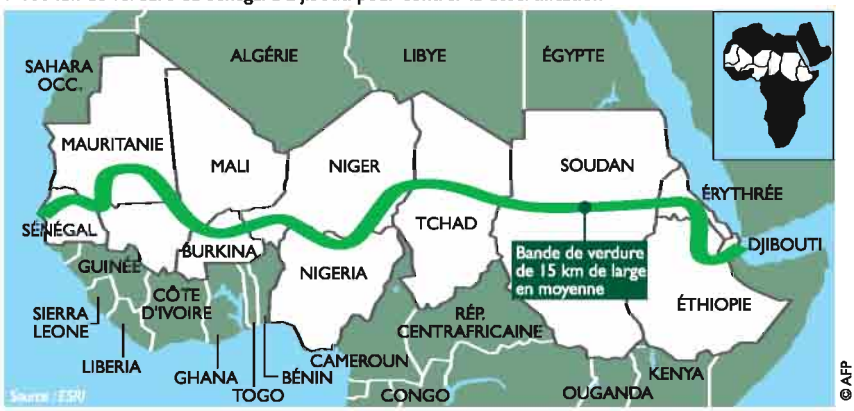


Figure 1.
Le tracé de la Grande Muraille Verte : 7 000 km de Dakar à Djibouti.

de ce projet est noté en point 9 : « la maîtrise des ressources en eau, à travers la mise en place de bassins de rétention, de lacs artificiels et d'ouvrages hydrauliques qui contribuera à l'amélioration des systèmes de production ».

Depuis une trentaine d'années, de nombreuses expériences d'aménagements hydrauliques ont été menées par différents acteurs, qu'il s'agisse d'initiatives privées, de projets d'organisations non gouvernementales (ONG), de programmes nationaux ou régionaux financés par les bailleurs du développement en Afrique subsaharienne. La recherche agronomique d'abord puis l'ensemble des disciplines concernant la recherche pour le développement se sont intéressées, dès le début des années 1990, à ces aménagements pour analyser leurs impacts sur les systèmes de production, sur l'environnement et pour améliorer leur efficacité (Albergel *et al.*, 1993 ; Roose, 1994 ; Lavigne Delville et Camphuis, 1998). Depuis, de nombreuses études ponctuelles ou régionales sont venues confirmer, préciser ou améliorer ces premières synthèses (Bangoura, 2002 ; Vohland and Barry, 2009 ; Albergel, 2012).

Après une description des conditions géomorphologiques et hydroclimatiques de la bande de terre occupée par la GMV, ce chapitre présente les principaux aménagements de petite et moyenne hydrauliques qui ont fait leur preuve sous ces latitudes. Il s'intéresse aux aménagements de gestion conservatoire des eaux et des sols sur les versants et aux aménagements de mobilisation et d'usage de la ressource en eau des bas-fonds. En ce qui concerne les grands fleuves, leurs affluents et leurs plaines alluviales, les aménagements hydrauliques sont de grands ouvrages mis en place par les politiques nationales de mobilisation des ressources en eau pour la distribution de l'eau potable, l'irrigation et la production d'énergie. Ils ne sont pas abordés dans ce chapitre.

Le contexte naturel et humain

La GMV effectue le premier tiers de son parcours sur le bouclier ouest-africain, vieux socle pénéplané à une altitude qui ne dépasse pas 500 m. Elle démarre à l'ouest du continent sur des zones sédimentaires tertiaires et quaternaires du bassin sénégalo-mauritanien. Elle traverse les formations gréseuses du précambrien supérieur qui couvrent toute la frange sud du bassin sédimentaire de Taoudénit, situé au nord-ouest du Mali, les formations métamorphiques du précambrien moyen et supérieur au Burkina Faso, puis la frange nord du bouclier nigérian. À l'est du Niger et au Tchad, elle s'étend sur les formations lacustres du pléistocène terminal et de l'holocène, reste essentiellement dans les formations sédimentaires quaternaires au Soudan. Elle rentre enfin dans la Corne de l'Afrique, au nord des montagnes éthiopiennes érigées lors de la formation de la vallée du Grand Rift, contourne le massif du Siemen, plonge vers le sud au pied de l'immense escarpement séparant les massifs montagneux de la Mer Rouge et débouche à Djibouti sur l'Océan indien (description réalisée à partir de la carte géologique de l'Afrique, G. Choubert et A. Faure-Muret, CCGM, 1990-1995).

Vu les différentes formations géologiques traversées, il est difficile de définir simplement tous les caractères géomorphologiques propres de cette longue bande de terre qui s'étend d'un océan à l'autre. On peut seulement signaler l'importance des dunes fossiles et la fréquence des mares temporaires de saison humide, qui définissent un paysage relativement homogène sur tout le parcours de la GMV. Excepté les grands fleuves d'origine allochtone cités en début de ce chapitre, le réseau hydrographique dans la GMV est constitué de cours d'eau éphémères, affluents temporaires ou débouchant dans des mares endoréiques. Les services écologiques de ces mares sont très importants et ont été étudiés dans le cadre d'un grand programme multidisciplinaire au nord du Burkina Faso (Chevallier *et al.*, 1985 ; Claude *et al.*, 1991). Certaines de ces mares retiennent de l'eau jusqu'au printemps et forment des oasis avec une végétation ligneuse abondante. Tout aménagement doit prendre en compte les services écosystémiques rendus par ces zones humides.

Les sols du Sahel africain sont caractérisés par des altérations épaisses s'intercalant entre la surface et la roche saine. Selon la classification française des sols, on distingue : (1) des sols évolués sub-désertiques et des sols isohumiques bruns subarides ou brun rouge subarides dans les régions les plus septentrionales de la GMV (sud de la Mauritanie, nord du Sénégal) ; (2) des sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés lorsque la GMV suit à peu près l'isohyète 500 mm ; (3) des sols ferrugineux tropicaux lessivés dans les régions plus humides.

La circulation générale de l'atmosphère au-dessus de la GMV dépend des hautes pressions tropicales et de l'équateur météorologique, dont les migrations saisonnières déterminent les caractéristiques des flux d'air et les types de temps résultants.

En hiver boréal, l'équateur météorologique, sous l'influence de l'anticyclone du Sahara, migre vers le sud jusqu'à la latitude 4° Nord bien au sud de la GMV. L'alizé dominant est continental, saharien : l'harmattan. Il se caractérise par une grande sécheresse, des amplitudes thermiques importantes entre la nuit et le jour. Il entraîne

une très forte évaporation et évapotranspiration potentielle. L'alizé issu de l'anticyclone des Açores est de direction nord à nord-ouest. Il est humide, frais et parfois froid. Malgré son humidité, ce flux ne produit que rarement des précipitations, qui restent localisées sur la partie la plus occidentale (pluies d'hiver au Sénégal). Son inaptitude à engendrer des précipitations tient au fait de la position trop basse de l'inversion d'alizé. Il est responsable d'humidité qui se dépose sous forme de rosée et des journées très claires de saison sèche. Sur la Corne de l'Afrique, l'alizé de nord-est apporte une humidité dans les zones montagneuses du nord de la Somalie, où les précipitations de la fin de l'automne peuvent faire monter le total annuel à 500 mm. Sur la côte est, les vents soufflent parallèlement à la côte et limitent ces précipitations.

En été boréal, le réchauffement de l'hémisphère nord entraîne l'installation d'une dépression thermique au Sahara et l'affaiblissement de l'anticyclone des Açores, qui migre vers le nord. Dans l'hémisphère sud, l'hiver austral renforce les anticyclones qui montent également vers le nord. Le Front Intertropical prend une position extrême proche de 20° Nord. La circulation aérienne s'inverse et prend une orientation sud-ouest. L'Afrique sahélienne est alors envahie par le flux de mousson. Ce flux de mousson résulte de l'alizé issu de l'anticyclone de Sainte-Hélène et dévié par la force de Coriolis en franchissant l'équateur. Son parcours maritime l'a chargé d'un grand potentiel d'eau précipitable. Son influence se fait sentir dans tout le Sahel : de mai à octobre, dans les régions les plus méridionales, la GMV pourra recevoir jusqu'à 800 mm de pluie certaines années ; et de juillet à septembre pour le Sahel le plus septentrional, qui ne reçoit que 200 mm au nord du Sénégal. Dans la Corne de l'Afrique, les plaines de Somalie et de Djibouti sont généralement arides malgré la proximité de l'équateur. Les vents d'ouest ont en effet perdu la plus grande part de leur humidité après avoir survolé le Sahel et le Soudan. L'ouest et le centre de l'Éthiopie, ainsi que l'extrémité sud de l'Érythrée, sont mieux exposés et reçoivent d'abondantes pluies en été (570 mm à Asmara). On peut considérer que globalement la GMV se situe dans tout son parcours entre les isohyètes 200 et 700 mm mais qu'elle se situe majoritairement entre 200 et 400 mm.

En fonction des précipitations, la végétation naturelle sur le parcours de la GMV sera une steppe à épineux plus ou moins dégradée dans ses parties les plus sèches et une brousse à parcs dans son parcours en zone humide. Le groupement végétal à *Acacia raddiana* est très répandu sur les substrats sableux dans les zones les plus sèches de la GMV. La dégradation du couvert végétal est marquée par l'extension de *Balinites Aegyptiaca* pour le couvert arboré et de *Cenchrus biflorus* (cram-cram) pour le tapis herbacé où il se substitue à *Chloris prieuri* et *Schoenfeldia gracilis*. Les parties moins arides de tracé de la GMV sont caractérisées par deux types de groupements végétaux : le groupement à *Acacia seyal* sur sols argileux et le groupement à *Combretum glutinosum* sur sol plus léger.

Sur tout le parcours de la GMV, les habitants sont surtout des éleveurs, nomades, semi-nomades ou récemment sédentarisés. Elle traverse des zones de pastoralisme transhumant (Peuls, Daza, Zaghawa, Beja, Afar, Touaregs, Baggara, Somali, Afars, etc.) avec de grands troupeaux parcourant de petites distances lors de la transhumance saisonnière. La GMV croise également des villages où la vie

sédentaire est rendue possible par les activités agricoles. Les cultures sont surtout céréalières : mil, sorgho, fonio. La culture du riz ou du maïs peut se faire dans et en bordure des bas-fonds. Les systèmes sédentaires et éleveurs cohabitent et sont en concurrence pour l'utilisation des bas-fonds et des ressources en eau. Sur les terrains défrichés, certaines espèces d'arbres sont conservées en raison de leur utilité. Les corps gras sont fournis par les fruits du karité, arbre non cultivé mais protégé. *Acacia Albida* et *Adansonia digitata* sont aussi conservés, le premier comme fixateur d'azote pour les cultures de céréales, le second pour ses produits : fruits, feuilles, écorces…

C'est dans ce cadre naturel et humain que doivent être conçus les aménagements de petite et moyenne hydrauliques.

Aménagements conservatoires de petite et moyenne hydrauliques

Dans les années 1990, de nouveaux concepts sont apparus dans le domaine de la gestion des ressources en eau. Malin Falkenmark (1995) a identifié trois types d'eau :

• L'eau bleue : l'eau qui peut être stockée dans des réservoirs de surface ou pompée dans les nappes phréatiques. Les réservoirs de surface sont alimentés par le ruissellement superficiel ou par la résurgence de nappes phréatique. Les nappes phréatiques sont alimentées par la partie de l'infiltration qui n'est pas reprise par l'évapotranspiration des plantes.

• L'eau verte : l'eau stockée dans le profil des sols et directement utilisée par la végétation pour la production de biomasse

• L'eau virtuelle : l'eau contenue dans les produits échangés ou commercialisés, qu'il s'agisse de produits agricoles ou de productions manufacturées.

Les évaluations classiques des ressources en eau ne prennent pas en compte de l'eau verte, qui est une partie importante des ressources en eau sur les continents. Les besoins minimaux en eau par personne sont couramment estimés à 50 l par jour et par personne, soit 18 $m^3.an^{-1}.hab^{-1}$ (Gleick, 1996) lorsque l'on ne tient pas compte de l'eau pour la production des aliments et des objets de consommation courante. Rockström (2003) estime à 1 300 $m^3.an^{-1}.hab^{-1}$ la quantité d'eau nécessaire pour produire les aliments correspondant à un régime nutritionnellement acceptable. Si l'on considère 18 $m^3.an^{-1}.hab^{-1}$ d'eau bleue nécessaire pour satisfaire les besoins élémentaires d'un homme, une quantité d'eau 70 fois supérieure est indispensable pour le nourrir et provient soit de l'eau verte, soit de l'eau virtuelle.

La conservation et la gestion de l'eau verte sont devenues un grand défi pour assurer la sécurité alimentaire. Dans ce cadre, les agences de développement ont lancé

l'idée de crédits « Eau Verte » comme moyen de paiement aux agriculteurs pour les services qui permettraient d'augmenter la disponibilité de l'eau verte.

Les crédits « Eau Verte », connus sous le nom de *Green Water Credits* (GWC), sont un mécanisme financier qui devrait permettre de rétribuer les agriculteurs ou leur donner accès au microcrédit en échange d'activités visant à améliorer la disponibilité en eau verte. Ces activités viseraient à réduire le ruissellement superficiel, source de dégradation des sols et d'envasement des lacs de barrages, et en à augmenter l'infiltration. Ces activités ne sont actuellement ni reconnues, ni rémunérées, mais offrent un potentiel d'une meilleure gestion du cycle de l'eau qui améliorerait la sécurité alimentaire, la santé publique et permettrait de prolonger la durée de vie des grands barrages. Ces crédits « Eau Verte » sont considérés comme une politique économique possible pour combattre les changements climatiques et environnementaux et s'y adapter. De modestes mesures de conservation des sols comme le labour de conservation, le paillage et les aménagements de petite et moyenne hydrauliques sont susceptibles de réduire le ruissellement et l'érosion et d'augmenter l'infiltration. Elles permettent d'améliorer les bilans en eau verte et l'accumulation d'eau bleue au travers d'une circulation souterraine. Cette circulation souterraine de l'eau permet sa purification ainsi que d'alimenter des réserves superficielles d'eau bleue dans une position basse dans la topographie sans apporter de sédiments. Comme la production de l'eau verte est associée à la production végétale, et limite l'envasement de barrages hydroélectriques, les crédits « Eau Verte » pourraient être couplés avec les crédits carbone et être négociés dans le cadre du marché du carbone dont les règles sont définies par les grands accords internationaux sur la limitation des émissions de gaz à effet de serre. (http://www.worldchanging.com David Zaks and Chad Monfreda, 2008).

La figure 2 présente dans la province du Yatenga (nord-ouest du Burkina Faso) une coupe géomorphologique d'un paysage très courant sur l'ensemble du territoire de la GMV. En haut de forme se trouve un plateau aux sols indurés (cuirasse latéritique). Il est relié au bas-fond par un long versant de forme d'abord convexe, puis concave. Le niveau piézométrique de l'année 1989 y est représenté après une saison des pluies 1988 favorable ; la recharge de l'aquifère a été estimée à l'infiltration d'une lame d'eau de 50 mm. Il fait apparaître un creux piézométrique en mi-pente des versants qui correspond à un déficit d'alimentation de la nappe aquifère. Ce déficit local dans l'infiltration et l'alimentation hydrique de l'aquifère doit être mis en relation avec la dégradation des versants et l'existence de sols nus encroûtés sur les chanfreins qui bordent les bas-fonds (Albergel *et al*, 1993).

Cet exemple et les indications précédentes sur la nécessité d'améliorer la disponibilité en eau verte montrent que l'on doit s'intéresser de manière différente à ces trois segments de paysage. Sur le plateau, l'infiltration qui est déjà bonne sera améliorée par une bonne conservation, voire restauration des couverts arborés. La savane arborée permet la fracturation des cuirasses latéritiques et augmente la fertilité des sols pas très riches. Sur les versants, la végétation est généralement une savane arbustive très dégradée avec de nombreux champs de culture. Cette dégradation est due à une érosion hydrique et éolienne importante, facilitée par les labours et le piétinement des troupeaux. Cette dégradation conduit à de fortes érosions et à l'encroûtement

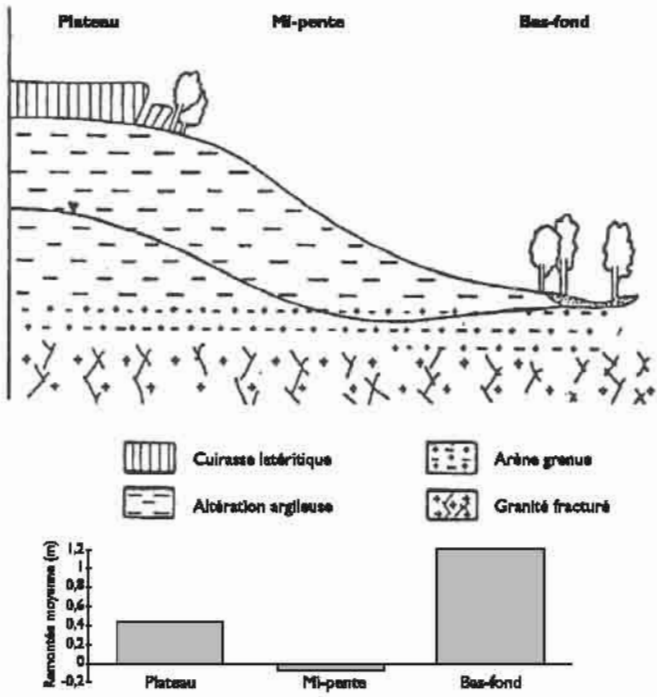


Figure 2.
Géomorphologie et position respective des aquifères dans un paysage sahélien (ex. du Yatenga) (IWACO et CIEH, 1990).

des surfaces dénudées sur lesquelles les ruissellements sont très forts et atteignent localement 90 % de la lame précipitée. Des aménagements hydrauliques sont nécessaires pour réduire le ruissellement, augmenter l'humidité localement. Ils permettent une revégétalisation raisonnée et l'augmentation des rendements agricoles. Enfin, les bas-fonds qui récupèrent à la fois les eaux de ruissellement et celles qui circulent dans la nappe phréatique sont les lieux où la remontée des eaux souterraines est la plus importante. La stratégie d'aménagement vise alors soit l'épandage des eaux pour augmenter les surfaces cultivées en saison des pluies, soit sa conservation pour l'utiliser plus tard durant la saison sèche.

Les aménagements de petite hydraulique concernent plutôt les versants, leur forme doit être adaptée au climat, à l'utilisation des terres et à leur position sur le versant. Il s'agit d'améliorer localement la disponibilité en eau verte pendant la saison des pluies. Les aménagements de moyenne hydraulique sont adaptés aux bas-fonds ou aux pieds de versants proches des bas-fonds. Ces aménagements sont utilisés pour gérer des eaux bleues dont une partie est transformée très vite en eau verte par épandage ou plus tard par irrigation.

Aménagement de versants

La dégradation s'exprime sur les versants sahéliens par une érosion hydrique importante. Dans les parties hautes des toposéquences, le ruissellement généralisé diffus est à l'origine d'un tri sélectif des particules en surface du sol et de son « glaçage » par la formation d'une croûte de ruissellement (Casenave et Valentin1989) qui réduit l'infiltration. Aux ruptures de pentes, le ruissellement se concentre et prend de la vitesse ; il est à l'origine de ravinements et de dépôts de sables localisés ennoyant les couches fertiles. Cette dégradation hydrique aggravée par l'érosion éolienne de saison sèche entretient la chute du statut organique du sol et interdit toute amélioration de la productivité végétale naturelle ou cultivée (Sene, 1995). Des techniques simples de gestion de l'eau pluviale associées à des aménagements de petite hydraulique permettent de réhabiliter le milieu et d'améliorer les termes du bilan hydrique des cultures ou des zones de végétation naturelle. Des techniques simples de gestion de l'eau ont été mises en œuvre.

Cloisonner l'espace agricole en vue de traiter le ruissellement diffus (haies vives, cordons de pierres, banquettes en terre, fossés d'infiltration) et les écoulements concentrés (seuils filtrants, fascines anti-érosives…).

Améliorer l'infiltration par l'adoption de techniques culturales adaptées (labour en courbes de niveau, semis direct…) en zone cultivée, et par la mise en défens et la revégétalisation d'espaces de parcours aidée par des aménagements en demi-lunes, arêtes de poisson, etc.

Assurer le développement d'un couvert végétal homogène et protecteur grâce à une amélioration de la fertilité des sols : utilisation de plantes fixatrices d'azote (exemple des parcs à *Faidherbia albida*, Peltier, 1996), apport de matière organique produite en bordure des champs dans des aménagements simples pour produire du compost.

La panoplie des aménagements ponctuels est bien connue et décrite dans de nombreux manuels scientifiques et/ou techniques. Un inventaire récent relativement exhaustif en est donné par Gomes *et al.* (2008) dans le cadre du programme européen AQUASTRESS, project (IP) contract n°511231-2. Nous présentons ici les impacts de ces aménagements sur les bilans de flux d'eau et de matière transportée à deux échelles différentes. La première échelle retenue est celle du champ de brousse (± 1 ha) en prenant deux exemples expérimentaux, celui de Bidi dans le Yatenga burkinabé, qui teste l'efficacité d'un aménagement en cordons pierreux (Lamachère et Serpantié, 1991), et celui de Thysse Kaymor dans le Sine-Saloum sénégalais, avec des aménagements mixtes, « bandes enherbées, traitement de ravine » (Pérez *et al.*, 1997a). La seconde échelle présentée est celle d'un aménagement intégré de versant (± km^2), mis en place également à Thysse Kaymor (Pérez *et al.*, 1998a).

Aménagement en cordons pierreux (Lamachère et Serpantié, 1991)

Les bilans en eau et en transports solides ont été suivis pendant quatre années à Bidi-Samniweogo sur trois parcelles agronomiques installées sur un versant sableux dont la plus grande pente est de 2,5 %. Elles sont contiguës, trapézoïdales, longues

de 150 mètres et larges de 20 à 32 m (fig. 3). L'amont des parcelles est constitué d'un impluvium sur un tiers de la plus grande pente (1 250 m²), les deux tiers aval sont exploités par une monoculture de mil (3 100 m²). Celle-ci est mise en place par un semis direct en poquets aux premières pluies, avec éventuellement un second semis en cas de sécheresse en début de saison des pluies. Un premier sarclage et effectué au début du mois d'août et un second sarclage avant la floraison.

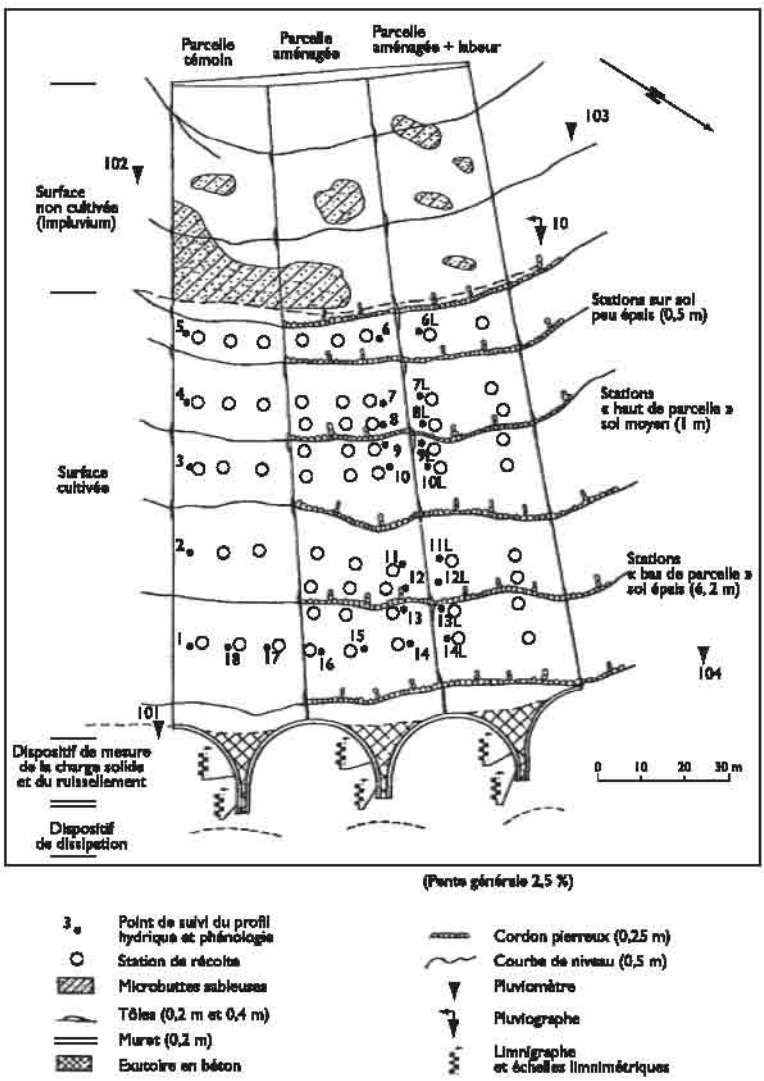


Figure 3.
Plan d'ensemble du dispositif expérimental de Bidi-Samniweogo (Lamachère et Serpantié, 1991).

La parcelle de gauche est utilisée comme parcelle témoin et est cultivée de manière traditionnelle. La parcelle médiane a subi un aménagement en cordons pierreux isohypses constitués d'une double rangée de blocs de cuirasse ferrugineuse (40 kg par mètre linéaire), espacés d'environ 20 mètres. Aucun cordon pierreux n'a été pose sur l'impluvium. La parcelle de droite est identique à la parcelle médiane, mais elle est labourée selon les courbes de niveau avec une charrue bovine attelée vers la fin du mois de juin.

Le tableau 1 compare les lames ruisselées et les quantités de sédiments exportés sur les trois parcelles au cours de trois années. Le ruissellement annuel est le plus fort dans la parcelle témoin, les cordons pierreux qui sont filtrants modifient légèrement la quantité ruisselée à l'exutoire la première année. Leur impact sur le ruissellement augmente avec le temps en fonction du colmatage des interstices entre les pierres. Par contre, le ruissellement diminue drastiquement sur la parcelle labourée en 1987, année pour laquelle le ruissellement annuel est 2,5 fois plus faible. Cette différence s'explique par l'occurrence de fortes pluies en juillet, juste après le labour.

Tableau 1. Pluies annuelles et ruissellement sur les parcelles agronomiques (Lamachère et Serpantié, 1991).

Année	1986			1987			1988		
Variable	*PU mm*	*Lr mm*	*TS Kg*	*PU mm*	*Lr mm*	*TS Kg*	*PU mm*	*Lr mm*	*TS Kg*
P. témoin	530	127	1218	483	53	438	512	94	739
P. aménagée	528	124	634	484	42	138	510	51	232
P. aménagée + labourée				486	17	108	509	67	432

P. : parcelle ; Pu : pluie au sol ; LR : lame ruisselée aux exutoires ; TS : transport solide exporté.

L'effet des cordons pierreux est effectif dès la première année sur les transports solides. Le labour atténue l'impact de cet aménagement sur la quantité de sédiments exportés. En créant un obstacle au déplacement des flux liquides, les cordons pierreux les ralentissent, leur font perdre de leur compétence, de plus ils retiennent une partie des particules. Par contre, le labour ameublit les sols et cela est favorable à l'érosion.

Pour mieux expliciter l'effet de l'aménagement pierreux sur le ruissellement, la figure 4 compare les hydrogrammes des crues observées le 13 juillet 1986 aux exutoires de la parcelle témoin et de la parcelle aménagée sans labours. L'averse totale avait une hauteur de 40,6 mm (mesurée à 1 m). Elle a duré 1 h 15 min Son intensité maximale sur une durée de 15 minutes était de 82 mm/h. On remarque une crue retardée (4 minutes entre les maxima de crue), un fort écrêtage du pic (39 %) sur la parcelle aménagée. Le volume ruisselé est inférieur de 13 % et la quantité de matériaux exportés de 28 % à ceux de la parcelle témoin. Le frein hydraulique induit par les cordons pierreux a pour effet de modifier la forme générale de la crue, d'augmenter l'infiltration et de retenir des sédiments, ainsi que de réduire la compétence érosive du ruissellement.

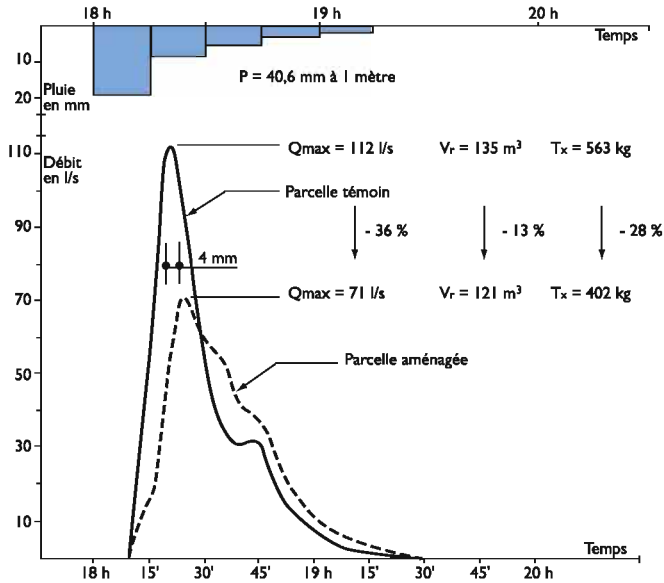


Figure 4.
Comparaison des crues du 13 juillet 1986 sur les parcelles aménagée et témoin (à partir des données de Lamachère et Serpantié).

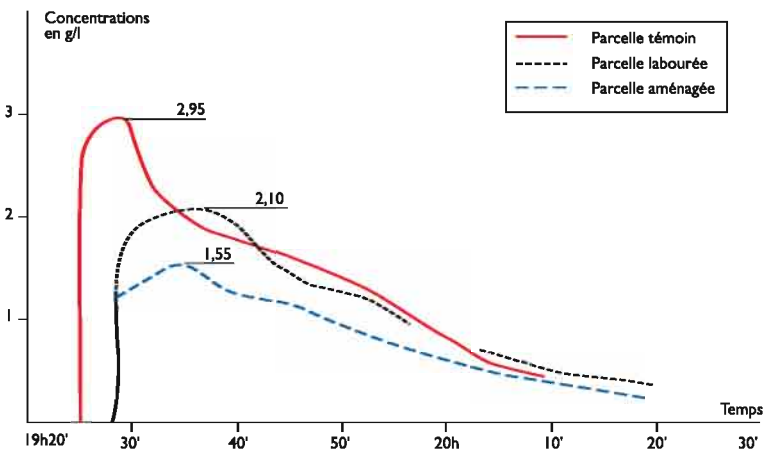


Figure 5.
Comparaison des transports solides exportés le 15 août 1988 sur les parcelles aménagée et témoin (à partir des données de Lamachère & Serpantié).

Le retard dans le déclenchement de la crue augmente avec le temps au fur et à mesure du colmatage des cordons pierreux. Ainsi, la figure 5 compare sur les trois parcelles, témoin, aménagée et aménagée + labourée, les concentrations en

transports solides pendant la crue du 15 août 1988 à leurs exutoires. On remarque que les pics de crue sont maintenant de 7 minutes. Les concentrations moyennes sont égales à 1,75 g/l sur la parcelle témoin, 0,98 g/l sur la parcelle aménagée et à 1,15 g/l sur la parcelle labourée.

Dans une étude d'impact des aménagements de conservation des eaux et des sols sur la régénération des ressources ligneuses en région sahélienne et nord-soudanienne du Burkina Faso, S. Ganaba (2005) montre que les aménagements en cordons pierreux ont eu un impact positif sur la reconstitution de la végétation ligneuse.

Traitement des ravines et haies vives

Sur des surfaces de versants supérieures aux parcelles que nous venons de décrire et réunissant plusieurs champs (quelques hectares), Pérez *et al.* (1998a) ont analysé l'impact d'un aménagement rural associant le traitement des ravines par des cordons pierreux et des fascines et une haie vive dans la zone arachidière du Sine Saloum au Sénégal (fig. 6). Sur deux grandes parcelles de 2,5 ha chacune, Ndiba et Yarane, les bilans hydrologique et en matières solides ont été suivis de 1985 à 1992,

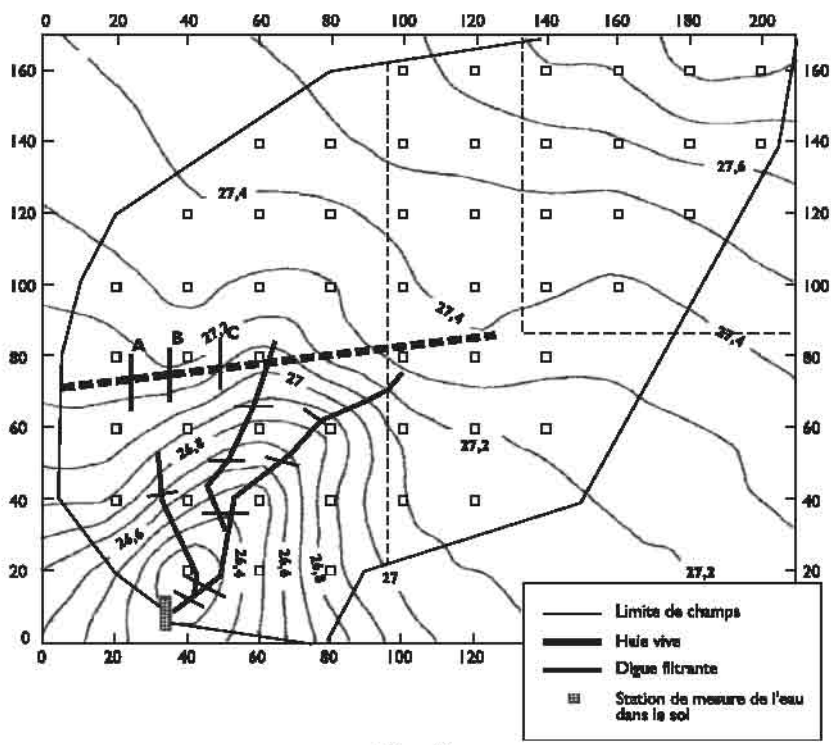


Figure 6.
Aménagement et dispositif expérimental à Ndiba (Pérez et al, 1998a).

l'aménagement a été mis en place en 1987. À partir de 1989, un suivi spatialisé des bilans hydriques a été mis en place avec l'implantation de tubes pour sondes à neutrons disposés sur une grille carrée de 20 m de côté et de placettes de mesure du ruissellement et de l'érosion. Les mesures à l'exutoire permettent de se faire une idée de l'efficacité globale de l'aménagement, alors que le dispositif spatialisé permet de comprendre l'impact de chaque élément de cet aménagement.

Pérez *et al.* (1998a) vérifient que la distribution des pluies journalières était identique pour les deux périodes (avant et après aménagement), même si la seconde période est plus pluvieuse. Ils présentent les bilans en eau et en matière associée suivant trois périodes : 1985-1987 – avant aménagement –, 1988 – mise en place de l'aménagement – et 1989-1992 – après aménagement (tabl. 2). On remarque un effet sensible de l'aménagement sur le ruissellement. Le nombre d'épisode ruisselant diminue de 9 % sur Ndiba et de 15 % sur Yarane. Les coefficients de ruissellements diminuent significativement. À l'exutoire du bassin versant de Ndiba, les transports solides ont été correctement mesurés pour 25 crues dans la période avant aménagement (1985-87) et 28 après aménagement (1989-92) et estimés par un modèle simple pour les événements où la mesure n'a pas été faite correctement. La diminution des pertes en terre est significative entre les deux périodes, 13 955 kg avant aménagement à 2 967 kg après aménagement. La même différence a été mesurée pour les événements les plus érosifs dans chaque période ; 4 924 kg pour un index d'érosivité R=96 unités USA lors d'une crue de juillet 1986 avant l'aménagement et 912 kg pour un indexe d'érosivité R=98 unités USA lors d'une crue de juillet 1990 après l'aménagement. Le taux spécifique de perte en terre est donc passé de 1,9 t/ha/an à 0,3 t/ha/an comme effet de l'aménagement.

Tableau 2.
Bilans hydrologiques annuels sur deux petits bassins de la ceinture arachidière du Sénégal (d'après les données de Albergel et Pérez).

Période	Nb de pluies	Nb de crues	Lame précipitée totale mm	Index d'érosivité	Lame ruisselée mm	Coef. ruissellement %
Parcelle de Ndiba 2,5ha						
Avant (1985-1987)	129	40	2057,7	900	87,1	4,2
Pendant (1988)	50	18	91,5	445	40,1	4,3
Après (1989-1992)	154	36	2339,7	1092	60,2	2,6
Parcelle de Yarane 2,5ha						
Avant (1985-1987)	88	33	1361,4	542	159,8	11,7
Pendant (1988)	49	13	917,3	434	68,3	7,4
Après (1989-1992)	154	36	2288,2	1046	221,7	9,7

La variabilité de la réserve en eau dépend sur la parcelle de Ndiba de la topographie, des états de surface et de la nature des sols. Une procédure automatique d'ajustement de distribution des réserves hydriques des sols a été établie et une cartographie automatique de cette variable a été établie pour différentes dates. Une fonction de distribution normale est ajustée aux réserves en eau du sol mesurées sur tout son profil de 0 à 150 cm de profondeur. Un modèle sphérique dont le semi variogramme

a une portée de 50 m est utilisé pour cartographier les réserves en eau des sols. La figure 7 montre l'impact de la présence de la haie vive sur l'infiltration tout au long de la saison des pluies.

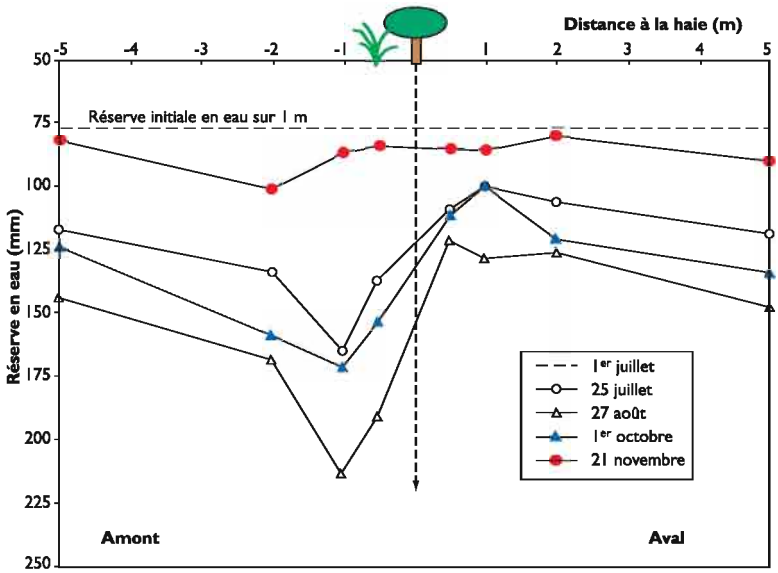


Figure 7.
Évolution de la réserve hydrique en amont et en aval d'une haie vive.

Aménagement intégré d'un versant (km²) (Albergel *et al.*, 2000)

Albergel *et al.* (2000) ont montré la pertinence d'un aménagement d'embocagement d'un versant en zone sahélienne comprenant : des reboisements avec des aménagements en arêtes de poisson, des mises en défens sur le plateau, un cordon pierreux en bordure du talus, des haies vives sur les glacis et les terrasses, et le traitement des ravines qui entaillent les berges de raccordement terrasse/bas-fond. Les critères d'efficacité ont été limités aux paramètres hydrologiques mesurés à l'exutoire. Pour ce faire, la méthode des bassins versants appariés a été utilisée : deux bassins de ravines, drainant l'ensemble des unités de la toposéquence, ont été suivis en conditions naturelles pendant une période initiale (1983-1988), puis l'un des deux a été aménagé en cours d'étude (1989-1990). Les observations se sont poursuivies jusqu'en 1995. Cette méthode repose sur l'hypothèse implicite de constance d'autres facteurs évolutifs sur le domaine d'étude.

Les deux bassins étudiés sont ceux de deux petites ravines, affluents de premier ordre, démarrant en bordure de plateau et entaillant les glacis de raccordement au marigot : Keur Dianko et N'Dierguène dont les exutoires sont distants de 4 km environ. L'aménagement de Keur Dianko est représenté sur la figure 8.

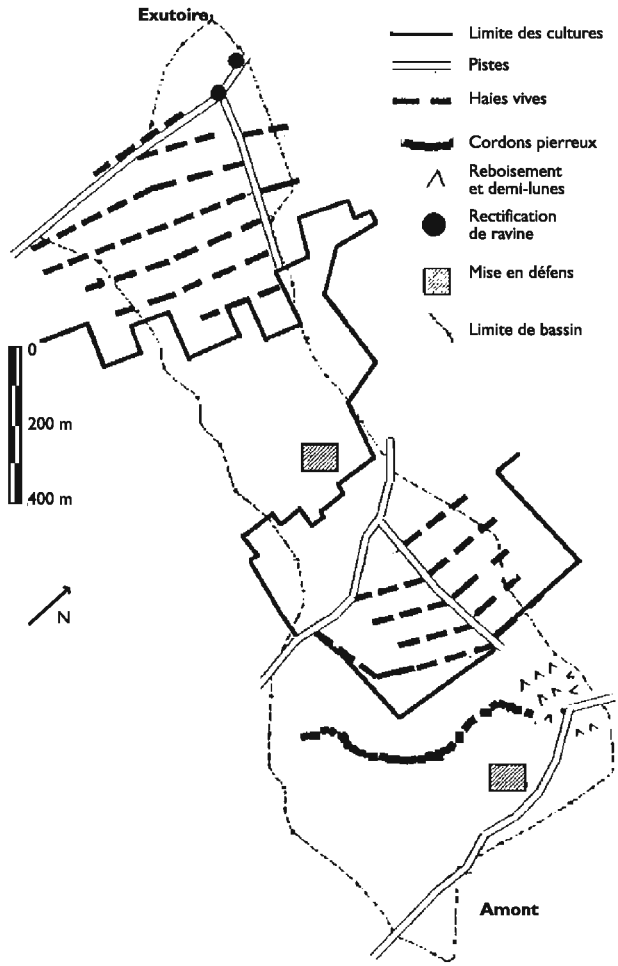


Figure 8.
Aménagement intégré de versant à Keur Dianko (Pérez et al., 1998b).

La figure 9 compare les bilans hydrologiques annuels sur ces deux portions de versant. Les coefficients de ruissellement sont toujours supérieurs sur le bassin témoin. Après la mise en place des aménagements (1988-91), la différence d'aptitude au ruissellement diminue nettement sur le bassin aménagé. En séparant la période d'observation en trois parties :

– avant aménagement (5 années) : la lame ruisselée de Keur Dianko est égale à 52 % de celle du bassin témoin,

– durant la période de mise en place de l'aménagement (3 années), ce rapport passe à 56 % et semble montrer une perturbation du milieu sur le bassin versant expérimental, avec une légère hausse du ruissellement (mais non significative),

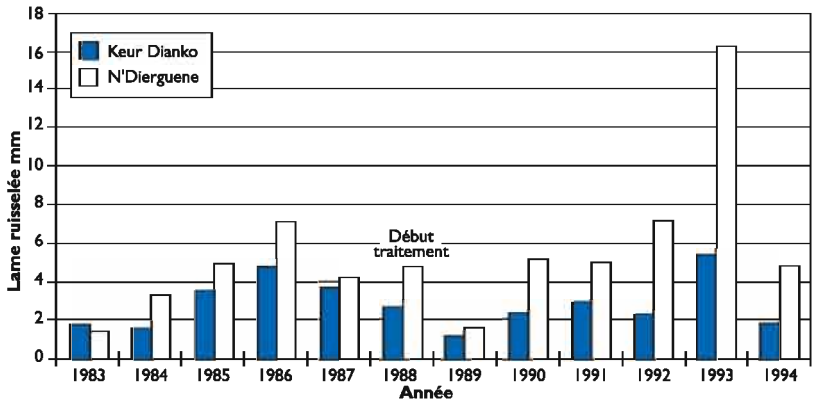


Figure 9.
Comparaison des coefficients de ruissellement de 1983 à 1995 sur les ravines de Keur Dianko (KD) et de N'Dierguène (ND) (Albergel et al., *2000).*

– après la mise en place de l'aménagement (5 années) : la lame ruisselée du bassin aménagé n'est plus que de 36 % de celle du bassin témoin.

L'aménagement a un rôle d'autant plus fort sur le bilan en eau et en matières solides transportées que l'année comporte des ruissellements importants : en 1991, les transports solides sont équivalents sur les deux bassins (environ 650 kg/ha) ; en 1992, ils sont de 488 kg/ha pour le bassin aménagé et de plus de 1 tonne/ha sur le bassin témoin ; en 1993, où l'événement exceptionnel des 4 et 5 août (179 mm en 24 heures) est à l'origine de près de 50 % de l'érosion annuelle, les transports solides sont de 1,5 t/ha sur le bassin aménagé et de 3,5 t/ha sur le bassin témoin ; en 1994, année de faible pluviosité, ils sont légèrement plus faibles dans le bassin aménagé (320 kg/ha pour 380 kg/ha).

La figure 10 compare les crues provoquées par l'événement exceptionnel des 4 et 5 août. À des fins de comparaison, les lames ruisselées et les transports solides sont ramenés à l'hectare. Les crues résultantes de la première averse beaucoup plus forte sur le bassin aménagé provoquent un coefficient de ruissellement de 9 % et une érosion spécifique 302 kg/ha pour le bassin aménagé contre un coefficient de 11 % et une érosion spécifique 112 kg/ha pour le témoin. Les crues provoquées par les deux averses suivantes (conditions d'infiltration très faibles) sont beaucoup plus fortes et plus pointues sur le bassin témoin. Les coefficients de ruissellement et les taux d'érosion spécifique sont respectivement de 10 %, 48 kg/ha et 14 % 209 kg/ha sur le bassin aménagé et 50 %, 970 kg/ha et 42 %, 594 kg/ha sur le témoin. Sur le total de l'événement, la différence dans le ruissellement se traduit par un écart encore plus important des matières transportées. L'objectif de réduction de l'énergie cinétique de la lame ruisselée est donc atteint. L'examen individuel des pluies démontre un effet régulateur de l'aménagement pour les événements moyens et forts.

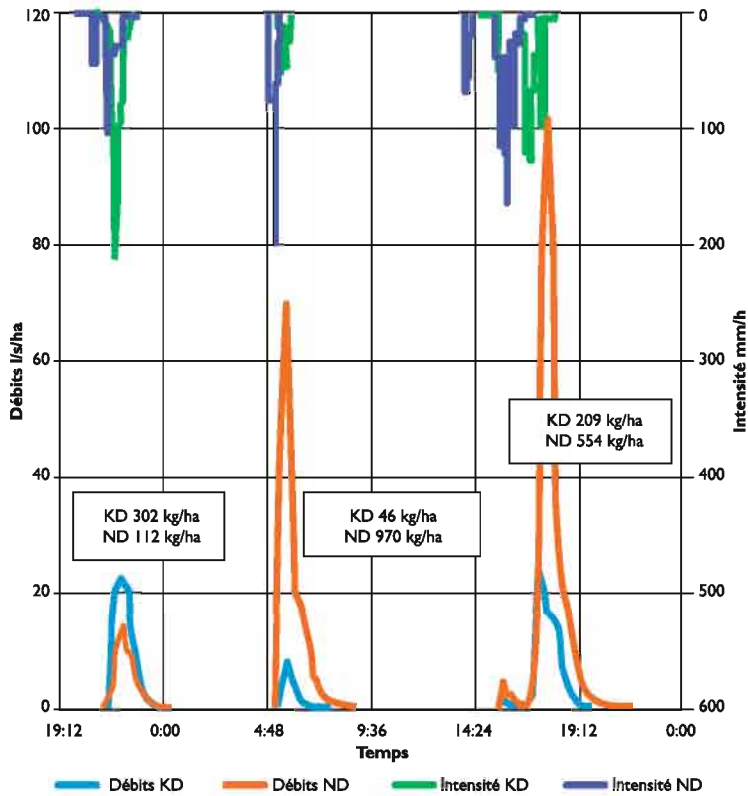


Figure 10.
Débits rapportés à 1 ha pour l'événement des 4 et 5 août 1993 – Comparaison ravine de Keur Dianko (aménagée) et de N'Dierguène (témoin) (Albergel et al., *2000).*

Les aménagements de bas-fonds

Les bas-fonds du Sahel sont les axes d'écoulements déprimés, fonds de vallons, ne possédant pas de cours d'eau important bien marqué, submergés pendant une période de l'année par une nappe d'eau qui s'écoule. Ils drainent des bassins versants d'une dizaine à quelques centaines de kilomètres carrés. Leurs sols ont pour origine essentielle des colluvions. Les bas-fonds concentrent les écoulements superficiels et souterrains, et favorisent l'installation de zones humides dans des paysages arides et semi-arides. La présence de nappes souterraines à faible profondeur dans les bas-fonds permet également le développement d'une strate arborée. Ils occupent une place limitée dans les paysages du Sahel : 5 à 10 % selon les conditions géomorphologiques (Albergel *et al.*, 1993).

Autrefois réservés à l'élevage, les bas-fonds de la zone sahélienne sont de plus en plus mis en culture en saison des pluies, et cela depuis le début des sécheresses des années 1970 et 1980. Le sorgho y est la culture la plus répandue, la où les sols ne sont pas trop engorgés et là où il peut bénéficier d'une assistance de la nappe aquifère en fin de cycle. En saison sèche, le maraîchage est pratiqué dans des petits jardins protégés des animaux et des vents secs par des clôtures en fascines et arrosés à partir de puisards creusés dans le bas-fond. L'arboriculture est aussi possible dans les parties des bas-fonds bien alimentées en eau.

Les deux contraintes naturelles les plus importantes au développement agricole des bas-fonds au Sahel sont :

– les fortes crues couplées avec une pente assez forte du bas-fond de l'ordre de 2 à 5 mètres par kilomètre, qui provoquent en début de saison des pluies l'arrachage des jeunes plants ;

– la faible durée de la saison des pluies, qui se traduit par un tarissement précoce des écoulements et une baisse rapide des nappes aquifères.

Afin de lever les contraintes naturelles liées à la mise en valeur des bas-fonds au Sahel, plusieurs solutions techniques sont proposées. Elles ont fait l'objet d'une étude complète au cours d'un projet R3S (Réseau de recherche sur la résistance à la sécheresse/CORAF (Conseil ouest et centre- africain pour la recherche et le développement agricoles) soutenu par la commission européenne de la Recherche (Albergel *et al.*, 1993). Toutes ces solutions visent à la maîtrise plus ou moins complète de l'eau. Pour les zones climatiques traversées par la GMV, Albergel *et al.* (1993) ont retenu deux types d'aménagements.

Ceux qui ont pour but d'épandre les crues, de les ralentir et de stocker l'eau pendant un temps assez long pour alimenter la réserve en eau du sol mais pas trop long pour ne pas compromettre par asphyxie le bon développement des plantes. Parmi les aménagements de ce type, Albergel *et al.* (1993) recommandent en fonction de la surface drainée et de la taille des bas-fonds les digues filtrantes ou les digues déversantes.

Ceux qui ont pour but de stocker l'eau pendant un temps assez long et dont la complexité et la dimension vont dépendre de l'objectif à atteindre :

– jouer le rôle de réserve d'eau pour abreuver les hommes et surtout les animaux ;

– réalimenter les nappes phréatiques proches pour faciliter le puisage de l'eau destinée à l'abreuvement et au maraîchage ;

– cultiver en décrue dans la retenue ;

– stocker l'eau suffisamment longtemps pour rendre la culture quasi indépendante de la pluviométrie, y compris en contre-saison.

La base de ces aménagements est toujours un barrage étanche dont la hauteur varie avec la disponibilité de l'eau et avec la durée prévue pour le stockage de l'eau.

La digue filtrante et la digue déversante

Ces deux types d'aménagements ont été testés et évalués sur le bas-fond de Gourga, dans la région de Bidi au Burkina Faso.

La figure 11 en donne le plan de situation :

– la digue filtrante dans la zone amont draine un bassin versant de 45 km^2. Elle a été réalisée en 1986.

– le micro-barrage à digue déversante en aval, terminé en 1988, draine un bassin versant de 157 km^2.

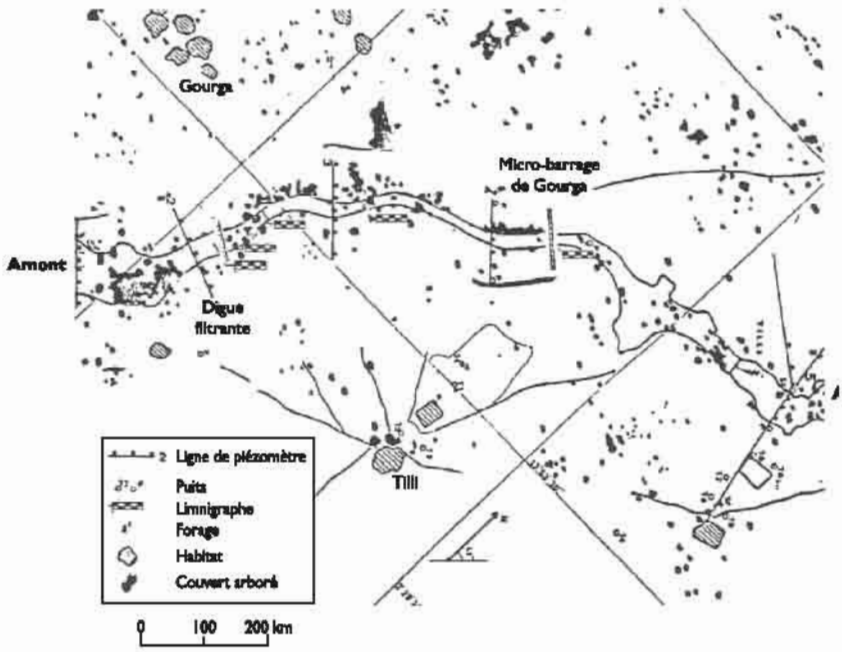


Figure 11.
Plan de situation des digues filtrantes et déversantes.
Bas-fond de Gourga Arméné, Burkina Faso.

Les digues filtrantes freinent l'eau dans sa course et étendent la nappe d'inondation sur une plus grande superficie cultivable. L'eau s'étale ainsi à la surface du sol quelques heures à quelques dizaines d'heures en fonction de la taille du bassin versant.

Les digues filtrantes sont réalisées uniquement en pierres sèches dans le cas de petits bassins versants dont la superficie est inférieure à 10 km^2 (fig. 12), en gabions dès que le débit à évacuer devient trop important (fig. 13). Leur tracé suit des courbes de niveau pour mieux étaler l'eau, mais il est quelquefois rectifié.

Le sorgho et le riz sont les spéculations conseillées en amont des digues filtrantes. Le riz sera planté dans les parties les plus basses où la submersion est la plus longue. Le sorgho est une plante rustique qui supporte une submersion de deux à trois jours grâce à son enracinement profond et peut être cultivé en climat sec, où la saison des pluies ne peut pas assurer le cycle du riz qui est plus long.

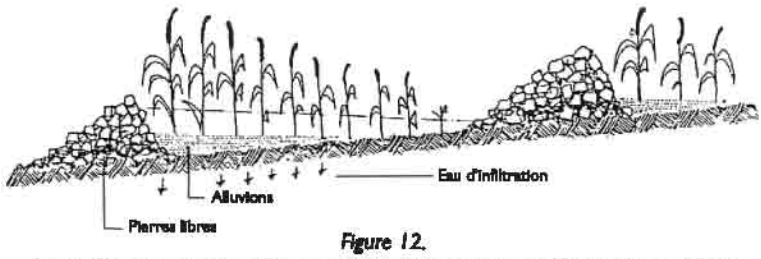


Figure 12.
Digues filtrantes dans la région de Rissiam, Burkina-Faso (Van Driel et Vlaar, 1991).

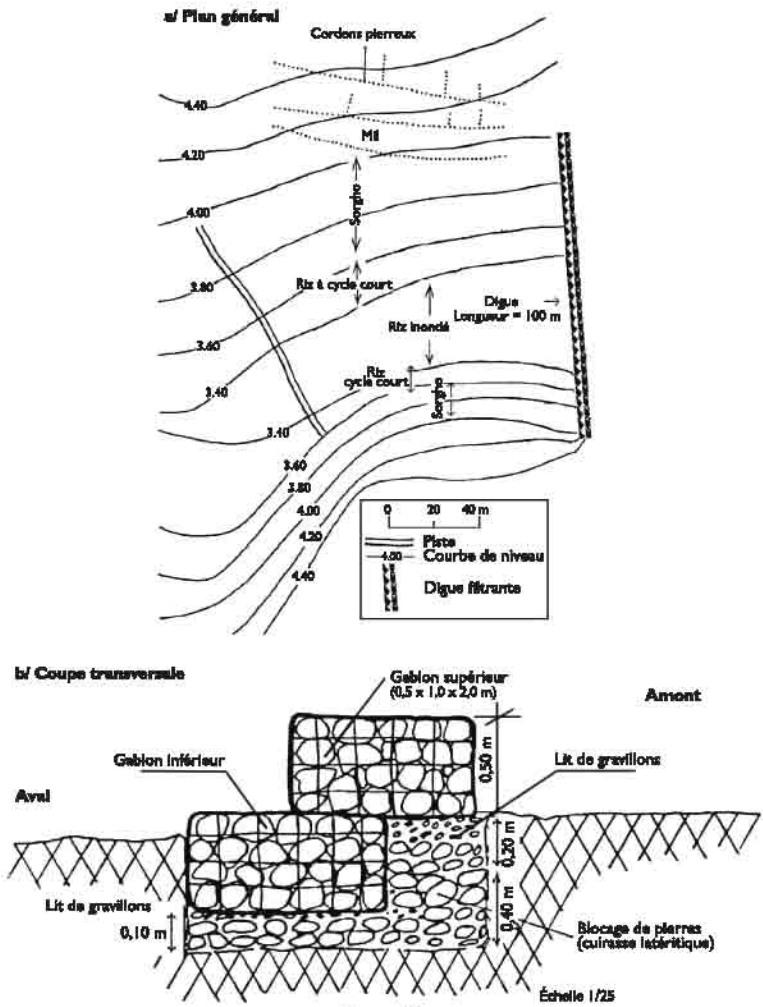


Figure 13.
Plan de la digue filtrante de Gourga (Albergel et al., 1993).

Les digues filtrantes prolongent la saison végétative uniquement en rechargeant la réserve en eau du sol après la dernière crue. C'est pourquoi les performances de cet aménagement sont d'abord liées à la pluviométrie. En dessous de 600 mm/an, les paysans associent riz et sorgho, minimisant les risques.

Les digues filtrantes ont été vulgarisées au Sahel, surtout au Burkina Faso, sous forme d'aménagements impliquant les populations pour leur construction.

En enregistrant les crues en amont et en aval d'une digue filtrante, Van Driel & Vlaar montrent l'impact hydrologique de cet aménagement et calculent la recharge de la réserve en eau du sol. La figure 14 montre, pour une crue, l'effet de laminage de la digue filtrante. Ils expriment cet effet de laminage par le rapport entre le débit maximal de la crue enregistrée en amont de la digue et celle en aval. En fonction de la crue, ce rapport varie de 0,97 à 0,46. Ils ont mesuré un ralentissement des crues variant entre 5 et 15 minutes et des lames infiltrées variant de 200 à 400 mm.an^{-1} en fonction de la position topographique. Il est intéressant de constater que des sols rarement inondés avant l'aménagement peuvent bénéficier d'apports en eau non négligeables.

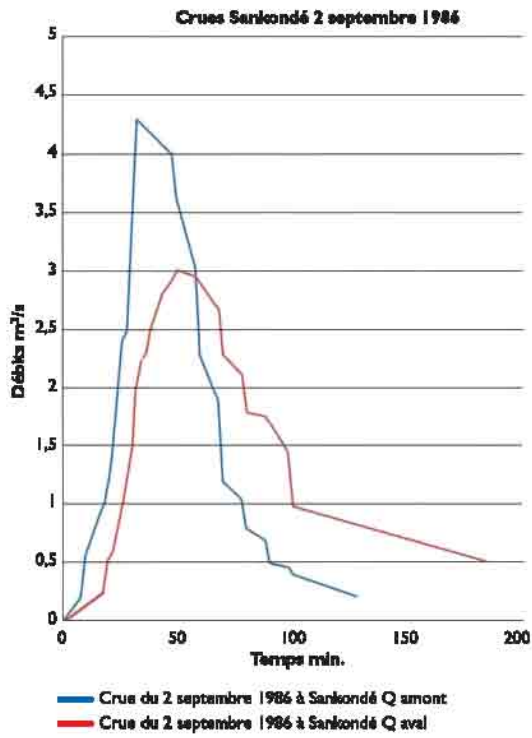


Figure 14.
Comparaison des hydrogrammes de crues en amont et en aval de la digue filtrante de Sankondé, région de Rissiam, Burkina Faso (données CIEH, Van Driel et Vlaar).

En multipliant le nombre de digues filtrantes, le laminage de crue augmente.

La digue déversante est un ouvrage un peu plus important (figure 15), ajoutant à la fonction agricole de l'épandage de la crue une fonction réservoir qui peut perdurer quelque mois après la saison des pluies. Dans le cas de l'ouvrage de Gourga

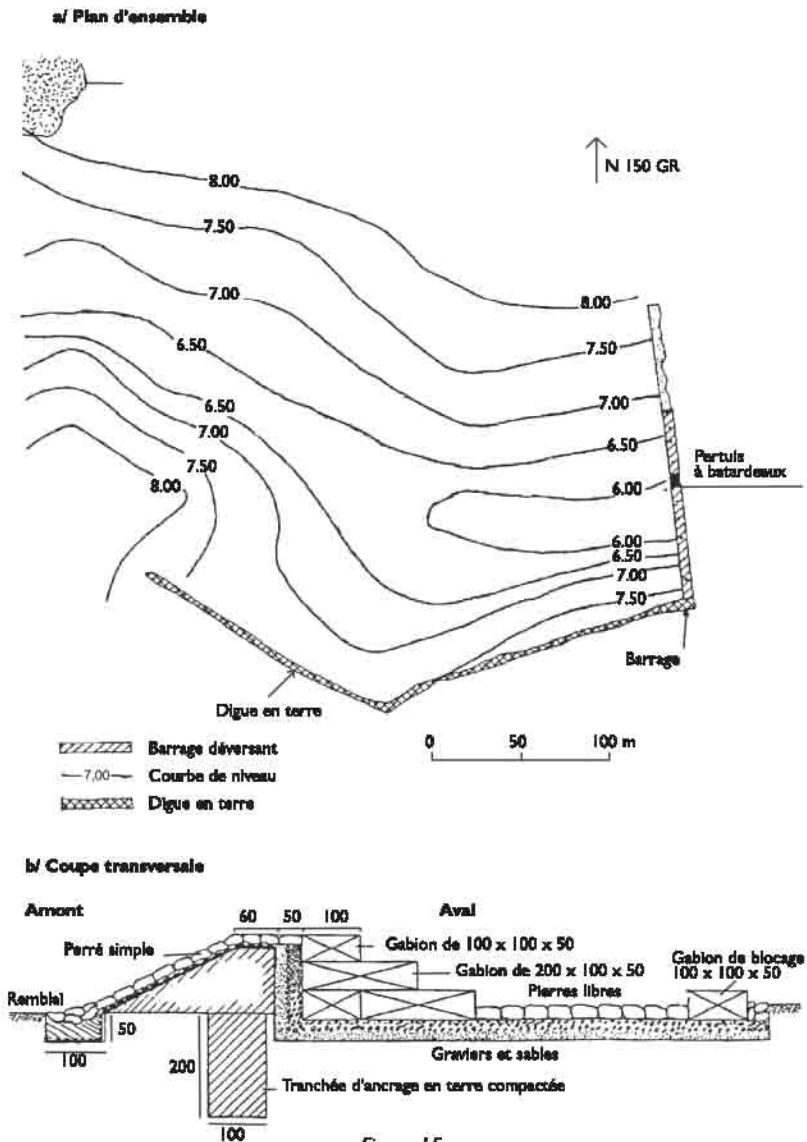


Figure 15.
Micro-barrage déversant de Gourga, Burkina Faso (Albergel et al., 1993).

(Burkina Faso), représenté sur la figure 15, l'étude hydrologique a montré (Albergel *et al.*, 1993) que l'aménagement concilie jusqu'en année décennale sèche (375 mm de pluviosité) :

– le stockage des eaux de surface en saison des pluies et en début de saison sèche ;

– la sécurisation des cultures sur le pourtour de l'aménagement et du maraîchage en début de saison sèche ;

– la recharge des nappes phréatiques par infiltration de l'eau du barrage.

Dans cet aménagement, la crête de la digue est à la cote 700 m, alors que le point le plus bas est à la cote 580 m, la surface inondable est de 5,5 ha. Il est possible de sécuriser 2,35 ha de riz inondé et 0,85 ha de riz pluvial. Soixante pour cent de la surface de la retenue est donc rizicultivable. Afin d'assurer une valorisation maximale de l'ouvrage, un pertuis a été mis en place au milieu de la digue et permet de réguler le niveau de l'eau en début de saison des pluies pour éviter de noyer les cultures.

Les petits barrages de retenues

Les petits barrages de retenues sont les aménagements les plus importants. De 1995 à 2005, l'IRD (Institut de recherche pour le développement) leur a consacré un grand programme sur trois continents. En zone sèche, ils ont été étudiés plutôt en Méditerranée, au nord du Mexique et dans le Nordeste brésilien. En Afrique de l'Ouest, ils ont été étudiés durant ce grand programme dans le nord de la Côte d'Ivoire (Cecchi, 2007). Depuis 2005, ce projet est relayé dans les régions plus sèches, notamment au travers d'un programme du « Challenge Programme : Eau et Nourriture » de l'IWMI (International Water Management Institute). http://waterandfood.org/.

Les petits barrages ont des hauteurs de digues inférieures à 15 m (hauteur des grands barrages définie par l'ICOLD [International Commission for Large Dams]). Ils sont équipés de déversoirs latéraux de conception rustique et parfois d'une vanne de fond. Leur coût unitaire est de l'ordre du demi-million d'euros, et souvent nettement moins. D'extension modérée (quelques hectares), les lacs de ces barrages ont une capacité de rétention qui varie de quelques dizaines de milliers au million de mètres cubes (fig. 16) (Albergel et Cecchi, 2012).

Les petits barrages qui sont construits au Sahel sont essentiellement destinés aux usages cités ci-dessous en fonction de leurs capacités, des aménagements annexes et de l'organisation des communautés rurales pour leur usage (Albergel *et al.*, 1993).

1- L'abreuvement du bétail (et parfois des humains malgré les risques sanitaires). Ils sont réalisés dans le cadre d'un programme cohérent de développement de l'économie pastorale, prenant en compte la valeur des pâturages, les circuits de transhumance. Malheureusement de nombreuses initiatives ne tiennent pas compte du cadre général pour lancer la construction de barrages pastoraux.

2- La réalimentation des nappes phréatiques. Cela intéresse les villageois qui peuvent construire des puits moins profonds et mieux alimentés en eau. L'eau stockée dans la nappe permet aussi de réaliser des cultures maraîchères et fruitières.

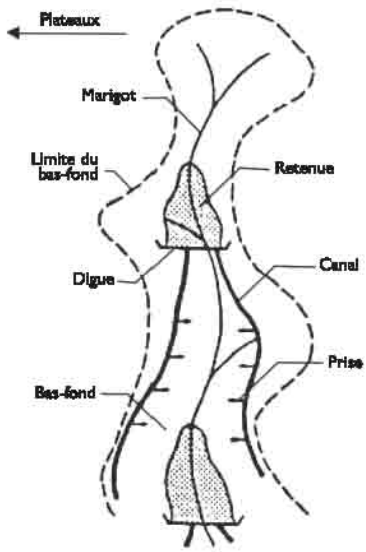


Figure 16.
Petits barrages et systèmes d'irrigation.

3- La culture de décrue, surtout de sorgho, au fur et à mesure que l'eau se retire. Le barrage peut être muni d'une vanne pour accélérer la vidange et mettre en place les cultures avant l'apparition des vents secs. On trouve ces barrages pour cultures de décrues en Mauritanie, au Niger (Ader Doutchi-Maggial) et au Tchad (Ouaddm). Les conditions de leur développement sont encore mal connues. Des expériences pour planter un pâturage aquatique dans la retenue (*Echinochloa stagnina* ou Bourgou) ont été tentées (comm. pers., Jean-François Gadelle), mais là aussi les résultats de retours d'expérience ou recherches manquent.

4- L'irrigation, qui peut se faire en aval, à partir d'un ou deux ouvrages de prise, ou sur les versants de la retenue par pompage

• Irrigation par gravité en aval du barrage. Des canaux d'irrigation suivant le bord du bas-fond (parfois également les bourrelets de berge) distribuent l'eau en aval de la digue de retenue. Il s'agit d'une solution coûteuse, mais très répandu au Burkina Faso. Suivant la hauteur d'eau stockée derrière le barrage et la durée du stockage, on peut cultiver du riz en double culture. Il s'agit dans ce cas des petits barrages les plus gros, car les besoins en eau sont importants pour pouvoir cultiver jusqu'en avril-mai. Par exemple, le barrage de Mogtedo, construit en 1963, mis en valeur en 1967 et qui a une capacité de 6 560 000 m^3, assure chaque année une double culture de riz sur 94,6 ha dans la plaine de Mogtedo et 18 ha de cultures maraîchères (source : services techniques de DPAHRH du Ganzourgou). Ce barrage s'assèche en 2008 en raison de l'augmentation non contrôlée des surfaces et d'une année de mauvaise pluviométrie. Un plan de rehaussement du barrage a été étudié. Le barrage de Goinré, dans la banlieue nord de Ouahigouya, permet une culture de riz en saison des pluies et du maraîchage en contre-saison.

• Irrigation sur les versants de la retenue. Au lieu d'irriguer les terres par gravité à l'aval du barrage, on irrigue par pompage à l'amont de celui-ci (avec des calebasses en pays Dogon, avec des motopompes la plupart du temps).

Les principaux problèmes techniques posés par ces barrages concernent l'évacuateur de crue et le bon dimensionnement de la digue en fonction des apports. Le premier risque environnemental des barrages construits au Sahel est la rupture de digue (Albergel et Cecchi, 2012). Les ouvrages évacuateurs de crues doivent être correctement calculés. Ce calcul se fait généralement à partir de la prédétermination de la crue de récurrence décennale.

Une digue surdimensionnée prive les zones aval d'eau et transforme le barrage qui ne se remplit pas en machine à évaporation. La capacité de la retenue est en générale calculée pour retenir un écoulement moyen annuel.

En fonction de l'importance de l'aménagement, on utilise des méthodes simples de prédétermination de ces paramètres hydrologiques (crue décennale et apports annuels), ou la modélisation hydrologique. Les méthodes de prédéterminations simples sont basées sur la connaissance que l'on a des régimes hydrologiques régionaux. Albergel *et al.* (1993) donnent les principales méthodes de prédétermination de ces paramètres et proposent des abaques pour les régions pilotes de l'étude R3S/CORAF dans leur synthèse sur les bas-fonds. En 2003, l'Association internationale des sciences hydrologiques (IAHS) a lancé une décennie de recherche sur l'hydrologie des bassins versants non jaugés (IAHS, *Decade on predictions in ungauged basins (PUB),* Sivapalan *et al.*, 2003). Des résultats très intéressants ont vu le jour, dont l'application de nouvelles méthodes d'estimation des paramètres hydrologiques pour la construction de petits barrages.

Le passage des crues à travers le périmètre aval reste un problème : soit on endigue sur ses deux berges le marigot au milieu de la plaine, soit on abandonne la culture sur un côté de la plaine pour laisser passer les crues, soit on laisse les crues passer sur les cultures, mais les dégâts sont alors inévitables.

À partir de l'étude de Jean-François Gadelle sur les aménagements hydrauliques en Afrique, publiée dans la Synthèse de l'étude des bas-fonds au Sahel (Albergel *et al.*, 1993), le tableau 3 présente les avantages et les inconvénients des aménagements de bas-fonds en zones sèches du Sahel africain.

Conclusion

De l'entretien des puits pastoraux traditionnels à la construction de barrages modernes pour l'irrigation de grands périmètres, l'aménagement hydraulique est une priorité des politiques de tous les États du Sahel. De nombreuses et importantes réalisations à différentes échelles ont vu le jour depuis les indépendances de ces pays. Toutes n'ont pas atteint leurs objectifs, mais certaines les ont dépassés.

Tableau 3.
Avantages et inconvénients des principaux aménagements de bas-fonds au Sahel (F. Gadelle, in Albergel et al., *1993).*

Avantages	Inconvénients
Digue filtrante	
• Étalement des crues sur toute la largeur du bas-fond • Meilleure infiltration • Diminution de l'écoulement dans l'axe du bas-fond et laminage de la crue • Augmentation de la superficie cultivée • Rendements plus élevés • Aménagement à la portée des populations y compris son entretien.	• Ne convient que pour des bas-fonds drainant de petits bassins versants avec des crues modérées • Système inefficace en année sèche • Rendement très sujets à la pluviométrie et à l'hydraulicité
Digue déversante	
• Étalement des crues sur toute la largeur du bas-fond • Meilleure infiltration • Fonction de réservoir possible • Diminution de l'écoulement dans l'axe du bas-fond et laminage de la crue • Augmentation de la superficie cultivée • Rendements plus élevés	• Système plus coûteux que la digue filtrante et technicité plus importante • N'assure pas une forte maîtrise de la ressource en eau • Rendements assez sujets à la pluviométrie et à l'hydraulicité
Barrage de retenue pour hydraulique villageoise	
• Facilité d'abreuvement • Entretien peu coûteux	• Solution coûteuse à comparer avec forage, puits ou surcreusement de mare • Médiocre utilisation de l'eau en raison de l'évaporation
Barrage de retenue pour alimentation de la nappe phréatique	
• Facilité pour abreuver les hommes et les troupeaux toute l'année • Possibilité de pratiquer des cultures irriguées par pompage, maraîchers et vergers • Possibilité de ressources halieutiques	• Nécessité de sols filtrants mais pas trop • Investissement coûteux • Obligation d'élever l'eau à la main ou avec un système d'exhaure
Barrage de retenue pour culture de décrues	
• Culture de sorgho connue et bonne sécurisation hydrique • Entretien peu coûteux	• Manque de retour sur expériences • Conditions pédologiques mal connues • Nécessité d'étude approfondie, hydrologie et géotechnie
Barrage de retenue pour irrigation	
• Facilité pour abreuver les hommes et les troupeaux toute l'année • Maîtrise de l'eau pour toutes les cultures • Rendements potentiellement élevés • Possibilité de ressources halieutiques	• Aménagement très coûteux à l'investissement et à l'entretien • Nécessité d'étude approfondie, hydrologie et géotechnie • Demande une technicité élevée de la part des agriculteurs •Nécessité de redistribution des terres

Cette étude a démontré que les écosystèmes sahéliens sont soumis à des pressions sans précédent, accentuées par les variabilités et changements climatiques ; ce qui menace leurs perspectives actuelles de développement durable. Cependant, et malgré tous les défis environnementaux présents, les opportunités offertes par les aménagements hydrauliques le long du tracé de la Grande Muraille Verte (GMV) seront importantes si leur gestion sur le moyen et long terme est bien assurée, notamment en mettant l'accent sur la maintenance des espèces ligneuses très résilientes, qui de surcroît ont des qualités multifonctionnelles, et sur l'amélioration de la fertilité des sols et la gestion durable des ressources en eaux. L'adhésion des populations locales devra être assurée, de même que la sécurisation de leurs apports, ainsi que les appuis techniques et financiers et les mécanismes de suivi nécessaires. Les formes d'initiatives et d'ouvrages ainsi décrites dans cet article constituent des formes d'adaptation innovantes dans un milieu sahélien fragile et vulnérable, exposé en grande partie, sinon dans sa totalité, à l'impact des changements et variabilités climatiques ainsi qu'à la dégradation des ressources et des terres, et à celle des biens et services environnementaux qui leur sont liés.

Ces formes d'ouvrages, qui constituent des réponses pour des conditions environnementales plus stables, auront atteint tout leur potentiel de réussite si elles parviennent à sauvegarder un tel environnement sahélien fragile ainsi que la biodiversité qui lui est associée, tout en créant des activités agro-forestières génératrices de revenus et de bien-être, et en renforçant les capacités des populations locales à se prendre en charge par elles-mêmes et de façon durable.

Si de telles conditions sont réalisées, on aura alors atteint l'objectif d'une innovation et d'une croissance inclusive plus réactives aux objectifs d'éradication de la pauvreté et pour le bénéfice des communautés locales dans un milieu plus prospère, plus stable et plus équitable, pour le bien de l'économie et de l'environnement de l'ensemble de la région sahélienne.

Bibliographie

Albergel J. et Cecchi P., 2012.
Le petit barrage, un hydro-aménagement innovant en zones méditerranéennes et tropicales sèches.
Forum Mondial de l'eau Marseille 2012, Editions de l'IRD, à paraître.

Albergel J., Lamachère J.M., Lidon B., Mokadem A., Van Driel W. (Ed.), 1993.
Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles.
Rapport final d'un projet CORAF-R3S.
Ouagadougou, Burkina Faso, CIEH, 335 p.

Albergel J., Lamachère JM, Lidon B., Mokadem A., Van Driel W., 1993.
Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles. Rapport final d'un projet CORAF-R3S.
Ouagadougou, Burkina Faso CIEH, 335p.

Albergel J., Diatta M., Pépin Y.
Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal, 2000.
In : Floret Christian (ed.), Pontanier Roger (ed.).
La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives : 1. Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999. Paris (FRA) ; Montrouge : IRD ; J. Libbey, 2000, p. 741-750.

La Jachère en Afrique Tropicale :
Rôles, Aménagement, Alternatives :
Séminaire International, Dakar (SEN),
1999/04/13-16. ISBN 2-7099-1442-5

Albergel, 2012.
Reservoirs, multipurpose use of small reservoirs.
In Encyclopedia of Lakes and Reservoirs
Geography, Geology, Hydrology and
Paleolimnology Series: Encyclopedia of Earth
Sciences Series. Bengtsson, Lars;
Herschy, Reginald W.; Fairbridge, R.W. (Eds.)
800p., Chap. 234.

Bangoura, S., 2002.
Water harvesting techniques in West and Central
Africa. In: Dupuy, A., Lee, C., Schaaf, T. (Eds.),
Proceedings of the International Seminar on
Combating Desertification: Freshwater Resources
and the Rehabilitation of Degraded Areas
in the Drylands, Samantha Wauchope,
fushia publishing Paris, N'Djamena, Chad,
October 30 to November 4, 2000, pp. 20–26.

Casenave, A. et Valentin, C. 1989.
Les états de surface de la zone sahélienne.
Ed. ORSTOM, Collection didactiques. 227 p.

Cecchi P (2007).
" L'Eau en partage. Les Petits Barrages
de Côte d'Ivoire ". P. Cecchi (ed.)
Collection Latitude 23, IRD, Paris. 295p.

Chevallier P., Claude J., Pouyaud B.,
Bernard A., 1985 -
Pluies et crues au Sahel.
Hydrologie de la Mare d'Oursi - Burkina Faso.
Paris, ORSTOM, Travaux et documents n°190,
251 p.

Claude J., Grouzis M., Milleville P., 1991.
Un Espace sahélien : la mare d'Oursi,
Burkina Faso. IRD Editions, 1991, 241 pages

Eswaran, H., R. Lal and P.F. Reich. 2001.
Land degradation: an overview.
In: Bridges, E.M., I.D. Hannam, L.R.
Oldeman, F.W.T. Pening de Vries, S.J. Scherr,
and S. Sompatpanit (eds.).
Responses to Land Degradation.
Proc. 2nd. International Conference on Land
Degradation and Desertification, Khon Kaen,
Thailand. Oxford Press, New Delhi, India.

Falkenmark, M., 1995.
Land-water linkages-A synopsis in land
and water integration"ROME, FAO,
Land and Water Bulletin, 1, pp 15-16.

Ganaba S., 2005.
Impact des aménagements de conservation
des eaux et des sols sur la régénération
des ressources ligneuses en région sahélienne
et nord soudanienne du Burkina Faso,
VertigO – La revue en sciences de l'environnement,
Vol6 n°2, septembre 2005, pp 1-15

Gleick, P., 1996.
Basis Water requirement for human activities:
Meeting basic needs,
Water international, 21, pp 82-92.

Gomes N., Touma J. and Albergel J. 2008.
Water harvesting Techniques, State of the Art,
New Researches and Challenges. 68p.
Project (IP) contract n°511231-2 -
6th Eu Framework Programme for RTD

IAASTD, 2009.
"Agriculture at a Crossroads", International
Assessment of Agricultural Knowledge,
Science and Technology for Development.
Volume 5 : Sub-Saharan Africa. Ed. B.D.
McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu and R.T
Watson. Islandpress. Washington, Covelo.
London. 167 p.

Lamachère J.M. et G. Serpantié, 1991.
Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins
versants en zone aride. Ed. AUPELF-UREF.
John Libbey Eurotext. Paris © 1991,
p. 165-178

Lavigne Delville P., Camphuis N., 1998.
Aménager les bas-fonds dans les pays du Sahel.
Gret ; ministère de la Coopération ;
CTA. 528 p.

Marter A. and A. Gordon, 1996.
Emerging issues confronting the renewable
natural resources sector in sub-Saharan Africa.
Food Policy. Volume 21, Issue 2, May 1996,
Pages 229-241

Peltier R., 1996.
Les parcs à Faidherbia.
Editeur : Quae (1 janvier 1996)
Collection : Cahiers scientifiques.
Broché: 312 p.

Perez P., Albergel J., Diatta M.,
Grouzis M., Sene M., 1998 b.
Rehabilitation of a semiarid ecosystem
in Senegal. Experiments at the hillside scale.
in Agriculture, Ecosystem and Environment
n°65, pp. 95-106.

Perez P., Albergel J., Diatta M., Grouzis M., Sene M., 1998a. Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. 2. Farm-plot experiments Original. Research Article. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 70, Issue 1, 3 August 1998, Pages 19-29

Rockström, G., 2003. Water for food and nature in drought–prone tropics: vapour shift in rain–fed agriculture. The Royal Society, Phil. Trans. Biological Sciences (2003) pp 1997-2009

Roose E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), Bulletin pédologique de la FAO n°70

Sene M., 1995. Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide. Thèse de Doctorat, ENSAM Montpellier, 127 p.

Sivapalan M.; Takeuchi K. ; Franks S. W.; Gupta V. K. ; Karambiri H.; Lakshmi V.; Liang X.; MCDonnell J. J.) ; Mendiondo E. M.; O'Connell P. E.; oki T. ; Pomeroy J. W. ; Schertzer D. ; Uhlenbrook S. ; Zehe E.. 2003. IAHS decade on predictions in ungauged basins (PUB), 2003-2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences = La décennie de l'AISH sur les prévisions en bassins non jaugés (PBNJ), 2003-2012 : émergence d'un futur passionnant pour les sciences hydrologiques. Hydrological sciences journal. 2003, vol. 48, n°6, pp. 857-880

Van Driel WF & Vlaar JC.J, 1991. Impact des digues filtrantes sur le bilan hydrique et sur les rendements agricoles dans la région de Rissiam, Burkina Faso. Soil Water balance in the Sudano-Sahelian Zone. (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991). IAHS Publ. 199, 1991, pp 299-309

Vohland K. and Barry B. 2009. A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands. Agriculture, Ecosystems and Environment 131 (2009) 119–127

Zaks D. and C. Monfreda, 2008. Green Water Credit in http://www.worldchanging.com

La symbiose mycorhizienne et la fertilité des sols dans les zones arides : un outil biologique sous-exploité dans la gestion des terres de la zone sahélo-saharienne

Duponnois R.[1,2,*], *Hafidi M.*[2], *Wahbi S.*[1,2], *Sanon A.*[3], *Galiana A.*[4], *Baudoin E.*[1], *Sanguin H.*[4], *Bâ A.M.*[1], *Prin Y.*[4], *Bally R.*[5]

1. IRD, UMR 113, Cirad/Inra/IRD/Sup-Agro/UM2, Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM), campus international de Baillarguet, Montpellier, France

2. Laboratoire écologie et environnement (unité associée au CNRST, Urac 32), faculté des sciences Semlalia. université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

3. Institut de recherche pour le développement (IRD), Centre de Ouagadougou, 01 BP 182 Ouagadougou, Burkina Faso.

4. Cirad, UMR 113, Cirad/Inra/IRD/Sup-Agro/UM2, Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM), campus international de Baillarguet, Montpellier, France

5. Agence inter-établissements de recherche pour le développement (AIRD), Direction des programmes et de la formation pour le Sud (DPF), IRD, Marseille Cedex 02

*Tél./Fax : +212 5 24 43 76 65
email : Robin.Duponnois@ird.fr

Résumé

Les contraintes majeures qui limitent la productivité des agroécosystèmes en milieu arides sont généralement attribuées aux carences minérales [plus particulièrement en phosphore (P) et en azote (N)], à un déficit en eau, aux processus d'érosion hydrique et éolienne, ainsi qu'à des perturbations dans le biofonctionnement du sol (faible diversité génétique et fonctionnelle de la microflore tellurique, etc.). Lorsque ces milieux ne sont pas soumis à une surexploitation, ils présentent une activité

biologique élevée. Il a été ainsi suggéré que leur valorisation *via* des stratégies culturales adéquates pouvait réactiver les processus écologiques impliqués dans le maintien de la fertilité des sols et ainsi assurer une meilleure productivité de l'agro-écosystème. La plupart des plantes de ces régions arides (espèces sauvages ou cultivées) sont associées à des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA). Ces symbiotes fongiques sont reconnus comme étant des composantes microbiennes majeures dans le déroulement des principaux cycles biogéochimiques des sols (C, P et N) et en conséquence dans le développement des plantes en améliorant leur nutrition minérale mais aussi hydrique et leur état sanitaire. Paradoxalement, leur valorisation au sein d'itinéraires culturaux reste encore très limitée, voire inexistante. Ce chapitre a pour objectifs principaux de décrire le rôle des CMA dans le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols et sur le développement des plantes tant au niveau de leur nutrition minérale, de leur résistance au stress hydrique que de l'état sanitaire des sols cultivés (ex. : lutte contre *Striga* spp.). Des stratégies d'ingénierie écologique seront ensuite proposées afin d'optimiser certaines techniques culturales (ex. : agroforesterie) dans le rôle de maintien du potentiel infectieux mycorhizogène des sols en relation avec une pleine expression des propriétés de la symbiose mycorhizienne sur les plantes cultivées, permettant ainsi d'atteindre des rendements culturaux compatibles avec les besoins des populations locales.

Mots clés

CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS À ARBUSCULES, SOLS TROPICAUX ARIDES, FERTILITÉ DES SOLS.

Introduction

De nombreux sols des zones tropicales sont fragilisés et assujettis à de profondes perturbations chimiques et biologiques aboutissant à une diminution des rendements des cultures et en conséquence à de nombreuses difficultés pour satisfaire les besoins alimentaires des populations locales. Selon Sanchez *et al.,* (2003), les principales contraintes entraînant une baisse des rendements agricoles se situent au niveau des caractéristiques des sols : les carences minérales (en particulier en P), la faible réserve en eau consécutive à une pluviométrie insuffisante, une érosion importante, de faibles teneurs en matière organique et une activité biologique tellurique déficiente. Au siècle dernier, les technologies relatives à la révolution verte basées sur l'utilisation de pesticides, d'engrais chimiques et de variétés améliorées de plantes ont permis de remédier à ces dégradations et ainsi atteindre une productivité agricole suffisante (Dalgaard *et al.,* 2003). Toutefois ces techniques culturales n'ont pu être adoptées par l'ensemble des pays sur la planète de par leur situation socio-économique. De plus, il a été estimé qu'un épuisement total des ressources en P provenant de la roche (stock de P utilisé pour la production d'engrais) pourrait survenir dans 50 à 100 ans avec un pic dans la demande en 2030 (Cordell

et al., 2009). Les conséquences directes sont la dégradation des terres et une insécurité alimentaire chronique touchant plus de 2 milliards de personne. De plus il est maintenant parfaitement admis que l'utilisation excessive des intrants chimiques affecte gravement et durablement le biofonctionnement du sol et présente des risques pour la santé humaine (Dalgaard *et al.,* 2003). Le défi pour les 50 années à venir est de doubler la production agricole en respectant les règles d'une agriculture durable à faibles apports d'intrants et n'ayant aucun risque pour la santé publique (Tilman *et al.,* 2002). Une des stratégies possibles est la mise en place de pratiques agricoles reposant sur les processus et les fonctionnalités écologiques (utilisation des ressources naturelles du sol, recyclage des nutriments, choix du matériel végétal, gestion des intrants organiques et minéraux). Selon Janssen, De Willigen (2006), la réflexion visant à identifier des pratiques culturales performantes et respectueuses de l'environnement, doit être engagée sur l'efficacité réelle des intrants chimique au niveau du rendement agricole. Dans les régions tropicales, la gestion du potentiel biologique tellurique revêt une importance toute particulière dans le maintien et l'augmentation de la fertilité des sols (Cardoso, Kuyper, 2006). Parallèlement il est recommandé d'adopter des pratiques culturales basées sur les processus biologiques régissant l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes végétaux non anthropisés (ex. : diversité du couvert végétal) et donc éviter la pratique de la monoculture. En conséquence, la mise en place d'un couvert végétal composé par une association d'espèces adaptées aux conditions du milieu et le recours à des plantes pérennes (arbustes, arbres) présente de nombreux intérêts susceptibles d'améliorer significativement la productivité végétale. En effet, il a été montré que les agroécosystèmes plurispécifiques (cultures associées, mélange de génotypes ou plantations mixtes) pouvaient présenter une augmentation de productivité de 30 à 60 % en comparaison des systèmes monospécifiques, ainsi qu'une meilleure utilisation des ressources naturelles, une diminution des risques face aux variations pédoclimatiques et aux ravageurs, une limitation des processus d'érosion, et une amélioration de la stabilité pluriannuelle du fonctionnement. En milieu tropical, les systèmes agroforestiers offrent un grand nombre d'intérêts favorisant le rendement des cultures parmi lesquels une amélioration de l'état sanitaire de l'agroécosystème mais également en entretenant durablement un niveau satisfaisant de fertilité (teneur en matière organique, activité biologique, etc.) (Young 1997 ; Ewel, 1999).

Parmi les composantes microbiennes impliquées dans le biofonctionnement du sol figurent les champignons mycorhiziens considérés comme des éléments majeurs de l'interface sol/plante. Les objectifs de ce chapitre sont : (1) de montrer l'importance de la symbiose mycorhizienne dans le maintien de la fertilité chimique des sols (plus particulièrement celle en P biodisponible) et augmenter ainsi les rendements des cultures en milieu tropical ; (2) en se référant à la plante phytoparasite, *Striga* spp., pathogène majeur des cultures céréalières dans ces zones arides et semi-arides, de montrer comment les champignons mycorhiziens peuvent agir contre la prolifération de ce parasite ; (3) de proposer des itinéraires culturaux susceptibles d'améliorer le potentiel mycorhizien des sols et ainsi favoriser l'expression de la symbiose fongique sur les caractéristiques des sols et les cultures.

La symbiose mycorhizienne et les espèces cultivées des milieux arides et semi-arides

Les champignons les plus abondants dans les sols cultivés sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA). Ils constituent 5 à 50 % de la biomasse microbienne des sols (Olsson *et al.*, 1999). La biomasse des hyphes mycorhiziens peut varier de 54 à 900 kg par hectare (Zhu, Miller, 2003). La croissance des hyphes dans le sol s'accompagne d'une production de glomaline (glycoprotéine) qui améliore l'agrégation des particules de sol et peut représenter de 10 à 20 fois le réservoir de carbone contenu issu de la biomasse microbienne (Rillig *et al.*, 2006). Le mycélium extramatriciel peut atteindre 3 % du poids des racines (Lovelock *et al.*, 2004). Le mycélium issu de l'établissement de la symbiose peut mesurer de 10 à 100 m par gramme de sol (McGonigle, Miller, 1999). Pratiquement toutes les plantes de culture tropicales évoluent en symbiose avec des CMA et présentent une haute dépendance mycorhizienne (Norman *et al.*, 1995).

Le fonctionnement de la symbiose mycorhizienne est basé sur des échanges réciproques entre les racines des végétaux et certains champignons du sol. Certaines espèces végétales ne peuvent croître normalement sans leur symbiote fongique (Gobat *et al.*, 2003). Le nouvel organe mixte résulte de l'assemblage de tissus de la plante hôte et du champignon mycorhizien et chaque composante de la symbiose optimise son développement grâce à ces interactions bidirectionnelles. Les racines de plus de 80 % des espèces de plantes vasculaires présentent ou sont susceptibles de présenter des structures mycorhiziennes. La formation de mycorhizes est donc un phénomène général chez les plantes à l'exception de quelques familles comme les Brassicaceae, les Caryophyllaceae, les Cyperaceae, les Juncaceae, les Chenopodiaceae et les Amaranthaceae qui présentent très peu d'associations mycorhiziennes (Norman *et al.*, 1995). Leur fonction est primordiale dans tout ou une partie du cycle de la plante, plus particulièrement pour la nutrition du végétal. Le champignon profite des ressources carbonées synthétisées par la plante *via* la photosynthèse et qui sont indispensables à son métabolisme et à sa fructification. En retour, les hyphes fongiques améliorent la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte grâce à l'augmentation du volume de sol prospecté et à la production de divers enzymes extracellulaires (phosphatase, phytase) susceptibles de libérer du phosphore à partir de composés complexes organiques et inorganiques du sol (Gobat *et al.*, 2003).

L'établissement de la symbiose mycorhizienne entraîne l'apparition de nouveaux compartiments biologiques dans la rhizosphère. En modifiant la physiologie de la plante et donc les caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'exsudation racinaire, le fonctionnement de la symbiose mycorhizienne va matérialiser au sein de la microflore tellurique différents compartiments microbiens composés par des communautés bactériennes et fongiques présentant des caractéristiques spécifiques (structure, diversité fonctionnelle). Le terme mycorhizosphère a été retenu pour

désigner ce volume de sol sous influence des mycorhizes (Linderman, 1988 ; Johansson *et al.*, 2004). Des études réalisées en milieu naturel sur des plantes colonisées par des champignons mycorhiziens ont montré qu'environ 10 à 20 % du carbone fixé au niveau du végétal sont transférés aux symbiotes fongiques. Cette mobilité du carbone représente une entrée significative d'énergie dans ce compartiment et jouera un rôle crucial dans la dynamique de nombreux micro-organismes composant la mycorhizosphère (Johnson *et al.*, 2002) (fig. 1). Par ailleurs, les hyphes mycéliens issus des associations mycorhiziennes (ou matrice extramatricielle) peuvent s'étendre jusqu'à plusieurs centimètres de la surface racinaire. Outre leur rôle dans le prélèvement des nutriments, ces hyphes favorisent la formation d'agrégats dans le sol notamment par leur exsudation (ex. : glomaline chez les CMA). Ces structures stimulent la prolifération de micro-organismes ayant des caractéristiques propres pour constituer la mycosphère ou l'hyphosphère désignant ainsi le sol conditionné par ce réseau extramatriciel (Rambelli, 1973 ; Linderman 1988) (fig. 1).

Le rôle majeur des mycorhizes se situe au niveau de la mobilisation pour la plante d'éléments nutritifs très peu mobiles dans le sol, principalement le phosphore (Duponnois *et al.*, 2005a ; Lambers *et al.*, 2008). En fonction du pH du sol, cet élément se retrouve majoritairement piégé par le fer, l'aluminium ou le calcium sous des formes difficilement mobilisables pour les plantes (Hinsinger, 2001). L'exploration d'un plus grand volume du sol et la possibilité d'altération des minéraux primaires par les champignons mycorhiziens améliorent la nutrition phosphatée des plantes (Landeweert *et al.*, 2001). Cette meilleure acquisition des nutriments inorganiques permise par les symbiotes fongiques concerne également d'autres macro- (N, K, Mg, Na, S) et micro- (B, Br, Cl, Cu, Cr, Cs, Co, Fe, Mo, Mn, Ni, Si, Zn) nutriments du sol (Smith, Read, 2008). Il a également été démontré que les associations mycorhiziennes pouvaient jouer un rôle significatif dans la décomposition et la minéralisation des matières organiques végétales et mobiliser les nutriments au bénéfice de la plante hôte (Gobat *et al.*, 2003 ; Lambers *et al.*, 2008). He, Nara (2007) ont même suggéré que les mycorhizes pourraient jouer un rôle fondamental dans la réduction de la malnutrition humaine du fait que de nombreux nutriments se retrouvaient dans la biomasse des plantes mycorhizées (biofortification).

L'amélioration de la nutrition hydrique des plantes associées à des champignons mycorhiziens a aussi été observée (Auge, 2001). De nombreux résultats indiquent également un effet bioprotecteur des mycorhizes : réduction ou même inhibition de l'effet négatif de certains agents pathogènes (Smith, Read, 2008) comme les nématodes phytoparasites du genre *Meloidogyne* (Duponnois, Cadet, 1994) et une meilleure tolérance des plantes mycorhizées aux éléments traces métalliques ou aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (Leyval, Joner, 2001 ; Joner, Leyval, 2003). L'établissement de la symbiose permet également de favoriser la formation d'agrégats et ainsi d'améliorer la structure du sol. La colonisation du sol par le mycélium extramatriciel et la production par les hyphes mycorhiziens d'une glycoprotéine, la glomaline, engendrent une meilleure structuration du sol par la formation d'agrégats beaucoup plus stables (Lovelock *et al.*, 2004 ; Rillig, Mummey, 2006).

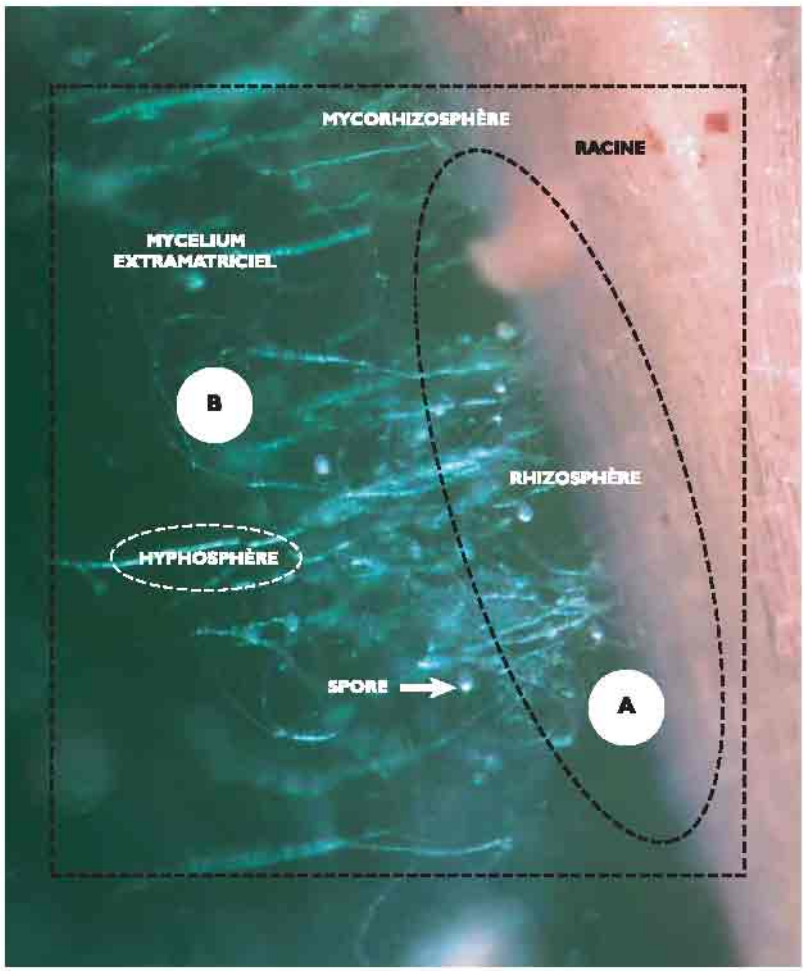


Figure 1.
Schématisation des interactions entre les différents compartiments de la mycorhizosphère (d'après Johansson et al., 2004).

Les associations mycorhiziennes jouent un rôle clef dans le fonctionnement et la stabilité des agro- et écosystèmes terrestres en intervenant significativement dans la coexistence des plantes. En effet, l'existence de plantes matérialisant au sein de leurs systèmes racinaires des réservoirs de propagules mycorhiziennes constitue un vecteur très efficace pour assurer l'établissement de jeunes régénérations en facilitant notamment l'infection des jeunes plants, donc leur survie, dans des conditions du milieu souvent hostiles (Newman, 1988 ; Simard, Durall, 2004). En outre, les champignons mycorhiziens favorisent la coexistence entre plusieurs espèces végétales, améliorant ainsi la productivité et la biodiversité végétales dans ces

écosystèmes (van der Heijden *et al.*, 1998 a, b ; Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007). Des travaux ont montré qu'il existait une translocation de métabolites *via* les ponts mycéliens créés par le réseau d'hyphes entre plusieurs plantes de la même et d'espèces différentes (Yao *et al.*, 2003 ; Simard, Durall, 2004), avec le cas particulier de la mycohétérotrophie où des plantes non chlorophylliennes (Orchidées, Éricacées) sont alimentées par leurs congénères photosynthétiques *via* ce réseau mycélien (Selosse *et al.*, 2006). Par ailleurs, les associations mycorhiziennes sont fortement impliquées dans la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes. Il a été fréquemment observé que, en début de succession, marqué par une pauvreté du sol en propagules mycorhiziennes, ce sont les espèces végétales peu dépendantes de la symbiose mycorhizienne qui vont pouvoir s'installer. Par la suite, avec l'enrichissement du sol en propagules mycorhiziennes et son appauvrissement en éléments nutritifs, les espèces plus mycotrophes prendront la succession avec une forte corrélation positive entre les biodiversités fongique et végétale (Janos, 1980 ; van der Heijden *et al.*, 1998 a ; Hart *et al.*, 2003).

Symbiose mycorhizienne et prolifération de *Striga* spp.

En Afrique, les céréales occupent une place importante dans le régime alimentaire des populations locales. Elles fournissent aux populations l'essentiel de leur ration calorique (70 à 80 %) selon les pays. Les céréales les plus consommées sont le maïs, le sorgho, le mil, le riz et le blé. Le maïs et le sorgho prennent la première place avec une production de 70,3 10^6 tonnes en 2005 sur une surface cultivée de 54,6 millions d'hectare sur les 100 millions d'hectares de terrains dédiés à la culture céréalière. Cette production représente un peu plus de 50 % de la production totale de céréales ainsi que de la superficie totale cultivée en Afrique. Cependant, son évolution est très variable avec une augmentation annuelle très faible d'environ 1,3 % ne permettant pas d'assurer l'autosuffisance alimentaire des populations locales. Ce faible taux de productivité annuelle est dû à l'action de plusieurs facteurs affectant la culture en elle-même notamment la dégradation de la fertilité des sols, la sécheresse, les problèmes phytosanitaires, les dégâts provoqués par les adventices, les plantes parasites, etc.

Les pratiques culturales traditionnelles ont montré des résultats encourageants comme la mise en jachère des sols cultivés permettant d'améliorer la fertilité des sols. Or, l'utilisation seule de ces pratiques ancestrales ne suffit plus à limiter l'impact de certains pathogènes comme le cas des plantes parasites (*Striga*, *Alectra*, *Buchnera*, *Rhamphicarpa*) du fait d'une demande accrue des populations locales et d'une sur-exploitation des ressources naturelles.

Le *Striga* est une plante à fleur parasite obligatoire des racines qui entraîne un jaunissement des feuilles de la plante hôte suivi de son dessèchement total. Connu

en Afrique depuis la fin du XVIIe siècle, il constituera un véritable fléau au cours du XXe siècle (Olivier, 1995). D'après Musselman (1987), ce genre peut être originaire des montagnes de Nuba au Soudan et en Éthiopie, en particulier pour l'espèce *S. hermonthica*. Actuellement, elle est répandue aussi bien en Afrique qu'en Arabie Saoudite. Il existe 30 à 40 espèces et 80 % se rencontrent en Afrique dont les deux tiers dans l'ouest et le centre du continent et plus de la moitié dans l'est et le sud du continent. Neuf espèces sont natives d'Afrique et trois sont endémiques du continent australien (Parker, Riches, 1993).

Si la plupart de ces espèces ne montrent que peu d'effet pathogène significatif, celles qui parasitent les cultures peuvent être extrêmement ravageuses. En Afrique subsaharienne, les dégâts causés par ces parasites sont généralement très importants pour les producteurs locaux (Lenné, 2000). En effet, de nombreuses herbacées alimentaires cultivées en Afrique comme le fonio (*Digitaria excillis* L.), le maïs (*Zea mais* L.), le mil (*Pennisetum americanum* (L.) K. Schum), le riz (*Oryza sativa* L.), le sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) et la canne à sucre (*Saccharum officinarum* L.) sont parasitées par une ou plusieurs espèces de *Striga*. Les espèces les plus ravageuses sont *Striga hermonthica* (Del.) Benth et *Striga asiatica* (L.) Kuntze suivies de *Striga aspera* (Willd.) Benth et *Striga forbesii* Benth (Lenné, 2000).

Au cours de ces dernières décennies, des programmes de lutte ont été mis en place afin d'éradiquer cette plante parasite (utilisation des plantes pièges, pratique de cultures associées, lutte chimique et biologique) dans les pays du Nord. Toutefois, les techniques employées sont difficilement transférables aux agriculteurs des pays du Sud compte tenu des conditions socio-économiques du monde paysan rencontrées dans ces régions. De plus, l'impact du *Striga* est aggravé par sa prédilection à se développer sur des cultures déjà confrontées au stress nutritionnel (carences en N et P) et dépourvus d'amendements fertilisants, situation fréquente dans les pays tropicaux. Les champs peu fertiles, pauvrement aménagés par les agriculteurs, avec des apports de fertilisants limités, sont fortement infestés par le *Striga*. D'autres facteurs interviennent aussi dans cette propagation comme l'adaptation biologique de la plante parasite aux conditions climatiques des zones semi-arides, l'abondance, la taille et le poids infime des graines qui facilitent leur dissémination, la surexploitation des terrains aboutissant à l'épuisement des sols, les facteurs écologiques, climatiques et culturaux. Tous ces paramètres contribuent à la perte significative des récoltes, essentiellement les céréales qui constituent le plus souvent la nourriture de base de ces populations.

Le cycle de développement de *Striga* est couplé à celui de sa plante hôte. La plante phytoparasite produit de grandes quantités de graines de très petite taille qui restent viables dans le sol pendant plus d'une décennie. La germination de ces graines est induite par les exsudats racinaires de nombreuses plantes comme les céréales mais aussi des plantes dites « faux hôtes » ou « plantes pièges » qui induisent la germination de *Striga* mais ne permettent pas l'accomplissement de son cycle de développement. La germination des graines de *Striga* est induite par des molécules (Strigolactones) présentes en trace dans les exsudats racinaires (Bouwmeester *et al.*, 2003 ; Hirsch *et al.*, 2003). L'effet phytotoxique de *Striga* vis-à-vis de la plante

hôte se déroule principalement dans le sol avant l'émergence du phytoparasite démontrant la nécessité d'agir contre ce pathogène dans les premiers stades de son développement.

Des études récentes ont démontré que la symbiose mycorhizienne pouvait agir contre le développement de *Striga* soit indirectement en améliorant la nutrition minérale de la plante hôte (meilleure tolérance à l'infection par *Striga*), soit directement en inhibant la germination, l'attachement et l'émergence de la plante phytoparasite (Lendzemo, Kuyper, 2001). De plus, il a été montré que les dialogues moléculaires entre les plantes mycorhizées et la germination des spores de champignons mycorhiziens sont assurés par des molécules traces appartenant au groupe des Strigolactones, elles-mêmes impliquées dans la germination des graines de *Striga* (Akiyama *et al.,* 2005). Ce résultat permet d'envisager une technique de lutte intégrée contre le phanérogame phytoparasite en utilisant des plantes hypermycotrophes qui vont stimuler la germination des graines de *Striga* mais inhiber son développement (« faux hôtes » ou plantes pièges). Cette propriété est valorisée classiquement en Afrique par l'introduction dans des itinéraires culturaux de plantes pièges telles que le coton (Botanga *et al.,* 2003), l'arachide (Tenebe, Kamara, 2002), etc., qui sont associées à un cortège mycorhizien abondant et diversifié (plantes hypermycotrophes). De plus, comme il a été souligné précédemment, la symbiose mycorhizienne peut interagir positivement avec le développement d'autres groupes microbiens tels que celui des bactéries libres fixatrices d'azote (*Azospirillum* spp.) connues également pour être antagonistes de *Striga* (Bouillant *et al.,* 1997). La technique de Semis sous couvert végétal permanent (SCV) pourrait constituer un support idéal pour valoriser ce type d'interaction. En réponse aux pratiques culturales traditionnelles (labour, polyculture, abattis brûlis...), connues pour ses effets néfastes sur l'environnement, sous les contraintes de pression démographique enregistrées dans ces régions, le SCV offre des perspectives très intéressantes pour restaurer la fertilité chimique des sols dégradés, limiter l'érosion, contrôler l'enherbement, augmenter l'infiltration de l'eau, réduire l'évaporation et restaurer les fonctions naturelles de régulation des cycles biogéochimiques. La couverture végétale ainsi réalisée est généralement composée de plantes ayant des systèmes racinaires puissants et profonds et pouvant recycler les nutriments des horizons profonds vers la surface où ils peuvent être assimilés par les cultures principales (ex. : *Mucuna* sp.). Toutefois, les avantages de cette technique peuvent être élargis en diversifiant les ressources végétales utilisées dans la confection de cette couverture végétale permanente (en particulier en utilisant des plantes endémiques hautement mycotrophes et économiquement valorisables) et en évaluant leur impact sur certains indicateurs biologiques pertinents comme l'abondance et la diversité des symbiotes mycorhiziens dans le sol, cela afin de renforcer le rôle de la symbiose mycorhizienne en tant qu'agent biologique améliorant la croissance des plantes et inhibant le développement de pathogènes comme le *Striga*. Or, malgré les nombreuses études attestant de l'importance des champignons mycorhiziens dans le fonctionnement des sols, il n'existe pas à notre connaissance de travaux évaluant l'impact des composantes végétales utilisées en SCV sur le potentiel mycorhizien des sols et des fonctions qui lui sont associées (ex. : protection phytosanitaire, amélioration de la fertilité des sols, etc.). Alors que des observations attestent de l'effet

bénéfique de cette technique sur la dissémination de *Striga asiatica* à Madagascar, la valorisation de l'effet antagoniste des symbiotes mycorhiziens *via* la gestion du potentiel mycorhizien des sols avec des espèces végétales hypermycotrophes et endémiques des régions concernées est actuellement largement sous-estimée.

La symbiose mycorhizienne et la valorisation des ressources en phosphate naturel des sols tropicaux

Les carences en phosphore biodisponible représentent la contrainte majeure des sols tropicaux limitant ainsi la productivité des agroécosystèmes (Vanlauwe *et al.*, 2002). Les fertilisants phosphatés sont généralement peu accessibles aux populations locales du fait de leur coût prohibitif et des stratégies culturales doivent être identifiées pour satisfaire les besoins en phosphore inorganique des cultures. En milieu tropical, la plupart des phosphates naturels (PN) minéraux sont d'origine sédimentaire et sont rarement utilisés en application directe comme fertilisant phosphaté. Les effets bénéfiques de l'introduction du PN dans un itinéraire cultural sont généralement observés dans des sols acides comme pour le maïs (Vanlauwe *et al.*, 2002) mais il a également été montré que la mise en place d'une rotation culturale adaptée de type légumineuse/céréales peut améliorer significativement l'impact de du PN sur la croissance de la plante. Certaines espèces de légumineuses sont connues pour leur capacité à altérer chimiquement des formes de phosphate inorganique complexes et ainsi mobiliser des formes de P soluble, biodisponible pour la plante (Braum, Helmke, 1995 ; Pypers *et al.*, 2006). Il est généralement proposé que cette altération du PN résulte principalement de l'acidification du compartiment rhizosphérique (Hinsinger, Gilkes, 1993) et par l'exsudation d'acides organiques (Hoffland, 1992). L'adoption de ce type de rotation culturale a pour principaux objectifs d'améliorer le processus de solubilisation du PN *via* les propriétés de la légumineuse. La culture céréalière mise en place à la suite de la légumineuse bénéficiera de cette biodisponibilité accrue de P mais également du phosphore issu de la décomposition de la biomasse aérienne et racinaire de la légumineuse (Horst *et al.*, 2001).

L'utilisation du pois mascate (*Mucuna pruriens*) a été largement adoptée par les populations paysannes en Afrique de l'Ouest, principalement pour sa capacité à éliminer les adventices (Tarawali *et al.*, 1999). De plus, et comme toutes les légumineuses nodulantes, cette espèce est capable de fixer l'azote atmosphérique (Houngnandan *et al.*, 2000) et ainsi améliorer la fertilité du sol (Carsky *et al.*, 1998). Vanlauwe *et al.*, (2000a, 2000b) ont clairement montré que l'apport de PN dans la rotation culturale *Mucuna*/maïs améliorait significativement l'efficacité du PN sur le rendement cultural comparé aux effets observés lorsque ce PN était utilisé dans le

cadre d'une monoculture de maïs. Des effets similaires à ceux enregistrés avec le *Mucuna* ont été mesurés avec des espèces comme *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (Shibata, Yano, 2003) ou *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Phiri *et al.*, 2003).

Comme il a été souligné précédemment, certaines plantes développent des stratégies leur permettant d'avoir accès à des formes de phosphate organique ou inorganique peu mobiles dans le sol. Ainsi, en conditions de carence en P, le lupin développe des racines protéoïdes (Gardner *et al.*, 1983 ; Dinkelaker *et al.*, 1989). Ces racines excrètent de grandes quantités de citrate qui a la capacité d'altérer des formes de phosphate de calcium (Ae *et al.*, 1990). Le pois d'angole peut également mobiliser du P à partir de complexes de phosphates de fer et d'aluminium (Ae *et al.*, 1990 ; Otami, Ae, 1996 ; Otami *et al.*, 1996). L'arachide présente une faible réponse à la fertilisation phosphatée suggérant ainsi que cette plante a la capacité de satisfaire ses besoins en P à partir de sources phosphatées complexes. Les racines de l'arachide excrètent également une quantité significative d'acides organiques dans la rhizosphère.

Les racines des plantes cultivées sont généralement mycorhizées par des CMA et lors de l'établissement de la symbiose, la prolifération des hyphes mycéliens dans le sol augmente le volume de prospection de la plante vis-à-vis des ressources minérales. Ces hyphes peuvent altérer ces formes complexes de phosphore et transférer le P biodisponible jusqu'à la plante. Ainsi Shibata, Yano (2003) ont démontré qu'il existait des synergies entre l'impact des exsudats racinaires et l'activité fongique au niveau des hyphes extramatriciels aboutissant à une meilleure mobilisation vers la plante de P biodisponible. Ainsi les techniques culturales susceptibles d'améliorer le potentiel mycorhizien des sols (ex. : rotations culturales) pourraient également améliorer l'efficacité des PN comme fertilisant en P et ainsi le rendement des cultures céréalières.

Stratégies culturales et amélioration du potentiel mycorhizien des sols

Le potentiel mycorhizien des sols représente l'ensemble des formes de propagules mycorhiziennes (spores, hyphes, morceaux de racines mycorhizés, etc.). Afin d'optimiser l'effet mycorhizien sur le rendement des cultures, il convient donc de favoriser durablement l'établissement et le fonctionnement de la symbiose en agissant sur le potentiel mycorhizien tant au niveau de l'abondance des propagules que de leur diversité. Il a été démontré que dans les écosystèmes tropicaux dégradés, l'adoption de pratiques conventionnelles telles que le labour, le recours à des engrais chimiques ou des pesticides pouvait engendrer de profonds dysfonctionnements dans l'agroécosystème susceptibles de remettre en cause sa capacité à satisfaire les

services écosystémiques attendus (services d'approvisionnement, de régulation, culturels et sociaux). Les bases conceptuelles de la mise en œuvre d'une agriculture durable à faibles apports d'intrants reposent sur les connaissances acquises dans les mécanismes biologiques régissant le biofonctionnement des sols et plus particulièrement ceux impliqués dans le maintien de leur fertilité. En conséquence, l'objectif est de promouvoir les interactions entre les composantes biologiques du sol *via* différents types d'intervention (rotation culturale, agroforesterie, etc.) afin d'optimiser les ressources de l'agroécosystème et promouvoir le rendement de la culture (Altieri, 2002). Les CMA sont considérés comme étant peu spécifiques vis-à-vis de la plante hôte, même si de récentes études tendent à démontrer une certaine spécificité jusqu'alors sous-estimée (Opik *et al.*, 2009 ; Chagnon *et al.*, 2011 ; Jacquemyn *et al.*, 2011). Cette relative absence de spécificité permet aux symbiotes fongiques de pouvoir infecter différentes espèces végétales mais également de former des ponts mycéliens entre les plantes. Ces réseaux mycéliens permettent également des transferts d'éléments nutritifs entre les plantes (ex. : légumineuses/céréales) comme il a été démontré pour l'azote (He *et al.*, 2003). Dans les agroécosystèmes gérés selon des techniques d'agroécologie (ex. : en y intégrant des espèces pérennes et en limitant les opérations de labour), le réseau mycélien est généralement intact. Par contre, dans les cas de monocultures répétées d'espèces annuelles, ces réseaux sont profondément altérés entraînant une faible mycorhization des jeunes plants (plus particulièrement en début de culture) et une faible croissance de la plante (Kuyper *et al.*, 2004). Il a été montré que cette diminution du développement de l'espèce cultivée pouvait être attribuée à une nutrition en P limitée dans le cas du maïs (Miller, 2000) ou à une faible nodulation comme pour le soja (Goss, De Varennes, 2002).

Dans ce chapitre d'ouvrage, nous présenterons deux exemples de pratiques culturales susceptibles d'entretenir un niveau de potentiel mycorhizien adéquat pour maintenir la fertilité des sols : la rotation culturale et la pratique d'agroforesterie.

L'effet positif des rotations culturales sur la richesse et l'abondance des propagules mycorhiziennes dans le sol a été relaté par de nombreuses études. Par exemple, il a été montré qu'une année de culture avec une plante peu dépendante de la symbiose mycorhizienne entraînait une baisse de 13 % de l'infection mycorhizienne des plants de la culture suivante (Harinikumar, Bagyaraj, 1988). Le recours à des espèces végétales hautement mycotrophes permet à l'agroécosystème de recouvrer sa fertilité en favorisant en particulier la multiplication des propagules mycorhiziennes (abondance) et le maintien de leur diversité. Une baisse de rendement a ainsi été observée suite à des monocultures de maïs et de soja et ce déclin a été attribué à un effet sélectif de la plante cultivée au niveau des communautés de CMA en favorisant des souches fongiques moins performantes quant à leur effet sur le développement de la plante (Johnsson *et al.*, 1992). Au Bénin, il a été aussi démontré que l'activité fixatrice d'azote de *Mucuna pruciens*, une espèce très utilisée pour améliorer les jachères et pour lutter contre une adventice, *Imperata cylindrica*, était relativement faible du fait d'un déficit en rhizobia efficients mais également de carences en P biodisponible. Pour remédier à ce dysfonctionnement de la symbiose fixatrice, il a été proposé d'adopter une technique culturale susceptible d'améliorer le potentiel mycorhizien sachant que des interactions synergiques sont généralement observées entre l'établis-

sement de la symbiose mycorhizienne et de la symbiose rhizobienne (Cardoso, Kuyper, 2006). De nombreuses études attestent de l'effet dépressif de la monoculture sur l'abondance et la diversité des propagules mycorhiziennes dans le sol ainsi que sur les réseaux d'hyphes mycéliens (Plenchette *et al.*, 2005 ; Gosling *et al.*, 2006). En dépit du potentiel avéré que la symbiose mycorhizienne peut développer pour améliorer durablement la productivité des agroécosystèmes, il subsiste de nombreuses lacunes quant aux connaissances relatives aux fonctions réelles des CMA dans le fonctionnement du sol cultivé ainsi qu'à l'impact des pratiques culturales sur le potentiel mycorhizien (Kahiluoto, 2000 ; Kahiluoto *et al.*, 2009).

La pratique de l'agroforesterie offre de nombreux avantages dans une perspective de gestion durable des ressources naturelles. L'arbre au sein du système peut être source de fourrage, d'aliments (ex. : arbres fruitiers), augmenter les teneurs en matière organique, limiter les processus d'érosion, favoriser le recyclage d'éléments nutritifs grâce à son enracinement profond, etc. Paradoxalement peu d'études ont été entreprises pour évaluer l'impact de l'arbre sur le potentiel mycorhizien du sol et ses répercussions sur les rendements culturaux (Cardoso *et al.*, 2003). Il est pourtant connu que la majeure partie des arbres utilisés en agroforesterie est hautement mycotrophes (ex. : arbres fixateurs d'azote) (Smith, Read, 2008). En utilisant des plantes pionnières, généralement associées à d'importantes communautés mycorhiziennes, il est possible d'améliorer le statut mycorhizien de l'essence agroforestière au cours de la phase d'élevage en pépinière et ainsi introduire au sein du système un inoculum mycorhizien abondant et diversifié (Duponnois, *comm. pers.*) qui optimisera dans un premier temps les performances de la plantation de l'arbre (croissance accrue, baisse de la crise de transplantation) (Duponnois *et al.*, 2005, 2007). De par ses fonctions au sein du système, l'arbre agira en tant que réservoir à propagules de CMA susceptibles de s'associer aux espèces cultivées et ainsi améliorer le rendement de la culture.

Conclusion

Comme nous l'avons vu, l'élaboration de pratiques culturales durables et respectueuses de l'environnement doit se référer aux mécanismes impliqués dans le fonctionnement de systèmes non anthropisés, à savoir des écosystèmes naturels. De nombreuses études ont été entreprises ces dernières années sur le rôle des CMA dans la productivité et la stabilité d'écosystèmes naturels (Bever, 1999 ; van der Heijden, Sanders, 2002). Ces travaux ont mis en évidence le rôle majeur de la diversité et de l'abondance des propagules mycorhiziennes dans la structuration de la strate épigée (Klironomos, 2002). En retour, les caractéristiques du couvert végétal vont également influencer l'évolution des communautés de CMA dans le sol (Bever *et al.*, 2002 ; Wolfe *et al.*, 2005). Les mécanismes impliqués dans ces interactions sont principalement assujettis aux facteurs biologiques suivants : (1) la spécificité fonctionnelle du couple espèce végétale/communauté de CMA (van der Heijden *et al.*, 1998) ; (2) la dépendance mycorhizienne de l'espèce végétale

considérée ; (3) la distribution de la plante au sein de la couverture végétale (plante rare *vs* plante abondante) (van der Heijden *et al.,* 2006).

Les résultats obtenus ont permis d'établir plusieurs bases conceptuelles définissant l'écologie de la symbiose mycorhizienne, à savoir :

– la symbiose impliquant les CMA ne montre pas de spécificité *sensu stricto* vis-à-vis de la plante (des CMA peuvent s'associer à différentes espèces végétales) mais il s'avère que des écotypes mycorhiziens peuvent être plus ou moins efficients selon la plante hôte considérée (Sanders, 2002) ;

– le mycélium extramatriciel formant des réseaux d'hyphes mycéliens dans le sol constitue une source majeure de propagules mycorhiziennes pour les plantes constituant le couvert végétal (Read, 1998) ;

– les réseaux d'hyphes mycéliens constituent une composante essentielle dans les processus biologiques assurant une exploitation optimale des ressources en nutriments du sol (en particulier le P) plus particulièrement dans les milieux arides (Allen, 2007) ;

– l'établissement de la symbiose mycorhizienne a un effet qualitatif et quantitatif sur la structure de la microflore du sol (effet mycorhizosphère) en privilégiant en particulier la multiplication de micro-organismes saprophytes présentant des propriétés bénéfiques pour le développement de la plante (Johansson *et al.,* 2004).

L'adoption de pratiques culturales pour assurer une conservation et une gestion durable des terres doit prendre en compte ces connaissances acquises sur l'écologie de la symbiose mycorhizienne en privilégiant les ressources naturelles environnementales (ressources végétales et microbiennes), en préservant les composantes de la symbiose et en particulier l'intégrité des réseaux extramatriciels et surtout en évitant d'introduire des éléments étrangers au système (introduction d'espèces végétales ou de CMA exotiques). En dépit de l'ensemble de ces connaissances montrant l'opportunité de gérer cette composante microbienne du sol, force est de constater que de nombreuses lacunes subsistent et que des études montrant l'effet à long terme de la gestion du potentiel mycorhizien sur la qualité des sols doivent être entreprises surtout dans les situations de stress (stress hydrique) afin de contribuer à la définition de pratiques culturales susceptible de garantir la capacité de résilience d'agro- et écosystèmes dans le contexte de changement climatique global.

Bibliographie

Ae, N., Arihara, J., Okada, K., Yoshihara, T., Johansen, C. (1990). Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indians subcontinent. Science, 248 : 477- 480.

Akiyama, K., Matsuzaki, K., Hayashi, H. (2005). Plant sequiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. Nature, 435 : 824-827.

Allen, M.F. (2007). Mycorrhizal fungi : highways for water and nutrients in arid soils. Vadose Zone Journal, 6 : 291-297.

Altieri, M. (2002). Agroecology : the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture, Ecosystem, Environment, 93 : 1-24.

Auge, R.M. (2001).
Water relations, drought
and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis.
Mycorrhiza, 11 : 3-42.

Bever, J.D. (1999).
Dynamics within mutualism
and the maintenance of diversity :
inference from a model of interguild
frequency dependence.
Ecology Letters, 2 : 52-62.

Bever, J.D., Pringle, A., Schultz, P.A. (2002).
Dynamics within the plant – arbuscular
mycorrhizal fungal mutualism :
testing the nature of community feedback.
In : van der Heijden, M.G.A., Sanders, I.R.
(Eds.), Mycorrhizal Ecology.
Springer, Berlin : 267-292.

Botanga, C.J., Alabi, S.O., Echekwu, C.A.,
Lagoke, S.T.O. (2003).
Genetics and suicidal germination
of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. by cotton.
Crop Science, 43 : 483-488.

Bouillant, M.-L., Miché, L.,
Ouedraogo, O., Alexandre, G., Jacouda, C.,
Sallé, G., Bally, R. (1997).
Inhibition of Striga seed germination
associated with sorghum growth
promotion by soil bacteria.
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences,
320 : 159-162.

Bouwmeester, H.J., Matusova, R.,
Zhongkui, S., Beale, M.H. (2003).
Secondary metabolite signalling
in host-parasitic plant interactions.
Current Opinion in Plant Biology, 6 : 358-364.

Braum, S.M., Helmke, P.A. (1995).
White lupin utilizes soil phosphorus
that is unavailable to soybean.
Plant and Soil, 176 : 95-100.

Cardoso, I.M., Kuyper, T.W. (2006).
Mycorrhizas and tropical soil fertility.
Agriculture, Ecosystems, Environment,
116 : 72-84.

Cardoso, I.M., Boddington, C., Janssen, B.H.,
Oenema, O., Kuyper, T.W. (2003).
Distribution of mycorrhizal fungal spores
in soils under agroforestry and monocultural
coffee systems in Brazil.
Agroforestry Systems, 58 : 33-43.

Carsky, R.J., Tarawali, S.A., Becker, M.,
Chikoye, D., Tian, G., Sanginga, N. (1998).
Mucuna-herbaceous legume with potential
for multiple uses. Resource and Management
Research, Monograph No. 25.
IITA, Ibadan, 52 p.

Chagnon, P-L., Bradley, R.L.,
Klironomos J.N. (2011).
Using ecological network theory
to evaluate the causes and consequences
of arbuscular mycorrhizal community structure.
New Phytologist,
doi : 10.1111/j.1469-8137.2011.04044.x.

Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S. (2009).
The Story of Phosphorus :
Global food security and food for thought.
Global Environmental Change, 19 : 292-305.

Dalgaard, T., Hutchings, N.J.,
Porter, J.R. (2003).
Agroecology, scaling and interdisciplinarity.
Agricultural, Ecosystems, Environment,
100 : 39-51.

Dinkelaker, B., Römheld, V.,
Marschner, H. (1989).
Citric acid excretion precipitation
of calcium citrate in the rhizosphere
of white lupin (*Lupinus albus* L.).
Plant Cell, Environment, 12 : 285-292.

Duponnois, R., Cadet, P. (1994).
Interactions of *Meloidogyne javanica*
and *Glomus* sp. on growth and N_2 fixation
of *Acacia seyal*.
Afro Asian Journal of Namatology, 4 :
228-233.

Duponnois, R., Colombet, A.,
Hien, V., Thioulouse, J. (2005a).
The Mycorrhizal fungus Glomus intraradices
and rock phosphate amendment influence
plant growth and microbial activity
in the rhizosphere of *Acacia holosericea*.
Soil Biology, Biochemistry, 37 : 1460-1468.

Duponnois, R., Founoune, H.,
Masse, D., Pontanier, R. (2005b).
Inoculation of *Acacia holosericea*
with ectomycorrhizal fungi in a semi-arid site
in Senegal : growth response and influences
on the mycorrhizal soil infectivity
after 2 years plantation.
Forest Ecology and Management, 207 :
351-362.

Duponnois, R., Plenchette, C., Prin, Y., Ducousso, M., Kisa, M., Bâ, A.M., Galiana, A. (2007). Use of mycorrhizal inoculation to improve reafforestation process with Australian *Acacia* in Sahelian ecozones. Ecological engineering, 29 : 105-112.

Ewel, J.J. (1999). Natural systems as a model for the design of sustainable systems of land use. Agroforestry Systems, 45 : 1-21.

Gardner, W.K., Barber, D.A., Parbery, D.G. (1983). The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. III. The probable mechanism by which phosphorus movement in the soil/root interface is enhanced. Plant, Soil, 70 : 107-124.

Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W. (2003). Le sol vivant, 2e Edition. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne, 568 p.

Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., Bending, G.D. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems, Environment, 113 : 17–35.

Goss, M.J., De Varennes, A. (2002). Soil disturbance reduces the efficacy of mycorrhizal associations for early soybean growth and N_2 fixation. Soil Biology, Biochemistry, 34 : 1167-1173.

Harinikumar, K.M., Bagyaraj, D.J. (1988). Effects of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in soil. Plant, Soil, 110 : 77-80.

Hart, M.M., Reader, R.J., Klironomos, J.N. (2003). Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. Trends in Ecology, Evolution, 18 : 418-423.

He, X., Nara, K. (2007). Element biofortification : can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition? Trends in Plant Science, 12 : 331-333.

He, X.H., Critchley, C., Bledsoe, C. (2003). Nitrogen transfer within and between plants through common mycorrhizal networks (CMNs). Critical Review in Plant Sciences, 22 : 531-567.

Hinsinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes : A review. Plant, Soil, 237 : 173-195.

Hinsinger, P., Gilkes, R.J. (1997). Dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of five plant species grown in an acid, P-fixing mineral substrate. Geoderma, 75 : 231-249.

Hirsch, A.M., Bauer, D.W., Bird, D.M., Cullimore, J., Tyler, B., Yoder, J.I. (2003). Molecular signals and receptors : controlling rhizosphere interactions between plants and other organisms. Ecology, 84 : 858-868.

Hoffland, E. (1992). Quantitative evaluation of the role of organic acid exudation in the mobilization of rock phosphate by rape. Plant, Soil, 140 : 279-289.

Horst, W.J., Kamh, M., Jibrin, J.M., Chude, V.O. (2001). Agronomic measures for increasing P availability to crops. Plant, Soil, 237 : 211-223.

Houngnandan, P., Sanginga, N., Woomer, P., Vanlauwe, B., van Cleemput, O. (2000). Response of *Mucuna pruriens* to symbiotic N fixation by rhizobia following inoculation in farmers' fields in the derived Savannah of Benin. Biology and Fertility of Soils, 30 : 558-565.

Jacquemyn, H. Merckx, V., Brys, R.,Tyteca, D., Cammue, B. P., Honnay, O., Lievens, B. (2011). Analysis of network architecture reveals phylogenetic constraints on mycorrhizal specificity in the genus *Orchis* (Orchidaceae). New Phytologist, 192 : 518-528.

Janos, D.P. (1980). Mycorrhizae influence tropical succession. Biotropica, 12 : 56-64.

Janssen, B. H., De Willigen, P. (2006). Ideal and saturated soil fertility as bench marks in nutrient management. 1. Outline of the framework. Agriculture, Ecosystems, Environment, 116 : 132-146.

Johansson, J.F., Paul, L.R., Finlay, R.D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. FEMS Microbiology Ecology, 48 : 1-13.

Johnson, D., Leake, J.R., Ostle, N., Ineson, P., Read, D.J. (2002). In situ (CO_2)-C-^{13} pulse-labelling of upland grassland demonstrates a rapid pathway of carbon flux from arbuscular mycorrhizal mycelia to the soil. New Phytologist, 153 : 327-334.

Johnson, N.C., Copeland, P.J., Crookston, R.K., Pfleger, F.L. (1992). Mycorrhizae : possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. Agronomy Journal, 84 : 387-390.

Joner, E.J., Leyval, C. (2003). Rhizosphere gradients of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dissipation in two industrial soils and the impact of arbuscular mycorrhiza. Environmental Science, Technology, 37 : 2371-2375.

Kahiluoto, H. (2000). A Systems Approach to the Management of Arbuscular Mycorrhiza - Bioassay and Study of the Impact of Phosphorus Supply. Univ. of Helsinki, Dep. of Appl. Biol., Publ. 1, Helsinki.

Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M. (2009). Contribution of arbuscular mycorrhiza to soil quality in contrating cropping systems. Agriculture, Ecosystems, Environment, 134 : 36-45.

Khan, Z.R., Hassanali, A., Overholt, W., Khamis, T.M., Hooper, A.M., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Woodcock, C.M. (2002). Control of witchweed *Striga hermonthica* by intercropping with *Desmodium* spp., and the mechanism defined as allelopathic. Journal of Chemical Ecology, 28 : 1871-1885.

Kisa, M., Sanon, A., Thioulouse, J., Assigbetse, K., Sylla, S., Spichiger, R., Dieng, L., Berthelin, J., Prin, Y., Galiana, A., Lepage, M., Duponnois, R. (2007). Arbuscular mycorrhizal symbiosis counterbalance the negative influence of the exotic tree species *Eucalyptus camaldulensis* on the structure and functioning of soil microbial communities in a sahelian soil. FEMS Microbiology Ecology, 62 : 32-44.

Klironomos, J.N. (2002). Another form of bias in conservation research. Science, 298 : 749-750.

Kuyper, T.W., Cardoso, I.M., Onguene, N.A., Murniati, Van Noordwijk, M. (2004). Managing mycorrhiza in tropical multispecies agroecosystems. In : Van Noordwijk, M., Cadish, G., Ong, C.K. (Eds.), Below-Ground Interactions in Tropical Agroecosystems. CABI, Wallingford : 243-261.

Lambers, H., Raven, J.A., Shaver, G.R., Smith, S.E. (2008). Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. Trends in Ecology, Evolution, 23 : 95-103.

Landeweert, R., Hoffland, E., Finlay, R.D., Kuyper, T.W., van Breemen, N. (2001). Linking plant to rocks : ectomycorrhizal fungi mobilize nutrients from minerals. Trends in Ecology, Evolution, 16 : 248-255.

Lendzemo, V.W., Kuyper, T.W. (2001). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on damage by *Striga hermonthica* on two contrasting cultivars of sorghum, *Sorghum bicolor*. Agriculture, Ecosystems, Environment, 87 : 29-35.

Lenné, J. (2000). Pests and poverty : the continuing need for crop protection research. Outlined Agriculture, 29 : 235-250.

Leyval, C., Joner, E.J. (2001). Bioavailability of heavy metals in the mycorrhizosphere. in : Trace elements in the rhizosphere. CRC Press : 165-185.

Linderman, R.G. (1988). Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora : the mycorrhizosphere effect. Phytopathology, 78 : 366-371.

Lovelock, C.E., Wright, S.F., Clark, D.A., Ruess, R.W. (2004). Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. Journal of Ecology, 92 : 278-287.

McGonigle, T.P., Miller, M.H. (1999). Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. Applied Soil Ecology, 12 : 41-50.

Miller, M.H. (2000).
Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize : a review of Guelph studies.
Canadian Journal of Plant Sciences, 80 : 47-52.

Musselman, L. J. (ed.). (1987).
Taxonomy of witchweeds. Pages 3-12.
In Parasitic weeds in agriculture volume I : Striga.
CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, U.S.A., 317 p.

Newman, E.I. (1988).
Mycorrhizal links between plants :
their functioning and ecological significance.
Advances in Ecological Research, 18 : 243-270.

Norman, M.J.T., Pearson, C.J., Searle, P.G.E. (1995). The Ecology of Tropical Food Crops.
Cambridge University Press, Cambridge.

Ohwaki, Y., Hirata, H. (1992).
Differences in carboxylic acid exudation among P-starved leguminous crops
in relation to carboxylic acid contents
in plant tissues and phospholipid level in roots.
Soil Sciences, Plant Nutrition, 38 : 235-243.

Olivier, A. (1995).
Le *Striga*, mauvaises herbes parasites des céréales africaines : biologie et méthode de lutte.
Agronomie 15, Elsevier/INRA ed. : 517-525.

Olsson, P.A., Thingstrup, I.,
Jakobsen, I., Bââth, E. (1999).
Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field.
Soil Biology and Biochemistry, 31 : 1879-1887.

Opik, M., Metsis, M., Daniell, T. J.,
Zobel, M., Moora, M. (2009).
Large-scale parallel 454 sequencing reveals host ecological group specificity of arbuscular mycorrhizal fungi in a boreonemoral forest.
New Phytologist, 184 : 424-437.

Otani, T., Ae, N. (1996). Phosphorus (P) uptake mechanisms of crops grown in soils with low P status. I. Screening of crops for efficient P uptake. Soil Sciences, Plant Nutrition, 42 : 155-163.

Otani, T., Ae, N., Tanaka, H. (1996).
Phosphorus (P) uptake mechanisms
of crops grown in soils with low P status.
II. Significance of organic acids in root exudates of pigeonpea.
Soil Sciences, Plant Nutrition, 42 : 553-560.

Parker, C., Riches, C.R. (1993).
Parasitic Weeds of the World : Biology and Control. CAB International, Wallingford, UK.

Phiri, S., Rao, I.M., Barrios, E.,
Singh, B.R. (2003).
Plant growth, mycorrhizal association, nutrient uptake and phosphorus dynamics
in a volcanic-ash soil in Colombia, as affected by the establishment of *Tithonia diversifolia*.
Journal of Sustainable Agriculture, 21 : 41-59.

Plenchette, C., Clermont-Dauphin, C.,
Meynard, J.M., Fortin, J.A. (2005).
Managing arbuscular mycorrhizal fungi
in cropping systems.
Canadian Journal of Plant Sciences, 85 : 31-40.

Pypers, P., Van Loon, L., Diels, J.,
Abaidoo, R., Smolders, E., Merckx, R. (2006).
Plant available P for maize and cowpea
in P-deficient soils from the Nigerian Northern Guinea savanna - Comparison of E- and L-values. Plant and Soil, 283 : 257-270.

Rambelli, A. (1973).
The Rhizosphere of Mycorrhizae.
in : Marks GL, Koslowski TT (eds.) :
Ectomycorrhizae, their ecology and physiology.
Academic Press, New York : 299-343.

Read, D. (1998).
Biodiversity - plants on the web.
Nature, 396 : 22-23.

Rillig, M.C., Mummey, D.L. (2006).
Mycorrhizas and soil structure.
New Phytologist, 171 : 41-53.

Sanchez, P.A., Palm, C.A., Buol, S.W. (2003).
Fertility capability soil classification,
a tool to help assess soil quality in the tropics.
Geoderma, 114 : 157-185.

Sanders, I.R. (2002).
Specicity in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. In : van der Heijden, M.G.A.,
Sanders, I.R. (Eds.), Mycorrhizal Ecology.
Springer, Berlin : 415-437.

Sanon, A., Martin, P., Thioulouse, J.,
Plenchette, C., Spichiger, R., Lepage, M.,
Duponnois, R. (2006).
Displacement of an herbaceous plant species community by Mycorrhizal and non-mycorrhizal *Gmelina arborea*, an exotic tree,
grown in a microcosm experiment.
Mycorrhiza, 16 : 125-132.

Selosse, M.-A., Richard, F., He, X., Simard, S.W. (2006). Mycorrhizal networks : des liaisons dangereuses? Trends in Ecology, Evolution, 21 : 621-628.

Shibata, R., Yano, K. (2003). Phosphorus acquisition from non-labile sources in peanut and pigeonpea with mycorrhizal interaction. Applied Soil Ecology, 24 : 133–141.

Simard, S.W., Durall, D.M. (2004). Mycorrhizal networks : a review of their extent, function, and importance. Canadian Journal of Botany, 82 : 1140-1165.

Smith, S.E., Read, D.J. (2008). Mycorrhizal Symbiosis, 3rd ed. Academic Press, London, UK.

Tarawali, G., Manyong, V.M., Carsky, R.J., Vissoh, P.V., Osei-Bonsu, P., Galiba, M. (1999). Adoption of improved fallows in West Africa : lessons from mucuna and stylo case studies. Agroforestry Systems, 47 : 93-122.

Tenebe, V.A., Kamara, H.M. (2002). Effect of *Striga hermonthica* on the growth characteristics of sorghum intercropped with groundnut varieties. Journal of Agronomy and Crop Science, 188 : 376-381.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418 : 671-677.

van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R. (1998a) Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature, 396 : 69-72.

Van der Heijden, M.G.A., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R. (1998b). Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. Ecology, 79 : 2082-2091.

Van der Heijden, M.G.A., Sanders, I.R. (2002). Mycorrhizal Ecology. Springer, Berlin.

Van der Heijden, M.G.A., Streitwolf-Engel, R., Riedl, R., Siegrist, S., Neudecker, A., Ineichen, K., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R. (2006). The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. New Phytologist, 172 : 739-752.

Vanlauwe, B., Nwoke, O.C., Diels, J., Sanginga, N., Carsky, R.J., Deckers, J., Merckx, R. (2000a). Utilization of rock phosphate on a representative toposequence in the Northern Guinea savanna zone of Nigeria : response by Mucuna pruriens, Lablab purpureus and maize. Soil Biology, Biochemistry, 32 : 2063-2077.

Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., Carsky, R.J., Deckers, J., Merckx, R. (2000b). Utilization of rock phosphate by crops on a representative toposequence in the Northern Guinea savanna zone of Nigeria : response by maize to previous herbaceous legume cropping and rock phosphate treatments. Soil Biology, Biochemistry, 32 : 2079-2090.

Wolfe, B.E., Husband, B.C., Klironomos, J.N. (2005). Effects of a belowground mutualism on an aboveground mutualism. Ecology Letters, 8 : 218-223.

Yao, Q., Li, X.L., Ai, W.D., Christie, P. (2003). Bi-directional transfer of phosphorus between red clover and perennial ryegrass via arbuscular mycorrhizal hyphal links. European Journal of Soil Biology, 39 : 47-54.

Young, A. (1997). Agroforestry for Soil Management, second ed. ICRAF and CAB International, Wallingford, UK.

Zhu, Y.-G., Miller, R.M. (2003). Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. Trends in Plant Sciences, 8 : 407-409.

Les rhizobactéries productrices d'exopolysaccharides et la gestion durable des sols

Thierry Heulin
Wafa Achouak

Laboratoire d'Écologie Microbienne de la Rhizosphère et des Environnements extrêmes (LEMiRE),
UMR 7265 BVME CEA-CNRS-Université Aix-Marseille,
Institut de Biologie Environnementale et de Biotechnologies (IBEB, DSV, CEA),
CEA Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance, France

Introduction

Les travaux sur les bactéries productrices d'exopolysaccharides (EPS) sont très nombreux et anciens au niveau international (Sutherland, 2001). Le moteur principal de ces travaux est la recherche de nouveaux biopolymères pour l'industrie de la cosmétologie et l'agro-alimentaire. À l'inverse, les travaux concernant le rôle de ces bactéries productrices d'EPS dans la modification de la structure du sol et son impact sur la croissance des plantes sont beaucoup plus rares et plus récents (Ashraf *et al.*, 2004 ; Kaci *et al.*, 2005 ; Sandhya *et al.*, 2009). De tels travaux sur les bactéries productrices d'EPS, et plus particulièrement les populations bactériennes qui sont stimulées dans la rhizosphère des plantes, ont historiquement démarré au Lemire dans les années 1980 dans le cadre du programme de recherche « Essor des biotechnologies » (1983-1987). Ce programme avait pour objectif de rechercher de nouvelles souches bactériennes productrices d'EPS dans la rhizosphère de diverses plantes (Hebbar *et al.*, 1992), en partenariat avec le Cermav (Centre de recherches sur les macromolécules végétales, Grenoble) et des industriels pour leur valorisation.

Le second fait marquant ayant déclenché, au sein du Lemire, les travaux sur les bactéries productrices d'EPS est une observation faite à la suite de l'inoculation au champ de *Paenibacillus polymyxa*, une bactérie fixatrice d'azote ayant des propriétés de promotion de la croissance des plantes (PGPR, Plant Growth-Promoting Rhizobacteri). Le suivi post-inoculation de la population de *P. polymyxa*, effectué par une méthode immuno-enzymatique (Elisa), avait permis de mettre en évidence que la masse de sol adhérant par unité de masse racinaire était significativement

augmentée dans les traitements inoculés (Gouzou *et al.*, 1993). Nous avons ensuite démontré que la production du lévane (EPS de type homofructane) par *P. polymyxa* était responsable de cet effet sur la structuration du sol adhérant aux racines (Bezzate *et al.*, 2000). Cette première démonstration claire de l'implication d'un EPS bactérien dans la structuration du sol a constitué le démarrage d'une série de travaux sur la contribution des bactéries productrices d'EPS dans la rhizosphère des plantes (SARhi, pour « Soil-Aggregating Rhizobacteria ») :

– *Pantoea agglomerans* dans la rhizosphère du blé dur sur un vertisol du Maroc (Amellal *et al.*, 1998, 1999) ;

– *Burkholderia caribensis* dans la rhizosphère des graminées prairiales sur vertisol de Martinique (Achouak *et al.*, 1999 ; Vanhaverbeke *et al.*, 2001) ;

– *Rhizobium alamii* dans la rhizosphère du tournesol sur un dystric cambisol de St Florent sur Cher (Alami *et al.*, 1998, 2000a, 2000b).

Dans la rhizosphère, les SARhi modifient la porosité du sol sous l'action des EPS que les bactéries produisent en transformant une partie de la source de carbone et d'énergie qu'elles consomment (exsudats racinaires, notamment). Ces EPS bactériens produits entre les agrégats du sol en modifient la porosité (Chenu, 1995 ; Alami *et al.*, 2000a). Ainsi la porosité du sol, qui est directement liée au transfert d'eau du sol vers les racines, est en partie contrôlée par l'activité bactérienne. Les EPS bactériens produits à la surface des racines contribuent également au maintien du film d'eau nécessaire à l'activité photosynthétique et à la croissance des plantes.

Les EPS bactériens, en condition de stress hydrique dans le sol, permettent de limiter/retarder la dessiccation du milieu. À l'inverse, en cas d'excès d'eau (averses, inondations), les EPS contribuent à éviter la dispersion des argiles du sol (Henao et Mazeau, 2009 ; Blanchart *et al.*, 2000 ; Cabidoche *et al.*, 2000).

Même s'il en existe d'autres, le principal facteur limitant de la production d'EPS dans la rhizosphère est très probablement le carbone exsudé par la plante. Cette liaison directe entre la quantité de carbone exsudé par la plante et le potentiel de production d'EPS par les bactéries dans la rhizosphère n'a jamais été démontrée de façon directe. Nous avons malgré tout mis en évidence, chez le tournesol, une corrélation positive entre la croissance de la plante et la masse de sol adhérant aux racines (Alami *et al.*, 2000a)

Comment intégrer ces données au contexte sahélien ?

Le risque

La dégradation des sols due à la gestion inappropriée des terres, des ressources en eau et des systèmes agro-sylvo-pastoraux, en particulier dans un contexte de changements climatiques.

L'objectif

La lutte contre la désertification dans les milieux arides et subarides, car c'est une des priorités majeures des États sahélo-sahariens du Circum-Sahara.

Sans oublier

Le savoir traditionnel endogène qui a permis aux populations sahéliennes de lutter et de développer à travers des décennies une forme de résilience face aux perturbations environnementales.

Le contexte agro-sylvo-pastoral

Définir le contexte sahélien et plus particulièrement celui la zone GMV au Sénégal.

– Le régime hydrique (pluviométrie, nappes).

– Les sols.

– La teneur des sols en C organique : de 0,2 à 0,4 % (12 000 à 24 000 kg SOC/ha - Volume : 1 ha sur une profondeur de 40 cm [10 000 m^2 x 0,4 m = 4 000 m^3] avec une densité [à vérifier] de 1 500 kg/m^3.) (Woomer et al., 2004).

– Le couvert végétal : arbres (*Acacia*, *Balanites*) et prairies naturelles (*Pennisetum*, *Agrostis*, *Bossiaea...*).

Même si la question de l'alimentation hydrique des arbres (*Acacia*, *Balanites*) constitue un enjeu important, l'impact des SARhi sur leur croissance ne fait pas l'objet, pour l'instant, de notre réflexion sur cette composante du couvert végétal. Une réflexion sur cet axe sera menée en commun avec les partenaires microbiologistes du projet (Laboratoire d'écologie microbienne, Villeurbanne).

Dans un premier temps, le principal enjeu concerne les graminées et, plus tard, les légumineuses. Pourquoi privilégier les graminées ?

– Le premier argument concerne les données floristiques : les graminées constituent les populations végétales dominantes de la strate herbacée.

– Le deuxième argument est relatif au fait que les graminées sont décrites comme étant les espèces végétales injectant un pourcentage très élevé du carbone photo-synthétisé dans le sol par unité de biomasse aérienne, en particulier sous forme d'exsudats racinaires (Kuzyakov et Domanski, 2000).

– Le troisième argument est que la diversité de ces graminées devrait permettre de faire des comparaisons inter-espèces d'efficacité de transfert du carbone dans les sols.

Le contexte agro-sylvo-pastoral de cette zone sahélo-saharienne est caractérisé par une productivité végétale fortement limitée par la ressource en eau. Cette faible productivité végétale a pour conséquence directe que peu de carbone est injecté dans le sol, que ce soit sous forme d'exsudats racinaires ou *via* le turnover des racines. Ceci contribue à la faiblesse du taux de carbone des sols (0,2 à 0,4 % en zone sahélienne de transition, Woomer *et al.*, 2004), qui se traduit par une faible rétention d'eau, nécessaire à la croissance des plantes. Il s'agit donc d'un « cercle vicieux » qu'il faut arriver à rompre.

La question à laquelle nous voulons répondre :

Peut-on rétablir un cercle « vertueux » en agissant sur la composante végétale, et en particulier sur celle des graminées, en sélectionnant les écotypes (génotypes) injectant le plus de carbone dans le sol ?

Pour pouvoir répondre à cette question, nous avons identifié trois conditions :

1- Il faut pouvoir travailler sur la diversité des graminées adaptées au milieu étudié (inventaires des écotypes par espèce). Cette étape de la démarche doit être prise en charge par des phytosociologues.

2- Il faut pouvoir réaliser un screening reposant sur une méthode de phénotypage des écotypes/génotypes les plus performants à l'aide d'une méthode simple et intégrative des différentes composantes de l'agrosystème.

Sur une ou deux espèces dominantes (en fréquence) dans une région donnée, l'idée serait de récolter des graines sur une trentaine de plantes et de tester une trentaine de graines/plante sur le sol de référence. Outre les caractéristiques morphologiques (taille et masse des parties aériennes et racinaires) de ces centaines de plantes, il faut calculer le ratio « masse de sol adhérant aux racines (RAS)/masse de racine (RT) » (RAS/RT) pour identifier les écotypes favorisant l'activité des bactéries productrices d'EPS, se traduisant par la forte adhésion du sol aux racines. Le protocole est détaillé en annexe I.

3- Il faut pouvoir travailler sur le moyen-long terme pour suivre l'impact des écotypes/génotypes sélectionnés sur l'évolution de la teneur des sols en carbone. Une telle démarche n'ayant jamais été testée en conditions « naturelles », nous n'avons aucun recul sur le temps nécessaire pour observer une augmentation significative de cette teneur des sols en carbone. De plus, une telle démarche développée sur plusieurs sites inclus dans le projet de la GMV (Sénégal, Burkina Faso) permettrait d'évaluer la pertinence de cette démarche dans des conditions pédoclimatiques différentes (approche multilocale).

La démarche qui est proposée ici pour un système agro-sylvo-pastoral en zone sahélo-saharienne pourrait être appliquée à tout autre agrosystème dans la mesure où la ressource génétique de la plante cultivée est disponible.

Références bibliographiques

Achouak W, Christen R, Barakat M, Martel MH, Heulin T (1999) *Burkholderia caribensis* sp. nov., an exopolysaccharide-producing bacterium isolated from vertisol micro-aggregates in Martinique. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 49 : 787-94.

Achouak W, Heulin T, Villemin G, Balandreau J (1994) Root colonization by symplasmata-forming *Enterobacter agglomerans*. *FEMS Microbio. Ecol.*, 13 : 287-94.

Alami Y, Achouak W, Marol C, Heulin T
(2000a) Rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion of sunflower by an EPS-producing *Rhizobium sp.* isolated from sunflower roots.
Appl. Environ. Microbiol., 66 (8) : 3393-8.

Alami Y, Champolivier L, Merrien A, Heulin T
(2000b) Rôle de *Rhizobium* sp, rhizobactérie productrice d'exopolysaccharide, dans l'agrégation du sol rhizosphérique du tournesol : conséquences sur la croissance et la résistance de la plante à la contrainte hydrique.
Oléag Corps gras et Lipides, 6 : 524-8.

Alami Y, Heulin T, Milas M, de Baynast R, Heyraud A, Villain A
(1998) Polysaccharide, microorganism and method for obtaining same, composition containing it and application.
Brevet CNRS-ARD N° 97-1624 970212.

Amellal N, Burtin G, Bartoli F, Heulin T
(1998) Colonization of wheat rhizosphere by EPS-producing *Pantoea agglomerans* and its effect on soil aggregation.
Appl. Environ. Microbiol., 64 (10) : 3740-7.

Amellal N, Villemin G, Burtin G, Bartoli F, Heulin T
(1999) Effects of inoculation of EPS-producing *Pantoea agglomerans* on wheat rhizosphere aggregation. *Plant Soil,* 211 : 93-101.

Ashraf M, Hasnain S, Berge O, Mahmood T
(2004) Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress.
Biol. Fertil. Soils, 40 (3) : 157-62.

Bezzate S, Aymerich S, Chambert R, Czarnes S, Berge O, Heulin T
(2000) Disruption of the *Paenibacillus polymyxa* levansucrase gene impairs its ability to aggregate soil in the wheat rhizosphere.
Environ. Microbiol., 2 (3) : 333-42.

Blanchart E, Achouak W, Albrecht A, Barakat M, Bellier G, Cabidoche YM, Hartmann C, Heulin T, Larré-Larrouy C, Laurent JY, Mahieu M, Thomas F, Villemin G, Watteau F
(2000) Déterminants biologiques de l'agrégation dans les vertisols des Petites Antilles. Conséquences sur l'érodibilité.
Étude et Gestion des Sols, 7 (4) : 309-28.

Cabidoche YM, Guillaume P, Hartmann C, Ruy S, Blanchart E, Albrecht A, Mahieu M, Achouak W, Heulin T, Villemin G, Watteau F, Bellier G
(2000) Déterminants biologiques du système poral des vertisols cultivés des Petites Antilles. Conséquences sur la disponibilité de l'eau des sols pour les plantes.
Étude et Gestion des Sols, 7 (4) : 329-52.

Chenu C.
(1995) Extracellular polysaccharides: an interface between micro-organisms and soil constituents.
In : Environmental Impact of Soil Components Interactions.
Huang PM, Berthelin J, Bollag JM, McGill WB, Page AL (eds).
Boca Raton.

Gouzou L, Burtin G, Philippy R, Bartoli F, Heulin T
(1993) Effect of inoculation with *Bacillus polymyxa* on soil aggregation in the wheat rhizosphere: preliminary examination.
Geoderma, 56 : 479-91.

Hebbar KP, Gueniot B, Heyraud A, Colin-Morel P, Heulin T, Balandreau J, Rinaudo M
(1992) Characterization of exopolysaccharides produced by rhizobacteria.
Appl. Microbiol. Biotechnol., 38 : 248-53.

Henao LJ, Mazeau K
(2009) Molecular modelling studies of clay-exopolysaccharide complexes : soil aggregation and water retention phenomena.
Mat. Sci. Engin., C 29 : 2326-32.

Kaci Y, Heyraud A, Barakat M, Heulin T
(2005) Isolation and identification of EPS-producing *Rhizobium* strain from arid soil (Algeria): characterization of its EPS and effect of inoculation on wheat rhizosphere soil structure.
Res. Microbiol., 156 : 522-31.

Kuzyakov Y, Domanski G
(2000) Carbon inputs by plants into soil. Review.
J. Plant Nut. Soil Sci., 163 (4) : 421-31.

Sandhya V, Z ASK, Grover M, Redy G, Venkateswarlu B (2009) Alleviation of drought stress effects on sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing *Pseudomonas putida* strain GAP-P45. *Biol. Fertil. Soils,* 46 (1) : 17-26.

Sutherland IW (2001) Microbial polysaccharides from Gram-negative bacteria. *Int. Dairy J.,* 11 (9) : 663-74.

Vanhaverbeke C, Heyraud A, Achouak W, Heulin T (2001) Structural analysis of the exopolysaccharide from *Burkholderia caribensis* strain MWAP71. *Carbohyd. Res.,* 334 (2) : 127-33.

Woomer PL, Toure A, Sall M (2004) Carbon stocks in Senegal's Sahel transition zone. *J. Arid Environ.,* 59 (3) : 499-510.

Annexe

Sampling of Rhizosphere Soil
and Collection of Rhizosphere Soil Solution
Editor: Axel Göttlein.

ID	**13_Berge**
Author	Berge, O.; Brandelet, G.; Heulin, T. CEA/Cadarache, DSV-DEVM-LEMIR laboratoire d'Écologie Microbienne de la Rhizosphère, UMR 6191 CNRS-CEA Univ. Méditerranée, F-13108 Saint-Paul-Lez-Durance, France. oberge@cea.fr; ++33 442 257 863
Parameter	**Ratio of root-adhering soil (RAS) to root tissue (RT) dry masses (RAS/RT ratio), i.e. rhizosphere soil aggregation**
Soil type	Any
Plant species	Any
System	Microcosm or field soil
Method	**Shaking and washing of root systems**
Method description	*Rationale* It is postulated that root adhering soil is better for plant nutrient uptake and soil stability. This method to quantify root adhering-soil is especially relevant when used to compare between at least two treatments, for example inoculated vs. non-inoculated plants with an exopolysaccharide-producing bacteria. *Plant growth* For pot experiments, soil is sieved (< 2 or 4 mm) and its moisture adjusts to approximately 80 % of water-holding capacity before sowing. The soil water content of each pot is adjusted daily with water during plant growth. *Determination of RAS and RT* Plant watering is stopped 24 h before harvesting to facilitate the separation of RAS from bulk soil. Roots with adhering soil are carefully separated from bulk soil by hand gentle agitation or by mechanical shaking (Agitest, Stuart scientific during 1 min). RAS is removed from RT by washing them in water. RAS and RT dry masses are measured after 48 h at 60°C and RAS/RT ratio calculated.
Do's, don'ts, potential limitations, untested possibilities	• The RAS/RT ratio depends on the experimental conditions and variables, because it depends on many factors, mainly plant type and growth stage, soil type and moisture content, photosynthesis and harvest conditions. These factors have to be well controlled and preliminary experiments must be conducted to determine the optimal conditions to measure the ratios with the lowest variability and estimate the necessary number of replicates (usually between 10 and 30 plants). • RAS as well as physical and microbial properties could be measured together with quantification by adapted methods.

ID	13_Berge
References	*First description of the method:* Gouzou, S.; Burtin, G.; Philippy, R.; Bartoli, F.; Heulin, T. 1993. Effect of inoculation with bacillus polymyxa on soil aggregation in the wheat rhizosphere : preliminary examination. *Geoderma* 56 : 479-490. *Comparison of bacterial strain and its non-producing mutant:* Bezzate, S.; Aymerich, S.; Chambert, R.; Czarnes, S.; Berge, O.; Heulin, T. 2000. Disruption of the Paenibacillus polymyxa levansucrase gene impairs ability to aggregate soil in the wheat rhizosphere. *Environ. Microbiol.* 2(3) : 333-342. Link between rhizosphere soil aggregation and plant growth promotion: Alami, Y.; Achouak, W.; Marol, C.; Heulin, T. 2000. Rhizosphere soil aggregation and plant groth promotion of sunflowers by an exopolysaccharide-producing Rhizobium sp. Strain isolated from sunflower roots. *Appl. Environ. Microbiol.* 66 (8) : 3393-3398.
Additional information	

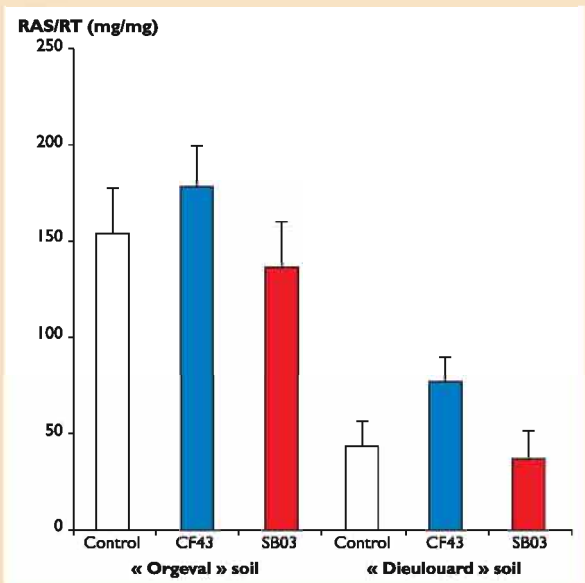


Figure 1.
Effect of wheat inoculation with P. polymyxa strains.
CF43 is wild type levan producer (EPS +) and SB03 its mutant whose sacB gene encoding levansucrase is disrupted (EPS -).
Levan is a fructosyl polymer. Pot experiment was carried out with two french cultivated soils: Orgeval soil, 6% sand, 76% silt, 15% clay, pH 6.6 and Dieulouard soil, 36% sand, 48% silt, 12% clay, pH 5.6.
Before utilisation, soil samples were airdried, sieved to 4 mm, and sterilized by gamma radiation.
RAS/RT ratios are represented by bars derived from the means of n = 14 to 24 replicates depending on treatments. Error bars show confidence intervals (P = 0.05).
(from Bezzate *et al.* 2000; with permission of Blackwell Publishing)

Inoculation des plantes cultivées avec des micro-organismes symbiotiques : du transfert de technologie à la construction d'un partenariat multi-acteurs

Marc Neyra (Irstea)
Hamet Aly Sow (Asprodeb)
Marius Dia (CNCR)
Ibrahima Ndoye, Aboubacry Kane et Diégane Diouf (Ucad)
Inamoud Yattara (Université de Bamako)
Frédérique Jankowski et Joëlle Le Marec (ENS-Lyon)
Antoine Le Quéré et Tania Wade (IRD)

Présentation du contexte

Les systèmes écologiques des zones africaines sont soumis depuis des décennies à d'importantes perturbations climatiques (effets de la sécheresse et des fortes températures) et anthropiques (surexploitation des terres, modification des pratiques culturales). Ainsi, on assiste généralement à un accroissement de l'aridité d'origine édaphique et à une modification du couvert végétal et des paysages, qui affectent la productivité des systèmes de production et les conditions de vie des populations.

L'activité agricole de la région ouest-africaine est caractérisée par une production fluctuante, souvent limitée par l'effet combiné de différents facteurs (insuffisance et irrégularité des pluies, pauvreté des sols et faibles niveaux d'intrants, salinisation des sols, parasitisme…). La fragilisation de la production végétale est l'une des conséquences prévisibles les plus dramatiques du changement climatique en Afrique de l'Ouest.

Quoique invisibles à l'œil nu, les micro-organismes, et plus particulièrement les bactéries du sol, représentent une composante essentielle de la vie sur Terre. Les très nombreuses fonctions réalisées par ces organismes leur confèrent un rôle capital dans le fonctionnement des grands cycles biogéochimiques (cycles du C, N, P etc.),

libérant les éléments nutritifs nécessaires aux plantes, formant l'humus et maintenant les propriétés physiques et chimiques des sols, les situant à la base même de la vie sur Terre. De leurs activités dépendent donc directement la qualité et la productivité du sol, support de la croissance végétale. L'effet des changements climatiques ou anthropiques sur la composante bactérienne est cependant très peu étudié du point de vue fonctionnel (conservation ou adaptation des nouvelles activités), populationnel (changements de la proportion de certains taxons ou conservation de la diversité) et réactionnel (affectation ou résilience).

Différentes pratiques culturales sont envisageables pour accroître la productivité et améliorer la production agricole et forestière, parmi lesquelles la technique d'inoculation avec des micro-organismes symbiotiques sélectionnés, en particulier :

• les rhizobiums

Ce sont des bactéries s'associant aux plantes de la famille des légumineuses en une symbiose qui se traduit par la formation d'organes particuliers au niveau des racines (parfois sur les tiges), appelés nodosités, au sein desquelles la bactérie fixe l'azote atmosphérique gazeux en une forme assimilable par la plante.

Cette symbiose aide les plantes à améliorer l'alimentation azotée surtout dans les sols des régions arides et semi-arides, et favorise la résistance aux conditions de stress. Depuis une quinzaine d'années, le développement de la biologie moléculaire a permis la description de nouvelles espèces de rhizobiums associées aux légumineuses herbacées et arbustives, spontanées et cultivées de la zone sahélienne (Ba *et al.*, 2002 ; Sylla *et al.*, 2002). L'étude de l'impact de facteurs environnementaux sur les symbioses a pu être abordée de façon plus approfondie, sur des modèles importants en agriculture et en foresterie (Krasova-Wade *et al.*, 2003 ; Diouf *et al.*, 2007 ; Diouf *et al.*, 2008 ; Fall *et al.*, 2008 ; Fall *et al.*, 2009) en particulier, le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et ses rhizobiums associés (bradyrhizobiums). C'est une légumineuse alimentaire importante dans les systèmes de cultures à base de céréales-légumineuses du Sahel (Padulosi et Ng, 1997). Les rendements observés sont de l'ordre de 300 kg à l'hectare au niveau mondial et de 50 à 550 kg à l'hectare en Afrique (Cissé et Hall, 1996) La faiblesse des rendements est due à la pauvreté des sols, en particulier en azote, et aux contraintes environnementales et au premier rang, la sécheresse. Le niébé est particulièrement adapté dans les régions à faibles pluviométries. Cependant, au Sénégal la sécheresse constitue la cause principale de l'instabilité de ses rendements et de sa faible production, car plus de 90 % des superficies cultivées en niébé sont concentrées dans le Nord et le Centre-Nord, régions les plus sèches du pays (fig. 1). Environ 93 % des superficies cultivées en niébé sont concentrées dans la région de Louga (48 %), Diourbel (25 %) et Thiès (20 %).

Ces contraintes entraînent des risques concomitants et persistants d'érosion du rendement. Depuis le milieu des années 1970, la région principale de culture du niébé est touchée par une baisse importante de la pluviométrie, marquée par des précipitations annuelles extrêmement variables en fréquence et en volume, passant en moyenne de 500-600 mm annuels avant 1970 à 300-400 mm dans les années 1980-2000 (fig. 2).

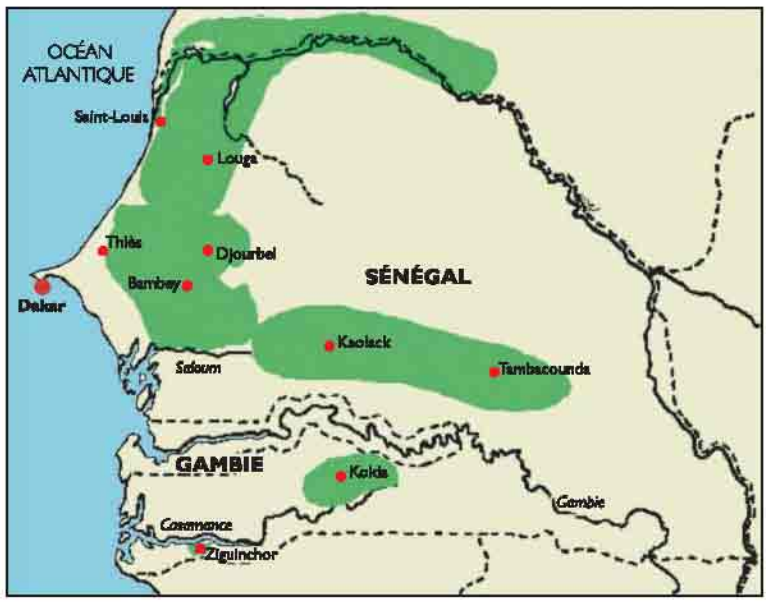


Figure 1.
Zones principales de la culture du niébé (Vigna unguiculata) au Sénégal.
(D'après Sene et al., 1971, modifié par Cisse, comm. pers.).

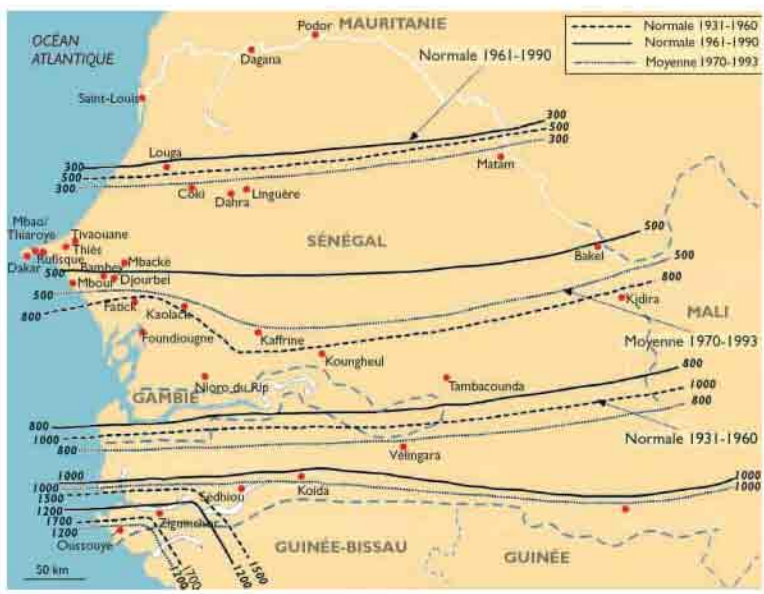


Figure 2.
Transition des isohyètes de 1931 à 1993 (Ndong, 1995).

Par contre, peu d'informations existent sur la diversité des rhizobiums du niébé et leur comportement vis-à-vis de ces changements. Ils représentent l'une des populations de bactéries parmi les plus intéressantes à considérer en regard de la vulnérabilité des sols. Des travaux récents (effectués entre 1999 et 2005) ont montré une grande diversité de bradyrhizobiums au Sénégal avec des résultats préliminaires indiquant une corrélation entre les conditions hydriques et la répartition géographique de ces bactéries (Krasova-Wade *et al.*, soumis pour publication) (fig. 3). D'un point de vue appliqué, ces informations permettront d'apporter des critères concrets pour l'orientation des démarches de sélection de souches commercialisables en vue de l'inoculation de cette légumineuse en zones arides tropicales.

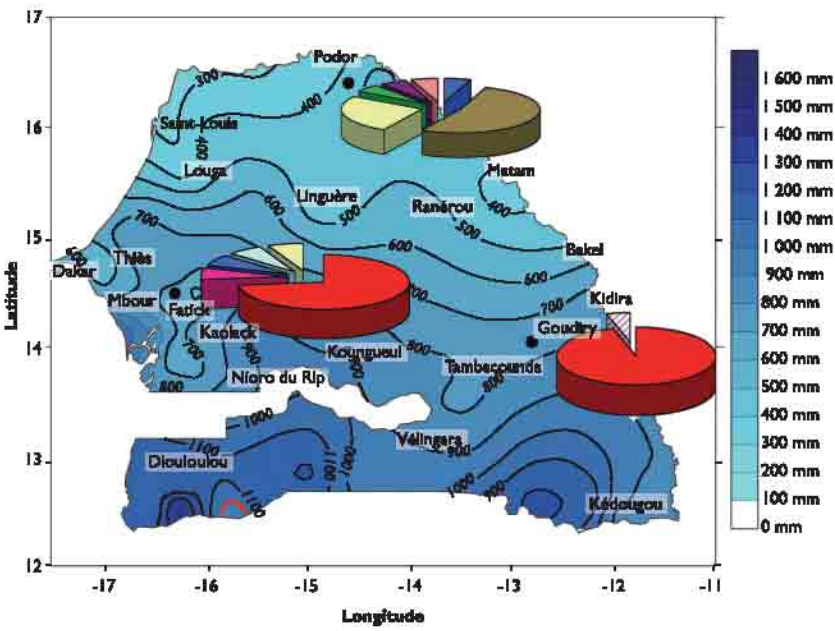


Figure 3.
Pluviométrie moyenne annuelle (source CSE)
et distribution des groupes génétiques sur trois sites en 2005.
En rouge, type I, en marron, type VI ; cercles noirs : position des sites d'étude.

• les champignons mycorhizogènes

En colonisant le système racinaire, ils forment avec la quasi-totalité des végétaux une symbiose appelée mycorhize. En explorant un plus grand volume de sol, par l'intermédiaire des filaments mycéliens du champignon, la mycorhize permet à la plante une meilleure absorption d'eau et de différents éléments nutritifs, parmi lesquels le phosphore.

Ces micro-organismes symbiotiques aident les plantes à s'approvisionner en éléments nutritifs très souvent limitants dans les sols des régions arides et semi-arides, et

favorisent la résistance aux conditions de stress (déficit pluviométrique, salinité, attaque par des parasites, notamment). Elles existent naturellement, mais leur fonctionnement n'est pas toujours optimal, notamment en zone aride à cause d'un nombre insuffisant ou d'une mauvaise efficience des micro-organismes symbiotiques présents dans le sol.

Il est possible de dépasser ces insuffisances en apportant à la plante une quantité importante de micro-organismes sélectionnés. Cette technique, appelée inoculation, est connue pour les rhizobiums depuis plus d'un siècle, et il a été montré qu'elle permet fréquemment l'amélioration à faible coût de la croissance végétale au champ. L'application d'inoculum s'effectue le plus souvent au moment du semis, par enrobage des graines ou apport sous forme liquide ou mélangé à un support. L'inoculation peut être bénéfique à de nombreux types de cultures, aussi bien annuelles que pérennes, et est maintenant utilisée en routine dans de nombreux pays (en France, par exemple, 50 % des cultures de soja et de lupin et 10 % des cultures de luzerne sont inoculées ; au Canada, 10 compagnies proposent 96 produits différents).

En améliorant la physiologie de la plante, notamment en condition de stress hydrique et nutritif, la technique d'inoculation représente une forte opportunité en zones sèches pour augmenter la production agricole et forestière, tout en améliorant la fertilité des sols par une pratique non polluante. Du fait de son faible coût et de sa relative facilité d'emploi, elle est bien adaptée à l'agriculture familiale, notamment vivrière, et peut permettre de limiter l'importation d'intrants agricoles, coûteuse en devises et en énergie. Globalement, elle s'inscrit donc parfaitement dans une perspective de développement durable, tout en répondant au souhait du Roppa (Réseau des organisations paysannes et de producteurs de l'Afrique de l'Ouest) de « promouvoir l'amélioration des conditions d'exercice des activités des familles rurales, socle des sociétés agraires dans les pays africains ». Pourtant, l'inoculation n'est pas pratiquée en zone sahélienne. Cette absence de pratique est en grande partie due à un manque de promotion et de diffusion auprès des utilisateurs potentiels.

Stratégie de l'intervention : levier retenu pour une transition vers un agroécosystème durable

Les tentatives antérieures de diffusion de l'inoculation en Afrique de l'Ouest s'étaient appuyées sur des démarches individuelles de chercheurs travaillant en lien avec des cultivateurs ou de petits groupes d'utilisateurs potentiels. Aucun de ces acteurs individuels n'avait de fait, moyens et vocation pour développer une communication de masse. La montée en puissance des organisations paysannes (OP), manifestée par la création du Roppa en juillet 2000 allait permettre une nouvelle approche, s'appuyant à la fois sur des actions de terrain très concrètes et sur une volonté de mise en réseaux.

Appropriation de la technologie par les organisations de producteurs (2004-2008)

Depuis le début des années 2000, une action concertée entre le LCM (Laboratoire commun de microbiologie IRD/Isra/Ucad du centre de recherche de Bel-Air à Dakar) et la Direction des eaux et forêts du Sénégal, avait permis l'adhésion des forestiers à cette pratique en organisant des ateliers de formation et en mettant en place des plantations d'essais et de démonstration dans les onze régions du Sénégal. S'appuyant sur cette approche structurée, une démarche de partenariat a été initiée en 2004 avec les CLCOP (Cadres locaux de concertation des organisations de producteurs) de la région de Louga (nord du Sénégal). Ce partenariat a débuté à Dakar avec la participation des présidents des CLCOP au 11e congrès de l'Association africaine pour la fixation biologique de l'azote, matérialisée par une communication orale des producteurs sur leur approche d'un transfert de technologie. Ont suivi l'organisation d'ateliers techniques au LCM, une présence commune lors de la septième Fiara (Foire internationale de l'agriculture et des ressources animales) à Dakar en 2005, et la mise en place durant l'hivernage 2005 d'essais pilotes d'inoculation de spéculations répondant à des demandes fortes des producteurs (niébé, parmi les principales espèces vivrières cultivées en Afrique de l'Ouest, et *Acacia mellifera*, espèce arbustive très demandée pour la plantation de haies vives).

C'est dans cette démarche de partenariat que le ministère français des Affaires étrangères et européennes (MAEE), a financé de 2005 à 2008 le projet « Appropriation par les organisations de producteurs d'Afrique de l'Ouest de la technologie d'inoculation avec des micro-organismes améliorant la production végétale », dans le cadre du programme Duras (« Promotion du développement durable dans les systèmes de recherche agricole du Sud »). Initié avec pour objectif principal de mettre en relation chercheurs et paysans pour le test et la diffusion de l'inoculation dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Mali, Niger et Sénégal), ce projet a associé des équipes de microbiologistes présents dans chacun des pays et les plates-formes nationales en partenariat avec le Roppa.

Tout en confirmant l'impact positif de l'inoculation sur la production de différentes spéculations (notamment le niébé), le projet « Duras Inoculation » a permis de mettre en avant que, pour renforcer la participation de la société civile, et notamment des organisations paysannes, dans la mise au point et l'application d'innovations en agriculture, il était important :

– de créer des liens directs entre chercheurs et paysans ;

– de poser les bases du partenariat avec des organisations représentatives, et pas uniquement avec des individus ;

– de répartir la responsabilité de gestion (financière et technique) entre les organisations de producteurs et les laboratoires ;

– de faire accepter par les chercheurs la perte d'une partie de leur « pouvoir » ;

– de sensibiliser les paysans aux questionnements de la recherche, pas seulement aux résultats ;

– de s'appuyer sur l'effet d'entraînement provoqué par la réussite de certains groupes ;

– d'envisager la collaboration dans la durée

Intégration de questions de recherche pluridisciplinaires

Il est apparu rapidement qu'il n'était pas possible d'analyser uniquement l'impact de l'inoculation sur la production de graines et/ou de fourrage, mais qu'il était indispensable de prendre en considération et d'étudier l'ensemble du contexte biologique, agronomique, environnemental et sociologique dans lequel on souhaitait développer cette technologie, et l'impact rétroactif de celle-ci. Les tests effectués spontanément par les femmes de producteurs partenaires au Mali pour comparer la qualité gustative des graines inoculées et non inoculées incitaient par exemple à analyser leurs qualités organoleptiques. De nouveaux financements ont ainsi permis d'élargir les bases de l'action :

– Projet Ripimsa sur l'intégration des micro-organismes dans les systèmes agricoles au Mali, Sénégal et Niger dans le contexte du changement climatique, intégrant des spécialistes des observatoires de l'environnement (2008-2010, programme FSP Ripiecsa du MAEE, coordination Université de Bamako).

– Projet MycoVigna sur la diversité des champignons mycorhizogènes associés au niébé au Bénin, Burkina Faso et Sénégal (2008-2010, programme FSP Corus du MAEE, coordination Université de Dakar).

– Projet « Introduction d'essences exotiques en milieu aride : conséquences sur la conservation des ressources microbiennes et végétales endémiques du Sahel » (2008-2010, programme Aires-Sud du MAEE, coordination Université de Dakar).

– Projet SolAO sur la vulnérabilité des sols sahéliens (2009-2012, programme ANR VMCS, coordination IRD) (fig. 4).

Tous ces projets ont été portés, à différents niveaux d'implication, par les chercheurs et les organisations de producteurs partenaires du projet Duras Inoculation. Au-delà de leurs objectifs spécifiques, ils ont permis de renforcer le partenariat initié par le projet, et une démarche pluridisciplinaire et multipartenariale plus large s'est alors progressivement mise en place, intégrant en particulier au Sénégal les conseillers agricoles de l'Ancar (Agence nationale de conseil agricole) et des chercheurs spécialistes d'autres domaines (physico-chimistes, sociologues, physiologistes, entomologistes, généticiens, nutritionnistes…).

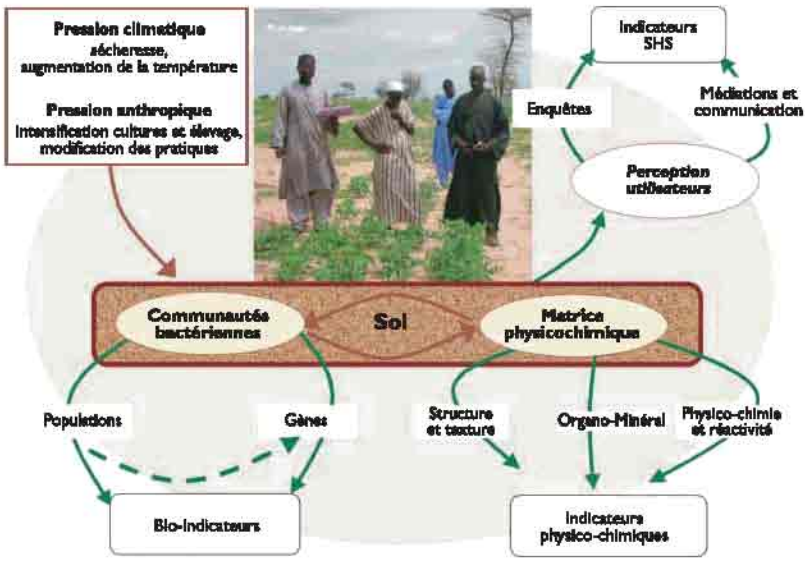


Figure 4.
Représentation schématique de l'étude interdisciplinaire sur la vulnérabilité des sols (source Neyra, projet ANR/VMCS/SolA).

Mise en place de « Sites de recherche et de démonstration » et d'ateliers annuels de restitution et de planification

L'inoculation est alors apparue comme un excellent fil rouge pour la création de Sites de recherche et de démonstration (SRD) cogérés par des membres d'organisations locales de producteurs, des chercheurs, des conseillers agricoles et des professeurs de science et vie et de la terre, avec un triple objectif :

– mener des recherches en milieu paysan ;

– assurer la diffusion de nouvelles technologies ;

– créer des sites privilégiés d'échanges et de partage de questionnements entre chercheurs, producteurs, conseillers agricoles et enseignants.

En parallèle et pour soutenir les SRD, ont été programmés au Sénégal, des ateliers annuels de restitution et de planification, avec pour objectif non seulement de faire des bilans des actions menées et planifier les suivantes, mais aussi de partager pour construire ensemble de nouvelles façons de travailler.

Transfert de la technique d'inoculation

L'impact positif de l'inoculation du niébé, pourtant réputé non réceptif, a été vérifié dans différentes localités au Burkina Faso, au Mali et au Sénégal, avec par exemple des gains de poids de gousses sèches pouvant atteindre 35 %, ou une meilleure reprise après un stress (attaque parasitaire, stress hydrique). Malgré l'intérêt indéniable suscité par ces résultats, et une demande croissante au-delà des communautés rurales partenaires, l'usage de la technique ne s'est cependant pas encore développé. Il est nécessaire maintenant d'amplifier la diffusion au niveau national et régional et surtout d'assurer la mise à disposition d'inoculums performants et contrôlés, dont le manque est l'un des freins majeurs à la diffusion. Des expérimentations sont planifiées pour la production délocalisée de champignons mycorhizogènes, réalisables dans des conditions relativement simples au niveau d'OP locales, sous réserve de la mise en place d'un service de fourniture d'inoculum « starter » et d'un système de contrôle de qualité.

Construction d'un partenariat multi-acteurs

Les bases de Sites de recherche et de démonstration ont été posées dans quatre communautés rurales du Sénégal (Dya, Darou Mousty, Ouarkhokh et Guédé). Les expériences menées sur ces SRD ont permis de progresser dans la connaissance de la diversité et de l'écologie des micro-organismes symbiotiques, et plus largement de l'environnement des zones sèches. Ainsi, la typologie des sols faite en partenariat entre chercheurs et producteurs du Sénégal a pu être comparée à l'analyse de la diversité des micro-organismes symbiotiques associés au niébé et plus largement, de l'ensemble des micro-organismes du sol (approche « métagénomique »). À partir de ces expériences successives les règles de fonctionnement des SRD sont progressivement élaborées, tant du point de vue technique (dimensionnement, protection, suivi…) que des droits, devoirs et responsabilités de chaque partenaire. Une réflexion est en cours pour la rédaction d'une charte de partenariat. Deux ateliers de restitution et de planification se sont tenus au Sénégal dans deux communautés rurales partenaires (Dya en 2010 et Darou Mousty en 2011) rassemblant chacune plusieurs dizaines de participants, représentant les différents partenaires intervenant dans l'ensemble du pays et permettant également d'affiner le mode de fonctionnement du partenariat. Une démarche très proche est en cours au Mali, et, un peu moins avancée, au Bénin. La proposition de création d'un réseau multipartenarial et pluridisciplinaire intitulé InocAO a été faite pour rassembler l'ensemble des laboratoires, organisations et réseaux de producteurs agricoles et structures de conseil agricole intéressés par cette démarche en Afrique de l'Ouest.

Impacts des interventions dans les différentes dimensions de la durabilité

L'impact de l'inoculation sur les systèmes de production n'est pas encore sensible. On peut anticiper cependant qu'il pourra être non négligeable dans les années à venir. Il devrait alors permettre de réduire de façon sensible les variations de rendement d'un certain nombre de spéculations soumis à des stress, en particulier en conditions de culture pluviale, de réduire les intrants (engrais, pesticides), et de participer à la régénération et l'enrichissement des sols ainsi qu'à la protection des ressources naturelles (réduction notamment de la pollution des nappes phréatiques).

La stratégie de partenariat avec les organisations paysannes locales et nationales privilégie l'agriculture familiale vivrière et devrait donc avoir à terme un impact sur les conditions d'existence des ménages.

La simplicité de la technique et l'impact positif souvent spectaculaire sur la croissance des plantes en font un exemple de choix pour des actions de sensibilisation et de découverte scientifique, notamment en milieu scolaire.

La création des SRD s'inscrit parfaitement dans les recommandations du colloque international « Partenariats-Innovation-Agriculture » tenu à Paris en juin 2008, dont l'une des conclusions était de proposer « des lieux de convergence entre tous les acteurs », où seraient construits des outils communs facilitant les circuits d'information, le travail amont sur les règles de propriété intellectuelle et de gestion, et qui seraient également « des réseaux d'échange régionaux, des plates-formes de communication et de regroupement des acteurs d'un même secteur, permettant de définir des objectifs communs, favorisant à la fois la mutualisation et la spécialisation autour d'outils et collectifs, et incluant des étapes d'évaluation de l'efficacité de ces actions, des « incubateurs » d'innovations, où seront discutés en amont les différents impacts des recherches et identifié les chemins de l'innovation ».

Ainsi la volonté de développer une réflexion partagée entre chercheurs, utilisateurs et conseillers agricoles pour la définition de textes réglementaires régissant la distribution et l'application des inoculums, et pour la création de structures d'approvisionnement et de contrôle de qualité devrait donner plus de poids aux solutions techniques qui seront retenues.

La participation des OP en tant que partenaires de l'ensemble de ces actions renforce leurs capacités et leur visibilité au niveau national et international. Suite au travail mené en commun, les plates-formes paysannes nationales ont ainsi été invitées à être membres des comités nationaux. De même, le réseau InocAO (et donc les OP partenaires) a souhaité être associé à la mise en place du programme SREC (Sociétés rurales, environnement et climat) évoqué par ailleurs dans cet ouvrage. Pour les chercheurs, outre le fait de contribuer au développement durable, la démarche engagée leur permet de développer une vision plus critique des recherches qu'ils conduisent.

Au-delà d'un « simple » transfert de technologie, l'inoculation apparaît donc comme une clé pour créer de nouveaux types de relations entre chercheurs et utilisateurs et, par la mise en place de partenariats de confiance et plus directs, participer au sein de la société à l'instauration d'espaces de dialogue partagé plus efficaces sur les questionnements de la recherche.

Limites de l'expérience

Transfert de la technique d'inoculation

Développer à grande échelle l'usage de la technique nécessite dès à présent la mise à disposition d'inoculums sélectionnés de qualité, pour répondre à la demande qui se dessine. Diverses possibilités sont envisagées : mise en place d'unités locales de production (possibilité de « jeunes pousses » faisant appel à des diplômés des universités partenaires), intervention de sociétés internationales spécialisées. Dans l'attente de ces choix techniques à réaliser, le coût d'application de l'inoculation reste à calculer, mais les premières estimations et l'analyse des coûts dans les pays où elle est appliquée permettent de prévoir qu'il sera largement compétitif par rapport au coût d'autres pratiques culturales.

La diffusion de la technique d'inoculation nécessitera également d'accroître et d'affiner les connaissances sur l'écologie des micro-organismes symbiotiques en zones sèches (informations importantes pour la sélection des souches microbiennes utilisables comme inoculum en fonction des conditions environnementales locales) et sur l'impact global potentiel de leur insertion dans les dispositifs de culture. Les études en cours (par exemple sur les relations diversité microbienne/caractéristiques physicochimiques/typologie paysanne des sols de culture, ou l'analyse génomique et transcriptomique des gènes d'adaptation à la sécheresse chez les rhizobiums associés au niébé) permettent d'avancer dans cette voie.

Enfin, quelles que soient les solutions retenues pour la production des inoculums, il est indispensable de définir, de façon concertée entre chercheurs et utilisateurs, des normes strictes pour régir leur distribution, à l'image des pratiques développées dans le reste du monde et en prenant en compte les spécificités ouest-africaines.

Construction d'un partenariat multi-acteurs

La bonne marche d'un partenariat entre acteurs aussi différents, dans des contextes variés, et mettant en avant le partage des questionnements de recherche comme préalable pour la diffusion des résultats de ces recherches, demande que soient bien définis les rôles respectifs. La poursuite de la réflexion pour l'élaboration d'une charte de partenariat est donc indispensable, particulièrement dans l'optique d'une structuration en réseau régional, étape indispensable pour donner au processus toute son ampleur.

La durabilité d'un tel partenariat entre chercheurs et producteurs dépend également du maintien d'un équilibre fragile entre la nécessité de contacts directs – porteurs de confiance réciproque – et d'une implication institutionnelle, nécessaire à la durabilité. La structuration des organisations de producteurs est pyramidale mais non hiérarchisée, et il n'existe pas de lien de dépendance directe entre les OP à la base et les plates-formes nationales (ce qui participe sans doute au dynamisme actuel du mouvement paysan en Afrique). Il est donc particulièrement important que les chercheurs apprennent à connaître cette structuration (qui, de plus, est variable selon les pays), d'autant plus qu'elle a pour conséquence une différence sensible dans le mode d'intervention : les OP locales sont plus impliquées dans la cogestion des SRD, alors que les actions de diffusion et de visibilité internationale sont plutôt du ressort des plates-formes nationales et du Roppa. L'articulation entre les différentes échelles d'action et la prise en compte de la dimension multi-niveaux de la gouvernance apparaissent donc cruciales.

Conclusion

Les bactéries symbiotiques du groupe de bradyrhizobiums natifs des sols de l'Afrique de l'Ouest représentent de bons modèles, à la fois pour comprendre les mécanismes adaptatifs à la sécheresse et pour cerner de façon plus fine le comportement de populations ciblées en réponse aux modifications des conditions environnementales. Ces changements ne peuvent être élucidés qu'avec une implication des savoirs et expertises locaux et une ouverture vers d'autres disciplines scientifiques.

Le LCM a initié à partir de 2005 le développement d'un partenariat entre laboratoires de recherche, organisations paysannes et structures de conseil agricole pour la diffusion et la sensibilisation sur l'importance et l'utilité des bactéries symbiotiques. D'une manière générale, ces actions ont permis de créer des liens directs et de confiance entre chercheurs et paysans, de penser les partenariats avec des organisations représentatives et pas seulement avec des individus, de sensibiliser les paysans aux questionnements de la recherche et pas uniquement aux résultats, et d'envisager la collaboration dans la durée (Sow et Neyra, 2008). Ce dialogue franc entre la recherche et les acteurs locaux donne actuellement l'ouverture à d'autres disciplines et permet d'aborder les travaux de recherche à travers les regards croisés de microbiologistes, climatologues, physico-chimistes du sol, sociologues, afin d'élaborer et valider des indicateurs dynamiques qui permettront d'observer et d'anticiper le comportement du sol pour une amélioration de la productivité agricole dans le respect de l'environnement et d'une agriculture durable.

D'autre part, les questions concernant le réchauffement climatique prennent généralement peu en considération une autre échelle : celle de la microbiologie. Or, les très nombreuses fonctions réalisées par les micro-organismes du sol leur confèrent un rôle capital dans le fonctionnement des grands cycles biogéochimiques. De leurs

activités dépendent donc directement la qualité et la productivité du sol, support de la croissance végétale. L'effet des changements climatiques ou anthropiques sur la composante bactérienne est cependant très peu étudié.

Très souvent, un lien direct est énoncé entre le taux de précipitation et le rendement agricole. La diminution de la pluviométrie accompagnant le réchauffement climatique, engendrerait une diminution du rendement agricole avec des conséquences dramatiques sur la sécurité alimentaire. Or, il est essentiel de considérer la proportion des types de sols existant dans chacune des zones pour réellement définir la vulnérabilité des terres aux fluctuations de précipitations. Cela semble important, notamment, dans le cadre de la définition d'indicateurs microbiologiques potentiels de la qualité des sols agraires.

Références

Ba, S., A. Willems, P. de Lajudie, P. Roche, H. Jeder, P. Quatrini, M. Neyra, J. C. Promé, M. Gillis, C. Boivin-Masson, and J. Lorquin
2002. Symbiotic and taxonomic diversity of rhizobia isolated from *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* in Africa.
System. Appl. Microbiol. 25 : 130-145.

Borcard, D., et A. Buttler
2001. Ecologie numérique. 250 p. Université de Monréal et Université de Franche-Comté.

Cissé, N., S. Thiaw, M. Ndiaye, et A. E. Hall
1996. Guide de production de niébé. Fiches techniques, ISRA, 6 (2) : 1-12.

Diouf D., R. Samba-Mbaye, D. Lesueur, A.T. Ba, B. Dreyfus, P. de Lajudie, and M. Neyra
2007. Genetic diversity of *Acacia seyal* Del. rhizobial populations indigenous to Senegalese soils in relation to salinity and pH of the sampling sites.
Microbial Ecol. 54 : 553-566.

Diouf D., I. Ndoye, D. Fall, A. Kane, A. T. Ba, and M. Neyra
2008. Caractérisation phénotypique et symbiotique de souches de *Mesorhizobium* spp. nodulant *Acacia seyal* Del.
Journal des Sciences et Technologies, 7 : 1-10.

Fall, D., D. Diouf, M. Ourarhi, A. Faye, H. Abdelmounen, M. Neyra, S. Sylla, and M. Missbah El Idrissi
2008. Phenotipic and genotypic characteristics of *Acacia senegal* (L). willd root-nodulating bacteria isolated from soils in the dryland part of Senegal. *Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology*, 47 : 85-97.

Fall, D., D. Diouf, M. Neyra, O. Diouf, and N. Diallo
2009. Physiological and biochemical responses of *Acacias seyal* (Del.) seedlings under salt Stress conditions.
Journal of Plant Nutrition, 32 : 1122–1136.

Krasova-Wade, T., I. N. N'Doye, S. Braconnier, B. Sarr, P. de Lajudie, and M. Neyra
2003. Diversity of indigeneous bradyrhizobia associated with three cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) grow under limited and favorable water conditions in Senegal (West Africa).
Afr. J. Biotech. 2 (1) : 13-22

Krasova-Wade T. and M. Neyra
2007. Optimization of DNA isolation from legume nodules.
Letters in Applied Microbiology, 45 : 95-99.

Ndong J.-B
1995. L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement / The evolution of rainfall in Senegal and the consequences of the recent drought on the environment. *In* : Revue de géographie de Lyon. Vol. 70 n° 3- 4. Sahel, la grande secheresse. pp. 193-198.

Padulosi, S. and N. Q. Ng
1997. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp., p. 337-340. *In* B. B. Singh, D. R. Mohan, K. E. Dashiell, and L. E. N. Jackai (ed.), Advances in cowpea research. Nigeria, Japan.

Sene, D., P. Laurent, and S. M. Ndiaye
1971. Les variétés de niébé actuellement conseillées au Sénégal. *Les cahiers d'Agriculture Pratique des Pays chauds*, 2 : 1-18.

Sow H. A and M. Neyra
2008. Paysans et chercheurs ensemble pour l'intégration des microorganismes dans le système agricole ouest-africain. *AGRIDAPE*, 24 : 20-22

Sylla, S. N, R. T Samba, M. Neyra, I. Ndoye, E. Giraud, A. Willems, P. de Lajudie, and B. Dreyfus
2002. Phenotypic and genotypic diversity of rhizobia nodulating *Pterocarpus erinaceus* and *P. lucens* in Senegal. *System. Appl. Microbiol.* 25 : 572-583.

Willems, A., R. Coopman, and M. Gillis
2001. Comparison of sequence analysis of 16S-23S rDNA spacer regions, AFLP analysis and DNA-DNA hybridations in *Bradyrhizobium*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 51 : 623-632.

Remerciements

Les auteurs et l'ensemble du personnel du Laboratoire commun de microbiologie remercient les présidents et les producteurs représentants des organisations paysannes et les agents d'encadrement rural de l'Ancar des CLCOPs de Guédé, Ouarkhokh, Darou Mousty et Dya pour les efforts consentis, leur engagement et leur disponibilité. Ces études ont bénéficié de l'aide financière des programmes Duras-Inoculation, Corus-MycoVigna, Ripiecsa-Ripimsa, Aires Sud et ANR/VMCS SolAO. Nous sommes reconnaissants à l'ensemble de nos collègues pour leur esprit de partenariat exemplaire.

Partie V

Développement des communautés locales et gouvernance des ressources naturelles

Analyse de quelques expériences de gestion locale des ressources naturelles communes au Sahel

Bernard Bonnet
Chargé de programme
+33 (0)4 99 23 24 66 - b.bonnet@iram-fr.org
Institut de Recherches et d'Applications des Méthodes de développement
[Paris]: +33 (0)1 44 08 67 67 - [Montpellier]: +33 (0)4 99 23 24 67 -
www.iram-fr.org <http://www.iram-fr.org>

Enjeux de gestion durable des ressources communes sahéliennes

Des dynamiques de dégradation des ressources communes sous l'effet combiné de la pression d'exploitation croissante, de l'affaiblissement de la gestion coutumière et des insuffisances de la gestion par l'État : enrayer des pratiques d'exploitation prédatrice et minière, sans souci de reconstitution des capacités et des productions du milieu naturel, tel est l'enjeu de gestion durable des ressources communes des régions sahéliennes déjà bien mis en évidence dans des travaux de capitalisation à la fin des années 1980 (Bosc *et al.*, 1992). Dans les zones considérées par le projet de Grande Muraille Verte, cette problématique est encore plus complexe qu'ailleurs. Elle doit en effet intégrer la superposition des usages des ressources naturelles imposée par un climat aride ou semi-aride où doivent se combiner pratiques d'agriculture pluviale ou de décrue, productions des ligneux (bois, fruits, feuillage et gomme), accès aux points d'eau et au pâturage. Le cadre juridique définissant les règles d'exploitation des ressources communes, construit sur la base d'une politique de gestion étatique centralisée, a longtemps induit également une déresponsabilisation des usagers dans la gestion, accentuant de fait les pratiques de gestion non durable et non équitable des ressources naturelles.

Après cette impossible gestion par l'État qui n'a pas su enrayer cette « tragédie des communs », le réflexe est souvent de penser à la privatisation des espaces qui

permettrait une meilleure responsabilisation des usagers. Mais la multiplicité des usages rend le processus d'individualisation des terres complexe et inadapté dès qu'il s'agit de la gestion de ressources communes. Cette complexité se double d'une pression croissante sur les ressources qui induit des conflits de plus en plus fréquents entre usagers. Ce diagnostic de dégradation de la gestion des ressources communes a mobilisé différentes expériences de gestion concertée des ressources qu'il est utile de rappeler dans leur diversité, de manière à en dégager des enseignements utiles pour les intégrer pleinement aux orientations opérationnelles et concrètes du projet de GMV. Un travail récent réalisé par le ministère des Affaires étrangères et européennes vient de capitaliser un grand nombre d'expériences qui ont tenté au cours des quinze dernières années d'améliorer la durabilité des systèmes de production durables en zones sèches (Deygout *et al.*, 2012). Cette capitalisation a mobilisé de nombreux intervenants des zones sahéliennes et fourni une base intéressante qui rend compte particulièrement des enseignements à tirer dans le domaine de la gestion des ressources communes en zone sahélienne.

Origines et trajectoires des interventions de gestion des ressources naturelles communes au Sahel

En face de cette diversité des problématiques de dégradation des ressources naturelles, c'est une diversité d'initiatives d'appui à la gestion durable des ressources naturelles qui a été développée. Depuis les années 1984, beaucoup d'expériences visant à renforcer les capacités locales de gestion des ressources naturelles ont été mises en œuvre au Sahel et ont largement inspiré les politiques nationales et internationales de lutte contre la désertification et de gestion des ressources naturelles communes (Rochette, 1989).

Sans se lancer dans une véritable typologie des approches de gestion des ressources naturelles communes au Sahel au cours des trente dernières années, nous proposons ici de passer en revue quatre grands types d'expérience illustrant les évolutions des approches d'appui à la gestion des ressources naturelles : (i) a gestion des terroirs villageois, (ii) la sécurisation foncière des ressources naturelles, (iii) la décentralisation de la gestion des ressources naturelles et (iv) le renforcement de la gestion locale des ressources communes.

Les expériences d'appui à la gestion des terroirs

En premier lieu, ce sont les approches gestion des terroirs qui ont marqué le paysage des interventions entre la fin des années 1980 et la fin des années 1990 au Sahel. Elles se sont généralisées dans plusieurs pays comme le Burkina Faso, le Niger, le Mali et le Sénégal. Plusieurs facteurs ont ensuite conduit à leur évolution progressive. Ces approches GTV ont largement convaincu par leur capacité à impliquer les populations dans la gestion de leurs ressources naturelles, sans qu'on soit toujours en mesure d'en évaluer les impacts à court terme au plan écologique, social, économique et institutionnel. Pourtant les travaux réalisés dans le cadre de l'évaluation des impacts des actions de gestion des ressources naturelles en 2005 montrent des évolutions remarquables vers une gestion plus durable des ressources naturelles.

Ce n'est finalement qu'une vingtaine d'années après la mise en œuvre de ces interventions que les impacts environnementaux de la gestion des terroirs conduite de 1984 à 1995 au Sahel ont été observés. La régénération du couvert végétal est qualifiée par certains de « reverdissement du Sahel » (E. Botoni, C. Reij, 2011). Les travaux menés sur le terrain au Niger montrent une dynamique intéressante de changements des pratiques paysannes : intégration des ligneux dans les cultures, extension des mesures de gestion des eaux à la parcelle et fertilisation locale plus systématique. Ces observations faites dans les terroirs se combinent aux données satellitaires qui constatent également ce « reverdissement » à l'échelle d'une grande partie de la bande sahélienne (Hermann *et al.*, 2005).

Les travaux de Doka et Luxereau (2004) montrent que ces évolutions traduisent en réalité de nouveaux enjeux et notamment une évolution des droits et des usages des ressources naturelles dans les terroirs. Les réintroductions ou les protections de plantes sont tout à fait diversifiées selon les villages, c'est-à-dire selon le niveau de la ressource, l'existence de ressources de remplacement, la diffusion des savoirs et les possibilités de valorisation économique. Les champs deviennent des espaces où une grande sélection est opérée en fonction de stratégies à court ou moyen terme (par exemple, la conservation d'aliments de soudure), ainsi que de la cohabitation du mil avec des espèces économiquement intéressantes. Les ressources spontanées en accès libre dans les espaces ouverts deviennent également des enjeux commerciaux d'autant que la spécialisation des écosystèmes a entraîné la quasi-disparition localisée de certaines d'entre elles.

D'une manière générale, plusieurs cas le montrent bien, les populations ont « repris », « adopté » incontestablement des techniques que les projets ont voulu vulgariser. Elles ont fait leur choix dans l'éventail proposé, reprenant ce qui leur convenait et qui correspondait directement à leurs capacités techniques et financières. Souvent de nombreux facteurs externes ont induit des dynamiques d'appropriation plus intenses : pression démographique, retour d'exode, retour des pluies…

De telles dynamiques de transformations des paysages et des pratiques paysannes perceptibles bien longtemps après la fin des interventions, demeurent très mal

connues et peu étudiées, n'eut-ce été ce genre d'étude rétrospective résultant d'un partenariat international, scientifique et financier – le Comité inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS), l'université libre d'Amsterdam, le International Resources Group et le United States Geological Survey Center for EROS et divers bailleurs de fonds (Coopération suisse, USAID, Coopération néerlandaise et GTZ).

Toujours dans la préoccupation de valoriser les enseignements de l'expérience, on citera l'évaluation récente des expériences anciennes des marchés ruraux de bois au Niger. Ces derniers contrairement à ce que peut laisser penser une telle appellation ont été imaginés en 1988-1989 dans le cadre de l'approche gestion des terroirs. Cette expérience relatée par Gautier *et al.* (2012) s'intéressent à la gestion des forêts naturelles en zone sahélienne en mettant en perspective les expériences nigériennes et maliennes. Elle est particulièrement intéressante du fait du recul historique qu'elle permet d'intégrer. La grande différence entre les deux pays reste qu'au Niger, l'État a fait le pari de laisser aux structures locales de gestion toute latitude pour faire les prélèvements fiscaux et les a autorisées à en conserver une part significative (de 30 à 50 %) pour encourager les ruraux à s'approprier leurs espaces forestiers. Au Mali, la loi n'a pas permis cette avancée et induit une moins bonne appropriation de la gestion. La grande innovation introduite par le modèle « marchés ruraux de bois » du Niger a été de remettre les populations locales au cœur de la gouvernance des ressources de leur territoire villageois, dans une approche à la fois économique de lutte contre la pauvreté et sylvicole pour planifier et organiser l'exploitation ligneuse.

Les expériences basées sur la sécurisation foncière

Dans le prolongement des expériences de gestion des terroirs, certaines approches ont privilégié un travail plus spécifique sur la sécurisation du foncier des ressources naturelles. La dimension environnementale n'apparaît plus spécifiquement même si l'approche de financement des initiatives de développement local soutient par ailleurs des micro-projets qui peuvent y contribuer (plantations, travaux de conservation des eaux et des sols). La gestion des ressources naturelles communes est quant à elle prise en compte par une entrée spécifiquement foncière, à travers différentes expériences visant à mettre sur pied des outils et des démarches de sécurisation des droits par leur enregistrement dans le cadre de plans fonciers ruraux (Côte d'Ivoire, Burkina Faso et Bénin).

En matière foncière face à une telle problématique de gestion durable des ressources naturelles, les défis explicités sont de trois ordres (Comité technique « Foncier et développement », 2009).

Il s'agit de sortir du dualisme entre gestion communautaire et domanialité, en permettant à l'ensemble des citoyens de voir leurs droits reconnus et protégés. C'est là un enjeu majeur pour la promotion d'un développement durable des territoires. Ce dualisme réside dans la cohabitation de deux régimes différents de gestion du foncier, d'un côté le droit positif et de l'autre le droit traditionnel :

d'un côté, des conceptions locales et légitimées d'appropriation de la terre, basées sur une gestion collective : la terre n'appartient pas à un individu, mais est l'objet de différents niveaux de droits gérés par plusieurs personnes ou groupes, qui sont indexés à la place qu'occupent le ou les ayants droit dans la collectivité ;

et de l'autre, des conceptions nationales et légales héritées de la période coloniale, fondées sur la domanialité et sur une appropriation individuelle et exclusive de la terre et de ses ressources, qui nient l'existence de droits locaux : la propriété est garantie par l'État à partir de la procédure longue et coûteuse de l'immatriculation, qui reste hors de portée de la majorité des populations.

Il s'agit aussi de réussir à sécuriser la gestion paysanne face à l'appropriation massive et inéquitable des ressources. Face aux tentations croissantes d'une exploitation produisant des bénéfices à court terme, le cadre foncier devient aussi particulièrement important dans l'actualité de ces dernières années pour sécuriser des pratiques paysannes inscrites dans la gestion à long terme du sol et des ressources qu'il porte.

Enfin, le défi est aussi de favoriser la mise en place d'instances locales décentralisées de gestion du foncier. Un autre enjeu essentiel réside également dans la nécessaire mise en place d'organes de gouvernance décentralisée, jouant le rôle de relais des cadres de politiques et associant pleinement les acteurs locaux dans le contrôle de la gestion durable et équitable du foncier dans ses différentes dimensions. De ce point de vue, la mise en œuvre des politiques de décentralisation peut constituer un atout.

Les expériences basées sur les plans fonciers ruraux

Face à la pression croissante sur les ressources et au vu des insuffisances des cadres juridiques nationaux, la dimension foncière a été prise en compte depuis les années 1980 dans les différentes approches de gestion des ressources naturelles. On doit rappeler que ce fut d'abord la gestion des terroirs villageois qui a constitué une première innovation en montrant l'utilité d'une plus grande responsabilité des usagers dans la gestion des ressources naturelles à l'échelle villageoise. Au Burkina, par exemple la RAF (Réforme agraire et foncière) ira jusqu'à institutionnaliser les CVGT (Comité villageois de gestion des terroirs).

Ensuite, dans les années 1990, plusieurs grands types de démarches ont été conduits en parallèles : la mise au point de réformes des dispositifs juridiques nationaux (Code rural au Niger, par exemple), le développement des expériences de Plans fonciers ruraux (Côte d'Ivoire, Bénin, Burkina Faso, Madagascar), l'appui à la gestion locale par l'élaboration de conventions locales de gestion des ressources communes. Plus récemment, le regain des politiques de décentralisation fait que la gestion du foncier communal se fait jour et différentes expériences intègrent la commune de manière plus ou moins centrale dans la gestion foncière.

Les premières expériences des PFR, Plans fonciers ruraux soutenus par l'AFD, ont visé la clarification des droits fonciers coutumiers, tels qu'ils sont perçus et vécus par les populations locales, en Côte d'Ivoire, au Bénin et au Burkina Faso. On recherchait la validation juridique de ces droits à partir des consensus sociaux, explicités à travers des opérations de publicité foncière. Mais, au vu des pratiques de mise en œuvre observées, les PFR se sont parfois réduits à des opérations de cadastre rural simplifié (Ouédraogo, 2005). De manière plus spécifique, les PFR présentaient des limites importantes au vu des particularités des zones sèches qui nous intéressent.

Les enseignements tirés de l'expérience des PFR sont mis en évidence par Ouédraogo (2005) dans une étude comparative de la mise en œuvre des Plans fonciers ruraux en Afrique de l'Ouest : Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire. De manière générale, le PFR a été utilisé comme outil d'identification des droits fonciers sur des terres agricoles. Les exemples du Bénin et de la Côte d'Ivoire, et pour l'essentiel du Burkina, concernent la sécurisation de parcelles agricoles individuelles ou familiales. Le PFR semble correspondre aux attentes des populations dans les zones où le processus d'individualisation des terres est très poussé (cas du Sud-Bénin)…

Par contre, la capacité des PFR à intervenir efficacement dans un contexte pastoral est largement questionnée dans cette étude. En zone sahélienne, les espaces pastoraux sont des espaces particulièrement diversifiés. Il s'agit tantôt d'espaces affectés exclusivement aux activités pastorales (l'agriculture y est alors interdite), et tantôt d'espaces à utilisations multiples (l'agriculture et l'élevage sont pratiqués, sur la base de la négociation de conventions relatives aux périodes et modalités d'accès aux ressources pastorales). Au Sahel, les espaces pastoraux n'appartiennent en propre ni à un individu, ni à un lignage déterminé. Ce sont des ressources communes, accessibles par tous. La mise en œuvre d'une opération PFR présenterait le risque d'obliger les acteurs à déterminer le titulaire des pâturages et à induire de manière indirecte une privatisation d'espaces de ressources communes, incompatible avec leur gestion équitable et durable.

Le second risque attribué à l'approche PFR est le cloisonnement d'espaces qui jusque-là étaient d'utilisations multiples. Enfin, les espaces pastoraux sont les premières victimes des pratiques d'occupation préventives des « espaces non exploités » induites par les PFR : non seulement les pâturages sont défrichés et annexés aux exploitations agricoles, mais les pasteurs sont l'objet de pressions et menaces visant à les empêcher de revendiquer quelque droit foncier que ce soit.

L'outil PFR n'est à l'évidence pas le moyen le plus approprié pour sécuriser les droits fonciers pastoraux. Ceci ne conduit pas cependant à disqualifier le PFR comme mode de sécurisation foncière dans un terroir agropastoral : il faut que l'outil PFR soit combiné avec d'autres approches complémentaires de sécurisation foncière telles que les conventions locales.

Outre ces risques soulignés par Ouédraogo (2005), un certain nombre de limites ont conduit à l'abandon des PFR. Ces expériences étaient essentiellement axées sur la régularisation de la tenure foncière par l'enregistrement des droits et la délivrance de titres de propriété (Comité technique « foncier et développement », 2008).

Tant en milieu rural qu'urbain, la « titrisation » a souvent été considérée comme nécessaire pour assurer la sécurité de l'occupation et la protection contre les évictions, favoriser les investissements en permettant l'accès au crédit et stimuler le marché foncier et faciliter le transfert des terres et terrains aux acteurs les plus productifs. Les expériences conduites dans les années 1990 à 2000, malgré un appui important des institutions financières internationales, ont montré qu'en définitive peu de programmes de titrisation ont pu être menés à leur terme. L'accès à la sécurité foncière par l'attribution massive de titres de propriété individuels est apparu rarement possible et pas toujours souhaitable pour des raisons techniques et administratives, économiques et culturelles. D'une manière générale, la pertinence et l'impact de la titrisation sur la réduction de la pauvreté sont aujourd'hui remis en question.

L'appui à l'amélioration des politiques foncières

Le développement de politiques foncières pour faire face aux défis de la diversité, de la rareté et de la durabilité : alors que pendant longtemps, la question des politiques foncières était absente des préoccupations des États comme de leurs partenaires, depuis le milieu des années 1990, de nombreux pays se sont engagés dans des réformes ambitieuses qui associent reconnaissance juridique des droits locaux et dispositifs de gestion locale de ces droits. Elles se traduisent par des démarches progressives couplant expérimentations de terrain et évolution du cadre juridique et institutionnel.

L'accélération récente des processus d'appropriation et de concentration des terres cultivables par de grandes entreprises dans de nombreux pays du Sud a contribué aussi à remettre la question de la sécurisation des droits au cœur des politiques de développement.

La construction de politiques, l'évolution des cadres juridiques et institutionnels sont considérées comme une réponse pérenne à ce phénomène en matérialisant les arbitrages faits sur la terre. Plusieurs évolutions sont à noter à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, au Burkina Faso, au Niger, au Sénégal et à Madagascar (Chevrillon *et al.*, 2011).

La priorité est donnée à l'intégration des usages, en particulier par la lutte contre les évictions, en voulant répondre à la diversité des situations locales, en offrant un large éventail d'options en matière de tenure foncière. L'accent est mis sur la reconnaissance des droits des occupants quel que soit leur statut foncier légal, sur l'association à la décision de l'ensemble des acteurs, y compris les acteurs informels et les organisations communautaires de base, et sur la décentralisation des responsabilités en matière de gestion et d'administration foncière.

Ces objectifs rendent compte d'une conception nouvelle qui privilégie la consolidation des droits fonciers « par le bas » (c'est l'usage et les régulations foncières locales qui donnent accès aux droits fonciers formels et en protègent la jouissance) plutôt que leur création ou leur consolidation « par le haut » (l'attribution de la propriété par l'État, indépendamment des droits locaux).

Les axes prioritaires d'intervention mis en évidence dans le livre blanc foncier et développement sont mis en évidence par le Comité technique « Foncier et développement » (2008) :

– assurer la sécurité de la tenure foncière et la protection contre les évictions ;

– garantir un accès équitable à la terre, pour/et proposer une large gamme d'options juridiques, répondant à la diversité des situations nationales et locales ;

– promouvoir des choix en matière de gouvernance et d'administration foncière assurant équité et fiabilité dans la conduite des politiques foncières, en tenant compte de la diversité des types de droits rencontrés dans les espaces urbains et ruraux ;

– renforcer les mécanismes d'arbitrage des conflits à tous les niveaux ;

– concevoir des outils de planification spatiale adaptés aux nouveaux défis ;

mettre en place des systèmes d'enregistrement des droits et des actes non exclusifs, adaptés aux situations rencontrées localement et compatibles les uns avec les autres ;

– enfin, réformer la fiscalité foncière/mettre en place une fiscalité sur le foncier bâti et non bâti, condition pour améliorer les ressources financières des collectivités locales, et moyen important de consolidation des droits fonciers et d'optimisation de l'utilisation des sols et des ressources.

Dans cette voie, la coopération française, à travers l'AFD et le MAEE, a accompagné les réformes foncières de nombreux pays africains, notamment en zone sèche. Ces interventions ne traitent pas de la seule question foncière, mais l'associent la plupart du temps à des objectifs d'aménagement du territoire, de développement économique et agricole, et de gestion des ressources naturelles.

Les limites de ces approches d'amélioration des politiques foncières : les expériences analysées dans l'étude de cas ne sont pas dénuées de limites qui doivent être considérées dans les nouvelles interventions. Ces limites ont particulièrement trait à la mise en œuvre effective des textes par les acteurs institutionnels sur le terrain. Ainsi, au Niger, le dispositif du Code rural qui présente un intérêt réel pour la sécurisation foncière des zones sèches n'est pas encore totalement mis en pratique par les acteurs institutionnels ; c'est la pression de la société civile qui, par ses interventions, permet de renforcer son application effective. Les différentes instances fonctionnent encore principalement avec l'appui des projets et la question du financement extérieur est aussi une des limites sérieuses au fonctionnement et à la durabilité d'un tel dispositif innovant.

La décentralisation de la gestion des ressources communes : l'entrée communale

La décentralisation de la gestion du foncier : au Niger, la démarche du Code rural a débuté dans les années 1990, et a intégré la décentralisation administrative de

2004, faisant de l'échelon communal un des échelons clés de la gestion foncière et territoriale. À Madagascar et au Bénin, les réformes foncières ont été préparées en même temps que la décentralisation et c'est aux collectivités locales qu'est confiée la responsabilité de créer un dispositif pour gérer les certificats fonciers, au sein de Guichets fonciers spécifiques à Madagascar, au sein des services communaux des Affaires domaniales, foncières et environnementales au Bénin. L'accent mis sur la responsabilisation foncière des collectivités locales ne doit cependant pas mettre de côté certaines réalités qui limitent encore fortement l'action des communes dans la gestion du foncier rural des zones sèches.

Dans la pratique, même si elle est prévue dans la plupart des lois de décentralisation, la gestion du foncier est très rarement transférée (le Sénégal et Madagascar sont de rares exceptions) : à défaut de bénéficier effectivement du transfert de la responsabilité foncière, les collectivités sont associées aux négociations foncières (Burkina Faso, Niger). Dans la réalité, la gestion des terres est encore largement assurée à l'échelle des cantons, des villages et des communautés d'usagers. Les communes représentent un nouvel acteur qui peut être perçu comme un nouveau lieu de « centralisation » potentielle de la gestion foncière. Le territoire communal ne correspond pas forcément aux espaces pertinents du point de vue des ressources naturelles ou des pouvoirs locaux. La commune est une instance politique qui n'exclut pas non plus les risques d'une politisation accrue du foncier. Enfin, notons que dans les zones sèches, en particulier sahéliennes et sahariennes, les collectivités locales de base sont souvent très largement dépourvues des moyens essentiels qui leur permettraient d'assurer la base de l'administration communale. Ceci explique sans doute que les planifications communales qui constituent un des outils clefs de la gestion communale prennent en général très peu en considération les questions foncières et plus généralement les enjeux de gestion durable des ressources naturelles.

Des démarches de gestion concertée de l'espace et du foncier pastoral ont été développées en tenant compte de ces réalités, articulant planification communale et intercommunale, élaboration de principes stratégiques pour l'aménagement et la gestion, intégrant élus communaux, structures du Code rural et représentants socio-professionnels concernés (leaders des éleveurs transhumants et représentants des agriculteurs).

Au Niger par exemple, l'intégration des communes et des structures du Code rural dans l'aménagement des espaces et la sécurisation des ressources pastorales est une expérience d'initiative intéressante capitalisée. La démarche développée par le PSSP (Projet de sécurisation des systèmes pastoraux) a accordé beaucoup d'attention à la définition concertée, de principes communs de choix d'implantation des puits pastoraux, de gestion des ouvrages publics garantissant un accès plus équitable aux éleveurs transhumants. Les principes débattus publiquement entre les acteurs, l'ont été en étroite relation avec les textes existants : Code rural, Ordonnance sur le pastoralisme, Code de l'eau, textes sur la Décentralisation. Sur la base de la stratégie validée par les acteurs régionaux, la négociation des accords sociaux a été accompagnée patiemment, site par site, en s'assurant de l'inclusion des groupes transhumants.

Il en a été de même pour la sécurisation des espaces, couloirs, aires de pâturage, pour laquelle un apprentissage essentiel a été initié avec les CoFoDéps (Commissions foncières départementales) les amenant à jouer leur rôle dans la concertation avec les véritables leaders des transhumants, avec les élus et les autorités coutumières. Suite à cela elles ont accompagné pas à pas, c'est le cas de le dire, la délimitation concertée des couloirs et aires de pâturage, affrontant des situations tendues, amenant jusqu'à dégager des champs implantés au beau milieu des espaces pastoraux dans des zones agricoles de forte densité.

On comprendra aisément que cet apprentissage pragmatique et opérationnel de la gestion sociale et concertée des ressources pastorales par les acteurs de 41 communes (sur les 55) réparties sur 5 départements est producteur d'effets importants en termes de renforcement des capacités surtout partant d'une situation initiale caractérisée par des communes fraîchement installées (en juillet 2004) et des CoFoDéps disposant la plupart du temps de moyens trop limités pour exercer leurs mandats et responsabilités. Ces effets sont largement mis en exergue par les acteurs concernés eux-mêmes.

En définitive, dans les zones sèches, les collectivités locales pourraient bien constituer à terme un échelon intéressant, mais non exclusif, pouvant coupler proximité et service public, et construire cette conciliation du légal et du légitime qui est un enjeu clé des réformes foncières. Les collectivités locales doivent donc encore être largement renforcées avant de pouvoir remplir de telles fonctions et être dotées de la capacité juridique, réunissant des élus et pourvues de leurs propres services techniques.

Gestion locale du foncier et des ressources naturelles : conventions locales et chartes

Parallèlement aux approches développées dans l'élaboration des politiques foncières, différentes expériences accompagnent une plus grande responsabilisation des acteurs locaux dans la gestion du foncier et des ressources communes. Deux études de cas approfondissent ce type de démarches axées sur la gouvernance locale au Burkina Faso et en Mauritanie. Dans les deux cas, les approches développées sont basées sur un processus de concertation impliquant les différentes catégories d'usagers, les autorités foncières et administratives, les collectivités locales et les différents acteurs institutionnels.

Les différences que l'on peut noter sont liées à la place accordée aux communes dans la responsabilité de gestion foncière et dans le type de reconnaissance juridique consentie effectivement par l'État aux règles établies par la concertation, comme aux entités de gestion constituées. Ces deux expériences traduisent bien la diversité des modes de gestion du foncier et des ressources communes qui se sont développés depuis la fin des années 1980, particulièrement dans les zones sèches d'Afrique

sahélienne. Les conventions locales sont probablement l'une des plus grandes avancées des dix dernières années en matière de gestion locale des ressources naturelles en Afrique de l'Ouest. Négociés entre acteurs locaux (groupements professionnels, utilisateurs des ressources, chefs coutumiers, collectivités locales, représentants de l'État, partenaires, etc.) et adoptés sous la forme de « conventions », ces accords fixent les règles, les droits et les devoirs de chacun dans l'utilisation et la gestion d'espaces locaux et de ressources naturelles. De tels accords sociaux peuvent répondre à des objectifs assez divers dans le domaine de la clarification des droits fonciers et la régulation des droits d'usages des ressources naturelles communes. Les conventions locales ont ainsi été développées dans des situations où une volonté locale s'est exprimée pour rationaliser l'exploitation abusive des ressources (forestières, pastorales, halieutiques, fauniques) et pour mettre fin à leur dégradation, régler ou prévenir des conflits liés à leur exploitation, définir les vocations d'aménagement et de gestion de l'espace à différentes échelles.

On citera l'exemple des actions initiées au Burkina dans la commune de Samoroguan par le programme Negos-GRN (Banaon *et al.*, 2012). L'expérience vise l'émergence de conventions locales de gestion des ressources naturelles, issues de négociations entre acteurs locaux et qui s'inscrivent dans des réglementations nationales leur assurant une stabilité juridique.

Le diagnostic a mis ici deux points en évidence : d'une part, la zone pastorale a cristallisé de multiples enjeux et tensions entre agriculteurs et éleveurs du fait de la forte contradiction entre la persistance de l'État à légiférer sur son statut pastoral et son absence complète de moyens pour mettre en œuvre ses textes, dont le dernier en date était un cahier des charges décrété en 2009 ; d'autre part, le dernier article de ce cahier des charges fournissait la possibilité de relire le contenu du cahier à l'aune des propositions des populations concernées par la zone pastorale. Ce dernier point fournissait la possibilité légale de développer un dispositif de concertations locales pour mettre en débat le cahier des charges et dans le même temps recueillir les propositions des populations en matière d'affectation de l'espace à l'agriculture et au pastoralisme.

Les concertations ont été développées à quatre niveaux complémentaires pour aboutir à un zonage des modes d'utilisation et d'occupation de la zone pastorale (zone d'habitat, zone agricole, zone à pâture exclusive, etc.).

– Diverses négociations ont été conduites au niveau du ministère de l'Élevage pour partager leurs résultats et faire prendre conscience de la situation aux décideurs [principalement la Direction générale des espaces et des aménagements pastoraux (DGEAP)].

– Un Groupe d'apprentissage mutuel national a également été organisé entre le ministère et ses directions déconcentrées et les autres ministères, notamment le ministère de la Justice, permettant de présenter l'histoire de la zone, la situation sociopolitique au niveau local et la situation de la zone.

– Au niveau de chaque village, les concertations ont réuni agriculteurs et éleveurs pour mettre en débat le contenu du cahier des charges et recueillir le point de vue des habitants des ranchs concernés.

– Au niveau de la commune, la concertation a réuni le maire et ses adjoints, les représentants de chaque village où se déroulèrent les concertations, les services techniques concernés par la zone pour partager avec la commune et les services techniques locaux le point de vue des villageois et le valider.

Au-delà du zonage produit, les résultats enregistrés dans le cadre de cette expérience qui demeure récente mettent en évidence une fois de plus l'intérêt des approches concertées de la gestion du foncier et des ressources communes, grâce au dialogue pluri-acteurs. Des premiers effets sont aussi soulignés au plan des ressources naturelles et des relations entre usagers. Les rédacteurs de l'étude de cas mentionnent notamment la réduction des défriches dans la zone pastorale grâce à l'organisation de la surveillance et de la sensibilisation. Ils notent aussi la baisse des tensions entre agriculteurs autochtones et allochtones, ainsi que l'instauration d'un dialogue de confiance entre population et administration. Mais des limites importantes de l'expérience sont pointées, les consensus obtenus restant fragiles tant qu'ils ne sont pas inscrits dans les dispositifs officiels.

Un éclairage complémentaire du fait de la durée (10 ans d'expérience) et de l'importance accordée à la dimension juridique des conventions locales est mis en évidence en République islamique de Mauritanie. Il s'agit là d'une expérience assez unique dans les régions sahéliennes. Le transfert de mandat de gestion des ressources sylvo-pastorales communes par l'État est effectif et les conventions locales ont une valeur réglementaire (Bonnet, 2011). Les zones pastorales et agro-pastorales de Mauritanie voient leurs ressources naturelles fragiles particulièrement menacées par les facteurs démographiques et sociaux (notamment la dynamique de sédentarisation des populations depuis une vingtaine d'années). Mais on assiste aussi au développement de pratiques d'exploitation commerciales, minières de ces ressources en zone sèche : exploitation massive du bois pour le charbon de bois, coupe des rôneraies protégées, sur-exploitation du baobab, exploitation du pâturage par de grands troupeaux appartenant à des éleveurs urbains. Le cadre juridique définissant les règles d'exploitation des ressources communes, construit sur la base d'une politique de gestion étatique centralisée, a longtemps induit également une déresponsabilisation des usagers dans la gestion, accentuant de fait les pratiques de gestion non durables et non équitables des ressources naturelles.

Cette initiative de la coopération mauritano-allemande s'est appuyée au départ sur une ouverture offerte par le décret d'application du Code pastoral. Celui-ci reconnaissait dès 2004 la possibilité pour les communautés et les usagers de l'espace et des ressources sylvo-pastorales d'élaborer des conventions locales, constituant de véritables codes locaux complémentaires et opposables aux autres législations. Partant de cet instrument-clé destiné à faciliter la gestion décentralisée des ressources partagées, la coopération mauritano-allemande a progressé en même temps sur le terrain dans l'expérimentation de la gestion locale des ressources naturelles et dans l'amélioration du cadre juridique de ce transfert du mandat de gestion de l'État en direction des usagers organisés.

En 2007, le cadre juridique a renforcé ces premières orientations politiques. Le ministère délégué de l'Environnement et du Développement durable a accompagné

la promulgation d'un nouveau Code forestier. Il autorise et définit pleinement le transfert de la gestion des espaces aux collectivités locales. Ces dernières peuvent ainsi déléguer cette fonction à des entités de gestion intervillageoises sous réserve d'élaboration d'une convention locale qui assure la gestion durable de l'espace.

Depuis mars 2009, ces orientations majeures en matière de décentralisation de la gestion des ressources naturelles sont traduites en décret d'application. Celui-ci définit de manière opérationnelle les modalités et conditions précises autorisant le transfert et la délégation des droits d'exploitation du domaine forestier. Les collectivités locales qui en font la demande peuvent bénéficier du transfert des droits d'exploitation des forêts et des terres forestières. Une commission est constituée au niveau des Moughataa, elle instruit les demandes de transfert transmises par le Délégué régional de l'environnement et du développement durable (DREDD). Ce décret offre aussi la possibilité de mettre en place au sein de l'espace communal des dispositifs de gestion locaux décentralisés. C'est ce que définit l'article 8 portant délégation de la gestion à des associations impliquées dans la gestion des forêts.

Transfert et délégation de gestion portent sur la gestion de l'espace sylvo-pastoral délimité de manière consensuelle avec les communautés, les différents groupes d'usagers et les services de l'État. Ils ne constituent nullement une appropriation foncière de l'espace. Ce transfert de la responsabilité de gestion s'inscrit dans la durée, le mandat étant attribué pour dix ans. Il peut être remis en cause quand une dégradation des ressources imputable à la gestion est observée ou que la représentativité sociale de l'association mandataire est contestée.

La démarche développée dans cette expérience se caractérise par un engagement dans la durée, sur plus de dix ans, de l'État et de la coopération allemande dans une double intervention articulant aménagement du cadre juridique national (Code pastoral, puis code forestier) et expérimentation de modes de gestion durable des ressources sylvo-pastorales impliquant directement les usagers et les collectivités. Avec les multiples enjeux dont il est porteur, le transfert de responsabilité de gestion des ressources aux organisations locales s'inscrit dans un processus qui implique un accompagnement important.

La démarche d'accompagnement du transfert de responsabilité de gestion au niveau local consiste en une succession de concertations locales, de négociations avec les communes, les services techniques et l'administration, de travaux de planification et d'organisation, de démarches de reconnaissance administrative et juridique... Il aboutit à la création d'Associations de gestion locale collective, dites AGLC, officiellement responsables de la gestion d'un espace sylvo-pastoral bien défini.

Une première phase de construction et de reconnaissance légale est d'abord nécessaire pour que les associations de gestion locale collective des ressources naturelles se voient officiellement attribuer le mandat de gestion. C'est une succession d'étapes importantes qui est à franchir de manière formelle.

Suit une phase d'apprentissage de la gestion décentralisée, dite qualification de l'organisation. Elle exige un accompagnement de proximité permettant à l'association d'atteindre un degré d'autonomie suffisant au cours des deux ans suivant la constitution, la reconnaissance des associations et le transfert du mandat de gestion.

Au-delà de cette période de qualification, un suivi externe plus ponctuel par les communes et les DREDD (Délégation régionale de l'environnement et du développement durable) permet aux associations de renforcer leur progression et de trouver des réponses aux questions qui ne manquent pas de se poser dans la gestion locale.

Des résultats reconnus au plan de la faisabilité du transfert et des modalités de gestion développées. Entre 2001 et 2011, le transfert de gestion de l'État au profit d'associations locales d'usagers s'est concrétisé dans ce même cas par la constitution d'une quarantaine d'associations reconnues par l'administration et accompagnées dans la gestion de leur espace. Au Guidimakha, une des deux régions concernées par cette intervention, ces résultats sont explicités de la manière suivante.

Des effets observables au regard des différentes dimensions de la durabilité. Comme le montre l'étude de cas présentée ci-dessus, tout au long de ces dix années d'appui à la décentralisation de la gestion des ressources naturelles en Mauritanie, différents travaux de suivi des effets de ce type d'approche ont été menés. Ils ont combiné la mise en place d'outils de suivi de l'évolution des ressources naturelles à l'échelle locale et régionale et différentes évaluations qualitatives intégrant le regard des acteurs et des usagers sur ce processus de décentralisation des ressources (Bonnet, 2011). Parmi les effets enregistrés figurent en premier lieu la réduction des conflits et le renforcement des liens intercommunautaires, le renforcement de la gouvernance et du capital social de gestion des ressources naturelles, la régénération et l'amélioration du couvert végétal, l'amélioration des revenus grâce aux ressources préservées.

Au plan de la durabilité, il est intéressant de noter que le système de gestion promu fait le pari d'une voie médiane entre deux modèles tendanciels en débat. La gestion expérimentée jusque-là correspond à une forme de régulation des ressources qui s'inscrit entre deux tendances extrêmes, opposées et non viables.

D'un côté, l'accès totalement libre et dérégulé est favorisé par la perte d'influence des modes de contrôle traditionnels des ressources et l'absence de relais par une gestion publique des ressources. Cette voie conduit à l'exploitation non durable, profondément inéquitable et minière, conduisant à la surexploitation et à la montée des conflits entre usagers.

De l'autre, la propriété privée absolue et exclusive se développe. La privatisation des ressources communes parfois considérée comme une alternative au libre accès n'a pas grand sens dans les zones sahéliennes considérées. La variabilité des ressources naturelles incite à la flexibilité et à la mobilité et non à l'investissement foncier lourd sur des espaces clos et délimités. Les nombreuses tentatives d'appropriation privée de grands espaces sahéliens ont en grande majorité montré leurs limites techniques, économiques et sociales.

La voie médiane promue à travers les associations locales en Mauritanie paraît de loin la plus adaptée aux critères sociaux et environnementaux sur lesquels s'appuie le développement durable. Elle reconnaît officiellement la responsabilité de gestion des ressources communes déléguée aux communautés qui exercent des droits prioritaires. Elle met en œuvre une régulation collective et négociée des ressources naturelles. Elle reconnaît la nécessaire flexibilité de l'accès aux ressources inhérentes

aux aléas récurrents. Elle s'articule à la décentralisation, permettant aux communes de déléguer leur responsabilité à des structures plus opérationnelles sur le terrain pour la gestion des ressources naturelles.

Dans le cas de l'expérience mauritanienne, sur la quarantaine d'associations qui se sont constituées depuis les dix dernières années dans le cadre de cette approche, aucun mandat de gestion déléguée n'a été remis en cause. Malgré les difficultés rencontrées et le peu de ressources financières dont disposent ces jeunes institutions, les gestionnaires locaux bénéficiaires de la délégation de ce mandat (bureau exécutif, surveillants, usagers…) manifestent la volonté d'être à la hauteur des responsabilités qui leur sont confiées. La symbolique du transfert de mandat est très forte. Elle formalise la reconnaissance, par l'État, de la responsabilité des usagers locaux comme acteurs de la gestion durable des ressources naturelles dont ils tirent l'essentiel de leurs moyens d'existence.

Des défis demeurent : poursuivre la réforme des services déconcentrés de l'Environnement. Entre 2001 et 2011, l'enjeu était double : d'abord démontrer la faisabilité d'un véritable transfert formel de responsabilité au profit des usagers organisés et reconnus comme gestionnaires, ensuite appuyer l'État dans la réforme de ces principaux textes juridiques de manière à autoriser une véritable décentralisation de la responsabilité de gestion. Le chantier qui s'ouvre pour les dix prochaines années est celui de la réforme des services déconcentrés de l'État qui voient nécessairement leur mission évoluer dans ce nouveau paysage institutionnel induit par la décentralisation de la gestion des ressources communes.

Le renforcement de ces acquis et l'extension de l'approche à l'échelle nationale s'inscrivent dans les orientations prises par l'État mauritanien en matière de décentralisation et répondent aux aspirations légitimes des communes et des communautés. Elles doivent s'appuyer sur deux grands axes complémentaires. En premier lieu, la poursuite de l'adaptation du cadre juridique de la décentralisation des ressources naturelles est indispensable. En second lieu, l'accompagnement des services déconcentrés dans l'acquisition des capacités exigées par leurs nouvelles fonctions de suivi et contrôle des communes et des structures décentralisées de gestion des ressources naturelles est indispensable.

Bibliographie

Almy Bahaïm 2
bilan capitalisation, BURGEAP, VSF, AFD Tchad, 2003.

Banaon N., Mansion A., Hochet P.
2012. NEGOS Burkina :
Lutte contre la désertification et gestion décentralisée et négociée des ressources naturelles et foncières en Afrique sahélienne.
In Deygout et al. 2012. Etude de cas 18. Samorogouan au Burkina Faso. 9 p.

Bonnet B.
2011. La décentralisation de la gestion des ressources naturelles en Mauritanie. Expériences et enseignements 2001-2011 du Programme de Gestion des ressources naturelles, MDEDD, GIZ, ECO, Iram, 38 p. octobre 2011.

Bonnet B., Djadou M., Adoum M.,
Yemye Lambert W., Ablao M., Boutna A.
2011. 1994-2011 enseignements
d'une expérience de renforcement de la gestion
locale des ressources communes au Tchad,
PRODALKA, ECO-IRAM, GIZ, 72 p.
avril 2011.

E. Botoni, C. Reij
2011. Plus de gens, plus d'arbres" :
développement des systèmes agroforestiers
au Sahel, 9 p.

Bosc P-M., Dollé V., Garin P., Yung J.M.
Le développement agricole au Sahel,
tome I – Milieux et defis, 1992, 344 p.

Brender P., Hiernaux P., Ciais P.,
Maignan F., Zhao Y.
2010, On the causes of the recent Sahel
're-greening': a review Acknowledgements :
C. Ottle.

Chevrillon A., Basserie V.,
Mansion A., Tessier A.
2012. Sécurisation foncière et durabilité
des systèmes agricoles en zone sèche,
des défis à relever en commun : mécanismes
institutionnels pour intégrer la gestion
décentralisée des ressources. 10 p.
Etude de cas 17, in Deygout et al. 2012.

Deygout Ph., Treboux M., Bonnet B.
2012, Ministère des Affaires Etrangères
et Européennes, Direction Générale
de la Mondialisation, du Développement
et des Partenariats.
IRAM. Systèmes de production durables
en zones sèches : quels enjeux pour la coopération
au développement ? Synthèse. 25 p.

Djerma, A., Gremah, A., Hérault, D.,
Malam Ousseini, O., Bodé, S., Salé, A.,
Abari, M., Elh. Attoumane, I., Lawane, B.,
Bonnet, B., Barré, A., Bénard, C.
(2009). La mobilité pastorale dans la région
de Zinder. Stratégies et dynamismes des sociétés
pastorales, PSSP, 115 p.

Doka-Diara M., Luxereau A.
Déboisement – reboisement en pays hausa :
évolution des paysages et du rapport à l'arbre.
(2004). 13 p.

Gautier D., Montagne P., Rives F., Peltier R.
2012, Gestion communautaire pour
l'approvisionnement énergétique des centres
urbains sahéliens en bois énergie et intégration
d'espaces naturels multi-usages.
Impacts sur les conditions d'existence
des populations rurales et les dynamiques
environnementales. 11 p.
Etude de cas 22, in Deygout Ph. Treboux, 2012.

Heidi Humer-Gruber, GIZ
2011, Green Sahel, Symposium Documentation,
Gustav-Stresemann Institut, Bonn,
28. October 2010, 22 p.

Hérault D., Bonnet B.
Rapport final d'exécution et de capitalisation
du projet de sécurisation des systèmes pastoraux
dans la région de Zinder, IRAM, 231 p.

Herrmann S. M., Anyamba A., Tucker C.J.
2005, Recent trends in vegetation dynamics
in the African Sahel and their relationship
to climate. Global Environmental Change 15
(2005) 394–404.

Hiernaux P. (CESBIO),
Bagoudou Maidaji (pastoraliste)
(2006). Projet PSSP Zinder, évaluation
des risques environnementaux liés à la gestion
des ressources naturelles de la Région de Zinder,
mission d'appui IRAM au volet gestion
des ressources pastorales,
14 novembre – 2 décembre 2006, 63 p.

Malachie N. Dolmia
mars 2011, appui à la gestion locale de la faune,
PRODALKA, 51 p.

Ostrom E.
2010, Gouvernance des biens communs.
Pour une nouvelle approche des ressources
naturelles, ed. de boeck, 301 p.

Oualbadet Magomna
2011, document 3 ; appui à la gestion locale
de la pêche, PRODALKA, 89 p.

Ouédraogo H.
2005. Etudes juridiques de la FAO
en ligne janvier 2005. Etude comparative
de la mise en oeuvre des Plans fonciers ruraux
en Afrique de l'Ouest : Bénin, Burkina Faso,
Côte d'Ivoire par, 41 p.

Reij C., Steeds D.
March 18, 2003. Success stories
in africa's drylands supporting advocates
and answering sceptics.
A paper commissioned by the Global Mechanism
of the Convention to Combat Desertification,
CIS/Centre for International Cooperation,
Vrije Universiteit Amsterdam,
03-033.ifad-ccd-gm/cry/jhe, 37 p.

Rochette, R.M
(1989). Le Sahel en lutte contre la désertification : leçons d'expérience. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmBh, Eschborn.

Toudou A., Reij C., Abdoulaye T., Larwanou M., Tappan G., Yamba B. CRESA Niamey. Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles au Niger : rapport de synthèse, 65 p.

Jatropha curcas L. au Sénégal : enjeux, état des lieux de sa culture et possibilités dans les aménagements de la Grande Muraille Verte

Ibrahima Diedhiou
École Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Université de Thiès, Thiès, Sénégal
E-mail : ibrahima_diedhiou@hotmail.com,
Fax : +221 33 951 15 51

Djiby Dia
Bureau d'Analyses Macro-Économiques, Institut Sénégalais de Recherches agricoles, Dakar, Sénégal
E-mail : djibydia@gmail.com, Fax : +221 33 832 24 27

Cheickh Sadibou Fall
Bureau d'Analyses Macro-Économiques, Institut Sénégalais de Recherches agricoles, Dakar, Sénégal
E-mail : djibydia@gmail.com, Fax : +221 33 832 24 27

Résumé

La crise énergétique de cette dernière décennie combinée à l'impératif de la prise en compte des principes de durabilité dans les politiques de développement économique et social a créé un regain d'intérêt pour les énergies renouvelables, mais surtout pour les biocarburants. Dans ce contexte, le Sénégal et d'autres pays de la sous-région ouest-africaine ont opté pour la culture de *Jatropha curcas*, plante dont l'huile contenue dans les graines peut être utilisée comme source d'énergie pure ou après production de biodiesel par transestérification. C'est pourquoi, *Jatropha* est de plus en plus intégrée dans les programmes de développement agricole et de gestion des ressources naturelles.

Ce travail qui est une synthèse bibliographique a permis de situer les enjeux de la culture de *Jatropha* au Sénégal et d'en dresser l'état des lieux. En outre, il a montré que *Jatropha* présente des atouts réels pour son intégration dans les aménagements de la Grande Muraille Verte. Une telle initiative pourrait avoir des impacts positifs pour les écosystèmes (contrôle de l'érosion, maintien de la fertilité, revégétalisation)

et les populations locales (revenus, énergie renouvelable, vertus médicinales, bois de service). Toutefois, son succès passe par le renforcement du cadre juridique et réglementaire et de la recherche-développement mais aussi par la prise en compte des attentes et du potentiel d'innovation des populations locales.

Mots clés

JATROPHA, GRANDE MURAILLE VERTE, ENJEUX, SYSTÈMES DE CULTURE, SÉNÉGAL

Introduction

La crise pétrolière à laquelle le monde est actuellement confronté a poussé de nombreux gouvernements à se lancer dans la recherche de nouvelles sources d'énergie pour soutenir leur développement économique. C'est dans ce contexte que, depuis 2004, beaucoup de pays africains ont inscrit la promotion des biocarburants dans leur agenda politique. Cette dynamique a conduit à la tenue en 2007 à Addis Abeba (Éthiopie), du premier séminaire sur les biocarburants en Afrique qui a abouti à l'adoption de la déclaration de Addis Abeba et d'un plan d'action pour le développement durable des biocarburants en Afrique (Conliffe et Kulovesi, 2008). Les pays de l'Afrique de l'Ouest ne sont pas restés en marge de ces initiatives. En 2005, beaucoup de pays de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) ont fait de la promotion des biocarburants un enjeu majeur de leur politique environnementale, économique, agricole et énergétique. Au Sénégal, l'option politique concernant les biocarburants repose essentiellement sur le développement de la filière *Jatropha curcas* L. Elle s'est traduite par la mise en place d'un programme national « biocarburants », orienté prioritairement vers la promotion de la culture de *Jatropha* et l'adoption en 2010 d'une loi d'orientation sur cette filière. Les objectifs du programme national « biocarburants » sont de contribuer à l'autosuffisance énergétique nationale par la production de bioénergie, de diversifier la production agricole en créant une nouvelle filière, d'améliorer la balance commerciale et des paiements et de réduire la pauvreté en milieu rural. Il projetait de planter 1 000 ha de *Jatropha* dans chaque communauté rurale du pays, soit 321 000 ha à l'échelle du pays. Sa mise en œuvre se fait en partenariat avec les collectivités locales, les organisations paysannes et le secteur privé. Le choix de *Jatropha* comme espèce prioritaire se justifie par le fait que ses graines contiennent une huile de haute valeur énergétique dont les propriétés sont comparables à celles du diesel. En outre, cette plante est peu exigeante et fournit divers produits et avantages qui favorisent un développement rural intégré. Des expériences réussies de plantation de cette espèce existent au Sénégal.

Toutes ces potentialités de *Jatropha*, combinées au contexte favorable pour sa culture au Sénégal font que cette plante pourrait jouer un rôle important dans les programmes environnementaux de réhabilitation des terres dégradées ou marginales dont l'objectif est de restaurer la base productive des terres et d'améliorer les conditions socio-économiques des populations rurales.

Dans ce contexte, l'objectif de cette contribution est de situer les enjeux de la culture de *Jatropha* au Sénégal, d'en faire l'état des lieux et enfin, d'analyser les possibilités d'intégration de cette plante dans les aménagements de la Grande Muraille Verte.

Historique de l'introduction de *Jatropha* en Afrique de l'Ouest

Jatropha curcas ou Pourghère en français, Physic nut en anglais, *Tabanani* en wolof, est un arbuste non comestible appartenant à la famille des Euphorbiacées. Il peut atteindre de 2 à 8 m de hauteur. Ses feuilles sont simples, alternes pouvant aller jusqu'à 17 cm de long et 15 cm de large. Elles sont pentagonales, cordées à la base et acuminées au sommet. Ses fleurs sont groupées en inflorescences (corymbe) avec des pétales de couleur vert blanchâtre et des sépales de couleur verte. Les fleurs apparaissent avec les premières feuilles ou juste avant la feuillaison (Heller, 1996).

Jatropha est originaire de l'Amérique centrale et du Mexique où il pousse naturellement dans les forêts des régions côtières (Aponte, 1978) ; mais ses centres de diversification sont nombreux (Amérique latine, Asie, Afrique). Il aurait été introduit en Afrique par les Portugais et les Espagnols, à travers les échanges maritimes, vers le XVIe siècle *via* les îles du Cap-Vert (Heller, 1996).

Au Sénégal, l'intégration de *Jatropha* dans les systèmes de culture n'est pas récente (Kane, 2010). Elle remonte à la période coloniale et pourrait avoir été favorisée par sa proximité avec les îles du Cap-Vert. L'espèce était alors utilisée comme haies vives de délimitation des champs. Sa production était exportée vers la France où son huile était utilisée dans la fabrication du célèbre savon de Marseille. En outre, *Jatropha* était cultivée pour ses vertus médicinales et son bois qui était utilisé comme source d'énergie dans les ménages ruraux.

L'ONG américaine InterpriseWorks (ex. « Appropriate Technologies International ») est un des pionniers dans la promotion de *Jatropha* au Sénégal. Au cours de la décennie 1990-2000, elle a développé un programme test dont les groupements de promotion féminine étaient les principaux bénéficiaires. Son objectif était la démultiplication de *Jatropha* pour la production d'huile utilisable d'une part, comme source d'énergie pour le fonctionnement des moteurs de moulins et d'autre part, pour la production de savon. Ce programme a permis de planter 125 951 arbres (Kane 2010). Ces résultats ont incité d'autres structures à se lancer dans la promotion de *Jatropha*. Ainsi, entre 2003 et 2006, le Progede (Projet de gestion durable et participative des énergies traditionnelles et de substitution) a réalisé des plantations dans les régions de Tambacounda et Kédougou avec comme finalité d'explorer les possibilités de production de biodiesel à partir de l'huile extraite de la graine de *Jatropha* (Gaye, 2007). En 2008, la société privée African National Oil Corporation

a démarré dans la région de Fatick, une production à grande échelle de graines de *Jatropha* pour la production de biodiesel. À ce jour, elle a déjà réalisé des plantations d'une superficie totale de 1 100 hectares.

Enjeux de l'introduction de la culture de *Jatropha* dans les systèmes de production

La consommation énergétique du Sénégal a connu, à partir des années 2000, une forte hausse, tant du point de vue du volume que des prix. Plusieurs facteurs contribuent à accroître la consommation énergétique nationale, dont le facteur urbain. En effet, l'urbanisation du Sénégal est également caractérisée par une croissance régulière. Près de la moitié de la population nationale (42,4 % en 2010) est établie dans les centres urbains (Guengant, 2011). La demande énergétique nationale est dominée par les ménages dont la part correspond à 54 % de la consommation totale. Cette part a connu un accroissement d'environ 15 % entre 2000 et 2006, et elle s'explique principalement par la croissance démographique. Par ailleurs, le secteur du transport occupe la deuxième position en termes de consommations énergétiques, suivi de celui de l'industrie, avec des parts respectives de 34 % et 9 % (fig. 1).

Le diesel et le gasoil permettent de satisfaire plus de la moitié des besoins énergétiques du secteur des transports, dominé par les voies de communication terrestre. Ceci peut s'expliquer par le développement du parc automobile, qui a connu une hausse de 38,2 % entre 1995 et 2005.

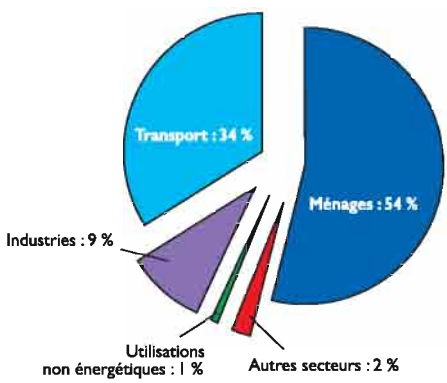


Figure 1.
Consommations finales par secteur.
(d'après données SIE-Sénégal, 2007)

Les approvisionnements en énergie du Sénégal sont dominés par la biomasse (57 %), suivie des produits pétroliers (38 %).

Avec un total de 2 989 Ktep (Kilo de tonnes équivalent pétrole) pour l'année 2006, l'approvisionnement du Sénégal en énergies primaires a connu une croissance de 9 % par rapport à l'année précédente. Cet approvisionnement repose majoritairement sur la biomasse et les produits pétroliers représentant plus de 95 % du total (fig. 2).

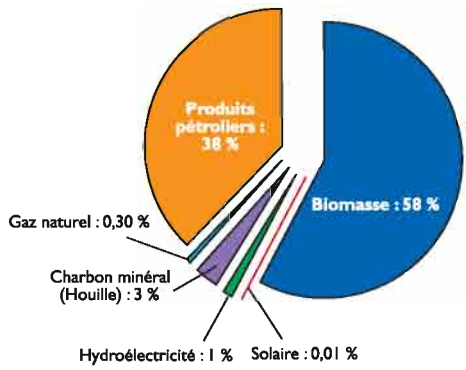


Figure 2.
Offre intérieure par type d'énergie au Sénégal en 2006.
(d'après données SIE-Sénégal, 2007)

Pour l'année 2005, la biomasse occupait la seconde place (43,51 %) en termes d'approvisionnement, derrière les produits pétroliers (51,71 %, SIE-Sénégal, rapport 2005). Cependant, la tendance s'est inversée en 2006 avec une progression de la part de la biomasse sur le total des approvisionnements (58 %, SIE-Sénégal, rapport 2007), soit 1 734 Kt de bois, en raison du recours aux énergies traditionnelles. Le potentiel en biomasse est estimé à 331,3 millions de mètres cubes, principalement assuré par les régions méridionales du Sénégal : 50 % pour Tambacounda et 40 % pour Kolda et Ziguinchor (Enefebio, 2007). De plus en plus, ces zones forestières sont sujettes à une exploitation intense de la biomasse. Le bois de feu et le charbon de bois représentent les deux formes de biomasse utilisées par les ménages ruraux et urbains comme combustible domestique.

Le Sénégal, en dépit d'un potentiel énergétique appréciable, est confronté à des contraintes d'approvisionnement. De nombreuses options politiques sont entreprises par le gouvernement pour réduire la dépendance énergétique.

L'hydroélectricité constitue une autre source d'approvisionnement en énergie, mais elle a occupé une part assez marginale (1 %) sur l'offre énergétique globale en 2006 (SIE-Sénégal, rapport 2007). Cette source d'approvisionnement n'est pas négligeable, puisque le potentiel de production des deux fleuves Sénégal et Gambie est estimé à 1 000 mégawatts par an (Minvielle, 1999).

La part du Sénégal dans la production hydroélectrique du barrage de Manantali s'élève à 234 gigawatts-heure en 2006 ; ce qui représente environ 10 % de la

production totale d'électricité au Sénégal. Cette production a connu une baisse par rapport à celle de l'année 2005 (267 gigawatts-heure), liée surtout à la baisse du productible de Manantali. Le barrage de Manantali (barrage régulateur et centrale hydroélectrique) est un ouvrage commun au Mali, à la Mauritanie et au Sénégal, édifié sur le Bafing (fleuve Sénégal) pour produire environ 800 millions de kilowatts-heure d'énergie hydroélectrique.

Le potentiel solaire et éolien est considérable (tabl. I) ; son exploitation permettrait de combler le déficit énergétique du pays. En effet, le Sénégal dispose en moyenne de 3 000 heures d'ensoleillement annuel. L'énergie solaire reçue est estimée à 2 000 kilowatts-heure par mètre carré et par an (Youm *et al.*, 2000). Cependant, le coût des installations est souvent avancé comme un obstacle majeur au développement du solaire en tant que source d'approvisionnement énergétique. Malgré le niveau des investissements requis pour l'installation du solaire, l'État a mis en place une politique d'électrification rurale – pilotée par l'Agence sénégalaise d'électrification rurale (Aser) – utilisant cette source d'énergie. Par ailleurs, l'énergie éolienne devrait aussi être exploitée, avec des vitesses de vent comprises entre 3 et 5 mètres par seconde et un potentiel journalier extractible estimé à 1,5 kilowatt-heure par mètre carré (Youm *et al.*, 2000).

Enfin, le gaz naturel et le charbon minéral constituent d'autres sources d'énergie, même si leurs contributions à l'approvisionnement énergétique du pays restent souvent négligeables (fig. 2). Le gaz naturel est transformé par la Senelec pour assurer sa production d'électricité, bien que sa part y reste négligeable, comparée aux produits pétroliers comme le fioul ou le diesel-oil. Les potentialités en gaz naturel sont estimées à 400 millions de mètres cubes en 2007. Il existe un grand site d'exploitation dans la zone de Diamniadio. En outre, le pays détient quatre turbines à gaz d'une puissance totale de 88 gigawatts-heure, équivalant à 8 % de la fourniture en énergie. Leur âge est compris entre 4 et 32 ans (République du Sénégal 2005).

Tableau I
Types, localisation et potentialités des ressources énergétiques du Sénégal

Ressources	Sites	Potentiel
Biomasse	Tambacounda, Kolda, Ziguinchor	331,3 millions de m^3
Pétrole	Casamance (Pétrole lourd)	100 millions de m^3
Gaz naturel	Diamniadio	400 millions de m^3 (réserves de 30,4 milliards de m^3)
Tourbes	Niayes	390 millions de m^3
Hydroélectricité	Fleuves Sénégal et Gambie	1 000 MW
Solaire photovoltaïque	Tout le territoire	6 kWh/m^2/jour 3 000 heures d'ensoleillement
Eolien	Grande côte	5 m/s

(Source : Enda Énergie 2005 ; Enefebio 2007)

Avec une consommation annuelle de près de 500 000 tonnes de produits pétroliers, les besoins de la Senelec représentent un poids de l'ordre de 49 % de la demande nationale en 2006.

Le secteur énergétique sénégalais se caractérise par une forte dépendance vis-à-vis des importations de pétrole pour faire face à ses besoins en énergie commerciale et particulièrement pour la production d'énergie électrique. Par conséquent, ce secteur éprouve d'énormes difficultés pour assurer convenablement l'approvisionnement des ménages, de l'industrie, ainsi que de tous les autres secteurs d'activités. Le renchérissement sans précédent des prix des produits pétroliers a été, en effet, le déclencheur d'une grave crise du système d'approvisionnement énergétique, manifestée par des périodes de pénurie dans la distribution aussi bien des carburants, du gaz butane que de l'électricité. Ce qui a d'ailleurs entraîné entre 2009 et 2011 des soulèvements populaires contre les délestages intempestifs.

Par ailleurs, la forte dépendance vis-à-vis du pétrole importé place le Sénégal parmi les pays où l'énergie coûte très cher et rend difficile la gestion macroéconomique, en vue d'une maîtrise de l'inflation et de la lutte pour l'éradication de la pauvreté. La crise énergétique pose ainsi une sérieuse hypothèque sur la croissance économique, imposant ainsi à l'État des efforts financiers colossaux pour restaurer les conditions de fonctionnement du secteur. En 2006, près de 140 milliards de FCFA ont été dépensés en termes de subvention dans le secteur énergétique.

À titre d'illustration, la facture pétrolière du Sénégal est passée de 185 milliards de FCFA en 2000 à 384 milliards de FCFA en 2006, puis à 623 milliards de FCFA en 2008, soit une hausse de plus de 40 % en deux ans (fig. 3). Aussi, plus de 46 % du revenu des exportations sont-ils mobilisés pour honorer cette facture (SIE 2007).

Dans un contexte caractérisé par une crise du secteur énergétique, les autorités sénégalaises réfléchissent sur de nouvelles options politiques pour réduire les importations d'hydrocarbures et acquérir une certaine indépendance énergétique. C'est dans cette perspective que s'inscrit la promotion des biocarburants au niveau national, dont *J. curcas* est la plante la plus mise en exergue.

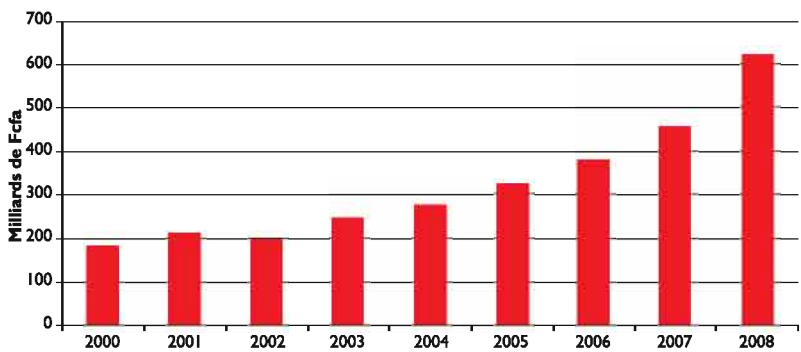


Figure 3.
Facture pétrolière du Sénégal de 2000 à 2008.
(Source : Statistiques SIE)

Du point de vue politique, trois « Lettres de politique de développement du secteur de l'énergie » (LPDSE) datant de 1997, 2003 et 2008 ont ponctué la vision gouvernementale de l'énergie au Sénégal. Cependant, la nouvelle politique énergétique du gouvernement développée dans la LPDSE de 2008, met en avant trois objectifs : (i) assurer l'approvisionnement en énergie du pays en quantité suffisante, dans les meilleures conditions de qualité et de durabilité et au moindre coût, (ii) élargir l'accès des populations aux services modernes de l'énergie et (iii) réduire la vulnérabilité du pays aux aléas exogènes, notamment ceux du marché mondial du pétrole.

En ce qui concerne la stratégie, le gouvernement a retenu plusieurs axes dont « le développement et l'exploitation des potentialités énergétiques nationales, notamment dans le domaine des biocarburants et des énergies renouvelables, la diversification énergétique à travers la filière charbon minéral, le biocarburant, la biomasse, le solaire, l'éolienne, etc., pour la production d'électricité ».

Les biocarburants constituent ainsi un élément nouveau dans les politiques énergétiques et agricoles. La stratégie de l'État dans ce domaine repose sur la promotion de *Jatropha*.

État des lieux de la culture de *Jatropha* au Sénégal

Acteurs de la culture de *Jatropha*

Les acteurs de la culture de *Jatropha* sont répartis sur l'essentiel du territoire national (fig. 4). Ils sont constitués de l'État, de producteurs, de pépiniéristes, de transformateurs et d'institutions de recherche. Les acteurs commerciaux sont faiblement représentés du fait de l'absence de conditions de compétitivité de la filière.

Producteurs

Ce sont les acteurs qui assurent la production des graines. On en distingue trois types : les paysans, les associations paysannes et les entreprises industrielles. Les paysans cultivent *Jatropha* pour des objectifs variés : la délimitation des champs et leur protection contre les animaux en divagation, la vente des graines, de l'huile ou du savon fabriqué à partir de l'huile et l'utilisation de ses propriétés médicinales. Les associations paysannes plantent *Jatropha* pour la production d'huile, l'utilisation locale de cette huile pure pour la production de forces motrices et éventuellement l'électrification et enfin pour se procurer des revenus par la vente de l'huile. Certaines entreprises industrielles visent la production de biocarburant pour réduire leur forte dépendance vis-à-vis des ressources énergétiques fossiles. C'est le cas de la Société de commercialisation du ciment (Sococim) qui compte utiliser les fruits, les coques, les brindilles du *Jatropha* dans les fours pour assurer une fourniture

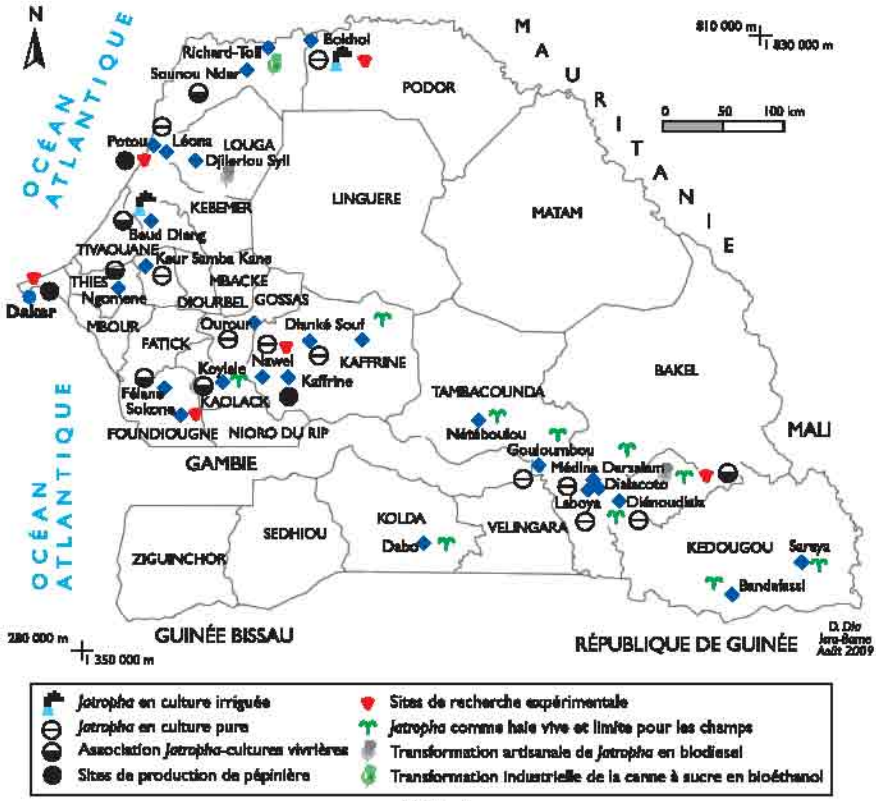


Figure 4.
Cultures de biocarburants au Sénégal.

d'énergie thermique. D'autres ont comme objectif la production d'huile et de biodiesel commercialisable en mettant en place des unités de stockage et de transformation de l'huile ; c'est le cas de la société privée African National Oil Corporation installée dans la communauté rurale de Ourour (département de Gossas, région de Fatick).

État

L'État du Sénégal a mis en place un dispositif institutionnel incitatif pour la production de biocarburant. Ce dispositif comprend un ministère en charge des biocarburants, une loi d'orientation sur la filière et le lancement en 2007 d'un programme national « Biocarburants » dont le volet production est piloté en partie par l'Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra). Ce programme qui vise la production de 321 000 hectares d'arbres concerne toutes les communautés rurales du pays. C'est pourquoi, pour favoriser sa mise en œuvre, l'État a demandé aux conseils ruraux de faciliter l'accès à la terre aux producteurs qui voudraient se lancer dans la production de biocarburant. En effet, depuis 1996, avec la loi sur la

décentralisation portant transfert de compétences aux collectivités locales, la gestion des terres et des ressources naturelles dans les zones rurales est presque entièrement dévolue aux conseils ruraux.

Les pépiniéristes

L'introduction de *Jatropha* dans l'espace agricole sénégalais est facilitée par la mise en place de pépinières pour la fourniture des plants. En dehors des pépinières de l'Isra, des opérateurs privés sont impliqués dans la production de plants.

Les transformateurs

Le secteur de la transformation des biocarburants est faiblement mis en valeur au Sénégal. Les initiatives, à l'exception de la Compagnie sucrière sénégalaise (CSS) sur l'éthanol, restent embryonnaires. Il n'est pas encore noté d'industrie de transformation ; il subsiste quelques expériences de transformation artisanale, mais sans statut officiel d'unités dédiées à l'extraction d'huile de *Jatropha*.

La recherche

La recherche sur *Jatropha* est récente au Sénégal et a démarré quasiment avec la mise en œuvre du programme national « biocarburants ». Elle est conduite par diverses structures nationales en partenariat avec des institutions sous-régionales et internationales. Dans le cadre du volet recherche du programme national « biocarburants » dont la coordination est assurée par l'Institut sénégalais de recherches agricoles, des travaux sont menés sur les techniques culturales, les modes de multiplication et les aspects socio-économiques de *Jatropha*. Avec l'appui de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'École nationale supérieure d'agriculture (Ensa) de l'université de Thiès vient de boucler un projet de recherche qui visait l'amélioration du rendement en huile des plantations de *Jatropha* par l'utilisation de méthodes de mutations induites par radiation pour générer des génotypes hautement productifs et adaptés aux conditions locales. Un autre projet porté par l'École nationale supérieure d'agriculture et qui a bénéficié de l'appui financier du ministère français des Affaires étrangères au travers du FSP (Fonds de solidarité prioritaire) Ripiecsa (Recherche interdisciplinaire et participative sur les interactions entre les écosystèmes, le climat et les sociétés d'Afrique de l'Ouest) a été exécuté au cours de la période 2008-2010 avec différents partenaires (Institut sénégalais de recherches agricoles, Institut de l'environnement et de recherches agricoles du Burkina Faso, l'université de Ouagadougou et l'Institut de recherche pour le développement). Son objectif était d'analyser la productivité de *Jatropha*, de la mettre en relation avec sa variabilité génétique, et d'évaluer ses impacts potentiels agricoles, environnementaux et économiques dans un contexte de variabilité et changement climatiques. Enfin, l'École nationale supérieure d'agriculture et la faculté d'agronomie de Gembloux (Belgique) mènent un projet de recherche centré sur l'intégration durable de *Jatropha* dans les systèmes de culture au Sénégal.

Superficies emblavées

Les objectifs du programme pour la période 2007-2012 sont d'emblaver 321 000 hectares. En 2008-2009, cet objectif n'était atteint qu'à 1,6 % (tabl. II). La même

tendance est observée sur la distribution de plants par l'Institut sénégalais de recherches agricoles sur la même période. Les évolutions n'ont guère connu d'améliorations significatives au cours de la période 2010-2012, particulièrement chez les producteurs locaux (les exploitations agricoles familiales). Les seules superficies qui semblent évoluer depuis 2008 sont celles allouées aux investisseurs étrangers et pour lesquelles les statistiques restent controversées. Le ministère des Énergies renouvelables les estime entre 10 000 et 15 000 hectares.

Tableau II
Superficies emblavées et plants de Jatropha *fournis au Sénégal en 2008-2009.*

Régions	Superficies exprimées (ha)	Superficies plantées (ha)	Besoins en plants	Plants fournis
Louga	780	719,4	449 625	449 625
Thiès	222	222	82 000	138 750
Diourbel	6 519	1 079,6	4 074 625	683 500
Tambacounda	470	411,2	307 750	257 000
Kédougou	70	68	43 750	42 500
Fatick	845	353	528 125	220 625
Kolda/Sédhiou	650	350	406 250	225 000
Dakar	45	44,8	28 125	28 000
Fleuve	2 746	1 891	2 278 750	1 181 875
Kaffrine	160,5	154	99 375	96 250
Total	12 507,90	5 293	8 298 375	3 323 125

(Source : ISRA 2009)

La culture de *Jatropha* est considérée par les producteurs comme une activité secondaire. Par ailleurs, la mise en valeur des terres de culture demande des investissements lourds, que les producteurs locaux ne parviennent pas à prendre en charge. Seules les exploitations privées disposant des moyens substantiels ont connu une relative réussite. Les exploitations agricoles familiales se contentent pour l'essentiel de cultures de haies vives, moins exigeantes en ressources hydriques, en main-d'œuvre pour l'entretien.

Systèmes de culture

En l'état actuel de nos connaissances, seules deux études ont été consacrées à l'analyse des systèmes de culture de *Jatropha* au Sénégal. La première a été menée par Kane (2010) dans la communauté rurale de Ourour située dans le centre bassin arachidier tandis que la seconde a été réalisée par Mbaye (2011) dans le sud bassin arachidier, plus précisément dans le département de Foundiougne.

Il ressort de ces différents travaux que la majorité des chefs d'exploitation cultivant *Jatropha* sont relativement âgés et analphabètes. Leurs exploitations sont faiblement équipées, utilisent essentiellement la main-d'œuvre familiale, associent l'élevage à l'agriculture et pratiquent la culture attelée avec comme animaux de trait les bovins, les équins et les asins. Elles ont une taille moyenne de 1 hectare contre 50 hectares chez les promoteurs privés.

Ces études ont montré aussi, qu'il existe deux méthodes de plantation de *Jatropha* selon les producteurs ; il s'agit du semis direct et de la méthode pépinière-transplantation. Cependant, cette dernière est la plus pratiquée sur le terrain. Elle est plus coûteuse que le semis direct ; mais elle permet d'avoir des plants plus vigoureux et d'obtenir de meilleurs taux de survie. Le semis direct donne des résultats décevants en raison essentiellement des attaques de nuisibles et de ravageurs sur les jeunes plants. La pépinière de pleine terre est la plus vulgarisée, car elle nécessite moins d'investissement de la part des producteurs.

La densité de plantation varie d'un producteur à un autre et cela en fonction du mode de plantation mis en place (association, culture pure, haies vives). Cependant, les écartements de plantation les plus fréquents sont : 2 m x 2 m (2 500 plants/ha), 2,5 m x 2 m (2 000 plants/ha), 2,5 m x 2,5 m (1 600 plants/ha), 3 m x 2,5 m (1 333 plants/ha), 3 x 3 (1 111 plants/ha). Concernant les modes de plantation, les plus courants restent la haie vive et la culture associée qui sont pratiquées par la majorité des producteurs. La culture pure de *Jatropha* est beaucoup plus rare. L'association est avantageuse car elle permet aux producteurs d'exploiter leurs terres aussi bien pour les cultures vivrières que pour la plantation de *Jatropha*. Également, les plantes de *Jatropha* bénéficient de l'entretien apporté aux cultures vivrières. Les spéculations les plus fréquemment associées à *Jatropha* sont par ordre décroissant : l'arachide, le mil, le sorgho, le maïs, et le sésame.

Globalement, les opérations de préparation et d'entretien de la parcelle avant et après l'implantation de *Jatropha* sont négligées et la fertilisation est très peu appliquée. *J. curcas* est plus fréquemment plantée sur des sols dont le niveau de fertilité est moyen.

En outre, une très faible proportion de producteurs (environ 6 %) pratique des traitements phytosanitaires dans leurs plantations, quoique la situation phytosanitaire de *Jatropha* dans les exploitations soit parfois préoccupante.

Contraintes de la culture de *Jatropha*

Malgré les multiples atouts de la culture de *Jatropha* au Sénégal, diverses contraintes pourraient entraver son intégration dans les systèmes de production agricole. Les producteurs ne maîtrisent pas encore les techniques culturales (dates d'implantation, qualité et disponibilité des semences, besoins en eau, types de sol, planification, conservation des récoltes...) permettant d'optimiser la production. Ils ne disposent pas d'informations sur la transformation et la demande (débouchés) ; or ces paramètres économiques influent beaucoup sur leur engagement à adopter cette nouvelle culture. Également, l'insuffisance des moyens financiers des ménages ruraux,

susceptibles de couvrir les dépenses inhérentes à la conduite des cultures (engrais, semences, produits phytosanitaires, protection des exploitations, irrigation, main-d'œuvre, etc.), particulièrement dans les zones sèches ou marginales (terres dégradées), réduit leurs possibilités d'améliorer les rendements et de concrétiser les revenus espérés. Les feux de brousse récurrents dans certaines zones du pays constituent une contrainte non négligeable puisqu'ils entraînent un ralentissement de la croissance des plants. La situation phytosanitaire de *Jatropha* est quelque peu préoccupante à cause de diverses attaques de nuisibles (nécrose foliaire, défoliation, termites, araignées rouges et criquets) notées sur les plantations ; ces attaques varient en fonction des zones agro-écologiques (Mbaye, 2011). La recherche sur les biocarburants au Sénégal demeure encore un des maillons faibles de la filière ; celle-ci reste fragmentaire et souffre d'un déficit de synergie entre les acteurs. En conséquence, peu de données systématisées existent sur les systèmes *Jatropha* et cela constitue un handicap majeur pour l'atteinte des objectifs que l'État s'est fixés en matière de production de biodiesel. Enfin, l'absence de décrets d'application de la loi d'orientation sur la filière des biocarburants qui rend incomplet le cadre juridique et réglementaire représente aussi un obstacle non négligeable pour la promotion des biocarburants.

Rôles potentiels pour l'aménagement de la Grande Muraille Verte

Atouts de *Jatropha* comme espèce de reboisement en zone sahélienne

Jatropha est une plante bien connue des populations au Sénégal et partout dans le Sahel qui l'utilisent comme haies vives mais surtout pour ses vertus thérapeutiques. Les différentes parties de *Jatropha* font l'objet de toutes sortes d'usages médicinaux (Diédhiou, 2011). Son latex est partout réputé pour cicatriser les plaies, pour ses vertus hémostatiques et pour soigner les problèmes de peau. En application externe, il sert à traiter la gale sarcoptique des moutons et des chèvres.

Ses feuilles sont utilisées pour traiter diverses maladies parmi lesquelles, la toux. Leur décoction soigne les maux de nerfs et leur cataplasme traiterait les furoncles, les rhumatismes et la lèpre. Bien que toxiques, les graines sont souvent utilisées comme purgatif/laxatif. L'huile extraite des graines est utilisée en obstétrique (par massage) après un chauffage préalable ; elle est aussi utilisée dans le traitement des maux d'articulation et de ceux des membres (Münch et Kiefer, 1986).

Les conditions agro-écologiques du Sahel se prêtent bien à la culture de *Jatropha* qui est une espèce réputée très adaptée aux conditions climatiques arides et semi-arides et peu exigeante en intrants. Ses principaux mécanismes d'adaptation au déficit

hydrique sont la réduction de la surface foliaire, la régulation stomatique, l'accroissement de l'investissement des ressources aux racines et le stockage de l'eau dans les tiges (Cissé, 2010 ; Diaz-Lopez *et al.*, 2012).

Jatropha peut être facilement implanté dans les écosystèmes sahéliens par semis direct de graines ou repiquage direct de boutures. Elle peut aussi être reboisée avec des plants issus de pépinière à partir de graines ou de boutures. Toutefois, la méthode pépinière de pleine terre et transplantation apparaît plus intéressante en termes de coûts/efficacité et de ce fait, pourrait être généralisée. L'utilisation de boutures est surtout recommandée dans la réalisation de haies vives.

Enfin, *Jatropha* recèle d'autres atouts pour les zones sahéliennes. L'espèce n'est pas appétée et cela préserve les plantations de la dent du bétail qui est un des facteurs d'échec du reboisement au Sahel. Il existe des accessions locales performantes utilisables pour les opérations de reboisement. En effet, Diédhiou (2011) a identifié au Sénégal, cinq accessions locales qui ont des teneurs en huile élevées et comparables à celles des accessions indiennes les plus performantes.

Bénéfices potentiels de l'utilisation de *Jatropha* dans la Grande Muraille Verte

L'intégration de *Jatropha* dans les aménagements de la Grande Muraille Verte pourrait avoir des impacts positifs pour les écosystèmes et les populations locales.

Concernant les écosystèmes, il est de plus en plus établi que *Jatropha* peut jouer un rôle important dans la conservation et la régénération des sols. Ainsi, Reubens *et al.* (2011) ont montré que le système racinaire de *Jatropha* est favorable au contrôle de l'érosion hydrique et/ou éolienne. En effet, ses nombreuses ramifications latérales améliorent la cohésion du sol et ainsi, permettent de réduire fortement l'érodibilité du sol. Ruíz-Valdiviezo *et al.* (2010) ont également noté que la plantation de *Jatropha* n'inhibe pas la dynamique du carbone et de l'azote dans les sols ; elle pourrait améliorer la qualité en augmentant sa teneur en matière organique. Par ailleurs, des études récentes ont confirmé que les tourteaux de *Jatropha* peuvent être utilisés comme engrais organiques pour restaurer les sols dégradés et améliorer leur productivité (Domergue et Pirot, 2008 ; Fall, 2010). L'établissement allemand d'essais agronomiques « Landwirtschaftliche Versuchanstalt » a classé ces tourteaux comme un engrais organique complexe (contenant NPK) et à teneur marquée en azote (Münch et Kiefer, 1986). Ils donnent des résultats positifs sur les rendements de diverses cultures (coton, riz, *Jatropha*).

Concernant les avantages de *Jatropha*, il faut souligner que cette plante peut fournir de l'énergie renouvelable permettant d'améliorer les conditions de vie des populations des zones d'introduction. En effet, moyennant des modifications mineures de moteurs, l'huile pure peut être utilisée pour fournir des forces motrices. Ce type d'usage a été testé avec succès au Mali et au Sénégal pour les moulins, les motopompes pour l'irrigation et les groupes électrogènes pour la production d'électricité. L'huile peut être transformée par transestérification en biodiesel utilisable pour le fonctionnement des moteurs diesel. Par ailleurs, les sous-produits tels que les

coques issues du décorticage des fruits et les tourteaux dérivés de l'extraction de l'huile peuvent également être utilisés pour la production respectivement d'énergie thermique et de biogaz. De ce fait, si le biocarburant de *Jatropha* est utilisé de façon judicieuse, il pourrait contribuer de façon décisive à l'intensification écologique et à la résolution du problème vital de la sécurité alimentaire (huile pure, biodiesel pour les machines agricoles). Il pourrait aussi permettre de réduire le taux de déforestation et d'améliorer le bien-être des ménages ruraux (énergie pour l'éclairage, la cuisson et les appareils ménagers). Au Sahel, l'exploitation forestière pour la production d'énergie est un des moteurs de la déforestation et de ses corollaires, la désertification et la pauvreté rurale. À titre illustratif au Sénégal, les combustibles ligneux représentent 60 % du bilan énergétique du pays et plus de 80 % de la consommation énergétique totale des ménages, et plus de 4 millions de m^3 de bois sont prélevés tous les ans pour satisfaire les besoins en énergies des populations (CSE/MEPN 2005).

Également, il faut noter que la vente des graines produites par les plantations ou de savon fabriqué avec l'huile de *Jatropha* pourrait procurer des revenus substantiels directs aux populations rurales. Par ailleurs, l'impact positif potentiel de *Jatropha* sur la production agricole pourrait permettre d'augmenter les revenus agricoles. Enfin, dans la mesure où la démarche de mise en œuvre du projet de la Grande Muraille Verte est participative, les activités de production et de commercialisation de plants de *Jatropha* issus de pépinières dans lesquelles les femmes sont très impliquées sont aussi une source supplémentaire de revenus.

Conclusion

Jatropha curcas est une espèce qui fait partie actuellement de la flore du Sénégal et dont l'importance socio-économique n'est plus à démontrer. Les options politiques prises par beaucoup de pays sahéliens de développer sa culture à grande échelle s'inscrivent dans une stratégie d'anticipation des enjeux énergétiques futurs dont la maîtrise est une des conditions pour atteindre les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) et garantir un développement durable. L'intégration de cette plante dont la présence dans les systèmes agraires est devenue effective, dans les aménagements de la Grande Muraille Verte, peut avoir des impacts positifs sur les écosystèmes (conservation et régénération des sols) comme sur les populations locales (fourniture d'énergie et de revenus).

Toutefois, pour garantir un succès à une telle opération, des mesures devront être prises pour lever diverses contraintes d'ordre institutionnel, technique et socio-culturel. Il s'agira respectivement de compléter le cadre juridique et réglementaire, de renforcer la recherche-développement et de prendre en compte les attentes et le potentiel d'innovation des populations locales.

Références bibliographiques

Aponte CH,
1978. Estudio de *Jatropha curcas* L.
como recurso biotico. Diploma thesis.
Xalapa-Enríquez. University Veracruz, Mexico.

Cissé C
2010. Etude de la croissance et des réponses
à la contrainte hydrique et au stade juvénile
de six provenances locales de *J. curcas*.
Mémoire de Master, ENSA,
Université de Thiès, 49 p.

Conliffe A, Kulovesi K.
2008. *Renewable Energy in Africa Bulletin.*
Volume 149 Number 1. Winnipeg, Canada:
International Institute for Sustainable
Development (IISD). (Available from
http://www.iisd.ca/ymb/sdrea/html/ymbvol149
num1e.html) (Accessed on 2 August 2008).

CSE/MEPN
2005.- Etat de l'environnement
au Sénégal. République du Sénégal,
Ministère de l'Environnement
et de la Protection de la Nature, Dakar, 19 p.

Díaz-López L, Gimeno V, Simón I,
Martínez V, Rodríguez-Ortega WM,
García-Sánchez F,
2012. *Jatropha curcas* seedlings
show a water conservation strategy under
drought conditions based on decreasing
leaf growth and stomatal conductance.
Agricultural Water Management 105 : 48– 56.

Diédhiou D.
2011. Influence des pratiques paysannes
de gestion de la fertilité et d'entretien
des plantations sur la croissance et la production
de *Jatropha curcas* L. : cas du terroir
de Ourour (Bassin Arachidier Sénégalais).
Mémoire de Master, ENSA,
Université de Thiès, 50 p.

Domergue M, Pirot R
2008. *Jatropha curcas* L.
rapport de synthèse bibliographique.
CIRAD, AGROgeneration, Montpellier, 118 p.

ENDA-ENERGIE
2005. *Rôle des énergies renouvelables*
sur le développement des activités productives
en milieu rural ouest africain :
le cas du Sénégal.
Rapport final, 50 p.

ENEFEBIO
2007. Synthèse des enquêtes au sein des PME
au Sénégal. *Lettre d'information* N° 1, 4 p.

Fall N
2010. Impact de l'utilisation des tourteaux
de *J. curcas* sur le bio-fonctionnement
et la diversité génétique des communautés
microbiennes du sol.
Mémoire de Master, Faculté des Sciences
et Techniques, Ucad, Dakar 32 p.

Gaye B
2007, Les biocarburants, gage d'une révolution
énergétique et économique au Sénégal :
le cas du *Jatropha curcas* L.
Mémoire de Master, ISDL, 108 p.

Guengant J-P
2011 Comment bénéficier du dividende
démographique ? La démographie
au centre des trajectoires de développement
dans les pays de l'UEMOA.
Analyse pays Sénégal. AFD, 55 p.

Heller J.
Physic nut. *Jatropha curcas* L.
Promoting the conservation and use
of underutilized and neglected crops.
1. Germany. Gatersleben ;
Italy. Rome : Institute of Plant Genetics and Crop
Plant Research/International Plant Genetic
Resources Institute ; 1996, 66 p.

ISRA
2009. Programme spécial Biocarburants.
Dakar, MAP, 16 p.

KANE S
2010. Les impacts spatiaux
et socio-économiques de la culture
de Jatropha curcas L sur la dynamique
des systèmes agraires. Mémoire de maitrise,
UCAD-FLSH, Dakar, 94 p.

Mbaye B
2011. Analyse des systèmes de culture
et du comportement de *Jatropha curcas* L.
en milieu paysan dans le département
de Foundiougne. Mémoire de Master,
ENSA, Université de Thiès, Thiès, 48 p.

Minvielle J-P
1999. La question énergétique au Sahel.
Karthala, 171 p.

Münch E, Kiefer J
1986. Le Pourghère : *J. curcas*, Botanique, Ecologie, Culture, Produits de récolte, Filières de valorisation, réflexions économiques, Mémoire de fin d'études. Université de Hohenheim, Stuttgart, 302 p.

Reubens B, Achten WMJ, Maes WH, Danjon F, Aerts R, Poesen J, Muys B
2011. More than biofuel? *Jatropha curcas* root system symmetry and potential for soil erosion control. *Journal of Arid Environments* 75 : 201-205.

Ruíz-Valdiviezo VM, Luna-Guido M, Galzy A, Federico Gutiérrez-Miceli FA, Dendooven L
2010. Greenhouse gas emissions and C and N mineralization in soils of Chiapas (México) amended with leaves of *Jatropha curcas* L. *Applied Soil Ecology* 46 17–25.

SIE-Sénégal
2007. Système d'Information Énergétique du Sénégal. Rapport 2007, Dakar, 56 p.

Youm I, Sarr J, Sall M, Kane MM
2000. Renewable energy activities in Senegal: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 4 (1) : 75-89.

Partie VI

Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement en milieux arides et semi-arides

Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement

Ronald Bellefontaine
CIRAD, UMR AGAP, F-34398 Montpellier, France
ronald.bellefontaine@cirad.fr

Michel Malagnoux
Expert indépendant, retraité de la FAO, Division des ressources forestières

Aboubacar Ichaou
Phyto-écologue, Dr Ing. forestier aménagiste, Directeur DGRN/INRAN, Niamey (Niger)

Résumé

Le projet de la Grande Muraille Verte (GMV) s'est fixé plusieurs objectifs ambitieux, dont celui de réaliser l'installation et la mise en valeur intégrée d'espèces végétales à valeur économique adaptées à la sécheresse, de systèmes de production agricoles et d'autres activités génératrices de revenus. En conséquence, dans ce chapitre, après un rapide état des lieux de 1965 à 2000 retraçant les principaux acquis et les échecs relatifs à la recherche-développement dans le domaine (agro)forestier en régions arides et semi-arides, nous insisterons sur les succès récents des douze dernières années. Il serait souhaitable que ces réussites soient assimilées par les décideurs qui géreront, dans leurs pays respectifs, le développement de systèmes de production agro-sylvo-pastoraux intégrés liés à la GMV.

Dans ce cadre, diverses recommandations sont émises à la fin de ce chapitre. Elles permettront aux responsables de s'imprégner des difficultés qui les attendent pour ériger cette GMV. Rédigé par des forestiers, écologues et agroforestiers, ce chapitre fait rapidement le point des avancées dans le domaine des arbres hors forêt, des jachères et parcs agroforestiers, de l'aménagement simplifié permettant la création de marchés ruraux de bois-énergie et la gestion décentralisée des forêts et autres espaces forestiers, de l'évolution de la lutte contre l'érosion, de la restauration de la fertilité des sols, et de la stabilisation des dunes.

Sans modernisation importante et très rapide de l'itinéraire technique de production de plants, sans amélioration du fonctionnement des pépinières, la GMV risque de se solder par des déboires, immédiats ou décalés dans le temps du fait d'une croissance

juvénile perturbée, suivie de mortalités. Des études vitales et encore très peu répandues dans la zone sahélienne devront aborder en priorité l'analyse des micro-organismes telluriques qui vivent en symbiose avec les ligneux et divers aspects liés à la domestication des espèces économiquement importantes (fruitiers, arbres fourragers, bois d'œuvre), notamment les nouveaux outils moléculaires fiables pour l'évaluation de la diversité génétique, la quantification des flux de gènes et la structuration des populations, ainsi que les itinéraires techniques les plus adaptés pour multiplier végétativement les meilleurs clones.

Introduction

Diverses tentatives d'édification de murailles vertes existent : le barrage vert algérien qui a connu quelques succès, pas mal de déboires et des réorientations importantes, ou la grande muraille verte de Chine, gigantesque projet d'aménagement intégré associant plantations de ligneux et semis de plantes herbacées. Le concept récent de la Grande Muraille Verte (GMV) « précise qu'il s'agit de réaliser l'installation et la mise en valeur intégrée d'espèces végétales à valeur économique adaptées à la sécheresse, de bassins de rétention, de systèmes de production agricoles et d'autres activités génératrices de revenus, ainsi que des infrastructures sociales de base » (Bellefontaine *et al.*, 2011). Cette bande verte au sud du Sahara (de Dakar à Djibouti), large de 7 à 15 km, est située entre les isohyètes 100 et 400 mm, principalement en zone sahélienne.

Rares sont les chercheurs qui contestent aujourd'hui que le Sahel souffre de la dégradation des terres à la suite de l'exploitation (par des techniques non recommandées) du couvert végétal et des ressources en eau. D'aucuns contestent les méthodes utilisées, notamment pour estimer la dynamique du tapis herbacé (Hein *et al.*, 2011). Dans les zones *arides*, la végétation herbacée domine, avec très peu ou pas de ligneux, sauf dans les bas-fonds ; sa dynamique dépend d'un facteur d'efficacité d'utilisation des rares pluies, dont tiennent compte les bergers. Mais, les ligneux (arbres, arbustes, buissons) sont des éléments majeurs des écosystèmes *semi-arides et sud-sahéliens* notamment (steppes et savanes arbustives ou arborées). Ils participent pour une large part au développement et à l'autonomie des populations rurales de ces régions. Si dans certaines régions sahéliennes, le développement d'activités agro-sylvo-pastorales raisonnées et adaptées par les populations locales a permis un rétablissement progressif du couvert arboré et des végétaux annuels (Peltier *et al.*, 1994 ; Reij et Botoni, 2009 ; Masse *et al.*, 2011), il n'en va pas de même partout.

Les chercheurs et beaucoup d'ONG se sont mobilisés dès les années 1960 sur des thèmes sectoriels tels que la fixation des dunes, la dormance des graines, les dispositifs de défense et restauration des sols, les reboisements industriels puis villageois, la cartographie par interprétation de photos aériennes, etc. Certaines de ces expériences ont contribué à faire émerger depuis les années 1980 les connaissances

des pratiques et savoirs traditionnels (méconnus en général par les forestiers) et ont également permis d'affiner les techniques qui ont récemment fait leurs preuves (implication complète des populations durant tout le processus d'analyse multi-disciplinaire de l'état des lieux ; stratégie d'énergie domestique ; régénération naturelle assistée ; démarrage d'activités de domestication par multiplication végétative des meilleurs clones ; gestion durable des eaux et des sols ; approche correcte de l'éclaircissement – ou dédensification – de terroirs par image à très haute résolution ; etc.). Si les nombreux usages et bénéfices des ligneux sahéliens sont mieux connus depuis une trentaine d'années, il subsiste encore des lacunes. Elles retardent parfois la valorisation du bois et produits autres que le bois, qui permettrait de développer l'important potentiel de développement rural des zones arides et semi-arides. Nombreux sont les projets qui n'ont pas diffusé leurs résultats faute d'une base de données ou d'un site international (notamment francophone, car les rares revues francophones refusent les articles à thématiques aussi générales et au contenu trop volumineux). Dans le meilleur des cas, ces projets se contentent de publier un article de synthèse dans des revues peu accessibles, voire totalement inconnues des principaux utilisateurs.

Aujourd'hui, la fragilité des écosystèmes, la pression anthropique et la difficulté de maintenir la productivité des terres sont cependant reconnues par tous, les populations, les chercheurs et la société civile (Roose *et al.*, 2011). Deux éléments majeurs manquent encore pour parvenir à assurer la durabilité des ressources naturelles : le manque de cohésion nationale des différentes populations rurales (dû à leur isolement et pauvreté) et la valorisation-vulgarisation des expériences et connaissances antérieures sous des formes variées (émissions de vulgarisation pour les télévisions et radios locales, séminaires et congrès, diffusion par les réseaux sociaux, articles, livres).

Dans ce chapitre, bien que les régions arides et semi-arides soient des régions steppiques avec peu de ligneux, sauf dans les bas-fonds ou lits d'oueds, nous traiterons principalement de l'impact des ligneux sous toutes leurs formes (arbre, arbrisseau, buisson) sur l'écosystème et sur les ressources naturelles (eau et terre, notamment). Il est évident que la strate herbacée et le pastoralisme doivent être intégrés dans les programmes forestiers tels que la GMV. Nous établirons rapidement un état des lieux se reportant principalement aux années 1965-2000, puis nous aborderons les principaux succès récents (après 2001), encore souvent méconnus, qu'il conviendrait d'amplifier et de généraliser.

État des lieux

Connaissances éparses relatives aux *arbres hors forêt*

Jusqu'à la fin du XXe siècle, les préoccupations à l'égard des forêts de la planète ont occulté les ressources arborées *hors forêt* qui, par leur caractère intersectoriel et

multifonctionnel, étaient l'objet d'une approche beaucoup plus diffuse, passant par l'agroforesterie, le sylvo-pastoralisme, la foresterie urbaine et rurale. Les évaluations successives des ressources forestières mondiales (FAO, 2010) étaient jusqu'alors limitées à celle des forêts *stricto sensu* sans tenir compte des arbres et buissons situés sur les terres agricoles, urbaines, ou dans les savanes et steppes arides et semi-arides. En 1996 à Kotka, en Finlande, la consultation d'experts sur les questions d'évaluation des ressources forestières a manifesté le souci de disposer d'informations sur les *arbres hors forêt.*

On ne connaissait quasiment rien de leur contribution à l'économie rurale, au développement rural et à la qualité du cadre de vie, de leur dynamique notamment en liaison avec la disparition de superficies forestières, des modes d'appropriation de ces ressources et règles foncières. Or, l'arbre hors forêt, ressource dispersée aux fonctions multiples est bien connu des paysans. Procurant de nombreux produits et des services environnementaux, l'arbre hors forêt est le plus souvent approprié et cultivé par l'homme. Alors que les ressources forestières sont généralement connues et cartographiées, les informations et les données sur les ressources ligneuses hors forêt sont fragmentaires, dispersées, ponctuelles. Depuis toujours les arbres hors forêt font partie de la vie quotidienne des populations du globe : arbres fruitiers, des champs, des parcs, d'agrément, arbustes sauvages, futaies et bosquets de petite superficie, systèmes linéaires tels que brise-vent et haies, boqueteaux isolés. « Les *arbres hors forêt* avaient été oubliés des évaluations des ressources naturelles, négligés des statistiques, ignorés des politiques, délaissés des législations, quasiment écartés des recherches et éclipsés des discussions publiques » (Bellefontaine *et al.*, 2002). Ce n'est que depuis une quinzaine d'années qu'ils commencent à prétendre au statut de ressource à part entière (Alexandre *et al.,* 1999 ; Unesco/Cirad, 2004), car l'augmentation de la population et la demande accrue en produits ligneux et non ligneux ont fait que les décideurs et les planificateurs ont alors progressivement perçu l'ampleur des perspectives, jusque-là insoupçonnées, qu'offraient les arbres hors forêt pour l'aménagement durable des ressources naturelles et la gestion intégrée des terres forestières, agricoles, pastorales et urbaines.

Pression sur les ligneux et éclaircissement du couvert arboré

Le manque de coordination et de communications relatives aux nombreuses actions forestières entreprises et la non-implication des populations ont découragé ces dernières, qui dès lors n'ont pas respecté les règlements et ont cherché à vendre le bois-énergie et les coproduits, quitte à accentuer l'exploitation des ressources forestières. Le manque de précisions, informations ou lois relatives à la destination des revenus forestiers tirés des ligneux exploités par des bûcherons allochtones dans leurs terroirs ruraux a accentué la surexploitation des ressources naturelles, car le milieu rural doit alimenter les villes en bois-énergie, charbon de bois et bois d'œuvre (Mazoyer, 1991). Source de revenus importants pour les populations, cette exploitation ligneuse se pratique généralement sans bien prendre en compte d'autres activités alternatives et génératrices de revenus. Les auréoles de désertification sur plusieurs dizaines de kilomètres autour de nombreuses agglomérations sahéliennes se sont

élargies, car ces espaces en libre accès sont exploités au-delà de leurs capacités de régénération (fig. 1). L'arbre sur pied n'a que peu ou pas de valeur (Ichaou, 1995 et 2000). L'approvisionnement des villes en combustible domestique est resté jusqu'à la fin du XXe siècle souvent incontrôlé (sauf dans certaines régions du Mali, Burkina faso, Niger, etc.).

© R. Bellefontaine

Figure 1.
Cap Vert, près de Cidade Velha : surexploitation et désertification.

De plus, certains espaces forestiers ont été convertis par l'agriculture ou l'élevage intensif. Mais, c'est principalement la densité du recouvrement forestier qui a diminué de façon inquiétante dans les régions semi-arides. La comparaison diachronique de photographies aériennes et d'images satellitaires à haute résolution (de type Ikonos) permet d'observer cet éclaircissement du couvert arboré dans l'arganeraie marocaine (Le Polain de Waroux, 2012) ou ailleurs (Hirche *et al.*, 2011). Les populations rurales se voient privées, de manière lente mais inexorable, d'espèces appréciées pour leurs vertus thérapeutiques, protectrices et nourricières.

Dans le domaine varié des ligneux sahéliens, tels que les espaces forestiers, les steppes arbustives, les brousses tigrées, les parcs agroforestiers, les forêts ripicoles, de très nombreux acteurs (étatiques et para-étatiques, autorités politiques, ONG, coopérations, organismes internationaux, commerçants, populations) interviennent depuis un demi-siècle à travers des projets et plans divers, sans une cohésion rigoureuse et une programmation stratégique. Depuis Rio 1992, tous ces acteurs se sont progressivement mis d'accord pour dire qu'il est nécessaire d'opter pour une réelle approche participative en matière de gestion des formations forestières et de l'environnement, mais dans de nombreux pays les conditions sous-jacentes pour garantir des bons

résultats par cette approche ne sont pas toujours créées et soutenues par l'État, les collectivités et les services techniques. Les intérêts à court terme des populations, qui réclament des retombées immédiates, divergent des objectifs à long terme des services forestiers. Il est vrai qu'impliquer l'ensemble des populations rurales d'un pays entier dans un seul programme est en général irréalisable, faute de moyens. C'est pourquoi, les projets (1970-1990) tentaient de créer des conditions durables et reproductibles dans certaines régions afin que petit à petit l'implication réelle et pérenne des populations des régions voisines impose une nouvelle conception de la répartition des tâches entre elles et l'État, ainsi que la modification de la législation, l'organisation de marchés et un encadrement institutionnel adéquat.

Jachères et parcs agroforestiers

De nombreux travaux et projets relatifs aux jachères et aux parcs agroforestiers ont été menés et ont été présentés lors de séminaires (Piéri, 1989 ; Floret et Serpantié, 1993 ; Riedacker *et al.*, 1993 ; Bonetti et Jouve, 1999) ou de synthèses (Dupriez et De Leener, 1987 ; Cirad-Forêt, 1996 ; Boffa, 2000), car l'importance des ressources forestières (bois et produits forestiers autres que le bois) que l'on trouve dans les terroirs agricoles n'était dans les années 1970-1980 que rarement évaluée. Dans toute la zone sahélienne, du fait d'un déséquilibre entre l'offre et la demande en énergie domestique, l'aménagement des ressources forestières complémentaires telles que celles des jachères s'avère donc capital pour satisfaire l'ensemble de besoins énergétiques aussi bien des ruraux que des citadins.

Dans le système traditionnel d'utilisation des sols en Afrique tropicale, grâce à des indicateurs biophysiques, le paysan arrivait à suivre l'évolution de la fertilité et pouvait déterminer le moment de la remise en culture de la jachère. Outre la remontée de la fertilité, la jachère joue d'autres rôles : production de bois et plantes médicinales, source de produits alimentaires et de fourrage, outils de gestion de terroir villageois. Aujourd'hui, cette pratique est largement en crise du fait de la pression démographique, de l'extension des cultures de rente et d'une certaine désorganisation dans les modes de gestion des ressources naturelles. Les durées des jachères sont fortement réduites, la remontée biologique est devenue lente et incomplète, les jachères se raréfient, changent de nature et de type d'exploitation, notamment sur le plan forestier.

Pour ce qui concerne les arbres des terroirs cultivés, au Niger par exemple, des investigations plus poussées sur les formations forestières des terroirs villageois cultivés ont été réalisées lors de l'élaboration du Schéma directeur d'approvisionnement en bois-énergie de la ville de Niamey (SDAN) en 1991. S'inspirant de résultats des enquêtes filières des années 1986 et 1990, le SDAN a permis de mettre en évidence que les terroirs agricoles contribuaient dans la production du bois-énergie commercialisé pour un pourcentage non négligeable (Mazoyer, 1991). L'intérêt des formations ligneuses des terroirs villageois cultivés a été démontré dès 1993 au Niger (Ichaou, 1992, 1993) devant la montée de la demande en bois de la ville de Niamey et l'insuffisance de l'offre en bois-énergie des diverses formations forestières classées ou non. En effet, devant la situation de certaines zones agricoles très peuplées

où les jachères et *a fortiori* les forêts avaient disparu, le manque de bois de feu s'est fait cruellement sentir (régions de Zinder, Maradi, Magaria). Il a donc été nécessaire de chercher des solutions pour gérer les arbres épars des champs représentant les dernières ressources en bois de feu (Ichaou, 1995). Les ressources ligneuses des terroirs cultivés autour de Niamey sont loin d'être négligeables (proche de cinq stères par houppier pour les grands arbres), encore faut-il ne pas abattre les arbres jusqu'aux derniers, mais utiliser des techniques plus souples et convenables comme l'émondage et l'élagage partiel, sans étêtage ou éhoupage afin de ne pas mettre en péril la survie de l'arbre (Bellefontaine *et al.*, 2002). Dans ce cadre, le Projet Énergie II (PE II) mit alors en place les premiers aménagements villageois simplifiés (Peltier *et al.*, 1994 ; Boureima, 2002, 2003) prenant en compte les arbres épars des champs et forêts résiduelles. Par la suite, le Projet Énergie domestique qui a succédé au PE II, devant l'importance démontrée des ressources ligneuses des terroirs villageois, a lancé des expériences d'aménagement simplifié dans diverses zones écologiques du Niger (d'Herbès *et al.*, 1997 ; Bellefontaine, 1999).

La transformation d'une forêt en parc agroforestier permet souvent de changer le statut juridique de l'espace et des ressources qu'il contient. La transformation agroforestière sert toujours à redéfinir la base des relations entre les diverses catégories d'acteurs au sujet de l'accès et du contrôle de ressources et d'espaces vitaux. « À l'échelon local, ce processus d'appropriation permet de transformer un espace au départ collectif en terre à statut d'appropriation plus privée, sous le contrôle individuel d'un village, un propriétaire ou un clan. Dans les relations avec l'administration nationale, l'appropriation permet aux paysans de mieux revendiquer des droits coutumiers de propriété sur des espaces traditionnellement intégrés au territoire villageois, mais en litige. Enfin, elle permet de créer des patrimoines fonciers transmissibles aux générations futures et constitue donc un acte fondateur essentiel des familles, des lignages ou des clans » (Bellefontaine *et al.*, 2002).

Cette participation accrue des populations rurales aux projets de gestion des ressources forestières a contribué dans certains pays à asseoir la toile de fond effective à la décentralisation administrative effective. En impliquant ou en transférant une partie du contrôle des forêts naturelles aux communautés locales, les nouvelles politiques forestières des pays sahéliens introduisaient en effet un changement institutionnel profond. Un tel transfert constituait un premier pas vers une gestion décentralisée des ressources, annonçant déjà le processus de décentralisation politique qui est effectif actuellement dans certains pays. Dans ce contexte, les rôles et responsabilités des services de l'environnement étaient donc censés évoluer au fur et à mesure que les nouvelles politiques sont mises en œuvre, d'une gestion effective vers l'encadrement et le conseil technique.

Pépinières obsolètes et graines de faible qualité

Des techniques obsolètes (sachets en polyéthylène avec ou sans fond, mottes précontraintes à base d'argile, etc.) sont encore utilisées de nos jours, alors qu'elles devraient être définitivement abandonnées. L'analyse de la mortalité et de la faible croissance de reboisements en Europe a été réalisée dans les années 1975-1995

(Franclet et Najar, 1978 ; Guehl *et al.*, 1989 ; Lemaire *et al.*, 1989 ; Argillier *et al.*, 1991). Les mortalités, immédiates ou après quelques années, étaient trop importantes et la croissance nettement insuffisante du fait de malformations racinaires telles que chignons, baïonnettes, crosses, etc. Très vite, les soupçons se sont tournés vers les sachets qui entraînent presque toujours la formation de chignons dont il est impossible de se débarrasser. Ces racines, même coupées, ne se développeront pas correctement et le plant est condamné : il s'agit d'un caractère acquis. Les déformations des racines (fig. 2) perturbent pendant de longues années le fonctionnement physiologique et le bon développement racinaire, nécessaires à l'exploitation des ressources hydriques et minérales du site de plantation (Riedacker, 1978 ; Falconnet *et al.*, 1990).

Figure 2.
Conteneur totalement inadapté induisant un chignon racinaire.

En ce qui concerne les graines, les forestiers sahéliens ont accumulé dans les années 1970-1980 une masse considérable d'informations relatives à la reproduction sexuée, notamment la physiologie des semences : germination, modes de prétraitement et conservation (Somé et de Kam, 1993 ; Bellefontaine, 1993 ; Olesen, 1996 ; Ouedraogo et Boffa, 1999). Avant les années 1970 au Sahel, aucun peuplement semencier n'avait été délimité. Les graines étaient récoltées sur une base génétique excessivement étroite (en général sur un arbre fructifère, parfois sur plusieurs si la demande était importante). De plus, il n'y avait généralement pas de sélection des arbres-mères. En ce qui concerne la phénologie des espèces ligneuses des climats sahéliens et sahélo-soudaniens, les observations étaient rares, éparses, incomplètes et peu ou non diffusées. Ces études permettaient au mieux d'élaborer un canevas « relativement précis » pour la fructification, plus rarement pour la floraison et la période optimale de fécondation.

Déficit chronique des régénérations naturelles

L'ensemencement naturel des ligneux est perturbé par les conditions climatiques, le surpâturage, parfois les feux de brousse, ce qui dans le meilleur des cas induit une croissance aléatoire ou lente. Les graines, lorsqu'elles parviennent à germer et à s'installer définitivement, contribuent à maintenir une variabilité génétique importante. De très nombreux témoignages de forestiers des zones sèches signalent que même si une espèce a une régénération sexuée prolifique, les germinations en tapis dru peuvent s'éclaircir, puis s'estomper au fil de l'installation de la saison sèche et des passages répétés des troupeaux, pour n'aboutir après une année entière qu'à de rarissimes plantules rescapées dans des buissons épineux (Ouedraogo *et al.,* 2006). Ainsi dans les zones sahéliennes du Burkina Faso, « nombreuses sont les espèces qui ont vu leur population diminuer, ou qui ont disparu. Elles sont confinées dans les bas-fonds et concurrencent les cultures maraîchères. Quelques espèces des zones sahélo-sahariennes (*Acacia tortilis, A. ehrenbergianna, Leptadenia pyrotechnica*) sont en accroissement numérique, mais la dynamique de la flore et de la végétation ligneuses est caractérisée par une régression de la densité ligneuse de 11,4 % entre 1994 et 2004 » (Ganaba, 2008). Dans la partie orientale du Burkina Faso, « la régénération naturelle est très faible ou quasiment réduite à une levée plus ou moins abondante de cohortes de plantules qui ne vivent que la période d'une saison humide ... ; ... la tendance à la régression apparaît pour huit espèces : *Bombax costatum, Bosweilla dalzielii, Burkea africana, Pterocarpus lucens, P. erinaceus*, qui présentent des structures de populations dégradées ou vieillissantes. *P. lucens* subit une importante mortalité. Quant à Afz*elia africana, Dalbergia melanoxylon* et *Sterculia setigera*, la faible vitalité de leurs sujets et/ou leurs difficultés de régénération évoquent des signes de régression naturelle » (Ouédraogo, 2006). Autre exemple, une étude de la régénération d'*Acacia senegal* en Mauritanie a montré que celle-ci pouvait s'établir d'autant mieux que les puits étaient ensablés, rendant la zone inaccessible aux troupeaux (Malagnoux et Jeanjean, 1989) !

Remarquons que lors de la réalisation d'inventaires en forêt, il est souvent très difficile de distinguer un semis d'un plant issu de propagation végétative, ce qui biaise les inventaires où toutes les formes de régénération sont regroupées, de manière erronée, sous le vocable *semis naturels* ou *recru*. Or pour certaines espèces et dans certains sites, l'origine des arbres peut être plus végétative que sexuée (Hasnaoui, 1991 ; Catinot, 1994 ; Bellefontaine, 2005). Dans les régions semi-arides et arides, ou lors d'une succession d'années très sèches, la régénération de certaines espèces est principalement assurée par la multiplication végétative naturelle (rejets, drageons, marcottes) prenant le relais de l'ensemencement naturel (Bationo *et al.,* 2001 ; Ouedraogo, 2006 ; Ky-Dembélé *et al.,* 2007 ; Meunier *et al.*, 2008 ; Bognounou *et al.*, 2010 ; Morin *et al.,* 2010). Ce qui induirait à la longue une augmentation de la consanguinité, car tous les arbres proches d'un arbre-mère étant génotypiquement identiques, des risques de dégénérescence et de pertes de productivité et/ou de résistance à diverses attaques, pourraient se produire, surtout si après quelques années de sécheresse, un cycle humide permet à nouveau la germination et l'installation de graines (provenant alors du croisement d'arbres spatialement différents, mais génotypiquement identiques).

Plantations encore trop rares et réutilisation des eaux usées

La régénération artificielle des espèces forestières se fait notamment par voie de semis ou par plantation. Ceci requiert l'obtention de semences, l'installation de pépinières, de nombreux achats (conteneurs, terreaux, engrais, etc.) et l'entretien régulier des plantules pendant plusieurs mois. La préparation des espaces réservés aux plantations de grandes superficies est également très onéreuse. Les taux de réussite des plantations industrielles ou des *bois de village* des années 1980 n'ont jamais été importants, car la propriété du bois et des coproduits n'était pas clairement établie. Les populations locales ne les ont pas acceptées. La divagation durant huit à neuf mois par an des animaux domestiques et le surpâturage intense, très localisé sur des espaces réduits pendant la saison des cultures, ont entraîné des pertes conséquentes. Ces plantations ont détruit des massifs naturels (assimilés comme *peu productifs* de manière erronée par des économistes étrangers) ; elles étaient réalisées souvent à base d'espèces exotiques (parfois envahissantes – Tassin *et al.*, 2009). Elles se sont avérées coûteuses, peu productives et ont été souvent dégradées par le feu, les troupeaux et les coupes illégales. À partir de la fin des années 1980, les financements et subventions se sont portés sur l'aménagement des forêts naturelles existantes et non plus en faveur de plantations, non souhaitées par les populations rurales.

Dans certaines zones touristiques, à l'écart du centre des villes, il y a eu aussi quelques tentatives de plantations d'espèces à croissance rapide en zones arides (Koweit, Tunisie, Égypte), mais en utilisant les eaux partiellement traitées des stations d'épuration voisines (Bartolone et Arlosoroff, 1987 ; Braatz et Kandiah, 1996 ; Bellefontaine, 1998). En 1996, le plan de recyclage des eaux usées de la ville de Mexico était de 90 000 ha et 7 à 8 pour cent du volume total des eaux usées urbaines produites dans l'État de Californie est recyclé pour l'irrigation des espaces verts (Braatz et Kandiah, 1996). Si la croissance est spectaculaire et le retour bien réel d'une biosphère en deux ou trois années (fig. 3) dans ces terres autrefois désertiques, il reste néanmoins beaucoup de problèmes à régler.

© R. Bellefontaine

Figure 3.
*En Égypte, à Luxor, le couvert arboré se referme en 22 mois, le sol est ombragé, la microfaune et la faune se développent. Plantation d'*Acacia saligna *et* Eucalyptus camaldulensis *hybridés.*

Premières études relatives à l'efficacité des micro-auxiliaires symbiotiques

Peu développées dans les années 1970 en Afrique, les recherches relatives aux relations de symbioses bactériennes ou fongiques des ligneux au niveau de leurs racines se sont quelque peu multipliées dans les années1990-2000, mais bien plus pour les zones humides (*Eucalyptus, Acacia, Casuarina*, etc.) que pour les zones semi-arides. Les forestiers africains, notamment ceux qui œuvrent *en zones sahéliennes*, sont encore bien trop peu sensibilisés au fait que la durabilité des écosystèmes repose notamment sur les symbioses (en complément avec d'autres facteurs). Ces associations mutualistes entre micro-organismes telluriques et arbres sont aujourd'hui encore bien trop peu étudiées et testées dans les régions arides et semi-arides, alors qu'elles sont capitales. En effet, elles permettent la fixation d'azote atmosphérique, facilitent la biodisponibilité en phosphore et fer (Hinsinger, 2001), augmentent la résistance aux stress hydriques en particulier (Duponnois *et al.*, 2007) et ont un impact sur la vitesse de croissance juvénile et la santé des plantules mises en terre.

Le recouvrement arboré, buissonnant et herbacé d'un sol doit être maintenu. Si les deux premières strates sont surexploitées, la troisième est souvent condamnée à plus ou moins longue échéance. Beaucoup de plantes du sous-étage sont des plantes « nurses » qui abritent des champignons mycorhiziens. Ainsi, par exemple, lorsque les plantes compagnes (herbacées et buissonnantes) disparaissent, le couvert arboré se réduit, la qualité des sols s'altère, les principaux cycles biogéochimiques des sols sont irrémédiablement perturbés (Duponnois *et al.*, 2010).

Lutte contre l'érosion et l'ensablement

La restauration des terrains de montagne entreprise en France dès le milieu du XVIIIe siècle est devenue une politique officielle du pays par la loi de 1882 qui introduit la création de périmètres domaniaux de restauration des terrains en montagne (RTM) sur les zones les plus sensibles dans le cadre de la protection contre les mouvements de terrain et les avalanches. Ces derniers sont dus à la surpopulation de ces zones, un surpâturage et une déforestation massive (bois de chauffage par les populations locales et besoins croissants du pays en bois d'œuvre). L'action RTM introduit la correction des torrents par une double composante de génie civil (ouvrages de maçonnerie, seuils, banquettes, gabions, fascines) et de génie biologique (reboisements et végétalisation des berges et lits des torrents). Le défrichement de la Grande Prairie aux États-Unis, suivi de l'apparition de nuages de poussière obscurcissant le ciel de régions entières dans les années 1930 (*Dust Bowl*), a permis de développer des techniques de Conservation de l'eau et des sols (CES). Les techniques de Défense et restauration des sols (DRS) ont pris un réel essor en Méditerranée à partir des années 1950.

Malheureusement, ces techniques n'avaient que de faibles effets sur la productivité des sols cultivés et n'intéressaient pas directement les paysans. Il a fallu attendre que le concept de la Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et des sols (GCES) soit développé à la fin des années 1980 pour que les paysans se le réapproprient. La

CGES partait du principe que ces derniers n'étaient prêts à investir leur temps de travail que sur les bonnes terres où il existe des risques potentiels de dégradation et non sur les terres déjà érodées et très appauvries (Roose et De Noni, 1998).

Bien qu'associés communément aux zones arides et notamment aux déserts, l'ensablement des terres et la formation de dunes sont des phénomènes constatés dans de nombreux pays, sur tous les continents. Mais c'est bien dans les zones semi-arides principalement que ces phénomènes prennent de l'ampleur en raison de la fragilité du couvert végétal et des sols, surtout pendant une période de sécheresses annuelles consécutives. De tout temps, des techniques traditionnelles de lutte préventive ou curative ont permis aux populations concernées de contrer ponctuellement ces phénomènes. Le Danemark est un des premiers pays à avoir tenté de stabiliser les dunes qui menaçaient les terres agricoles et les habitations. Les premières réglementations connues dans ce pays remontent à 1539, mais c'est vers le milieu du XIXe siècle qu'un grand nombre de plantations forestières ont été réalisées sur dunes. En France, les premiers travaux significatifs de fixation des dunes des Landes de Gascogne ont commencé en 1713 et se sont poursuivis tout au long du XVIIIe siècle. Mais c'est au début du XIXe siècle que ces travaux ont été menés à grande échelle. En 1857, une loi « d'assainissement et de mise en culture des Landes de Gascogne » imposa à toutes les communes de cette région de boiser leur territoire.

Dans les zones sahéliennes, la lutte contre l'érosion éolienne et les déplacements des dunes a débuté en Mauritanie, Sénégal, Niger dans les années 1970.

Succès récents

Gestion conservatoire des arbres *hors forêt*

Depuis une dizaine d'années, les connaissances sur la dynamique et la productivité des *arbres hors forêt* se sont multipliées. Leur définition, encadrée selon les critères pré-établis de la FAO, a permis cependant de mieux se les représenter (Bellefontaine *et al.*, 2002 ; Pain-Orcet et Bellefontaine, 2004). Cette ressource dont l'importance a été démontrée se présente selon des dispositifs de fonctions et de structures diverses : isolés, en boqueteaux, en parcs agroforestiers ou en systèmes linéaires. Pour ces derniers, quatre types principaux sont notés : la haie, le brise-vent, l'alignement d'arbres (le long des routes et autres voies de communications) et la ripisylve, frange étroite, voire discontinue d'arbres le long de cours d'eau permanents, temporaires ou même phréatiques (forêts alluviales, forêts-galeries qui ont été défrichées, drainées et mises en culture) (Bellefontaine *et al.*, 2002). Les études pour les domestiquer ou pour augmenter leur productivité sont en cours pour les espèces les plus importantes économiquement parlant (*Butyrospermum parkii, Argania spinosa,* etc.). Les techniques agroforestières se généralisent petit à petit (Pouliot *et al.*, 2011 ; Nklo *et al.*, 2010 ; Osman *et al.*, 2011) et permettront de mieux tirer profit de l'interaction arbres/herbes/animaux.

Des privés ont ainsi planté récemment des banques fourragères à base de *Pterocarpus lucens, P. erinaceus, Khaya senegalensis* particulièrement rentables pendant les périodes de soudure. Le feuillage vert fait l'objet d'un commerce pour nourrir le petit bétail citadin. Ailleurs, ce sont les fruits (*Prosopis juliflora, Faidherbia albida,* etc.) qui sont commercialisés. Ce système d'affouragement en vert relativement intensif est courant dans certaines régions d'Afrique, ce qui pose indirectement le problème de la gestion appropriée et durable de ces arbres souvent mutilés. Des recherches sur l'émondage, l'élagage, l'érussage et l'étêtage (fig. 4) doivent être entreprises en fonction de l'âge, de la saison et du climat (Bellefontaine *et al.,* 2002).

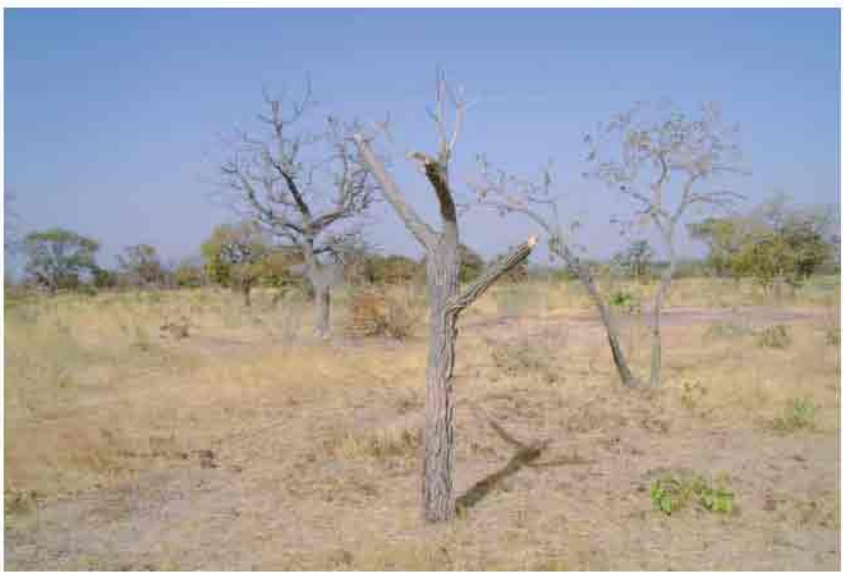


Figure 4.
Jeune Bombax costatum *au Burkina Faso,*
écimé pour la récolte des fleurs utiles dans l'alimentation.

Depuis peu, les espèces les plus intéressantes et vitales pour l'alimentation humaine (baobabs, nérés, karités, mais aussi l'arganier au nord du Sahara) font l'objet de projets particuliers (Gouwakinnou *et al.,* 2009 ; Bellefontaine, 2010 ; Raebild *et al.,* 2011 ; Noubissié-Tchiagam *et al.,* 2011). La labellisation des coproduits récoltés sur les ligneux à usages multiples peut être porteuse de bénéfices, mais la traçabilité des produits de terroir est soumise à diverses contraintes. « Les labels, indications géographiques et l'écocertification sont des réponses possibles aux nombreux problèmes rencontrés par les populations rurales. Or, c'est dans ces zones rurales que le niveau de vie est le plus étroitement dépendant de l'abondance des ressources naturelles. L'arbre hors forêt est un enjeu crucial dans les relations entre les villes et les campagnes. Les efforts de restauration de terres dégradées et de re-densification

arborée par la régénération naturelle assistée, notamment doivent être encouragés par l'État et les organisations internationales. Cependant, c'est à la motivation des acteurs économiques, agriculteurs, éleveurs, élus locaux, et autres partenaires, qu'il faut faire appel pour insuffler une réelle dynamique de gestion des arbres débouchant sur une véritable rentabilisation de la ressource et de ses coproduits » (Bellefontaine *et al.*, 2002).

Aménagement communautaire des forêts et des parcs

Le Niger, le Mali et le Cirad notamment ont mis en œuvre la Stratégie d'énergie domestique (SED), qui a apporté une contribution assez significative en matière d'aménagement des forêts naturelles au Sahel (Peltier *et al.*, 1994 ; d'Herbès *et al.*, 1997). La démarche adoptée se base sur quatre objectifs principaux : la valorisation commerciale de l'arbre, la responsabilisation et la satisfaction des besoins (en bois-énergie et en coproduits divers) des populations rurales et urbaines, la création d'emplois et de revenus, la gestion durable des ressources ligneuses. Cette démarche est avant tout une approche économique, sociétale et environnementale et reste la seule valable pour des pays aux moyens limités avec comme principes de base :

– l'élaboration, l'adaptation et l'application d'une nouvelle fiscalité sur le bois plus conforme. Elle favorise la responsabilisation effective des communautés locales : perception de la taxe par les représentants des villageois, répartition de cette taxe entre le Trésor national, les budgets des collectivités locales et les communautés rurales. Cette fiscalité constitue aussi et en priorité un véritable instrument de lutte contre la désertification : taxation différentielle selon les distances et les zones d'approvisionnement, et selon l'impact négatif des systèmes d'exploitation sur la dégradation des ressources forestières. Le fait majeur de cette fiscalité est qu'elle permet aux populations riveraines de délivrer elles-mêmes les coupons de transport du bois. Elles s'approprient les ressources des terroirs sylvo-pastoraux et réduisent les fraudes (Peltier *et al.*, 2009 ; Rives *et al.*, 2010) ;

– l'organisation et la responsabilisation des populations pour la mise en place de marchés ruraux de bois-énergie (MRBE) en vue de la prise en charge de la gestion de leurs ressources forestières ; ils limitent au maximum une implication trop opérationnelle de l'administration forestière. Il s'agit là d'un pas important vers la décentralisation ;

– l'organisation de la filière-bois, de la profession d'exploitant de bois, de conditions favorables pour un développement économique et social au niveau local ;

– la définition des techniques d'aménagement pour les formations forestières sahéliennes, négociées et s'adaptant aux exigences des populations riveraines. Pour chaque village riverain, la délimitation du massif forestier est un préalable incontournable.

Avec la création de structures villageoises relativement performantes, l'arbre acquiert une valeur monétaire importante aux yeux des populations riveraines et peut servir notamment pour des actions de restauration. C'est le principe de la Stratégie d'énergie domestique (SED). Cette fiscalité relative au bois-énergie constitue un atout essentiel pour favoriser la généralisation des aménagements sylvo-pastoraux. Les nouveaux textes législatifs favorisent et avantagent les producteurs ruraux

organisés en MRBE. Les propriétaires de forêts plantées (privées) et les groupements de producteurs sont exemptés de la taxe, celle-ci étant assise sur le transport et le commerce du bois en ville. Les zones aménagées sont protégées par auto-contrôle des riverains : les acteurs économiques étrangers ou extérieurs n'ont plus accès aux ressources et les commerçants-transporteurs sont orientés vers les zones les plus favorables, par l'intermédiaire de la taxation différentielle (d'Herbès *et al.*, 1997).

Dans bien des pays de la région sahélienne, la forêt était considérée comme un bien en libre accès ; les bûcherons des villes pouvaient exploiter les forêts à leur guise, sans effort financier important, car l'arbre n'avait quasi aucune valeur (Peltier *et al.*, 1994 et 2009). Par l'intermédiaire des marchés ruraux, l'injection régulière de masses monétaires, généralement considérables pour des paysans non fortunés, induit un autofinancement local des actions de développement. Les MRBE ont permis d'injecter des millions de francs CFA au titre des ventes de bois dans les localités concernées, qui sont à la base de la création d'emplois, la réduction de l'exode des jeunes, le développement d'autres activités à caractère économique et social : réparation d'ouvrages hydrauliques, construction d'écoles, mosquées, et autres bâtiments sociaux, banques de céréales, achat d'intrants, etc.

Malgré une première approche techniciste (inventaire et parcellaire, travaux de régénération coûteux, etc.), la SED a notamment apporté des réformes significatives sur les plans de l'organisation paysanne (marché rural) et de la fiscalité sur le bois, ainsi qu'en matière de financement (réduction au minimum nécessaire des subventions) et de la libéralisation des prix du bois au niveau des structures villageoises de gestion (Peltier *et al.*, 2009).

Les perspectives de développement d'aménagements sylvo-pastoraux sur ces nouvelles bases sont nombreuses et résolument optimistes, à condition d'adopter et d'encourager :

– une approche souple, en prenant en compte également les savoir-faire locaux ;

– la vulgarisation de techniques de régénération les plus efficaces et facilement maîtrisables, notamment sur le plan des coûts ;

– la promotion de structures villageoises de gestion très légères (MRBE) ;

– la formation des membres des structures villageoises de gestion ;

– la mise en place d'un cadre institutionnel adéquat, plus incitatif sur le plan fiscal et foncier ;

– l'intensification de l'agriculture et de l'élevage, afin de réduire leur pression sur les ressources forestières (Bellefontaine *et al.*, 2002).

Le combat contre la dégradation des espaces forestiers du Sahel ne peut être gagné que par une gestion rationnelle des forêts naturelles par les communautés rurales elles-mêmes (aménagements sylvo-pastoraux villageois participatifs), ce qui n'exclut pas certaines formes de reboisements et de régénération assistée protégée. La dynamique de l'évolution du couvert arboré n'est pas en sens unique. Ainsi, dans la région de Maradi (Niger), l'analyse diachronique de 1972 à 2005 montre une avancée du front agricole qui se traduit par une diminution des superficies forestières de 20 %, mais parallèlement une extension (9 %) des zones de cultures sous parc arboré (Mahamane *et al.*, 2007).

Une meilleure connaissance des filières de produits forestiers ligneux et non ligneux et la nécessité d'une politique globale *à long terme,* intégrant des éléments techniques, économiques, écologiques, environnementaux et sociaux, doivent être la toile de fond pour appuyer les volontés politiques affichées par les États et les collectivités locales dans ce domaine. À cet effet, les perspectives de développement de l'utilisation des ressources naturelles renouvelables visent à retrouver une péréquation équitable entre les différentes sources d'énergie, en revalorisant le bois qui offre un enjeu déterminant pour la préservation de l'environnement, pour le maintien et la création d'emplois en milieu rural, pour l'adaptation de l'agriculture et l'aménagement de l'espace rural. Les éléments d'analyse sur ce sujet mettent en évidence les efforts consentis en termes de contribution dans la gestion forestière locale de bien de pays sahéliens (FAO, 2009). Ils s'intègrent ainsi dans un cadre fédérateur de toutes les stratégies sectorielles existantes ou en cours d'élaboration dans ces pays notamment dans ces deux axes, à savoir :

– prévenir les risques de dégradation des forêts villageoises, améliorer la sécurité alimentaire et gérer durablement les ressources naturelles renouvelables pour sécuriser les conditions de vie des populations ;

– renforcer les capacités des institutions publiques de développement forestier et des organisations rurales pour améliorer la gestion du secteur rural de manière générale.

L'aménagement participatif des forêts et des espaces forestiers partagés avec les pasteurs transhumants doit se baser sur trois piliers essentiels pour impliquer les populations et les divers acteurs économiques :

– un accès libre à l'information ;

– la participation depuis le début aux processus décisionnels ;

– l'accès à la justice équitable en cas de conflits.

Création de pépinières modernes

L'introduction de nouvelles techniques culturales permet de produire des plants sains, bien proportionnés qui, en plantations ne nécessiteront pas de regarnis (mortalité très faible) et se développeront ensuite vigoureusement. Rares sont les pays des zones semi-arides usant d'un itinéraire technique convenable et disposant de pépinières modernes, outil fondamental dans le cadre du projet de Grande Muraille Verte !

De nos jours, on sait que pour produire des plants dotés d'un enracinement de qualité (disposant de plusieurs racines pivotantes et d'un réseau étoffé de racines latérales) et pour assurer un taux ultérieur appréciable de survie et de croissance dans les reboisements, l'impact des godets rigides rainurés (ou de conteneurs alvéolés-rainurés) placés à 30 cm au minimum du sol (*hors sol),* l'optimisation des substrats standards et reproductibles et la fertilisation sont déterminants.

En Europe depuis les années 1980-1990, l'usage de substrats à base organique (tourbes, écorces compostées) s'est généralisé, associé à des itinéraires techniques spéciaux pour le pilotage de l'irrigation et de la fertilisation et à l'organisation des sites de production (Argillier *et al.,* 1991). Un substrat inapproprié, tels les substrats à base exclusive de terre, d'humus et de sable, montre des problèmes de densité racinaire et de cohérence de la motte et d'interface sol-motte lors de la plantation

(Le Bouler *et al.*, 2012). Les jeunes plantules doivent former un système racinaire vigoureux et équilibré. À défaut, tout effort de reboisement sera compromis ou sa croissance nettement réduite. Pour cela, six éléments sont indissociables, notamment les trois premiers :

• la formation de techniciens supérieurs-pépiniéristes et chefs de culture, car le pilotage humain ne peut plus être confié à un ouvrier formé au fil des ans. Le dosage et la régularité dans le temps des apports en eau (en évitant le lessivage malheureusement omniprésent en zones sahéliennes) et en fertilisants sont essentiels. Notons au passage que le mélange initial d'engrais classiques au substrat induit une hétérogénéité de croissance des plantules et que les engrais à libération lente montrent une libération aléatoire dans les climats chauds. Les politiques publiques de reboisements ambitieuses et la Grande Muraille Verte exigent cet investissement crucial à prévoir à très court terme, à savoir la formation durant trois mois de techniciens supérieurs-pépiniéristes ;

• les sachets avec ou sans fond, obsolètes, doivent impérativement être abandonnés. Les godets individuels *anti-chignon*, les plaques rigides alvéolées, les conteneurs multiples doivent porter des rainures trapézoïdales en relief sur leurs parois intérieures, de façon à guider les racines vers le bas. Ces godets et conteneurs n'ont pas de fond ou un fond grillagé à mailles larges, car remplis d'un substrat, ils seront ensuite disposés *hors sol*, c'est-à-dire placés sur un support à au moins 15-30 cm du sol. Après quelques semaines, les racines qui auront atteint le fond sont exposées à l'air sec ambiant et leurs extrémités se nécrosent, mais dans les godets, elles développent de multiples bourgeons racinaires. Ce système *hors sol* favorise la formation d'un maximum de racines (Lamond *et al.*, 1983 ; Bellefontaine *et al.*, 2012a) qui permettront une reprise immédiate et un excellent développement ultérieur du système racinaire (fig. 5). Les godets et conteneurs seront traités avec précaution en pépinière et sur le chantier de plantation, puis remisés à l'abri des UV pour être conservés au moins dix ans ;

© R. Bellefontaine

© R. Bellefontaine

Figure 5.
Plant élevé hors sol dans un conteneur moderne (avec rainures internes en relief) avec son substrat et après enlèvement de ce dernier. On remarque un enracinement vigoureux obtenu en 3 mois.

• un substrat cohérent et adapté localement doit être réalisé avec les matériaux locaux disponibles. Rappelons qu'un substrat inadapté annule tout autre progrès, notamment l'utilisation de godets modernes *hors sol*. À lui seul, le substrat conditionne la qualité physiologique du plant (Le Bouler *et al.*, 2012). Pour obtenir un substrat d'excellente qualité, il doit nécessairement toujours être constitué de deux composants : un « aérateur » chimiquement neutre, léger et résistant au compactage et un « rétenteur-relargueur » d'eau et de sels minéraux stable car il doit assurer à la fois et en permanence une disponibilité en air et en eau élevée et durable, un stockage et un relargage régulier et facile d'eau et d'éléments nutritifs. De plus, il doit être léger et constituer une motte cohérente facile à planter. L'aérateur peut provenir d'écorces (de pins, par exemple) compostées, de fibres végétales diverses, de matériaux de synthèse (perlite, par exemple) à faible densité spécifique. Le rétenteur-relargueur fait appel à de la tourbe (la fibre de coco convient aussi, mais il faut faire attention à la provenance, le produit pouvant présenter un taux de salinité important) ou à un compost stabilisé. La durée et autres conditions de compostage sont importantes à déterminer localement. La porosité de l'ensemble doit être égale ou supérieure à 80 %, soit une forte disponibilité en eau, tout en assurant une aération maximale. Un mélange d'un volume de tourbe blonde à longues fibres et d'un volume d'écorce de pin compostée de 5-15 mm (pin maritime, de préférence) permet d'atteindre cet objectif, à ajuster en fonction des conditions locales (P. Brahic 2011, comm. pers.) ;

• la nutrition revêt bien entendu un aspect capital ; il faut l'étudier localement en fonction de la pluviométrie et de la qualité de l'eau et avec des substrats normalisés et stabilisés reproductibles dans le temps. L'ajout d'engrais à libération retardée donne de bons résultats dans des conditions très contrôlées. Leur vitesse de libération est dépendante de deux facteurs : l'humidité du milieu et la température. Si on peut contrôler très facilement l'humidité en gérant finement les irrigations, en extérieur, la température sera bien entendu plus difficilement contrôlable. Certains engrais prévus pour une libération sur 8/9 mois semblent présenter un pic de libération massif vers 3/4 mois avec pour conséquence des brûlures, voire des nécroses sur les jeunes racines. La majeure partie des éléments nutritifs ne sera pas absorbée (P. Brahic 2011, comm. pers.). Si les irrigations sont excessives ou mal contrôlées, le résultat sera pire, car les plants ne pourront pas absorber les nutriments, surtout si le système racinaire n'est pas suffisamment développé. Une solution (dans certains pays) est la ferti-irrigation raisonnée, qui donne de très bons résultats si le chef de culture est bien formé et motivé, car le régime hydrique est la clé de voûte de tout le système. Son contrôle doit être le plus fin possible (par simple pesée, automatisée à faible coût, de plusieurs godets ou caisses de plants « témoins » bien réparties sur toute l'aire de la pépinière). Ce système peut être automatisé en fonction du degré d'hygrométrie variable, avec alarme sonore ou téléphonique en cas de stress. La ferti-irrigation permet d'apporter aux plants simultanément des quantités standards d'eau et de fertilisants en fonction des conditions climatiques locales. Toute panne du système de ferti-irrigation est vite catastrophique si on ne se repose que sur l'automatisme (Le Bouler *et al.*, 2012). Le chef de culture doit absolument assurer une surveillance continue du dispositif automatisé, y compris durant les congés. Dans ce cas, l'économie d'eau sera importante et de plus, on réalisera une économie due à

une moindre utilisation des engrais. L'état physiologique des plants sera meilleur, tout en protégeant l'environnement (nappe phréatique) ;

• les associations symbiotiques (bactéries et/ou champignons) : en forêt, le champignon profite des ressources carbonées synthétisées par l'arbre et en échange à cause de l'augmentation du volume de terre prospecté par ses hyphes, il favorise la nutrition minérale (azote ; phosphore par la production de divers enzymes extracellulaires capables de mobiliser du phosphore) et l'absorption d'eau. Cette synergie est à étudier pour chaque type de sols. Cet aspect sera abordé ci-après ;

• la plantation et son suivi : sur le chantier de reboisement, les plants ne doivent être extraits du godet que très délicatement à l'instant même de la plantation, afin de réduire au maximum les risques de dessèchement du substrat et de délitement des mottes. Il convient de former les ouvriers pour extraire la motte humide sans endommager le système racinaire. Il faut ensuite prévoir, si nécessaire, le démariage très précoce des plantules (s'il y a plusieurs graines par fruit), un à trois arrosages pendant la première saison sèche, la fertilisation, l'élagage de branches basses et la taille de formation pour maximaliser la production fruitière, l'entretien de l'impluvium un à deux mois avant la fin de la saison des pluies pendant la première année, le manchon protecteur anti-rongeurs (Defaa *et al.* 2012).

Régénérations (naturelle et assistée) et implication des populations

Le terme régénération a deux sens : d'une part, c'est le renouvellement *naturel* d'un peuplement forestier par voie de semences ou de rejets ou le renouvellement *artificiel* d'un peuplement forestier par semis ou par plantation (manuelle ou mécanique). La reproduction est la production d'individus par un ou plusieurs individus initiaux avec intervention de phénomènes qui relèvent de la sexualité. La multiplication végétative (très improprement appelée reproduction asexuée) est un mode de régénération d'un végétal par multiplication sans intervention de la sexualité, à partir de certains de ses tissus ou organes [rejets de souche, drageons issus de racines superficielles, boutures – provenant de fragments de racines ou d'axes aériens –, enracinement d'axes aériens (marcottage aérien) ou en contact avec le sol (marcottage naturel terrestre), mais aussi à partir de bourgeons détachés de l'individu porteur, ou de rhizomes émis par des tiges souterraines] (Bellefontaine, 2005). La multiplication produit des individus génétiquement identiques à la plante-mère, formant un clone.

La reproduction sexuée croisée est fondamentale, car elle assure la variabilité génétique. La faculté germinative dépend des conditions de récolte, de conservation et des conditions expérimentales, y compris les prétraitements appliqués avant, pendant ou après la conservation des semences. Or aujourd'hui en Afrique, si les conditions d'essais et le processus de conservation sont en général de mieux en mieux détaillés, il n'en va pas de même pour les conditions de récolte, de dépulpage, de décorticage, de séchage, encore trop rarement précisées. Toutes les conditions retraçant l'historique des lots doivent être mieux connues, car on constate souvent une importante variabilité entre les lots de semences, due notamment à la dormance,

qui dépend des conditions post-récoltes (chocs, échauffement, séchage, etc.), de la maturité des fruits et du génotype vraisemblablement. Dans ce cas, une graine, bien que placée dans les conditions favorables à la germination, est inapte à germer. Les phénomènes de dormance peuvent induire une faible faculté germinative, voire nulle, si rien n'a été fait pour lever la dormance. Il est donc parfois nécessaire de prétraiter les graines pour obtenir une germination soutenue, homogène, rapide. Ce cas de figure est fréquent, principalement dans les zones à longue saison sèche, où toutes les conditions optimales de germination (humidité, température, oxygène, lumière) ne sont pas présentes simultanément. Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais ils les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies. Un prétraitement, c'est, par définition, le (ou les) traitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permet(tent) l'élimination de la dormance par traitements mécaniques, chimiques, physiques, physiologiques ou biologiques (isolés ou associés) (Bellefontaine, 1993). Le prétraitement peut être de durée très différente pour une même espèce, d'un lot à l'autre et même d'un semencier à l'autre. Il est économiquement peu rentable d'améliorer la capacité de germination pour les dormances légères et pour les espèces qui se régénèrent de manière pléthorique. Les prétraitements doivent avant tout être appliqués principalement aux lots précieux ainsi qu'aux graines montrant une dormance profonde qui, de plus, ont été conservées dans de bonnes conditions. Ainsi, un lot de graines d'*Azadirachta indica* a montré des pourcentages de germination supérieurs à 47 % après $8^{1/2}$ années (Roederer *et al.*, 1990 ; Bellefontaine, 1992). L'essentiel pour optimiser les prétraitements, c'est d'adopter des solutions pratiques aisément généralisables, donc simples, économiques, sans danger pour des personnes peu instruites. Les centres nationaux de semences forestières doivent conserver la maîtrise des prétraitements quand ils sont dangereux. Le prétraitement à l'acide sulfurique concentré doit être réalisé par l'unité centrale, généralement mieux équipée (notamment pour le recyclage de l'acide). D'une manière générale, il convient de préconiser les traitements peu dangereux et peu onéreux, même si leur efficacité est légèrement moindre que la scarification à l'acide (Somé et de Kam, 1993).

Après un prétraitement à l'acide, les spécialistes préconisent généralement de laisser tremper les graines dans de l'eau durant 12 à 24 heures Si pour certaines espèces, cela n'induit aucune perte, par contre pour d'autres telles que *Acacia senegal,* la capacité de germination est fortement réduite (Danthu *et al.*, 1992). La durée de trempage dans l'eau doit être étudiée avec soin pour chaque espèce, qu'il y ait eu prétraitement ou non. Pour les amandes nues d'*Azadirachta indica*, un trempage prolongé est nocif (Bellefontaine et Audinet, 1993). En Afrique, de 1970 à nos jours, les connaissances relatives aux graines des régions semi-arides (Burkina Faso, Sénégal, Kenya, Malawi, Afrique du Sud, Zambie, Tanzanie, etc.) se sont régulièrement accrues (Somé et de Kam, 1993 ; Olesen, 1996 ; Ouedraogo et Boffa, 1999).

Des graines de bonne qualité sont indispensables pour mener à bien les projets de régénération naturelle *assistée* (RNA). Ceux-ci peuvent se concevoir de deux manières soit comme au Niger dans les régions de Maradi et d'Aguié par implication réelle des populations locales (Larwanou *et al.*, 2006 ; Reij et Botoni, 2009 ; Reij,

2009), soit dans des périmètres protégés (par exemple, au Burkina l'action menée par *newTree*). Pour densifier le couvert arboré au Burkina Faso là où coexistent une exploitation intensive et une régénération naturelle très faible, l'ONG *newTree* a lancé des projets de restauration du couvert végétal. Les partenaires signent un contrat et des procès-verbaux d'accords fonciers-documents incluant les droits coutumiers et les droits administratifs sont établis pour chaque site. Une haie vive est plantée à l'intérieur de l'espace clôturé. Par la suite, des plans de gestion sont élaborés avec les partenaires selon leurs besoins afin de permettre une exploitation durable des surfaces restaurées. L'intégration des femmes dans les prises de décision en matière de gestion des sites mis en défens représente une étape très importante, pour ne pas dire décisive, dans le processus. Fin 2007, sur 225 ha de terres dégradées, plus de 135 000 arbres et arbustes ont été dénombrés (Mme Kaguembèga, comm. pers. 2011). De plus, les mises en défens ont permis de conserver des espèces devenues rares tant au nord qu'au centre : c'est le cas de *Boscia angustifolia, B. senegalensis, Maerua angolensis, M. crassifolia, Salvadora persica, Boswelia dalzielii*. Le bois-énergie et des coproduits tels que du fourrage, des pailles pour les toitures, des produits pour la médecine traditionnelle, etc. permettent de diversifier et augmenter leurs revenus. Ce projet démontre que la dégradation forestière n'est pas irréversible et que la mise en défens acceptée et respectée par tous les partenaires peut avoir un impact favorable sur la dynamique paysagère.

La principale difficulté de la RNA est de faire coexister les pâturages forestiers accessibles à tous les agro-éleveurs et pasteurs transhumants. Ce droit de pâturage fait partie des droits d'usages coutumiers reconnus aux communautés rurales. Dans les parcours *normalement* exploités par les pasteurs, l'arbre est considéré comme une ressource communautaire au même titre que l'herbe. Suivant les saisons, les éleveurs font usage de la strate herbacée en saison humide, la strate arbustive est mise à profit au milieu de la saison sèche et la strate arborée en fin de saison sèche. Dans les zones semi-arides, le surpâturage *répété* provoque une régression de la végétation ligneuse lorsque le nombre de têtes de bétail est trop important et l'espace réduit. La résilience naturelle des écosystèmes sahéliens favorise parfois une régénération de certaines espèces feuillues soit par dissémination par semence, soit par voie végétative. L'éleveur nomade n'est généralement pas le grand responsable de la destruction des espaces arborés, sauf en cas de sécheresses trop fréquentes dans le temps Les bergers savent jouer sur les complémentarités des végétations dans le choix des parcours faisant paître le troupeau dans des écosystèmes aux espèces fourragères diversifiées, mettant à profit leur expérience et leurs observations du milieu (Bellefontaine *et al.*, 2002). L'agriculteur, spécialement le migrant, est généralement beaucoup plus agressif, car il extirpe ou brûle les souches et élimine les semis et drageons qui repoussent.

Le niveau de connaissances relatives à l'amélioration de la RNA et à la biologie de la reproduction est encore très variable selon les espèces et les pays (phénologie, modes et distances de dissémination du pollen et des graines, conditions de conservation, prétraitement, inventaire et cartographie des peuplements semenciers, variabilité génétique, étude de facteurs favorisant la multiplication végétative, conditions optimales de domestication, respect de la capacité de charge, études sur

le comportement des éleveurs en fonction des saisons, étude des techniques de gestion des cultures de ligneux fourragers, impact des émondages, élagages, étêtages et tailles en parapluie sur la survie des espèces, etc. Ce niveau de connaissances doit être amélioré, car environ 70 % des 5,2 milliards d'ha de terres arides et semi-arides *utilisées pour l'agriculture* sont dégradées et à risque de désertification et 6 % *du couvert forestier* de la planète (soit à peu près 230 millions d'ha) sont situés dans des zones arides. Le changement climatique entraînera principalement une baisse de productivité (agriculture, parcours, forêts). D'ici 2020, la FAO prévoit que 135 millions de réfugiés pour cause environnementale (dont 60 millions en Afrique subsaharienne) quitteront leurs terres à cause de la désertification (Malagnoux *et al.*, 2007). Les disponibilités d'eau sont avec le climat et la qualité des sols les principaux facteurs qui limitent la distribution naturelle des arbres. Avant de planter, il est extrêmement important si l'on ne veut pas encore dégrader un peu plus les ressources naturelles d'évaluer le bilan hydrique, *et son évolution*, lors de la durée de vie du peuplement planté.

Il suffit d'une volonté politique nette pour favoriser une évolution lente et positive. Ainsi en 1961, l'aire protégée de 305 ha d'Abéché au Tchad ne supportait que quelques acacias. Entouré d'une clôture et surveillé avec attention, sans qu'aucun plant ne fut mis en place, en dix ans tout le sol était recouvert de végétation et après 45 ans de protection pratiquement ininterrompue, on distingue sur les images-satellites la zone protégée des terres environnantes (Malagnoux *et al.*, 2007).

Domestication et multiplication végétative à très faible coût

Du domaine sub-guinéen au Sahel, la forêt dense sèche cède la place à la forêt claire, puis à la savane plus ou moins arborée et à la steppe plus rarement arbustive. En ce qui concerne la reproduction des ligneux, du sud au nord, la reproduction sexuée se substitue progressivement à la multiplication végétative (Catinot, 1994) : d'une régénération dominante par graine, on passe à une régénération presque exclusivement par rejet de souche, par drageon (de racines) ou par marcotte terrestre (de branches dominées). Dans les domaines sahélien ou soudanien, les modes de régénération varient en fonction du climat, des espèces et des stations (dunes, bas de pente, etc.). Le drageon est une tige naissant sur une racine déjà établie, que la racine soit dans ou hors du sol, connectée à la souche ou non. Il convient de ne pas confondre le drageon (qui naît sur une racine) avec un rhizome qui est une structure caulinaire (tige) avec des nœuds et des entre-nœuds (Bellefontaine, 2005). Les drageons ont un accroissement aérien juvénile plus rapide que les semis (Meunier *et al.*, 2006). Cet avantage permettrait d'écourter la durée de mise en défens des jeunes plants ainsi produits et de réduire les frais de surveillance des troupeaux.

Le drageonnage de *Bombax costatum* peut être stimulé par des blessures effectuées sur les racines au début de la saison des pluies au Burkina Faso. Le nombre de drageons par arbre varie de 1 à 74, certains drageonnent plus que les autres. Dans les zones où le kapokier est présent, le manque de graines n'est donc plus un facteur limitant pour mener à bien sa régénération : la conservation *in situ* de l'espèce et son

rajeunissement sont possibles grâce à cette méthode de multiplication végétative, mais celle-ci n'assure pas à long terme le maintien de la diversité génétique (Belem *et al.*, 2008b). Le plus intéressant est l'aptitude qu'auraient les drageons de certaines espèces à s'affranchir de la racine-mère pour produire rapidement leur propre réseau racinaire. Peu d'espèces ont été étudiées à ce niveau : c'est le cas avec *Q. ilex* et *Ailanthus glandulosa* dans les régions méditerranéennes (Bellefontaine, 2005) et *Detarium microcarpum* en Afrique de l'Ouest (Bationo *et al.*, 2001), où l'affranchissement se produit naturellement par dégénérescence de l'axe-mère. L'induction (par blessure de racines) ne requiert aucune technologie sophistiquée et peut être rapidement vulgarisée auprès des paysans, car non seulement elle est aisée à mener sur le terrain, mais en outre, son coût est très nettement inférieur au prix des plantations classiques. De plus, les espèces qui drageonnent peuvent également être multipliées végétativement par bouture de segments racinaires, réalisée sur *D. microcarpum* au Burkina Faso (Ky Dembélé *et al.*, 2011), sur *Q. suber* en Tunisie (Nsibi, 2005 ; Nsibi *et al.*, 2003) et sur une dizaine d'espèces en Ouganda (Meunier *et al.*, 2008).

Le savoir-faire traditionnel basé sur l'aptitude à drageonner de *Balanites aegyptiaca* permet l'établissement de haies vives : les arbres sont plantés à grand écartement sur la ligne où doit être installée la haie. Celle-ci peut aussi être établie à partir d'arbres préexistants. Il est ensuite procédé à un arrosage répétitif et directionnel, en partant du pied de l'arbre dans les directions de la future haie, afin de provoquer l'apparition de racines dans ces directions. Les drageons apparaîtront ensuite naturellement selon ces lignes (Meimine Ould Salek, comm. pers. 2006 ; Bellefontaine et Malagnoux, 2008). Mais au Nord-Cameroun, en dehors des facteurs génétiques, physiologiques et environnementaux qui peuvent influencer la réussite du marcottage aérien ou du drageonnage, *S. birrea* et *D. mespiliformis* semblent nettement mieux prédisposées à l'induction du drageonnage que *B. aegyptiaca*, plus apte au marcottage aérien (Noubissié-Tchiagam *et al.*, 2011).

Les marcottes terrestres se forment souvent après recouvrement de branches basses par des sédiments apportés par l'eau d'averses brutales. Ce fait a été remarqué par divers auteurs au Niger et au Burkina Faso (Ichaou 2000 ; Karim, 2001 ; Bationo *et al.*, 2005). Le marcottage aérien, quant à lui, est une méthode très peu onéreuse qui ne demande qu'une formation d'une demi-journée et qui permet de domestiquer certains clones remarquables sélectionnés par les populations (Meunier *et al.*, 2006, 2008 ; Morin *et al.*, 2010). La mobilisation et la multiplication végétative d'arganiers (*Argania spinosa*) remarquables et *âgés* (120 à 400 ans) sont possibles *ex situ,* dans un parc à clones (fig. 6) par marcottage aérien (Bellefontaine *et al.*, 2012b).

Les techniques de multiplication (à faibles coûts) ouvrent la voie dans les pays en développement à la domestication des espèces économiquement importantes, notamment de nombreux fruitiers (Gouwakinnou *et al.*, 2009 ; Noubissié-Tchiagam *et al.*, 2011 ; Raebild *et al.*, 2011). Les ressources génétiques forestières sont la source essentielle de richesses à protéger, puis à exploiter par la sélection, pour permettre d'améliorer les aptitudes des *arbres plus* préservés par les populations rurales et pour les domestiquer (Sotelo Montes *et al.*, 2010 ; Tchoundjeu *et al.*, 2010 ; Jensen *et al.*, 2011). Comprendre l'origine de ces formes adoptées et vraisembla-

© R. Bellefontaine

© R. Bellefontaine

Figure 6.
Marcotte aérienne d'arganier avec racines adventives apparentes dans un substrat de sphaigne.
Cette marcotte est ensuite rempotée pour servir de pied-mère produisant des rameaux herbacés à bouturer sous nébulisation.

blement préservées (voire cultivées ?), mettre en place des bases de données sur leur polymorphisme et approcher finement la caractérisation par les méthodes récentes de phénotypage sera la prochaine étape (Bellefontaine, 2010).

Densification du couvert arboré, réutilisation des eaux usées

Dans le cadre de l'évaluation des ressources forestières mondiales (FAO, 2010), les chiffres officiels font état d'une diminution constante entre 1990 et 2010. La dégradation de ces espaces forestiers ne peut être estimée par le seul critère de la superficie totale couverte, mais doit faire intervenir la densité (Le Polain de Warou, 2012). L'implication des populations rurales en ce qui concerne la gestion des périmètres plantés, voire même la gestion du patrimoine forestier appartenant à l'État, est encore souvent très faible. Or la durabilité des activités sylvo-pastorales *rentables* dans l'espace forestier est une nécessité absolue pour les régions semi-arides.

La réussite effective des plantations, et donc respectée par les éleveurs, passe par une mise en défens très courte (réduite à quelques années), mais à condition de bien définir les droits ultérieurs des populations (notamment pour la récolte et la vente de coproduits autres que le bois). Pour atteindre ce but, l'obtention de plants sélectionnés ayant une croissance juvénile très rapide et dotés d'un enracinement puissant (élevés *hors sol* en conteneurs rainurés) est indispensable (Defaa *et al.*, 2011 ; Le Bouler *et al.*, 2012).

La grande variabilité génétique de nombreuses espèces agro-forestières laisse entrevoir des possibilités d'amélioration très importantes qui pourront être mobilisées par diverses techniques de multiplication. Mais les grands chantiers de plantation ne sont plus financés dans les régions semi-arides depuis plus de 30 ans. Plusieurs blocages ont été cités ci-dessus (modernisation des pépinières, implication réelle des populations, etc.). De nombreux acteurs souhaitent accroître la protection et la

diversification du matériel génétique forestier en conservant les espèces locales fruitières ou alimentaires existantes (Ouedraogo et Boffa, 1997 ; Ouedraogo, 2006 ; Belem *et al.*, 2008a ; Raebild *et al.*, 2011).

À défaut de rares plantations sur de grandes superficies (Conedera *et al.*, 2011 ; Defaa *et al.*, 2011), les seules réalisations en zones semi-arides sont actuellement liées aux projets de régénération assistée dont il a été question ci-avant (Malagnoux, 2008) ou de plantations irriguées avec des eaux usées traitées (Braatz et Kandiah, 1996) provenant des stations d'épuration de grandes villes, notamment en plein désert égyptien (fig. 7) près d'Edfu, Qéna et Luxor (Bellefontaine, 1998).

Figure 7.
Égypte (Luxor) : Eucalyptus camaldulensis fortement hybridés alimentés par des eaux usées domestiques avec irrigation tous les trois jours, plantés il y a 22 mois.

Efficacité des micro-auxiliaires symbiotiques

Dans le paragraphe « Création de pépinières modernes », cet aspect a déjà été partiellement abordé. Avant de planter, spécialement sur des terres érodées et pauvres, une prospection de la microflore sur toute la superficie à reboiser devrait être systématiquement effectuée par les forestiers, car l'absence ou la présence de cette microflore aura un impact très important sur l'utilisation des réserves hydriques et minérales disponibles (1 m de racine correspond à 1 000 m de filaments mycéliens qui explorent ainsi un volume de sol nettement supérieur à ce que la racine réalise). Cette caractéristique interagit directement sur le taux de reprise, la croissance juvénile, le recyclage des brindilles et feuilles tombées au sol. Ces bénéfices varient en fonction de l'environnement (impact moindre sur sol fertile ; concurrence avec des symbiotes locaux) et vraisemblablement du génotype des partenaires.

Depuis une dizaine d'années dans les zones semi-arides, quelques expériences (Duponnois *et al.,* 2005, 2007, 2010), encore trop rares, ont prouvé que l'efficacité des micro-auxiliaires symbiotiques dépend principalement :

– du potentiel mycorhizien indigène (existant dans le sol) des plantes accompagnatrices (herbacées, arbustives ou arborées) ;

– de la fertilité chimique du sol (spécialement pour les carences en phosphore assimilable) ;

– et des familles (légumineuses avec nodules bactériens fixateurs d'azote atmosphérique, plantes actino-rhiziennes telles que les *Casuarina*, plantes à mycorhizes à vésicules et arbuscules, soit 95 % des quelque 260 000 plantes vasculaires, plantes vasculaires à ectomycorhizes (3 à 5 %) qui sont principalement des dicotylédones). La plupart des sols tropicaux souffrent d'une carence en phosphore (Duponnois *et al.,* 2010).

Les grandes sécheresses, les fronts pionniers agricoles et l'installation de ranches agissent négativement sur la densité de ligneux à l'hectare. Lorsque le recouvrement arboré a totalement disparu, très souvent le sous-bois est à son tour surexploité et l'érosion agit rapidement, laissant un sol carencé, difficile à réhabiliter (Brunel *et al.,* 2007). Pour éviter des restaurations lourdes avec utilisation d'engins coûteux, excavations, apports de terre et/ou d'amendements organiques, deux méthodes bien moins onéreuses sont préconisées et devraient être diffusées à très large échelle :

– soit la mycorhization contrôlée par inoculation en pépinière d'une ou plusieurs souches mycorhiziennes ubiquistes et à large spectre vis-à-vis de leur arbre-hôte pour un caractère donné, sélectionnées lors d'essais préalables,

– soit en conservant un maximum de ligneux et le sous-étage et en le multipliant par marcottage terrestre ou bouturage de segments racinaires (Nsibi *et al.,* 2003 ; Bellefontaine, 2005 ; Belem *et al.,* 2008 ; Ky Dembélé *et al.,* 2010) ou encore en introduisant, à côté et en même temps que les arbres à planter, des plantes *facilitatrices* (encore appelées *nurses* ou plantes hautement mycotrophes). Ce système de « coplantation » s'est révélé efficace au Maroc en associant *Lavandula multifolia* au *Cupressus atlantica* (Duponnois *et al.,* 2011).

Non réfléchie, la mycorhization contrôlée présente le risque de polluer génétiquement un sol avec une souche non désirée. Cependant, les résultats acquis semblent prouver que ce risque est faible au vu des avantages procurés. Des essais au Sénégal (Duponnois *et al.,* 2005, 2007) et au Maroc ont prouvé son efficacité. *Acacia holosericea* associé à des champignons ectomycorhiziens, du genre *Pisolithus* et *Sleroderma,* montre en milieu contrôlé (serre) une croissance juvénile bien supérieure aux *A. holosericea* non inoculés. Transférés dans deux sites, les plants mycorhizés ont une mortalité de 3 % (pour 19 % pour les témoins) et la production ligneuse des plants mycorhizés était estimée après 18 mois à 18,4 tha^{-1} (pour seulement 3,2 tha^{-1} pour le témoin), soit un coefficient multiplicateur de 5,75 (Duponnois *et al.,* 2010). Au Maroc, une année après la plantation de *Cupressus atlantica,* la mortalité cumulée des plants mycorhizés était de 15 % alors que pour les témoins non inoculés, elle était de 38 % (Duponnois *et al.,* 2011).

Gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et des sols (GCES)

Le principe de base de la GCES repose sur l'idée que la réussite d'un aménagement antiérosif ne peut être durable sans la participation paysanne depuis la conception du projet et sans l'intégration des contraintes socio-économiques et du raisonnement paysan dans la démarche scientifique. Les paysans n'acceptent un surcroît de travail que s'ils remarquent une amélioration de la productivité (Roose et de Noni, 1998). Il avait été constaté auparavant que les techniques mécaniques et biologiques seules ou associées n'entraînaient que très rarement une augmentation de la production végétale. Pour restaurer la productivité d'une parcelle, il faut non seulement conserver les eaux de surface en réduisant le ruissellement ou le concentrant sur les points de production, mais aussi accumuler du sol pour stocker l'eau d'infiltration disponible et pour fournir aux plantes cultivées les nutriments nécessaires (Lal *et al.*, 2011). Des techniques coutumières ont été documentées depuis quelques années, notamment le *zaï* et le *djengo* au Burkina Faso (Masse *et al.*, 2011), dans lesquels, après la récolte, des espèces ligneuses se régénèrent souvent dans les mini-cuvettes fertilisées.

En milieux chauds même semi-arides, il est possible d'accélérer l'altération de certaines roches et, dans certaines conditions, de restaurer la capacité de production de sols suffisamment profonds mais dégradés par l'érosion et d'améliorer la biodiversité. Six règles doivent être respectées :

– prévoir une gestion adéquate des eaux de surface (cordons de pierres, haies vives, paillis, *zaï*, cuvettes, etc.) ;

– recréer la macroporosité par un travail profond, au moins sur la ligne de plantation, et stabiliser la structure du sol en enfouissant des matières organiques ou des carbonates de chaux) ;

– revitaliser l'horizon de surface par l'apport de matières organiques humifiées (compost, fumier, litière, légumineuses rampantes) ;

– corriger le pH du sol ($8 < pH > 5$) pour supprimer la toxicité aluminique sur les sols très acides (cendres, résidus divers, paillage) sans restreindre la solubilité des oligo-éléments sur les sols alcalins ;

– nourrir les plantes en rendant le stock de nutriments assimilables (matières organiques, purin, feu, litières) et compléter les besoins des plantes par des apports minéraux raisonnés ;

– choisir des plantes adaptées localement aux besoins des utilisateurs et aux conditions écologiques de la zone. Cet investissement en travail et en fumure organique et minérale n'est acceptable que si l'amélioration des revenus est sensible et les conditions socio-économiques favorables (Roose *et al.*, 2011). L'investissement indispensable pour restaurer le sol (aménagement antiérosif, fumure organique et minérale, travail, semences améliorées, soins phytosanitaires) ne sera accepté que si les contraintes foncières sont levées et si les bénéfices le justifient. La recherche dans ces domaines doit se baser sur une connaissance plus approfondie des savoirs locaux (Zougmore *et al.*, 2004 ; Sawadogo *et al.*, 2008).

À l'introduction d'espèces exotiques, les populations rurales préfèrent la reproduction ou la multiplication végétative d'espèces locales, après la restauration des sols. Ces populations souhaitent alors une domestication des meilleurs clones qu'ils ont repérés au fil du temps, notamment pour les arbres fruitiers sauvages. Si des *espèces exotiques* graminéennes, fourragères, fruitières ou forestières sont préconisées, leur introduction doit être dûment réfléchie (Tassin *et al.,* 2009). Une large diversité génétique locale est souvent préférable à celle des graines d'origine exotique à base génétique souvent très étroite. À défaut de graines disponibles, des techniques de propagation végétative à très faible coût (marcottage terrestre, induction du drageonnage) ou à coût très peu élevé (marcottage aérien, bouturage de tiges ou de segments de racines) sont à préconiser à condition de sélectionner un nombre élevé de têtes de clone.

Depuis plusieurs décennies grâce à la mise au point de nouvelles techniques, les États et l'aide internationale ont mis en œuvre à plus grande échelle des programmes de lutte contre l'ensablement, des techniques de stabilisation des dunes et de gestion GCES (Berte *et al.,* 2010 ; Malagnoux, 2011). La fixation à long terme des sables mobiles implique, lorsque cela est possible, la mise en place et le maintien d'un couvert végétal pérenne (Ichaou et Guibert, 2009). De nombreuses villes sahéliennes et soudano-sahéliennes ont été dotées de ceintures vertes comme par exemple, Nouakchott en Mauritanie. Cependant, « il a été fréquemment constaté que des dunes, autrefois fixées grâce aux efforts des populations locales, des gouvernements et de l'aide internationale, étaient à nouveau mobiles, suite à la dégradation et à la disparition du couvert végétal qui les protégeait, en raison de l'absence d'une véritable gestion à long terme de ces espaces » (Malagnoux, 2011).

Conclusions et recommandations techniques et scientifiques

Diverses actions devront systématiquement accompagner ce gigantesque effort de plantation et d'aménagement du paysage que constitue la Grande Muraille Verte.

À court terme, il serait inconcevable de ne pas :

– améliorer la production qualitative de plants forestiers viables (qualité des graines et des clones ; substrats et conteneurs adaptés pour éviter des mortalités excessives et une croissance insignifiante ; fertilisation et irrigation raisonnées des pépinières ; intégration des symbiontes locaux) ;

– vulgariser les techniques de régénération les plus efficaces, facilement maîtrisables (techniquement et financièrement) et rentables (régénération naturelle assistée ; multiplication végétative à faible coût) ;

– éloigner dans la mesure du possible toute forme d'agriculture sur tous les sites menacés par l'érosion (berges, sols érodés à pentes moyennes, dunes, plateaux) ;

– restaurer les terrains marginaux par GCES (fig. 8) en utilisant des techniques forestières respectueuses de l'équilibre des écosystèmes et en orientant les programmes de recherche forestière vers une plus grande maîtrise des essences locales ;

– maintenir la plus large base génétique possible, au vu des connaissances encore très fragmentaires relatives aux espèces locales ;

– établir un plan d'aménagement du terroir tenant compte de la vocation des espaces forestiers, de la capacité de charge, tout en garantissant la satisfaction des besoins immédiats et futurs des populations ;

– intégrer tous les intervenants à toutes les phases de discussion des projets (identification, conception, exécution, évaluation, suivi, accès à l'information, voire à la justice) ;

© R. Ballofontaine

Figure 8.
Cap Vert, route de Praia à Tarrafal (altitude = 320 m).
Préparation d'une plantation en 1994 avec banquettes.

– analyser les conditions existantes afin de ne pas répéter les erreurs passées (échec de certaines actions de développement forestier et réticences des populations ; priorité du facteur humain ; identification des groupes d'acteurs économiques et de leur organisation ; intégration des savoir-faire et connaissances traditionnelles des populations riveraines ; identification des conflits potentiels ; identification des divers types d'éleveurs ; étude fine de la transhumance et de déplacements encadrés des troupeaux ; gestion de l'hydraulique pastorale ; suivi de l'état des parcours et des effectifs de bétail au jour le jour par télédétection à faible résolution (Ichaou, 2004) ;

– accentuer l'effort de formation des personnels pour un partenariat effectif entre les divers acteurs et réduire le manque d'échanges entre cadres forestiers de conception, chercheurs, techniciens de terrain, ONG (bourses de formation ou de recyclage : conseils aux producteurs forestiers, suivi technique des opérations forestières, « négociation patrimoniale » pour une réappropriation des formations ligneuses riveraines ; etc.) ;

– favoriser tous les transferts de connaissances (sous diverses formes) adaptées au contexte local.

À moyen terme, la recherche-développement devra permettre d'obtenir des résultats valables relatifs :

– à l'association entre ligneux et symbiontes mycorhiziens et bactériens en lien avec la capacité de résilience des formations forestières ;

– au régime optimal de coupes (taillis fureté et coupes sélectives, rotation, hauteur et époques optimales [au point de vue physiologique] de coupe, dépressages, type d'élagage, etc.) ;

– à la capacité de charge des zones sylvo-pastorales et à la charge animale réelle à diverses saisons ;

– au potentiel de multiplication végétative et à faible coût des principales espèces forestières ;

– au fonctionnement biologique et hydrique des formations forestières à gérer.

D'un point de vue organisationnel, législatif et économique, des modifications seront discutées et mises sur pied, notamment pour :

– accorder à l'arbre sur pied une valeur différente de celle qui lui est attribuée quand cette ressource est en accès libre ;

– élaborer des législations foncières appropriées pour garantir la participation effective de tous les acteurs locaux à l'aménagement intégré du terroir et au développement forestier régional ;

– mettre en place un cadre institutionnel adéquat sur les plans fiscal et foncier, allant dans le sens d'une véritable décentralisation, en vue de renforcer les capacités locales de gestion des ressources, de planification et de maîtrise du développement ;

– accorder des titres de jouissance avec cahier des charges précis afin d'inciter les structures locales de gestion à mettre effectivement en valeur les formations forestières aménagées, à se réapproprier certaines forêts, à promouvoir des structures villageoises de gestion très légères, comme les marchés ruraux de bois de feu, à renforcer la formation des membres des structures villageoises de gestion, ainsi que des femmes (Ichaou, 2004) ;

– restaurer un climat de confiance entre les producteurs locaux (divers coproduits forestiers) et les forestiers revalorisés par leurs nouvelles fonctions de conseillers.

Références

Alexandre D.Y., Lescure J.P., Bied-Charreton M., Fotsing J.M.
1999 - *Contribution à l'état des connaissances sur les arbres hors forêt (TOF).*
Orléans, France, IRD, 185 p.

Argillier C., Falconnet G., Gruez J.
1991 – *Production de plants forestiers – Guide technique du forestier méditerranéen français.*
Aix-en-Provence, France, 40 p.

Bartolone C.R., Arlosoroff S.
1987 - Reuse of pond effluent in developing countries. Water sciences and technoloy, 19, 12, 289-297.

Bationo B.A., Ouedraogo S.J., Guinko S.
2001 - Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso).
Fruits, 56, 4, 271-285.

Bationo B.A., Karim S., Bellefontaine R., Saadou M., Guinko S., Ichaou A.
2005 - Le marcottage par couchage et buttage de la partie apicale des branches, technique économique de régénération de certains ligneux tropicaux. Sécheresse 3E, http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2342

Belem B., Smith Olsen C., Theilade I., Bellefontaine R., Guinko S., Mette Lykke A., Diallo A., Boussim J.I.
2008a - Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso). Bois et forêts des tropiques 298, 4, 53-64.

Belem B., Boussim J.I., Bellefontaine R., Guinko S.
2008b - Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* Pelegr. et Vuillet par blessures de racines au Burkina Faso. Bois et forêts des tropiques 295, 1, 71-79.

Bellefontaine R.
1992 - L'avenir du neem en zone tropicale sèche est-il menacé ? Le Flamboyant, Réseau Arbres Tropicaux, 21, 24-26.

Bellefontaine R.
1993 – « Prétraitements des semences forestières ». *In* : Somé L.M., de Kam M. éd. : *Les problèmes des semences forestières, notamment en Afrique*, Backhuys Publ., Leiden, Pays-Bas, 143-153.

Bellefontaine R.
1998 - *Egypt - Support for the French-Egyptian Project designed to create artificial forests in Desert Zones near Edfu, Qéna and Luxor, irrigated by waste water from these cities.* Cirad-Forêt, Montpellier, 20 p., *multigr.*

Bellefontaine R.
1999 – « Aménagement forestier et conservation de la diversité génétique : exemple basé sur la régénération des brousses tigrées ». *In* Ouedraogo A.S. et Boffa J.M., éd. *Actes du premier atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, 16-27 mars 1998, "Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique sub-saharienne"*, IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), Rome, 107-113.

Bellefontaine R.
2005 - Pour de nombreux ligneux, la reproduction sexuée n'est pas la seule voie : analyse de 875 cas – Texte introductif, tableau et bibliographie. Sécheresse - revue électronique 3E , décembre 2005 - http://www.secheresse.info/article.php3?id_article=2344

Bellefontaine R.
2010 - De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) ? Sécheresse 21, 1, 42-53.

Bellefontaine R., Audinet M.
1993 – « Conservation de graines de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.)». *In* : Somé L.M., de Kam M. éd. : *Les problèmes des semences forestières, notamment en Afrique*, Backhuys Publ., Leiden (Pays-Bas), 268-274.

Bellefontaine R., Petit S., Pain-Orcet M., Deleporte Ph., Bertault J.G.
2002 - *Trees outside forests. Towards better awareness*. Rome, FAO Conservation Guide n° 35, 234 p. http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2328E/Y2328E00.HTM

Bellefontaine R., Malagnoux M.
2008 - «Vegetative propagation at low cost: a method to restore degraded lands». *In* Lee C., Schaaf T., éd. *The Future of Drylands. International Scientific Conference on Deserstification and Drylands Research. Tunis, Tunisia, 19-21 June 2006*, Paris, UNESCO, Man and the Biosphere series : 417-433.

Bellefontaine R., Bernoux M., Bonnet B., Cornet A., Cudennec C., D'Aquino P., Droy I., Jauffret S., Leroy M., Mainguet M., Malagnoux M., Requier-Desjardins M.
2011 – « Le projet africain de Grande Muraille Verte : quels conseils les scientifiques peuvent-ils apporter ? Une synthèse de résultats publiés ». *In* Escadafal R., éd. : *Les Dossiers d'actualité*, Montpellier, CSFD - Comité Scientifique Français contre la Désertification Octobre 2011. www.csf-desertification.org/grande-muraille-verte.org

Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M., Fikari O., El Mercht S.
2012a – « Mobilisation de vieux arganiers par bouturage sous nébulisation artificielle. Synthèse des trois années du Projet J. Goelet de clonage d'arganiers ». *In* INRA-Maroc, éd. : *Actes du 1er Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011.* Rabat, ANDZOA.

Bellefontaine R., Ferradous A., Moktari M., Bouiche L., Saibi L., Kenny L., Alifriqui A., Meunier Q. 2012b – « Mobilisation *ex situ* de vieux arganiers par marcottage aérien ». *In* INRA-Maroc, éd. : *Actes du 1er Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011.* Rabat, ANDZOA.

Berte C.J., Ould M.M., Ould Saleck M. 2010 - *Lutte contre l'ensablement. L'exemple de la Mauritanie.* Rome, Etude FAO Forêts, 158, 75 p.

Boffa J.M. 2000 - *Les parcs agroforestiers en Afrique sub-saharienne.* Rome, Cahier FAO Conservation, 34, 258 p.

Bognougnou F., Tigabu M., Savadogo P., Thiombiano A., Boussim I.J., Oden P.C., Guinko S. 2010 - Regeneration of five *Combretaceae* species along a latidunal gradient in Sahelo-Sudanian zone of Burkina Faso. Annals of forest science, 67, 306-315.

Bonetti C., Jouve P. 1999 – *Jachères et systèmes agraires en Afrique subsaharienne. Synthèse bibliographique.* Dakar, Sénégal, Projet jachères 7 ACP RPR 269, 73 p., *multigr.*

Boureima I. 2002 - *Inventaire forestier sur terroirs agricoles. Rapport technique n°1.* Rép du Niger, Niamey, Direction de l'environnement, Projet Energie Domestique PED, 38 p., *multigr.*

Boureima I. 2003 - *Plan d'aménagement des formations ligneuses sur terroir agricole - site pilote de Kornaka.* Rép. du Niger, Niamey, Direction de l'environnement, Projet Energie Domestique, 53 p., *multigr.*

Braatz S., Kandiah A. 1996 – Recyclage des eaux usées urbaines pour l'irrigation des forêts et des arbres. Unasylva, 185, 22-31.

Brunel B., Domergue O., Maure L., Brahic P., Galiana A., Josa R., De Lajudie P., Attallah T., Risk H., El-Hajj S., Cleyet-Marel JC. 2007 - Potentialités des associations symbiotiques plantes-micro-organismes pour réhabiliter des sites fortement dégradés en milieu méditerranéen. Cahiers Agricultures, 16, 4, 324-329.

Catinot R. 1994 - Aménager les savanes boisées africaines - un tel objectif semble désormais à notre portée. Bois et forêts des tropiques, 241, 53-70.

Cirad-Forêt 1996 – Les parcs à *Faidherbia.* Paris, Jouve (éd.), Cahiers scientifiques, 12, 312 p.

Conedera M, Bomio-Pacciorini N, Bomio-Pacciorini P, Sciacca S, Grandi L, Boureima A, Vettraino AM. 2010 - Reconstitution des écosystèmes dégradés sahéliens. Bois et forêts des tropiques, 304, 61-71.

Danthu A., Roussel J., Saar J. A. 1992 - Effect of different pretreatments on the germination of *Acacia senegal* seeds. Seed Science and Technology, 20, 1, 111-117.

Defaa C., Achour A., Hossayni A., Bellefontaine R., El Mousadik A., Msanda F. 2011 – « Analyse de l'itinéraire technique d'un périmètre exceptionnellement réussi de régénération d'arganiers ». *In* INRA-Maroc, éd. : *Actes du 1er Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011.* Rabat, ANDZOA.

d'Herbès J.M., Ambouta J.M.K., Peltier R. 1997 – *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens. Actes de l'Atelier 20-25 novembre 1995.* Paris, John Libbey Eurotext, 274 p.

Duponnois R., Founoune H., Masse D., Pontanier R. 2005 - Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semi-arid site in Senegal: growth response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years plantation. Forest Ecology and Management, 207, 351-362.

Duponnois R., Plenchette C., Prin Y., Ducousso M., Kisa M., Bâ A.M., Galiana A. 2007 - Use of mycorrhizal inoculation to improve reafforestation process with Australian Acacia in Sahelian ecozones. Ecological engineering, 29, 105-112.

Duponnois R., Hafidi M., Ndoye I., Galiana A., Dreyfus B., Prin Y. 2010. ?Gestion et valorisation des ressources microbiennes des sols pour une revégétalisation durable des milieux sahéliens ». *In* Dia A. et Duponnois R. éd. : *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en oeuvre.* IRD, Marseille, 171-182.

Duponnois R., Ouahmane L., Kane A., Thioulouse J., Haïdi M., Boumezzough A., Prin Y., Baudoin E., Galiana A., Dreyfus B.
2011 - Nurse shrubs increased the early growth of *Cupressus* seedlings by enhancing belowground mutualism and soil microbial activity.
Biology and Biochemistry, 43, 2160-2168.

Dupriez H., De Leener P.
1987. *Jardins et vergers d'Afrique.*
Wageningen, Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, CTA, 354 p.

FAO
2009 - *Guidelines for good forestry and range practices in arid and semi-arid zones of the Near East.* Cairo, FAO Regional Office for the Near East, 58 p.

FAO
2010 - *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal.*
Rome, Étude FAO Forêts 163, 348 p.

Falconnet G., Gruez J., Argillier C.V.
1990 - *Etude d'un support de culture de plants forestiers méditerranéens en conteneurs. Rapport de synthèse*, CEMAGREF, Aix en Provence.

Franclet A., Najar M.
1978 – Conséquences différées des déformations racinaires chez le pin maritime. AFOCEL, Annales Recherches Sylvicoles, 177-201.

Floret C., Serpantié G.
1993 – *La jachère en Afrique de l'Ouest.*
Paris, ORSTOM, 494 p.

Ganaba S.
2008 - *Caractérisation, utilisations, tests de restauration et gestion de la végétation ligneuse au Sahel, Burkina Faso.*
Dakar, Univ. Cheikh Anta Diop, Fac. Sc. et Techniques, thèse, 287 p. + ann.

Guehl J.M., Falconnet G., Gruez G.J.
1989 - Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de *Cedrus atlantica* élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture.
Annales Sciences Forestières, 46, 1-14.

Gouwakinnou G.N., Kindomihou V., Assogbadjo A.E., Sinsin B.
2009 - Population structure and abundance of *Sclerocarya birrea* (A. Rich) Hochst subsp. *birrea* in two contrasting land-use systems in Benin. International Journal of Biodiversity and Conservation 2009, 1, 6, 194-201.

Hasnaoui B.
1991 – Regénération naturelle par rejets de souche et par drageonnement d'une suberaie dans le Nord Ouest de la Tunisie.
Ecologia mediterranea, 17, 7987.

Hein L., de Ridder N., Hiernaux P., Leemans R., de Wit A., Schaepman M.
2011 - Desertification in the Sahel: towards better accounting for ecosystem dynamics in the interpretation of remote sensing images.
Journal of Arid Environments, 75, 1164-1172.

Hinsinger P.
2001 - Bioavailability of soil, inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review.
Plant and Soil, 237, 173-195.

Hirche A., Salamani M., Abdellaoui A., Benhouhou S., Martínez Valderrama J.
2011 - Landscape changes of desertification in arid areas:the case of south-west Algeria.
Environmental Monitoring and Assessment, 179, 403–420 (DOI 10.1007/s10661-010-1744-5).

Ichaou A.
1992 - *La contribution du terroir cultivé à l'approvisionnement en bois énergie et autres produits forestiers des populations rurales de la zone définie par le SDAN.* Katibougou, Mali, rapport de stage IPR de Katibougou, 66 p., *multigr.*

Ichaou A.
1993 - *Synthèse bibliographique des inventaires de ressources ligneuses réalisées dans les terroirs agricoles de la zone SDAN.* Katibougou, Mali, rapport de stage IPR de Katibougou, 72 p., *multigr.*

Ichaou A.
1995 - *Etude de la productivité des formations forestières de brousse tigrée et de brousse diffuse : conséquences pour la gestion et la régénération de ces formations.* Mémoire, IPR Katibougou, Mali, 161 p., *multigr.*

Ichaou A.
2000 - *Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'Ouest nigérien.* Toulouse (France), Univ. P. Sabatier, thèse en écologie végétale tropicale, 230 p.

Ichaou A.
2004 - *Etude sur les aspects techniques des activités forestières - processus d'élaboration du programme forestier national du Niger.*
FAO, Rome, 15 p.

Ichaou A., Guibert B.
2009 - *De la dune fixée à la cuvette retrouvée : l'exemple du projet d'appui à la gestion des ressources naturelles au Niger (PARN).* Niamey, ONG Karkara, 51 p.

Jensen J.S., Bayala J., Sanou H., Korbo A., Ræbild A., Kambou S., Tougiani A., Bouda H.N., Larsen A.S., Parkouda C.
2011 - A research approach supporting domestication of Baobab (*Adansonia digitata* L.) in West Africa. New Forests, 41, 317-335.

Karim S.
2001 - *Contribution à l'étude de la régénération par multiplication végétative naturelle de deux combretacées dans l'ouest du Niger* (Combretum micranthum *G. Don et* Guiera senegalensis *J.F. Gmel) : conséquences pour une gestion sylvopastorale.* Ouagadougou, Burkina Faso, DEA, 58 p., *multigr.*

Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J. , Ouedraogo S.J., Odén P.C.
2007 - The relative importance of different regeneration mechanisms in selectively cut-savanna-woodland in Burkina Faso, West Africa. Forest ecology and management, 243, 28-38.

Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J., Savadogo P., Boussim I.J., Oden P.C.
2010 - Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. Silva Fennica, 44, 5, 775-787.

Lal R., Delgado J.A., Groffman P.M., Millar N., Dell C., Rotz A.
2011 - Management to mitigate and adapt to climate change. Journal of soil and water conservation, 66, 4, 276-285.

Lamond M., Tavakol R., Riedacker A.
1983 – Influence du blocage de l'extrémité du pivot d'un semis de chêne, sur la morphogenèse de son système racinaire. Annales des sciences forestières, 40, 3, 227-250.

Lemaire F., Dartigues A., Rivière L-M.
1989 - *Cultures en pots et conteneurs, Principes agronomiques et applications.* Edition INRA, 2003, France, 184 p.

Larwanou M., Abdoulaye M., Reij C.
2006 - *Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger) : une première exploration d'un phénomène spectaculaire.* International Resources Group, USAID, 56 p.

Le Bouler H., Brahic P., Bouzoubâa Z., Achour A., Defaa A., Bellefontaine R.
2012 - « L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol ». *In* INRA-Maroc, éd. : *Actes du 1er Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011.* Rabat, ANDZOA.

Le Polain de Waroux Y.
2012 – « La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant ». *In* INRA-Maroc, éd. : *Actes du 1er Congrès International sur l'arganier, 15-17 décembre 2011.* Rabat, ANDZOA.

Mahamane A., Mahamane S., Yacoubou B., Issaka A., Ichaou A., Saley K.
2007 – Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). Sécheresse, 18, 4, 296-304.

Malagnoux M.
2008 – "Degraded Arid Land Restoration for Afforestation and Agro-Silvo-Pastoral Production through New Water Harvesting Mechanized Technology". *In* Lee C. and Schaaf T. éd.: *The Future of Drylands. International Scientific Conference on Desertification and Drylands Research. Tunis, Tunisia, 19?21 June 2006.* UNESCO Publishing, Man and the Biosphere series, Paris, 269-282.

Malagnoux M.
2011 - *Gestion des plantations sur dunes.* Rome, FAO, Document de travail sur les forêts et la foresterie en zones arides, 3, 43 p.

Malagnoux M., Jeanjean H.
1989 - *Sylviculture et aménagement de Prosopis juliflora. Connaissance des peuplements et aménagement de l'acacia gommier en Mauritanie - Propositions d'action.* Montpellier, Cirad, 73 p., *multigr.*

Malagnoux M., Sène E.H., Atzmon N.
2007 - Les forêts, les arbres et l'eau dans les terres arides : un équilibre précaire. Unasylva 58, 229, 24-29.

Masse D., Hien E., Kaboré T., Bilgo A., Hien V., Chotte J.L.
2011 - Evolution of farming practices in sub-Saharan region confronted by demographic and climatic changes: runoff control and organic matter resources management. Procedia Environmental Sciences, 9, 124-129.

Mazoyer M.
1991 - *Aménagement de l'exploitation renouvelable des ressources en bois-énergie du périmètre d'approvisionnement de Niamey.* Montpellier, Cirad, Projet énergie II, 58 p., *multigr.*

Meunier Q., Bellefontaine R., Boffa J.M. and Bitahwa N.
2006 - *Low-cost vegetative propagation of trees and shrubs. Technical Handbook for Ugandan rural communities.* Kampala, Uganda, Angel Agencies (éd.), 66 p.

Meunier Q., Arbonnier M., Morin A., Bellefontaine R.
2008 – *Trees, shrubs and climbers valued by rural communities in Western Uganda. Utilisation and propagation potential.* GraphiConsult (U) Ltd, (ed.), Kampala, Uganda, 106 p.

Morin A., Bellefontaine R., Meunier Q., Boffa J.M.
2010 - Harnessing natural or induced vegetative propagation for tree regeneration in agroecosystem.
Acta Botanica Gallica, 157, 3, 483-492.

N'Klo O., Bellefontaine R., Bourg F., Nicolas D.
2010 - *Agroforestry, basic situation, challenges and opportunities.* Wageningen, Pays-Bas, CTA (éd.), Knowledge for development, http://knowledge.cta.int/en/content/view/full/11804

Noubissié-Tchiagam J.B., Ndzié J.P., Bellefontaine R., Mapongmetsem P.M.
2011 - Multiplication végétative de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex. A. Rich. et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. au nord du Cameroun. Fruits, 66, 5, 327–341.

Nsibi R.
2005 - *Sénescence et rajeunissement des subéraies de Tabarka – Ain Draham avec approches écologiques et biotechnologiques*, Tunis, Université de Tunis II, Fac. Sc., thèse, 156 p.

Nsibi R., Souayah N., Khouja M.L., Khaldi A., Rejeb M.N., Bouzid S.
2003 - Le drageonnement expérimental du chêne liège (*Quercus suber* L., *Fagaceae*). Effets de l'âge et des conditions de culture. Geo-Eco-Trop, 27, 1-2, 29-32.

Olesen K.
1996 - *Innovations in tropical tree seed technology. Proceedings of the IUFRO Symposium of the project group P.2.04.00 'Seed Problems', Arusha, Tanzania, 7-10 September 1995.* Danida Forest Seed Centre (éd.), Humlebaek, Danemark, 302 p.

Osman A.N., Ræbild A., Christiansen J.L., Bayala J.
2011 - Performance of cowpea (*Vigna unguiculata*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*) intercropped under *Parkia biglobosa* in an agroforestry system in Burkina Faso. African Journal of Agricultural Research, 6, 4, 882-891.

Ouedraogo A.
2006 – *Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso.* Ouagadougou, Labo de biologie et écologie végétales, thèse, 195 p. + ann.

Ouedraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S.
2006 - Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse, 17 (4), 485-491.*

Ouedraogo A.S., Boffa J.M.
1999 - *Actes du premier atelier régional de formation sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, 16-27 mars 1998, "Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique sub-saharienne"*, IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), Rome, 299 p.

Pain-Orcet M., Bellefontaine R.
2004 – "Trees outside the forest : a new perspective on the management of forest resources in the tropics". *In* Babin D., éd.: *Beyond tropical deforestation. From tropical deforestation to forest cover dynamics and forest development*, Montpellier, Unesco/Cirad, 423-430.

Peltier R., Lawali E.M., Montagne P.
1994. Aménagement villageois des brousses tachetées au Niger – 1ère partie : le milieu – potentiel et contraintes ; 2ème partie : les méthodes de gestion préconisées. Bois et forêts des tropiques, 242, 59-76 et 243, 5-24.

Peltier R., Dessard H., Ichaou A.
2009 - Bilan après quinze ans de gestion communautaire d'une forêt villageoise de l'Ouest nigérien. Sécheresse, 20, 4, 20-31.

Piéri C.
1989 – *Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherché et de développement agricole au sud du Sahara.* Paris, Ministère de la Coopération, 444 p.

Pouliot M., Bayala J., Ræbild A.
2011 - Testing the shade tolerance of selected crops under *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. in an agroforestry parkland in Burkina Faso, West Africa. Agroforestry Systems. DOI: 10.1007/s10457-011-9411-6.

Ræbild A., Larsen A.S., Jensen J.S., Ouedraogo M., De Groote S., Van Damme P., Bayala J., Diallo B.O., Sanou H., Kalinganire A., Kjaer E.D.
2011 - Advances in domestication of indigenous fruit trees in the West African Sahel. New Forests, 41, 297-315.

Reij C.P.
2009. Reverdir le Sahel : le succès de la régénération naturelle des arbres. *Agridape*: 6-8. http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/west-africa/la-diffusion-des-pratiques-durables/reverdir-le-sahel-le-succes-de-la-regeneration/at_download/article_pdf

Reij C.P., Botoni E.
2009 - *La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles.* Univ. Libre, Amsterdam, 61 p.

Riedacker A.
1978 - Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle : applications pour la conception de conteneurs. Annales Sciences Forestières, 35, 1, 1-18.

Riedacker A., Dreyer E., Pafadnam C., Joly H., Bory G.
1993 – *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Séminaire 20/3-6/4/1990, Groupe d'Etude de l'arbre et Observatoire du Sahara et du Sahel.* Paris, John Libbey Eurotext, 489 p.

Rives F., Peltier R., Montagne P.
2010 – "Fifteen years of forest community management in Niger: from a technician's dream to social reality". *In* Conference on taking stock of smallholder and community forestry, Montpelier, 24-26 mars 2010, Cirad, Montpellier, France.

Roederer Y., Bellefontaine R.
1990 - Peut-on espérer conserver un pouvoir germinatif aux semences de Neem *(Azadirachta indica)* ? Rome, Bulletin FAO d'informations sur les ressources génétiques forestières, 17, 31-34.

Roose E., De Noni G.
1998 – « Apport de la recherche à la lutte antiérosive. Bilan mitigé et nouvelle approche ». *In* Roose E. éd. : *Etude et Gestion des Sols,* Montpellier, ORSTOM : 5, 3, 181-194.

Roose E., Bellefontaine R., Visser M.
2011 - Six rules for the rapid restoration of degraded lands: synthesis of 16 case studies in tropical and Mediterranean climates. Sécheresse, 22, 2, 86-96.

Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré NP.
2008 - Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 12, 3, 279-90.

Somé L.M., de Kam M.
1993 - *Les problèmes des semences forestières, notamment en Afrique*, Backhuys Publ., Leiden (Pays-Bas), 471 p.

Sotelo Montes C., Garcia R.A., Da Silva D.A., Bolzón de Muñiz G.I., Weber J.C.
2010 - Variation and correlations in traits of *Prosopis africana* and *Balanites aegyptiaca* in the west African Sahel: implications for tree domestication programs. Forests, trees and livelihoods, 19, 289–298.

Tassin J., Bellefontaine R., Roger E., Kull C.
2009 - Evaluation des risques d'invasion par les essences forestières introduites à Madagascar. Bois et forêts des tropiques, 299, 1, 27-36.

Tchoundjeu Z., Degrande A., Leakey R.R.B., Nimino G., Kemajou E., Asaah E., Facheux C., Mbile P., Mbosso C., Sado T., and Tsobeng A.
2010- Impacts of participatory tree domestication on farmer livelihoods in west and central Africa. Forests, trees and livelihoods, 19, 217-234.

Unesco/Cirad
2004 – *Beyond tropical deforestation. From tropical deforestation to forest cover dynamics and forest development.* Babin D., éd., Montpellier, Cirad, 488 p.

Zougmore R, Mando A, Ringersma J, Stroosnijder L.
2004 - Effet synergique des techniques de gestion de l'eau et des nutriments sur le ruissellement et l'érosion en zone semi-aride du Burkina Faso. Bulletin Réseau Erosion, 23, 540-53.

Reboisements à base d'essences exotiques, allélopathie et mycorhization contrôlée

Améliorer la mise en œuvre de la Grande Muraille Verte

Arsène Sanon
Institut de recherche pour le développement (IRD),
Centre de Ouagadougou, 01 BP 182 Ouagadougou, Burkina Faso
e-mail : Arsene.Sanon@gmail.com

Fatou Ndoye
Laboratoire commun de microbiologie IRD/Isra/Ucad,
Centre de recherche de Bel Air, BP 1386, CP 18524 Dakar, Sénégal
Faculté des Sciences et Techniques, université Cheikh Anta Diop, BP 5005 Dakar, Sénégal.
e-mails : Fatou.Ndoye@ird.fr ou fndoye80@yahoo.fr

Robin Duponnois
UMR 113, Cirad/Inra/IRD/Sup-Agro/UM2,
Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM),
campus international de Baillarguet, Montpellier, France
Faculté des Sciences Semlalia,
Laboratoire écologie et environnement, unité associée au CNRST,
Urac 32, université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc
e-mail : Robin.Duponnois@ird.fr

Résumé

Le projet majeur de la Grande Muraille Verte (GMV) de l'Afrique ambitionne de contribuer substantiellement à la lutte contre la désertification et à la mise en valeur des zones sahélo-sahariennes par une gestion durable des ressources naturelles et à la lutte contre la pauvreté. L'étendue des effets et impacts attendus de cette initiative régionale, ainsi que le nombre élevé de bénéficiaires (allant des populations vivant dans les zones d'emprise de la GMV aux États) sont un bel exemple d'intégration et méritent de capitaliser toutes les connaissances aussi bien scientifiques que paysannes (savoirs locaux, souvent dits traditionnels) afin que l'édification de cette bande de verdure se concrétise et soit un réel succès.

Cette présente contribution porte sur les possibilités actuelles qui existent, au travers de la mycorhization contrôlée, d'améliorer les performances (tout en atténuant très

significativement les éventuels impacts négatifs sur les écosystèmes hôtes) des essences exotiques couramment utilisées lors des programmes de reboisement et qui pourraient être valorisées au cours de la mise en œuvre de la Grande Muraille Verte.

Mots clés :

DIVERSITÉ BIOLOGIQUE, GRANDE MURAILLE VERTE, IMPACT ENVIRONNEMENTAL, MICROFLORE DU SOL, MYCORHIZATION CONTRÔLÉE, PLANTES EXOTIQUES, REBOISEMENT.

Introduction

Dans la bande sahélo-saharienne de l'Afrique, les pays sont caractérisés par des revenus très limités, une démographie galopante et une insécurité alimentaire et nutritionnelle généralisée. Ainsi, une importante croissance démographique, des épisodes de sécheresse récurrents et prolongés, une pauvre régénération naturelle du couvert végétal font que les populations de ces régions exercent une forte pression sur les écosystèmes fragilisés, résultant à terme à une surexploitation et à une forte dégradation des ressources naturelles (Vandenbelt, 1992).

La désertification, phénomène certes quasi planétaire, revêt ainsi en Afrique et en particulier dans la partie sud du Sahara un visage spécifique de calamité et de pauvreté qui installe progressivement un sentiment de désolation et de fatalité. Par ses effets pernicieux et récurrents, la désertification exacerbe la dégradation des ressources naturelles et la perte de la biodiversité, réduit considérablement la productivité agricole et maintient une situation d'insécurité alimentaire et un lourd bilan socio-économique qui impactent très négativement les efforts de développement économique de la majeure partie des États de l'espace sahélo-saharien (Dia et Niang, 2010).

D'importants programmes de reboisement, associant concomitamment des actions de conservation et de restauration des sols, ont été mis en œuvre avec le concours de partenaires multiples. Le choix global des espèces végétales était basé sur des critères biophysiques, écologiques et socio-économiques des zones à reboiser.

Dans bien des cas, des essences exotiques ont été largement utilisées en raison de leur plasticité écologique, de leur croissance rapide qui constitue souvent un réel avantage (pour la fourniture de bois d'énergie notamment), et pour bien d'autres intérêts également (écologiques : stabilisation des dunes, réhabilitation des sols, fertilisation des sols, phytoremédiation… ; socio-économiques : provision de fruits, fibres, fourrage, gomme, tannins, médicaments, bois de service…).

Des études d'impacts environnementaux liés à l'utilisation de ces essences exotiques ont bien plus tard permis de se rendre compte que des effets écologiques négatifs pouvaient être associés à ces plantes exotiques, qui souvent modifient les propriétés de l'écosystème hôte afin de promouvoir leur propre installation et leur adaptation

(Bernhard-Reversat, 1987 ; Calder *et al.*, 1993 ; Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007). En plus de leur effet sur la composition et le fonctionnement des biotopes hôtes, les espèces exotiques peuvent devenir des menaces pour la biodiversité qui pourtant est indispensable à la durabilité des écosystèmes et à la provision de services écosystémiques vitaux.

Ainsi, « pouvoir continuer à produire de la biomasse végétale de manière à ne pas compromettre l'intégrité environnementale et la santé publique » constitue donc un challenge auquel les symbioses microbiennes telluriques, les associations mycorhiziennes en particulier, devraient nous aider à aboutir. En effet, les symbioses mycorhiziennes, en plus d'être bénéfiques aux plantes hôtes (Kisa *et al.*, 2007 ; Smith et Read, 2008), contribuent efficacement à la stabilité des écosystèmes végétaux (van der Heijden *et al.*, 1998 ; Kisa *et al.*, 2007).

Une utilisation judicieuse des essences exotiques et tout particulièrement la capacité de ces plantes à contracter la symbiose mycorhizienne est un tremplin majeur pour la revégétalisation et la promotion de la biodiversité (en favorisant la coexistence interspécifique), la réhabilitation des sols dégradés ainsi que le maintien de leur fertilité dans le contexte de la Grande Muraille Verte.

Les essences exotiques : source de perturbations écologiques après leur plantation ?

La compétition entre les plantes constitue l'un des principaux moyens susceptibles d'expliquer la variation spatiale et temporelle dans les communautés végétales. Elle peut être définie comme la recherche active, par les individus d'une même espèce ou de plusieurs espèces, d'une même ressource du milieu (Dajoz, 1971). Le niveau de compétition dans les communautés végétales dépendra, entre autres, de la répartition spatiale des plantes, des ressources nutritives en partage, et de la capacité de chaque espèce végétale ou des moyens mis en œuvre par celle-ci pour acquérir ces ressources (Freckleton et Watkinson, 2001).

La plus grande partie de la compétition entre végétaux se déroule au niveau du sol. Contrairement à la compétition au niveau aérien qui implique principalement la lumière, les plantes ont en commun une large gamme de ressources (eau, au moins 20 minéraux essentiels qui diffèrent par leur masse moléculaire, leur valence, leur état d'oxydation et leur mobilité) à se partager au niveau du sol (Casper et Jackson, 1997). Il a été suggéré que la compétition au niveau du sol réduisait beaucoup plus la performance des plantes que la compétition pour la lumière (Donald, 1958 ; Wilson, 1988), et constituerait la principale forme de compétition dans les écosystèmes ayant de faibles densités végétales (Fowler, 1986).

La production et la libération de composés allélopathiques jouent un rôle important dans la compétition pour les ressources environnementales, dans l'armement chimique de défense des plantes contre leurs prédateurs et dans les interactions intra- et interspécifiques. Le terme « allélopathie » sera restreint dans ce document à « tout effet négatif, direct ou indirect, d'une plante sur d'autres organismes (plantes, micro-organismes...) *via* la production de composés biochimiques libérés dans le milieu » (Rice, 1984). Ces métabolites secondaires (acides phénoliques, flavonoïdes, terpénoïdes et alcaloïdes) se retrouvent ainsi dans l'environnement *via* quatre principaux mécanismes : l'exsudation racinaire, la lixiviation des pluvio-lessivats, la volatilisation et la décomposition de la litière. Il a été rapporté que de nombreuses plantes exotiques avaient la capacité de produire des composés allélopathiques ; ce qui expliquerait (en partie) l'expansion de nombreuses plantes exotiques dans les biotopes hôtes où certaines deviennent finalement invasives aboutissant à la mise en place d'un peuplement monospécifique (*Novel Weapons Hypothesis* ; Bais *et al.*, 2002 ; Callaway et Ridenour, 2004 ; Stinson *et al.*, 2006 ; Sanon *et al.*, 2009 ; Lind et Parker, 2010). L'effet des métabolites allélopathiques se traduit, entre autres, par une inhibition de la germination des graines et de la croissance des espèces végétales voisines réduisant très significativement la diversité végétale, par des modifications profondes dans les diversités populationnelle et fonctionnelle des communautés microbiennes telluriques. La composition du peuplement végétal et, *in fine*, le fonctionnement global de l'écosystème hôte se trouvent donc modifiés.

Il a ainsi été observé que la reforestation avec des espèces végétales ayant un effet allélopathique avéré sur la strate herbacée ne permettait de lutter qu'en partie contre l'érosion du sol du fait de l'absence de la strate herbacée sous-jacente dont le rôle fort appréciable dans la fixation du sol est sans équivoque. De plus, la strate herbacée constitue dans les régions sahéliennes une source considérable de fourrage et réduire sa production viendrait à compromettre davantage le pastoralisme déjà durement éprouvé (Fostsing et Tchawa, 1994).

En Afrique au sud du Sahara, les essences exotiques telles *Gmelina arborea* et *Eucalyptus camaldulensis* ont largement été utilisées lors des programmes de reboisement (Ouédraogo, 1995 ; Diouf *et al.*, 2000). Or, ces espèces végétales à croissance rapide sont susceptibles d'entraîner des impacts écologiques négatifs notamment sur la flore et les communautés microbiennes indigènes, sur la fertilité et la salinité du sol, sur les cycles hydrologiques... (Bernhard-Reversat, 1987 ; Calder *et al.*, 1993 ; Cossalter et Pye-Smith, 2003 ; Laclau *et al.*, 2005)

Lors des expérimentations ayant porté sur *Gmelina arborea* et *Eucalyptus camaldulensis* que nous avons réalisées en conteneurs de 50 l environ, il était question de mesurer l'impact de ces essences exotiques sur le développement de la strate herbacée sous-jacente et sur la structure et le fonctionnement du compartiment microbien rhizosphérique (Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007). Des plantules de *Gmelina* et *Eucalyptus* ont donc été cultivées dans du sol non stérilisé, ce qui a permis le développement des herbacées issues du stock endogène de graines dans le sol. Nous avons noté que la croissance des herbacées annuelles adjacentes aux plants de

G. arborea ou *E. camaldulensis* est fortement inhibée lorsque les plantules étaient cultivées sans traitement préalable (exemple : sans mycorhization contrôlée). Cet effet inhibiteur serait la résultante de la compétition entre espèces végétales pour les ressources disponibles et assurerait ainsi un avantage compétitif aux essences exotiques. Parmi les mécanismes d'action mis en cause, nous pouvons citer comme évoqué précédemment l'allélopathie directe sur les herbacées [le genre *Eucalyptus* produit et libère dans l'environnement du 1,8 cinéole (Rodriguez *et al.*, 2006)], un puissant agent allélochimique qui inhibe la croissance de plusieurs espèces herbacées (Romagni *et al.*, 2000), les profondes modifications induites dans la structure et le fonctionnement des communautés microbiennes telluriques natives, etc. En effet, des communautés microbiennes distinctes aussi bien dans leur structure que leur fonctionnement se développent dans la rhizosphère d'espèces ou de communautés végétales différentes (Kourtev *et al.*, 2003 ; Zak *et al.*, 2003), résultant principalement des différences quantitatives et qualitatives des apports organiques de ces espèces végétales. La modification et/ou le remplacement de la microflore rhizosphérique initiale (avant reboisement avec des essences exotiques) par une autre expliquerait pour une part significative la naturalisation et l'expansion des plantes exotiques aux dépens des espèces végétales natives (Wolfe et Klironomos, 2005 ; Jordan *et al.*, 2008).

En outre, les résultats obtenus des expérimentations avec G. *arborea* et E. *camaldulensis* indiquent des modifications de la structure (modifications révélées par les profils PCR-DGGE – *Polymerse Chain Reaction – Denaturing Gel Gradient Electrophoresis* – et le dendrogramme de l'analyse hiérarchique du profil DGGE réalisé (Kisa *et al.*, 2007) et de la diversité catabolique (modifications révélées par l'établissement des profils cataboliques [*Substrate-Induced Respiration, SIR*] et la détermination de la richesse et l'équitabilité cataboliques ; Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007) des communautés microbiennes telluriques. Plus spécifiquement, nos résultats suggèrent que G. *arborea* et E. *camaldulensis* affectent cette diversité catabolique en réduisant, en éliminant ou en inhibant certaines composantes des communautés microbiennes impliquées dans les processus de décomposition des substrats organiques testés (Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007).

De plus, nous avons observé au Sénégal que la plante herbacée exotique *Amaranthus viridis* réduisait significativement le nombre de spores de champignons mycorhiziens à arbuscules ainsi que la longueur des hyphes mycorhiziens dans sa rhizosphère prélevée *in situ* (Sanon *et al.*, 2009 ; Sanon *et al.*, 2011 a). Aussi, l'extrait aqueux de cette même plante inhibait la croissance des rhizobiums (bactéries symbiotiques fixant l'azote atmosphérique) ainsi que la nodulation des acacias.

Il découle de ces perturbations induites par la plante exotique, des perturbations écologiques durables (altération des cycles bio-géochimiques, dégradation de la microflore rhizosphérique symbiotique…), compromettant ainsi la croissance et la survie des acacias endémiques du Sahel dont le développement reste fortement dépendant de ces associations symbiotiques (Sanon *et al.*, 2009).

Optimisation du succès des opérations de reboisement à base d'essences exotiques par la valorisation de la symbiose mycorhizienne

Rôle écologique de la symbiose mycorhizienne dans les agro-écosystèmes

Même si des interactions de type parasitaire ont, dans certaines conditions, été décrites concernant les partenaires mycorhiziens (Johnson *et al.*, 1997 ; Klironomos, 2003 ; Purin et Rillig, 2008), la plupart des travaux mentionnent les champignons mycorhiziens comme des composantes essentielles des systèmes sol/plantes. Représentant une interface clé entre les plantes hôtes et les (macro- et micro-) nutriments du sol, les avantages de la symbiose mycorhizienne comportent également un accroissement de la résistance végétale face aux pathogènes et autres stresses environnementaux (c'est-à-dire les pollutions organiques et métalliques, la salinité, l'acidité...) et une amélioration de la nutrition hydrique des plantes hôtes en échange de photosynthétats (St-Arnaud *et al.*, 1997 ; Joner et Leyval, 2003 ; Lambers *et al.*, 2008 ; Smith et Read, 2008). Des interactions synergiques ont été décrites entre le développement des symbiotes mycorhiziens et celui d'autres micro-organismes, également importants par leur rôle dans l'amélioration de la croissance des plantes et communément appelés *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Parmi les micro-organismes dits PGPR, on peut citer ceux impliqués dans les cycles des nutriments (bactéries fixatrices d'azote, bactéries solubilisatrices des phosphates dont le groupe des pseudomonads fluorescents... ; Founoune *et al.*, 2002 ; André *et al.*, 2005 ; Duponnois *et al.*, 2005 ; Ramanankierana *et al.*, 2006) qui améliorent substantiellement le gain en poids des plantes, et donc susceptibles, en association avec les champignons mycorhiziens, de pérenniser la productivité végétale (Johansson *et al.*, 2004). De plus, le réseau d'hyphes mycorhiziens qui se développe dans le sol améliore significativement la structure du sol par la formation d'agrégats plus stables (Rillig et Mummey, 2006) et influence profondément la composition et la dynamique, *in fine*, la structuration des communautés végétales (van der Heijden *et al.*, 1998 ; Simard et Durall, 2004 ; Kisa *et al.*, 2007 ; Klironomos *et al.*, 2011 ; Sanon *et al.*, 2011 b). Enfin, la contribution des symbioses mycorhiziennes dans la séquestration du carbone et des nutriments dans le sol est également un sujet d'actualité auquel la communauté scientifique accorde un intérêt particulier (Rygiewicz et Andersen, 1994 ; Wilson *et al.*, 2009).

La mycorhization contrôlée : outil biologique pour atténuer l'impact des plantes exotiques sur les biotopes hôtes

La dégradation du couvert végétal est généralement le premier symptôme visible de la désertification, mais cet état de dégradation est souvent accompagné ou précédé

de perturbations profondes des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (Requena *et al.*, 2001 ; Cardoso et Kuyper, 2006 ; Siddiqui et Pichtel, 2008). Or, ces propriétés déterminent largement la qualité et la fertilité, donc la capacité productive du sol. Il résulte ainsi de cette dégradation du sol, une réduction drastique du potentiel mycorhizien à tel point que dans de nombreuses situations, il devient nécessaire d'« aider » les plantes à faire face à l'adversité de la nature. Une des alternatives qui se veut efficiente, peu onéreuse et respectueuse de l'environnement est la mycorhization contrôlée.

La mycorhization contrôlée est un ensemble de techniques (culture, sélection, multiplication, incorporation au sol et suivi écologique du symbiote fongique) qui a pour objectif la production de plants « biologiquement améliorés » par optimisation de l'établissement de la symbiose (Garbaye, 1991). Il s'agit ainsi de provoquer la symbiose entre un jeune plant et un champignon d'une souche particulière sélectionnée pour ses performances intrinsèques et sa synergie vis-à-vis de l'espèce végétale considérée en vue de produire des plants plus vigoureux à mettre en terre lors des opérations de reboisement.

En plus de leur capacité à mieux supporter les perturbations des premiers jours après la transplantation (« la crise de transplantation », Strullu *et al.*, 1991), à avoir accès à plus de nutriments et à mieux faire face aux stress environnementaux, les plantes inoculées voient également leurs interactions avec les autres plantes ou espèces végétales fortement influencées par la symbiose mycorhizienne.

Dans nos expérimentations concernant *Gmelina arborea* et *Eucalyptus camaldulensis* (Sanon *et al.*, 2006 ; Kisa *et al.*, 2007), il s'agissait également d'évaluer l'impact de la mycorhization contrôlée de G. *arborea* ou de E. *camaldulensis* sur la structuration de la strate herbacée sous-jacente et sur le fonctionnement microbiologique du sol. Après 12 mois de culture dans le sol non stérilisé, il est important de constater l'effet durable de la mycorhization contrôlée préalable des plantes exotiques qui se traduit par un maintien de la stimulation de la croissance de ces plantes dans le temps. En plus, les résultats obtenus montraient que la croissance (biomasses aérienne et racinaire) des herbacées spontanées sous-jacentes aux plantes exotiques était promue et les biomasses suivaient l'ordre suivant : *Non Planté* (absence de plante exotique dans le conteneur) >> *Plants inoculés* (plants inoculés avec le champignon endomycorhizien *Glomus intraradices*) > *Plants témoins* (plant sans aucun traitement préalable) > *Plants fertilisés* (plants fertilisés par un engrais NPK) (tabl. 1). Plus particulièrement, nous avons noté que l'effet négatif sur le développement des herbacées était corrélé à la croissance racinaire de l'arbre. En outre, la richesse spécifique et l'indice de diversité de Simpson-Yule des herbacées étaient significativement plus élevés dans les pots contenant les plants mycorhizés comparativement aux plants témoins et fertilisés (tabl. 1).

Ces résultats corroborent ceux préalablement obtenus et qui sous-tendent que les champignons mycorhiziens étaient susceptibles de promouvoir la coexistence entre espèces végétales (Janos 1980 ; van der Heidjen *et al.* 1998) en constatant que l'augmentation des propagules mycorhiziennes dans le sol, et par voie de conséquence la longueur des hyphes, conduisait à une plus grande diversité végétale et à

Tableau I

Paramètres de croissance des plants de Gmelina arborea fertilisés (+ NPK) ou inoculés par Glomus intraradices *après 4 mois de culture dans du sol stérilisé ; et paramètres de croissance, niveau de colonisation racinaire par les champignons MA, teneurs en P et N des plants de* G. arborea *transplantés dans des conteneurs remplis de sol non stérilisé, biomasses et indice de diversité de la strate herbacée sous-jacente (adapté de Sanon et al. 2006).*

	Conteneurs non plantés par *G. arborea*	**Témoin**	**Plants fertilisés (+ NPK) (+ GI)**	**Plants inoculés par *G. intraradices***
	Développement des plants après 4 mois de culture dans du sol sétrilisé			
Hauteur (cm)		22,7 a(1)	36,1 b	34,2 b
Biomasse aérienne (mg de matière sèche)		876 a	1540 b	1573 b
Biomasse racinaire (mg de matière sèche)		330 a	760 b	890 b
	Développement des plants après 12 mois de culture dans le sol non stérilisé			
Hauteur (cm)		226 a	265,1 a	240,4 a
Biomasse totale aérienne (g de matière sèche, MS)		1570 a	2695 b	2425 b
Biomasse totale racinaire (g de MS)		520 a	750 b	710 a
Colonisation racinaire par les champignons MA (%)		32,3 a	25,6 a	69,3 b
Teneur en P des feuilles (mg/plant)		1,78 a	3,56 b	3,55 b
Teneur en N des feuilles (mg/plant)		16,6 a	30,1 b	27,2 ab
Richesse catabolique	24,8 a	28,3 ab	30,8 b	28,1 ab
Indice de diversité de Simpson-Yule de la strate herbacée	3,46 b	1,62 a	1,69 a	3,16 b
Biomasse totale aérienne de la strate herbacée (mg de MS)	65,9 c	12,1 ab	1,64 a	16,8 b
Biomasse totale racinaire de la strate herbacée (mg de MS)	18,2 c	2,8 ab	0,5 a	3,6 b

(1) : les valeurs de la même ligne indexées par la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$)

une productivité plus élevée de l'écosystème (fig. 1 ; van der Heijden *et al.*, 1998). À cet égard, il a été rapporté que le réseau d'hyphes faciliterait l'établissement de plantules de même espèce ou d'espèces différentes sous un arbre mature en homogénéisant l'accès aux nutriments (à travers l'établissement d'un pont mycélien connectant plusieurs plantes de même espèce ou d'espèces différentes ; Sélosse *et al.*,

2006 ; Smith et Read, 2008), ou pourrait promouvoir la co-existence entre espèces dominantes et celles moins compétitives *via* le transfert de nutriments ou de photosynthétats d'espèces végétales dominantes (dites « sources ») vers les moins compétitives (dites « puits ») (Grime *et al.*, 1987 ; Simard et Durall, 2004 ; Sélosse *et al.*, 2006). D'une manière générale, les symbioses mycorhiziennes constituent des agents biologiques de promotion de biodiversité et de productivité dans les communautés végétales (van der Heijden *et al.*, 1998 ; Hart *et al.*, 2003 ; Klironomos *et al.*, 2011), cela, bien entendu, en relation avec la dépendance mycorhizienne et la position dans la hiérarchie locale des espèces végétales en compétition (Hart *et al.*, 2003 ; Urcelay et Diaz, 2003).

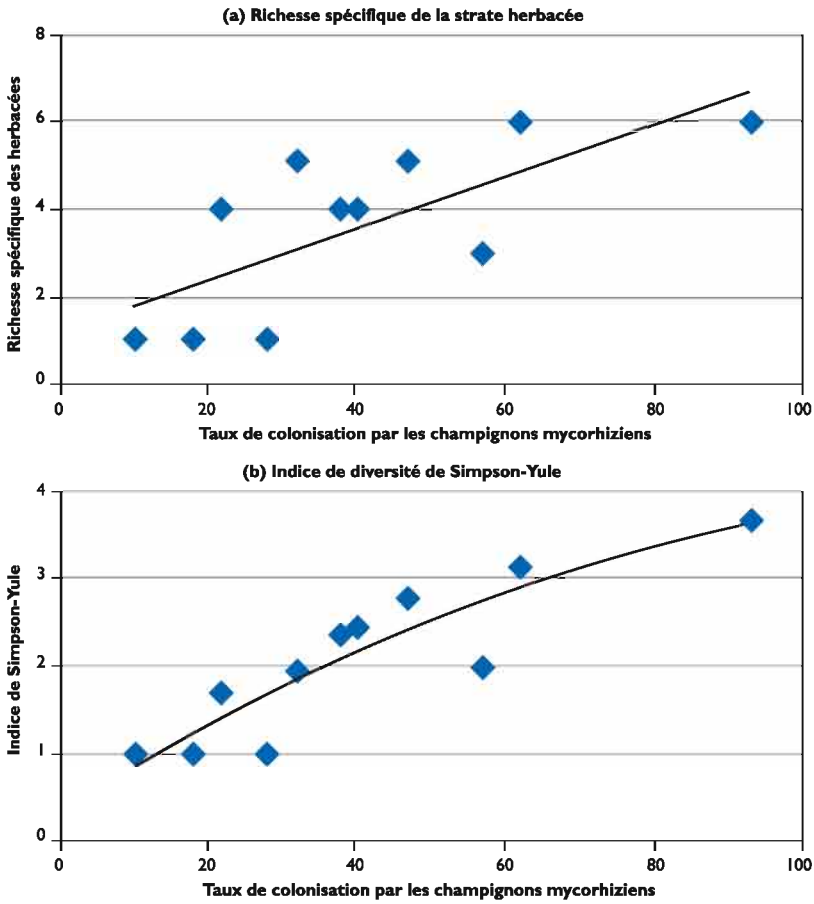


Figure 1.
Corrélations entre le niveau de colonisation racinaire par les champignons mycorhiziens des ligneux exotiques et (a) la richesse spécifique herbacée sous-jacente et (b) l'indice de diversité de Simpson-Yule des herbacées (extrait de Sanon et al., *2006).*

Dans les cas précis de nos expérimentations avec *Gmelina* et *Eucalyptus*, l'effet positif de la symbiose mycorhizienne sur la coexistence des arbres et leur strate herbacée, et finalement sur la diversité végétale, résulterait de « la présence du réseau mycélien bien développé » (fig. 1 ; Kisa *et al.*, 2007) « qui assurerait une uniformisation à l'accès aux ressources nutritives entre les espèces végétales dominantes (*G. arborea* ou *E. camaldulensis*) et celles qui le sont moins (herbacées annuelles) » (Wirsel, 2004). Les micro-organismes telluriques peuvent utiliser comme source de carbone et d'énergie les composés organiques dont les substances allélopathiques qui sont alors dégradées, transformées ou minéralisées, donc inactivées (Inderjit, 2005). « Les champignons mycorhiziens à arbuscules et la microflore mycorhizosphérique qui leur est associée ont été décrits comme des agents biologiques potentiels capables de métaboliser les composés allélochimiques »(Pellissier et Souto, 1999 ; Blum *et al.*, 2000). Par ce mécanisme, les champignons mycorhiziens et leur microflore associée peuvent donc, indirectement, protéger les espèces végétales herbacées de ces substances nocives libérées par les ligneux exotiques, promouvant par la même occasion la biodiversité végétale et la productivité de l'écosystème.

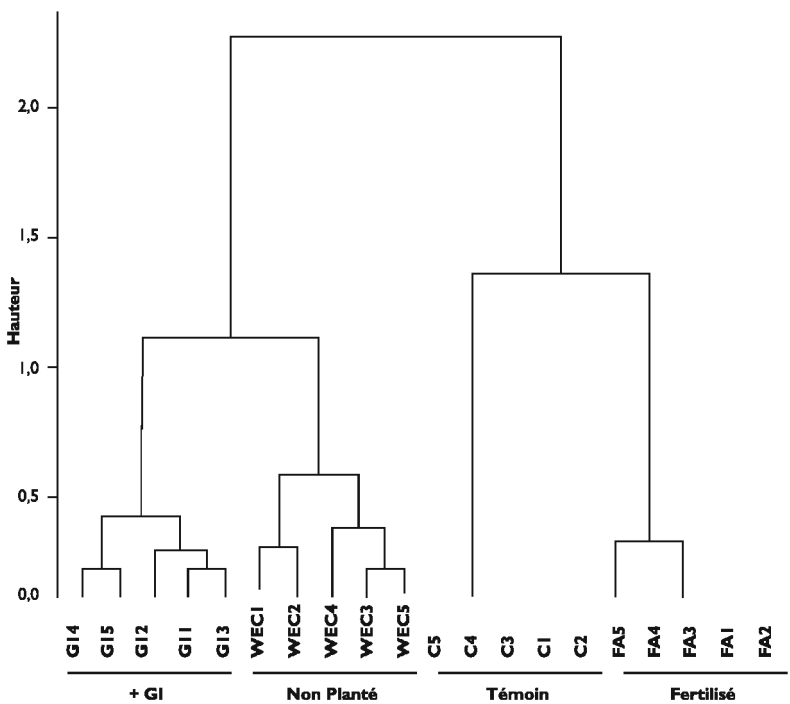


Figure 2.

Similarités entre les profils PCR-DGGE obtenus des communautés bactériennes des échantillons de sol des différents traitements (+ GI : ligneux exotiques inoculés par le champignon endomycorhizien Glomus intraradices ; Non planté : conteneurs sans ligneux exotiques ; Témoin : ligneux exotiques sans traitement préalable ; Fertilisé : ligneux exotiques fertilisés par du NPK ; Kisa et al., *2007).*

Par ailleurs, l'étude plus complète réalisée sur E. *camaldulensis* (Kisa *et al.*, 2007) montre que l'inoculation mycorhizienne préalable de la plante exotique tend à restaurer le fonctionnement du sol à sa situation initiale d'avant perturbation (état des conteneurs non plantés), avec des structures de communautés bactériennes similaires (fig. 2), une équitabilité catabolique (fig. 3) et un potentiel mycorhizien (fig. 4) plus élevés dans les sols issus de ces deux traitements (traitements inoculé et non planté). Les champignons mycorhiziens ont donc joué un effet « tampon » face aux perturbations induites par la plantation des essences exotiques en améliorant la capacité de résilience de l'écosystème hôte. Le concept de résilience écologique fait référence à la capacité d'un écosystème à supporter diverses perturbations et adopter différentes stratégies pour recouvrer certaines de ses propriétés originelles (fonctions, structure, composition, etc.) (Peterson *et al.*, 1998). La capacité d'une espèce végétale à tolérer un stress d'origine biotique ou abiotique est fortement dépendante du degré d'établissement et de fonctionnement des relations symbiotiques entre le champignon mycorhizien et la plante hôte (Barea *et al.*, 1997). À l'échelle de la communauté végétale, il est aussi admis que les peuplements plurispécifiques, donc plus diversifiés, présentaient une plus grande capacité d'adaptation et/ou de recouvrement face aux adversités biotiques et abiotiques (Petersen *et al.*, 1998 ; Kennedy *et al.*, 2002).

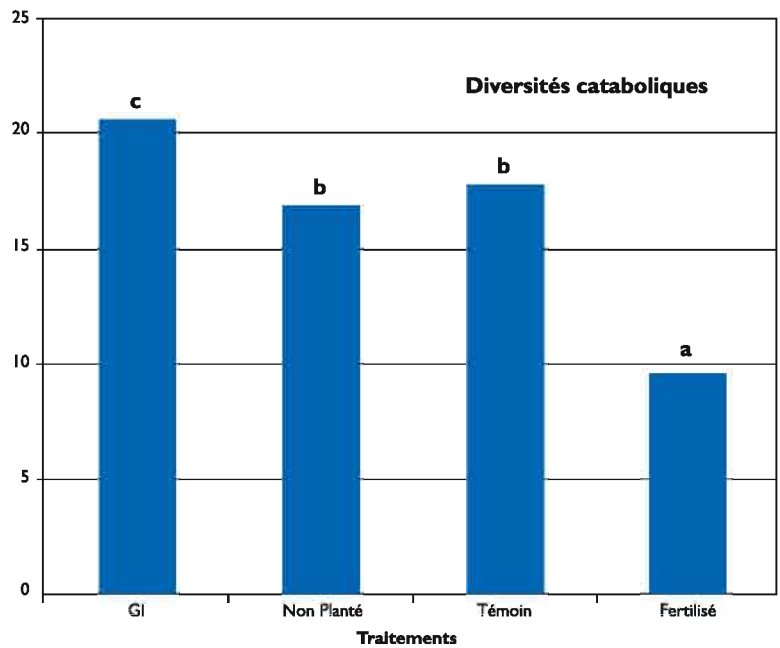


Figure 3.
Diversités cataboliques des communautés microbiennes des sols (adaptée de Kisa et al., 2007).

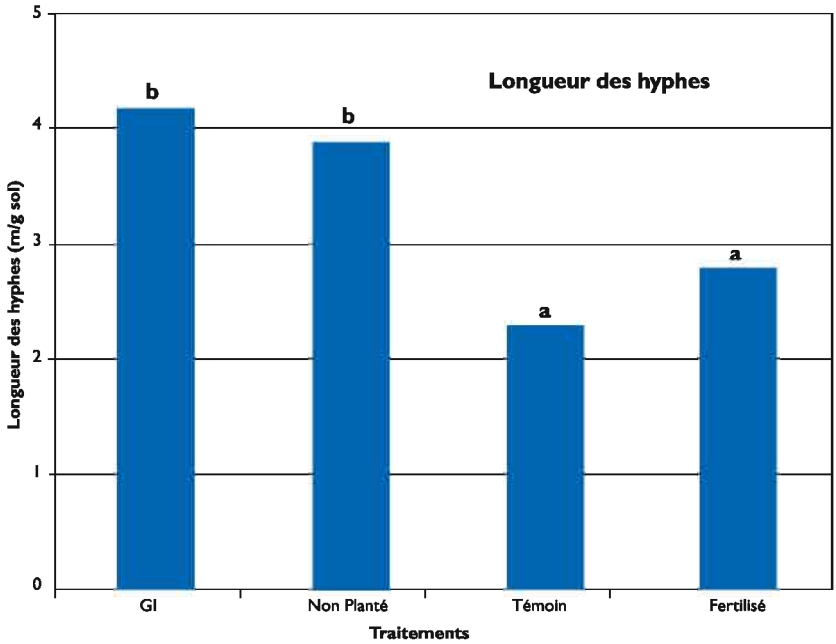


Figure 4.
Longueur des hyphes mycorhiziens mesurée des échantillons de sol (adaptée de Kisa et al., 2007).

Même si des études complémentaires, qui seront à réaliser directement *in situ*, sont nécessaires afin de vérifier et conforter les résultats obtenus lors de nos expérimentations en conteneurs avec *Gmelina arborea* et *Eucalyptus camaldulensis*, les champignons mycorhiziens apparaissent d'ores et déjà comme des candidats potentiels en vue d'améliorer les pratiques de reboisement à base d'essences exotiques.

Conclusion et perspectives

Face aux multiples défis environnementaux – la désertification principalement –, auxquels l'Afrique est confrontée, le projet d'édification d'une ceinture verte du Sénégal à Djibouti pour lutter contre la désertification revêt un caractère salutaire. Les efforts pour aider à la mise en œuvre de cette ambitieuse initiative africaine de « Grande Muraille Verte » doivent être capitalisés et consolidés afin de converger efficacement vers des actions de reboisement et d'aménagement, de restauration des terres et de la biodiversité, de développement des systèmes agricoles et pastoraux durables, de lutte contre la pauvreté par la réalisation d'activités génératrices de revenus favorables au repeuplement des zones sahélo-sahariennes.

Au vu de l'état de dégradation avancé des sols et des sécheresses récurrentes, entre autres, il est important de mentionner que les actions de reboisement classique à elles seules seront incapables de renverser la tendance actuelle de déboisement/déforestation et perte générale du couvert forestier. De plus, dans certains cas, le besoin de reboisement par l'utilisation d'essences exotiques se pose avec acuité en raison d'avantages socio-économiques et écologiques que peuvent présenter ces espèces végétales. Cependant, des perturbations écologiques sont souvent associées à l'utilisation de certaines essences exotiques. La mycorhization contrôlée peut donc constituer un atout majeur en vue de la production de plants plus aptes à faire face à l'adversité environnementale tout en perturbant le moins possible le fonctionnement écologique des biotopes hôtes.

Dans notre contexte africain, les pépiniéristes privés ou les services forestiers évaluent rarement le statut mycorhizien des plants forestiers malgré les bénéfices potentiels de l'inoculation contrôlée sur la croissance des plants en pépinière comme après plantation, et à terme, sur la stabilité et la diversité biologique des écosystèmes. Or, la technique de mycorhization contrôlée est déjà bien répandue dans les pays tempérés et mérite d'être davantage promue sous les tropiques. La sensibilisation des pépiniéristes est à encourager d'autant plus que les techniques de mycorhization contrôlée permettent d'obtenir des plants équilibrés, vigoureux et sains tout en atténuant par la même occasion les éventuelles perturbations écologiques associées à certaines espèces végétales dans les sites à reboiser.

Ensuite, les techniques de production de plants en pépinière sont à optimiser en apportant l'associé fongique approprié lorsqu'il est absent. Le choix du partenaire fongique adapté à l'essence et aux conditions pédoclimatiques est primordial pour la réussite des plantations des essences indigènes ou introduites. Le problème de la spécificité peut se poser lorsqu'on introduit par exemple des essences en dehors de leur aire d'origine. On pourra envisager, dans le cas où les symbiotes indigènes ne sont pas compatibles avec la plante introduite, de nous orienter vers le choix de symbiote fongique ayant co-évolué avec la plante dans l'aire d'origine de celle-ci en n'occultant pas le soin de réaliser un suivi écologique du matériel biologique introduit (inoculum fongique).

Toutefois, la production d'inoculum commercialisé reste encore un des obstacles majeurs pour la diffusion de la technique de mycorhization contrôlée. Des procédés de fabrication d'inoculum mycorhizien à grande échelle sont à promouvoir puisque la demande en produits forestiers (production de plants) va croissant dans le contexte actuel d'atténuation des impacts et d'adaptation aux changements climatiques.

Références

André S., Galiana A., Le Roux C., Prin Y., Neyra M., Duponnois R., 2005 - Ectomycorrhizal symbiosis enhanced the efficiency of two Bradyrhizobium inoculated on *Acacia holosericea* plant growth. Mycorrhiza 15 : 357-364.

Bais H. P., Walker T. S., Stermitz F. R., Hufbauer R. A., Vivanco J. M., 2002 - Enantiomeric-dependent phytotoxic and antimicrobial activity of (±) catechin. A rhizosecreted racemic mixture from spotted knapweed. Plant Physiology 128 : 1173-1179.

Barea J. M., Azcon-Aguilar C., Azcon R., 1997 – « Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems ». *In* Gange A. C., Brown V. K., eds. : *Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems*, Cambridge, Blackwell Science : 65-77.

Bernhard-Reversat F., 1987 - Les cyles des éléments minéraux dans un peuplement à *Acacia seyal* et leur modification en plantation d'*Eucalyptus* au Sénégal. Acta Oecologia 8 : 3-16.

Blum U., Statman K. L., Flint L. J., Shaefer S. R., 2000 - Induction and/or selection of phenolic acid-utilizing bulk-soil and rhizospheric bacteria and their influence on phenolic acid phytotoxicity. Jounal of Chemical Ecology 26 : 2059-2078.

Calder I. R., Hall R. L., Prasanna K. T., 1993 - Hydrological impact of Eucalyptus plantation in India. Journal of Hydrology 150 : 635-648.

Callaway R. M., Ridenour W. M., 2004 - Novel weapons : invasive success and the evolution of increased competitive ability. Frontiers in Ecology and the Environment 2 : 436-443.

Cardoso I. M., Kuyper T. M., 2006 - Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116 : 72-84.

Casper B. B., Jackson R. B., 1997 - Plant competition underground. Annual Review of Ecology and Systematics 28 : 545-570.

Cossalter C., Pye-Smith C., 2003 - *Fast-Wood Forestry : Myths and Realities*. Bogor, CIFOR. 50 p.

Dajoz R., 1971 - *Précis d'Écologie*. Paris, Dunod. 334 p.

Dia A., Niang A. M., 2010 - « Le Projet Majeur Grande Muraille Verte de l'Afrique : contexte, historique, approche stratégique, impacts attendus et gouvernance ». *In* IRD Éd. *: Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre*. Marseille, IRD : 9-25.

Diouf D., Sougoufara B., Neyra M., Lesueur D., 2000 - *Le reboisement au Sénégal : bilan des réalisations de 1993 à 1998. Rapport CIRAD-IRD-DEFCCS.* 49 p., *multigr.*

Donald C. M., 1958 - The interaction of competition for light and for nutrient. Australian Journal of Agricultural Research 9 : 421-435.

Duponnois R., Colombet A., Hien V., Thioulouse J., 2005 - The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. Soil Biology and Biochemistry 37 : 1460-1468.

Fotsing J. M., Tchawa P., 1994 - Pastoralisme et dégradation/conservation des sols des terroirs d'altitude du Cameroun de l'Ouest. Réseau Erosion, Bulletin, n° 14 : 359-373.

Founoune H., Duponnois R., Meyer J. M., Thioulouse J., Masse D., Chotte J. L., Neyra M., 2002 - Interactions between ectomycorrhizal symbiosis and fluorescent pseudomonads on *Acacia holosericea* : isolation of Mycorrhiza Helper Bacteria (MHB) from a Soudano-Sahelian soil. FEMS Microbiology Ecology 41 : 37-46.

Fowler N. L., 1986 - The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. Annual Review of Ecology and Systematics 17 : 89-110.

Freckleton R. P., Watkinson A. R., 2001 - Asymmetric competition between plant species. Functional Ecology 15 : 615-623.

Garbaye J., 1991 - Biological interactions in the mycorrhizosphere. Experienta 47 : 370-375.

Grime J. P., Mackey J. M. L., Hillier S. H., Read D. J., 1987 - Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. Nature 328 : 420-422.

Hart M. M., Reader R. J., Klironomos J. N., 2003 - Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. Trends in Ecology and Evolution 18 : 418-423.

Inderjit, 2005 -
Soil microorganisms : an important determinant of allelopathic activity.
Plant and Soil 274 : 227-236.

Janos D. P., 1980 -
Mycorrhizae influence tropical succession.
Biotropica 12 : 56-64.

Johansson J. F., Paul L. R., Finlay R. D., 2004 -
Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture.
FEMS Microbiology Ecology 48 : 1-13.

Johnson N. C., Graham J. H.,
Smith F. A., 1997 -
Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum.
New Phytologist 135 : 575-585.

Joner E. J., Leyval C., 2003 -
Rhizosphere gradients of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dissipation in two industrial soils and the impact of arbuscular mycorrhiza.
Environmental Science and Technology 37 : 2371-2375.

Jordan N. R., Larson D. L., Huerd S. C., 2008 -
Soil modification by invasive plants : effects on native and invasive species of mixed-grass prairies.
Biological Invasions 10 : 177-190.

Kennedy T. A., Naeem S., Howe K. M.,
Knops J. M. H., Tilman D., Reich P., 2002 -
Biodiversity as a barrier to ecological invasion.
Nature 417 : 636-638.

Kisa M., Sanon A., Thioulouse J.,
Assigbetse K., Sylla S., Spichiger R.,
Dieng L., Berthelin J., Prin Y., Galiana A.,
Lepage M., Duponnois R., 2007 -
Arbuscular mycorrhizal symbiosis can counterbalance the negative influence of the exotic tree species *Eucalyptus camaldulensis* on the structure and functioning of soil microbial communities in a Sahelian soil.
FEMS Microbiology Ecology 62 : 32-44.

Klironomos J., Zobel M., Tibbett M.,
Stock W. D. , Rillig M. C., Parrent J. L.,
Moora M., Koch A. M., Facelli J. M., Facelli E.,
Dickie I. A., Bever J. D., 2011 -
Forces that structure plant communities : quantifying the importance of the mycorrhizal symbiosis.
New Phytologist 189 : 366-370.

Klironomos J. N., 2003 -
Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi.
Ecology 84 : 2292-2301.

Kourtev P. S., Ehrenfeld J. G.,
Häggblom M., 2003 -
Experimental analysis of the effect of exotic and native plant species on the structure and function of soil microbial communities.
Soil Biology and Biochemistry 35 : 895-905.

Laclau J., Ranger J., Deleporte P.,
Nouvellon Y., Saintandre L.,
Marlet S., Bouillet J., 2005 -
Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo
3. Input-output budgets and consequences for the sustainability of the plantations.
Forest Ecology and Management 210 : 375-391.

Lambers H., Raven J. A.,
Shaver G. R., Smith S. E., 2008 -
Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age.
Trends in Ecology and Evolution 23 : 95-103.

Lind E. M., Parker J. D., 2010 -
Novel weapons testing : are invasive plants more chemically defended than native plants ?
PLoS ONE 5(5) : e10429.
doi : 10.1371/journal.pone.0010429.

Ouédraogo SJ, 1995 -
Les parcs agroforestiers au Burkina Faso.
Rapport AFRENA n° 79, 76 p., *multigr.*

Pellissier F., Souto X., 1999 -
Allelopathy in Northern temperate and boreal semi-natural woodland.
Critical Reviews in Plant Sciences 18 : 637-652.

Petersen G., Allen C. R.,
Holling C. S., 1998 -
Ecological resilience, biodiversity, and scale.
Ecosystems 1 : 6-18.

Purin S., Rillig M. C., 2008 -
Parasitism of arbuscular mycorrhizal fungi : reviewing the evidence.
FEMS Microbiology Ecology 279 : 8-14.

Ramanankierana N., Rakotoarimanga N.,
Thioulouse J., Kisa M., Randrianjohany E.,
Ramaroson L., Duponnois R., 2006 -
The Ectomycorrhizosphere effect influences functional diversity of soil microflora.
International Journal of Soil Science 1 : 8-19.

Requena N., Perez-Solis E., Azcon-Aguilar C., Jeffries P., Barea J. M., 2001 - Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. Applied and Environmental Microbiology 67 : 495-498.

Rice E. L., 1984 - *Allelopathy*. New York, Academic Press, 353 p.

Rillig M. C., Mummey D. L., 2006 - Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist 171 : 41-53.

Rodriguez P., Sierra W., Rodriguez S., Menéndez P., 2006 - Biotransformation of 1,8-cineole, the main product of Eucalyptus oils. Electronic Journal of Biotechnology 9 : 232-236.

Romagni J. G., Allen S. N., Dayan F. E., 2000 - Allelopathic effects of volatile cineoles on two weedy plant species. Journal of Chemical Ecology 26 : 303-313.

Rygiewicz P. T., Andersen C. P., 1994 - Mycorrhizae alter quality and quantity of carbon allocated belowground. Nature 36 : 58–60.

Sanon A., Beguiristain T., Cébron A., Berthelin J., Sylla S. N., Duponnois R., 2011a - Differences in nutrient availability and mycorrhizal infectivity in soils invaded by an exotic plant negatively influence the development of indigenous *Acacia* species. Journal of Environmental Management. (*in press*). doi : 10.1016/j.jenvman.2011.01.025.

Sanon A., Baudoin E., Prin Y., Galiana A., Duponnois R., Ndoye F., 2011b - *Plant coexistence and diversity mediated belowground : the importance of mycorrhizal networks*. New York, Nova Sciences Publishers, 40 p.

Sanon A., Beguiristain T., Cébron A., Berthelin J., Ndoye I., Leyval C., Sylla S., Duponnois R., 2009 - Changes in soil diversity and global activities following invasion of the exotic invasive plant, *Amaranthus viridis* L., decrease the growth of native sahelian *Acacia* species. FEMS Microbiology Ecology 70 : 118-131.

Sanon A., Martin P., Thioulouse J., Plenchette C., Spichiger R., Lepage M., Duponnois R., 2006 - Displacement of an herbaceous plant species community by mycorrhizal and non-mycorrhizal *Gmelina arborea*, an exotic tree, grown in a microcosm experiment. Mycorrhiza 16 : 125-132.

Selosse M. A., Richard F., He X., Simard S. W., 2006 - Mycorrhizal networks : des liaisons dangeureuses ? Trends in Ecology and Evolution 21 : 621-628.

Siddiqui Z. A., Pichtel J., 2008 - Mycorrhizae : an overview. *In* Siddiqui Z. A., Akhtar M. S., Futai K., éds. : *Mycorrhizae : Sustainable Agriculture and Forestry*, Dordrecht, Springer, : 1-35.

Simard S. W., Durall D. M., 2004 - Mycorrhizal networks : a review of their extent, function, and importance. Canadian Journal of Botany 82 : 1140-1165.

Smith S. E., Read D. J., 2008 - *Mycorrhizal symbiosis*. London, Academic Press, 800 p.

St-Arnaud M., Hamel C., Vimard B., Caron M., Fortin J. A., 1997 - Inhibition of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* in the non-VAM species *Dianthus caryophyllus* by co-culture with *Tagetes patula* companion plants colonized by *Glomus intraradices*. Canadian Journal of Botany 75 : 998-1005.

Stinson K. A., Campbell S. A., Powell J. R., Wolfe B. E., Callaway R. M., Thelen G. C., Hallett S. G., Prati D., Klironomos J. N., 2006 - Invasive plant suppresses the growth of native tree seedling by disrupting belowground mutualisms. PLOS Biology 4 : 727-731.

Strullu D. G., Perrin R., Plenchette C., 1991 - *Mycorhizes des arbres et plantes cultivées*. Tech.& Doc./Lavoisier, 254 p.

Urcelay C., Diaz S., 2003 - The mycorrhizal dependence of surbordinates determines the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant diversity. Ecology Letters 6 : 388-391.

van der Heijden M. G. A., Klironomos J. N., Ursic M., Moutoglis P., Streitwolf-Engel R., Boller T., Wiemken A., Sanders I. R., 1998 - Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396 : 69-72.

Vandenbelt R. J., 1992 - *Faidherbia albida* in the West African semi-arid tropics : proceedings of a workshop, 22-26 April 1991, Niamey, Niger.

Wilson G. W. T., Rice C. W., Rillig M., Springer A., Hartnett D. C., 2009 - Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi : results from long-term field experiments. Ecology Letters 12 : 452-461.

Wilson J. B., 1988 - Shoot competition and root competition. Journal of Applied Ecology 25 : 279-296.

Wirsel S. G. R., 2004 - Homogenous stands of wetland grass harbour diverse consortia of arbuscular mycorrhizal fungi. FEMS Microbiology Ecology 48 : 129-138.

Wolfe B. E., Klironomos J. N., 2005 - Breaking new ground : soil communities and exotic plant invasion. BioScience 55 : 477-487.

Zak D. R., Holmes W. E., White D. C., Peacock A. D., Tilman D., 2003 - Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function : Are there any links ? Ecology 84 : 2042-2050.

Conclusion

Conclusion

Abdoulaye DIA
Secrétaire exécutif de l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte,
BP 395, Bololo, N'Djamena, Tchad

Robin DUPONNOIS
Direction des programmes et de la formation pour le Sud (DPF),
Agence inter-établissements de recherche pour le développement (AIRD).
Institut de recherche pour le développement (IRD).
Le Sextant, 44, bd de Dunkerque - CS 90009 13572 Marseille Cedex 02
UMR 113 Cirad/Inra/IRD/Agro-M/UM2.
Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM).
Campus international de Baillarguet, Montpellier, France.

La lutte contre la désertification, les changements climatiques, la conservation des ressources naturelles et la diversité biologique dans les milieux arides et sub-arides constituent une des priorités majeures des États sahélo-sahariens du Circum-Sahara. Ces types de milieux font l'objet d'une attention toute particulière du fait que : (1) 1,2 milliard de personnes vivent dans des zones où l'eau est une ressource rare ; (2) les zones arides représentent 41 % de la surface du globe ; (3) 2,6 milliards de personnes sont affectées par la désertification ; (4) la croissance démographique des pays des zones arides a connu une augmentation de 18 % au cours des années 1990 ; (5) le PIB des pays des zones arides est inférieur de 50 % en moyenne par rapport aux autres nations ; (6) la régénération naturelle de la strate végétale et du sol des zones arides est beaucoup plus lente que celle observée dans des environnements bénéficiant d'une pluviométrie régulière et plus abondante (WOCAT, 2009). Dans ce contexte alarmant, des politiques opérationnelles nationales à différentes échelles institutionnelles ont été engagées au cours des cinq dernières décennies sur le continent africain. Elles se sont traduites par des programmes multisectoriels ainsi que par des recherches thématiques de caractérisation, de prévention, de lutte et de restauration. Ces actions nombreuses et diverses, mises en place dans un environnement aux caractéristiques variées, ont permis d'acquérir un capital important d'expériences, de pratiques, de données scientifiques et de techniques pertinentes. À cela s'ajoute un important savoir traditionnel des populations locales, qui leur a permis de lutter et de développer à travers des décennies une forme de résilience face aux perturbations environnementales.

L'Initiative africaine Grande Muraille Verte, « IAGMV », traduit la vision, marque l'engagement et concrétise l'approche stratégique des États sahéliens fortement soumis aux effets de la désertification et des changements climatiques. L'IAGMV intègre ainsi dans sa stratégie et ses objectifs les préoccupations des conventions des Nations unies sur la désertification, les changements climatiques et la biodiversité. Elle affirme et concrétise l'émergence d'un leadership de l'Afrique dans la prise en charge de ses défis environnementaux, à travers une gestion durable et une valorisation judicieuse de l'important potentiel de développement que recèlent ces milieux arides. Ce potentiel, essentiellement localisé dans les zones rurales, représente le plus souvent plus de 60 % de la superficie du pays dans la bande sahélienne et demeure insuffisamment valorisé par les stratégies et politiques nationales de développement.

Les objectifs stratégiques principaux de ce projet s'organisent autour des points focaux suivants :

– lutter contre les effets et l'avancée de la désertification *via* des opérations concrètes de restauration et de conservation des sols, des ressources végétales et des ressources hydriques ;

– mettre en valeur et gérer durablement les potentialités de développement des zones arides essentiellement rurales ;

– améliorer les services socio-économiques de base et les capacités techniques et de gestion et de gouvernance locale des populations des zones arides.

Les résultats attendus de ces engagements résolument interventionnistes et opérationnels permettront à terme de contribuer à l'amélioration des opérations : (1) de lutte contre l'avancée du désert du Sahara ; (2) de mise en valeur des zones arides et sub-arides rurales sahéliennes ; (3) de gestion durable des terres et des ressources naturelles ; (4) d'éradication de la pauvreté, afin d'atteindre les seuils de la sécurité alimentaire ; (5) de création de Pôles ruraux de développement (PRD), puissants vecteurs de développement et d'intégration.

Ce document fait suite à un précédent ouvrage, intitulé *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre* (Dia et Duponnois, 2010), et révèle à travers les différentes contributions présentées le potentiel technique et scientifique immédiatement disponible pour remédier concrètement et rapidement aux perturbations des cycles naturels (eau, biomasse et éléments nutritifs) qui conduisent à une baisse de la productivité agricole et à une dégradation de l'environnement à l'échelle mondiale (changements climatiques, perte de surface agricole utile). Cet ouvrage de synthèse pluridisciplinaire présente l'état des lieux des connaissances et des initiatives portant sur la gestion des problématiques de la désertification ainsi que des changements climatiques et leurs impacts. Il capitalise les résultats, les expériences, les techniques et autres données pertinentes issues de la recherche scientifique, ainsi que des pratiques et des savoirs traditionnels acquis dans ces différents domaines au cours des cinquante dernières années. L'événement majeur que constitue le lancement de la première série de programmes de recherche tripartite Afrique-Brésil-France, « Lutte contre la désertification en Afrique », et spécifiquement sur les zones arides de la Grande Muraille Verte, dans le cadre

de l'Accord tripartite France (Agence inter-établissements de recherche pour le développement, AIRD) – Afrique (Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte, APGMV) – Brésil (Centre de gestion et d'études stratégiques du Brésil, CGEE, et Conseil national de développement scientifique et technologique, CNPq) lors de la Conférence de Rio+20 démontre également la place importante de la recherche scientifique et de la valorisation des savoirs locaux dans la stratégie d'opérationnalisation de l'IAGMV. La série de programmes a pour objectif de structurer une communauté scientifique Afrique-Brésil-France d'appui à la lutte contre la désertification sur le continent africain. Les contributions scientifiques importantes figurant dans cet ouvrage de référence, portant notamment sur le pastoralisme, l'agriculture et la caractérisation des zones arides, constitueront des bases de référence dans la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de l'IAGMV.

Enfin, cet ouvrage sera fort utile à la réalisation du volet « Recherche d'accompagnement et développement » (RA&D) du Plan d'action quinquennal 2011-2015 intégrant la recherche scientifique et la valorisation des savoirs locaux.

Références

Dia, A. et Duponnois, R. (2010). *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre*. IRD Éditions, 432 p.

WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies) (2009). *Les bénéfices de la gestion durable des terres*. 15 p.

Imprimé en France. - JOUVE, 1, rue du Docteur Sauvé, 53100 MAYENNE
N° 961328H. - Dépôt légal : septembre 2012

La désertification est un phénomène mondial qui affecte près de la moitié de la surface de la planète. En Afrique, 43 % des terres se trouvent dans des zones arides ou semi-arides, et la lutte contre la désertification dans ces milieux y constitue une des priorités majeures des États sahélo-sahariens du Circum-Sahara. L'« Initiative africaine Grande Muraille Verte » (IAGMV) répond à ces enjeux *via* un ensemble d'actions destinées à assurer le développement socio-économique régional. Elle signe l'émergence d'un leadership de l'Afrique dans la prise en charge de ses défis environnementaux, à travers la gestion durable et la valorisation de l'important potentiel de développement des zones arides du continent. Malgré l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques dans les domaines liés à la gestion durable des terres en zones arides, la majeure partie de ces données n'a pas été capitalisée et diffusée, ce qui fragilise la mise en place des différentes politiques de lutte contre la désertification.

Cet ouvrage a ainsi pour objectif de faire l'état des lieux des connaissances et initiatives sur la gestion des problématiques de la désertification. Il capitalise les résultats, les expériences, les techniques et autres données issues de la recherche scientifique, mais aussi des pratiques et des savoirs traditionnels acquis au cours des cinquante dernières années. Il propose les recommandations qui en découlent afin d'optimiser les stratégies et les performances des programmes et projets de l'« Initiative Grande Muraille Verte ». Il s'adresse aux chercheurs, hydrologues, écologues, agronomes ainsi qu'aux développeurs et aménageurs investis dans les programmes de lutte contre la désertification.

Un cd-rom reprenant l'ensemble des contributions augmentées de deux documents est joint à l'ouvrage.

IRD
44, bd de Dunkerque
13572 Marseille cedex 02
editions@ird.fr
www.editions.ird.fr

42 €

Institut de recherche pour le développement

ISBN 978-2-7099-1738-4

La Grande Muraille Verte

Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux

Coordination scientifique

Professeur Abdoulaye Dia
Docteur Robin Duponnois

IRD
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Partie VII

L'expertise collégiale du « projet Jachère »

Résultats de recherche transférables dans cinq pays d'Afrique

Éditeurs
Victor Hien
Dominique Masse
Christian Floret

Le programme intitulé « Recherche sur l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest » (1994-2003) a été coordonné par l'Institut de recherche pour le développement. Il a associé plusieurs institutions de recherche et d'enseignement supérieur africaines et françaises : CNRST (Burkina Faso), CNRA (Côte d'Ivoire), IER (Mali), Faculté d'Agronomie (Niger), ISRA (Sénégal), CIRAD (France), IRD (France).

Il a été financé par l'Union européenne et les pays impliqués dans le programme : France, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal.

Le programme a déjà donné lieu à de nombreuses publications, notamment en 2005 sous la forme synthétique d'une expertise collégiale réalisée à la demande du CORAF/WECARD (Conseil ouest et centre-africain pour la recherche et le développement agricoles) et financée par l'Union européenne, expertise collégiale dont le texte complet est présenté dans ce document.

Cette expertise relève de la seule responsabilité des institutions partenaires et ne peut en aucun cas être considérée comme reflétant la position de l'Union européenne.

Ont participé à l'expertise et à la rédaction de ce rapport :

Lamine Seiny Boukar, chef de projet, PRASAC
Dr. Christian Floret, rapporteur, IRD
Philippe Jouve, spécialiste systèmes agraires et fertilité, CNEARC
Robin Duponnois, spécialiste du maintien de la fertilité et de l'intensification par des voies biologiques, IRD
Dr Pape Sall, spécialiste en agroforesterie, Secrétaire exécutif FNRAA
Jean Lejoly, spécialiste en végétation tropicale (biodiversité, domestication), Université Libre de Bruxelles
Cécile Broutin, spécialiste du développement auprès des communautés locales, GRET

Les coordinateurs du Projet ont également été sollicités et ont participé aux deux ateliers de l'expertise :

Roger Pontanier, coordonnateur régional
Victor Hien, Coordonnateur national du Burkina Faso, INERA
Ahoutou Konan, Coordonnateur national de Côte d'Ivoire, CNRA
Harouna Yossi, Coordonnateur national du Mali, IER – CRRA
Maxime Banoin, Coordonnateur national du Niger, Faculté d'Agronomie
Malaïny Diatta, Coordonnateur national du Sénégal, ISRA

Participants CORAF :

M. Marcel Nwalozie, directeur scientifique du CORAF
M. Paco Sereme, Secrétaire exécutif, a clôturé la réunion finale de l'expertise collégiale.

L'expertise collégiale du « projet Jachère »
Résultats de recherches transférables en milieu paysan dans cinq pays d'Afrique de l'Ouest

Christian Floret
Ex-directeur de recherche à l'IRD.
Ex-coordinateur régional du programme « Jachère ». BP 70. Saly Sénégal.
Tél./fax : 221 339574972. Portable : 221 7764609 10

Victor Hien
Directeur de recherche, CNRST/INERA du Burkina Faso. 03 BP 7192. Ouagadougou 03
e-mail : vhien@fasonet.bf, tél +226 70 25 48 72

Philippe Jouve
Directeur de recherche émérite et ex-directeur scientifique du CNEARC
(Centre national d'études agronomiques des régions chaudes,
aujourd'hui IRC-Institut des régions chaudes).
Site de La Valette. 1101, avenue Agropolis. BP 5098. 34093 Montpellier Cedex 05 – France.
Tél : + 33 (0)4 67 61 70 00. Fax : + 33 (0)4 67 41 02 32

Roger Pontanier †
Ex-directeur de recherche à l'IRD

Résumé

Le cycle culture-jachère est perturbé aujourd'hui par l'accroissement de la pression démographique et de la demande en terre. Les durées de jachère se sont raccourcies, laissant envisager à terme la disparition de cette pratique. Des méthodes de substitution à la jachère ont été avancées.

L'objectif du « projet Jachère » (1994-2003) était de réaliser un programme d'étude, d'amélioration et de gestion de la jachère au niveau de terroirs villageois dans des pays d'Afrique tropicale. Il s'agissait d'insérer le cycle culture-jachère, ou les modes de substitution à la jachère lorsqu'elle a disparu, dans une stratégie de développement durable.

Les résultats du projet Jachère ont fait l'objet de nombreuses publications scientifiques et techniques.

Une « expertise collégiale » a été entreprise pour dégager les résultats susceptibles d'être transférés en milieu paysan et pour examiner les conditions de ce transfert.

L'expertise collégiale

L'expertise collégiale se définit comme la mobilisation concertée de diverses compétences pour l'analyse commune d'une situation donnée. L'expertise collégiale doit répondre à des questions précises posées aux acteurs de la recherche par les décideurs chargés de mettre en œuvre, d'exécuter et de suivre les changements et les techniques de substitution à la jachère qui ont été proposées suite à la première phase du projet.

Cet exercice a commencé par la tenue des ateliers nationaux organisés sous la responsabilité des coordonnateurs nationaux. Les résultats techniques acquis au cours de la première phase et qui sont susceptibles d'être transférés en milieu paysan ont été présentés aux services de vulgarisation, ONG et projets de développement. L'analyse des besoins exprimés a abouti au criblage de ces résultats en deux catégories : *ceux qui peuvent être transférés en l'état et ceux qui doivent être validés par des dispositifs en milieu paysan*. Cependant, l'expertise insiste sur le fait qu'il n'y a jamais « transfert » pur et simple de la technique, mais à chaque fois, tri, test, adoption sélective, réappropriation partielle, par le paysan.

Rappel de la problématique du projet Jachère, sa mise en œuvre, ses résultats

Problématique

En Afrique tropicale, une utilisation courante des sols consiste souvent en une phase de culture de quelques années, suivie, après la baisse des rendements, d'un abandon cultural de durée variable. Cette seconde phase, appelée jachère, permet la remontée de la fertilité des sols et des potentialités agronomiques et écologiques du milieu, grâce à un retour à la savane arbustive ou arborée. Par ailleurs, la jachère n'est pas considérée par les communautés rurales comme une simple mise en dormance de l'agriculture, mais aussi comme un lieu de production où le paysan et l'éleveur exploitent des ressources fourragères, ligneuses, fruitières, ainsi que des plantes utilisées en pharmacopée. Le système culture/jachère apparaît ainsi comme un mode de gestion des ressources des savanes africaines.

Ce cycle culture-jachère est perturbé aujourd'hui par l'accroissement de la pression démographique et de la demande en terre. Les durées de jachère se sont raccourcies, laissant parfois même la place à une culture continue. L'augmentation des prélèvements de bois et l'intensification du pâturage sur des zones réduites diminuent ses fonctions de production. Raccourcie, la régénération naturelle devient moins efficace et s'accompagne d'une baisse de la biodiversité. Le dysfonctionnement hydrique ainsi que l'érosion ont tendance à s'installer de façon alarmante sur des terres de plus en plus dégradées. Tous ces phénomènes créent sur les terroirs traditionnels une situation de crise aux conséquences socio-économiques très importantes.

Des méthodes de substitution à la jachère ont été avancées. Mais les techniques coûteuses de restauration d'une terre épuisée et agroforestières, trop sectorielles, ne prenant pas suffisamment en compte la dimension du terroir, les aspects sociaux ou fonciers, n'ont pas toujours répondu aux espoirs de sociétés déjà peu enclines à accepter les innovations, et ont ralenti la mise en place de la transition vers une agriculture continue durable.

Objectifs

L'objectif du projet était de réaliser un programme d'étude, d'amélioration et de gestion de la jachère au niveau de terroirs villageois dans des pays d'Afrique tropicale. Il s'agissait d'insérer le cycle culture-jachère, ou les modes de substitution à la jachère lorsqu'elle a disparu, dans une stratégie de développement durable. Le renforcement des capacités nationales d'intervention dans le domaine objet de l'étude était aussi l'un des objectifs affichés du projet.

Les pays concernés ont été : le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Niger, le Sénégal.

Mise en œuvre (organisation)

Le programme de recherche a été coordonné par l'Institut de recherche pour le développement (IRD, ex-Orstom, France) sous l'égide de la Coraf. Il a associé plusieurs institutions de recherche et d'enseignement supérieur : CNRST (Burkina Faso), CNRA (Côte d'Ivoire), IER (Mali), Faculté d'Agronomie (Niger), Isra (Sénégal), Cirad (France), CEFE/CNRS (France), NRI (Grande Bretagne) et de nombreuses universités du Nord et du Sud.

Le projet a été financé dans les 5 pays par le 7e FED et par la France. Un projet financé par la DGXII a permis d'associer un pays d'Afrique centrale, le Cameroun, à ces recherches sur la jachère.

Principaux résultats

Les actions entreprises ont privilégié des ***recherches à caractère finalisé*** pour l'amélioration, la valorisation ou la substitution de la jachère par d'autres pratiques. En effet, face à la saturation de l'espace cultivable, des techniques de *« jachères améliorées »* ont été proposées avec des essais par les chercheurs dans les terroirs

retenus, pour maintenir les fonctions indispensables de la jachère (fonctions de restauration de la fertilité, de production fourragère et de bois, etc.). Elles ont parfois été aussi obtenues en station. Ces techniques doivent donc encore être validées en milieu réel, au niveau local et régional, et appropriées par les paysans.

Un premier volume publié sur les résultats du Programme Jachère représente les Actes du « Séminaire international sur la Jachère en Afrique tropicale » (édité chez John Libbey). Il contient les communications présentées dans l'ordre des dix sessions et le texte des posters. Un second volume intitulé *De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances* est publié chez le même éditeur (Floret et Pontanier, 2001). Il contient *dix articles de synthèse qui font le point des connaissances actuelles sur les mêmes thèmes*.

Le cadre général de l'expertise collégiale

Les différents partenaires ont décidé de réaliser une expertise collégiale pour évaluer les possibilités de valorisation technique des acquis de la recherche.

La démarche de l'expertise repose sur la confrontation de la demande sociale actuelle, recensée au niveau des pays couverts par le projet, avec les résultats scientifiques générés par ledit projet ou en d'autres circonstances sur la même problématique. La contextualisation des acquis permet de mieux prendre en compte les besoins exprimés et de construire une programmation participative et ciblée des actions futures à partir d'une typologie élaborée des résultats disponibles.

Les 7 experts et les 5 coordonnateurs nationaux du projet ont procédé dans un premier temps à une *analyse critique de la littérature scientifique* produite par le projet et hors projet traitant de la problématique des jachères. La restitution, lors de la *réunion initiale des experts*, des travaux des ateliers nationaux de validation par les coordonnateurs nationaux a visé à préciser la nature des demandes des utilisateurs et à identifier les techniques qui devraient être transférées pour satisfaire ces demandes. À l'issue de cette réunion initiale, les synthèses à réaliser dans le cadre des différentes sous-expertises ont été précisées et le plan général du rapport de l'expertise a été élaboré. Plus spécifiquement la répartition des tâches des experts a été définie selon les principales fonctions de la jachère (la fertilité, la production des fourrages, du bois d'œuvre et de feu, des produits de cueillette, de réservoir de biodiversité) et se décline comme suit :

- Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats
- Jachères et fertilité
- Jachères, produits de cueillette et biodiversité
- Jachères et production fourragère
- Jachères et agroforesterie
- Modalités de mise en œuvre des acquis de la recherche au service du développement (conditions et processus d'innovation).

La figure 1 présente les principaux sites sur lesquels des résultats sur la jachère ont été recueillis. Les écorégions et la pluviosité de ces sites figurent sur le tableau 1.

Tableau 1.
Les sites d'étude et leur cadre éco-climatique (Fournier et al., 2001).
**unité de la carte phytogéographique de White (1986).*

Zone éco-climatique	Pluviosité annuelle	Pays	Latitude	Site	*
Centre régional d'endémisme guinéo-congolais	1900 mm	Cameroun	2°47	Kribi	1a
	1900 mm	Côte d'Ivoire	6° 30	Taï	3
	1500 mm	Togo	10°30' 11°28'	Plateau Akposso	2
Zone de transition régionale guinéo-congolais soudanien	1200 mm ?	Côte d'Ivoire		Oumé	11
	1200 mm	Côte d'Ivoire	6°	Lamto	11a
	1225 mm	Côte d'Ivoire	8°5 10° 40	Touba	11a
	1200 mm	Sénégal	vers 12°30	Basse-Casamance	11a
	1100 mm	Sénégal	vers 12°50	Kolda Haute-Casamance	11a
Centre régional d'endémisme soudanien	1200 mm	Cameroun	vers 8°40	Ngong (Garoua)	27
	1000-1100 mm	Bénin	9°4 51' N	Nikki Kalale	27
	800-1000 mm	Mali	12°16' N	Gouani	27
	772 mm	Burkina Faso	12° N50'	Sobaka	30
	1000-1100 mm	Cameroun	9° à 10' N	Garoua	29a
	800-900 mm	Burkina Faso	11°24' N ?	Bondukuy	29a
	800-1000 mm	Burkina Faso	12°16'	Thiougou	29a
	780 mm	Burkina Faso	12°25'	Gampéla	29a
	800-900 mm	Sénégal	vers 13° 40'	Tabacounda Sénégal Oriental	29a
	800 mm	Cameroun	vers 10° 30'	Maroua (Midawa)	29a
	800 mm	Cameroun	vers 11°20'	Moula-Gazad	29a
Zone de transition régionale du Sahel	600 mm	Cameroun	13° 40' N	Kolofata	29a
	700-800 mm	Mali	13°45' N	Missira	29a
	600 mm	Mali	vers 13°30'	Dalonguebougou (60 km nord Ségou)	29a
	600 mm	Cameroun		Waza (Maroua)	29a
	300-400 mm 561	Niger	13 à 14 °	Banizoumbou limite de la zone suivante	29a 43

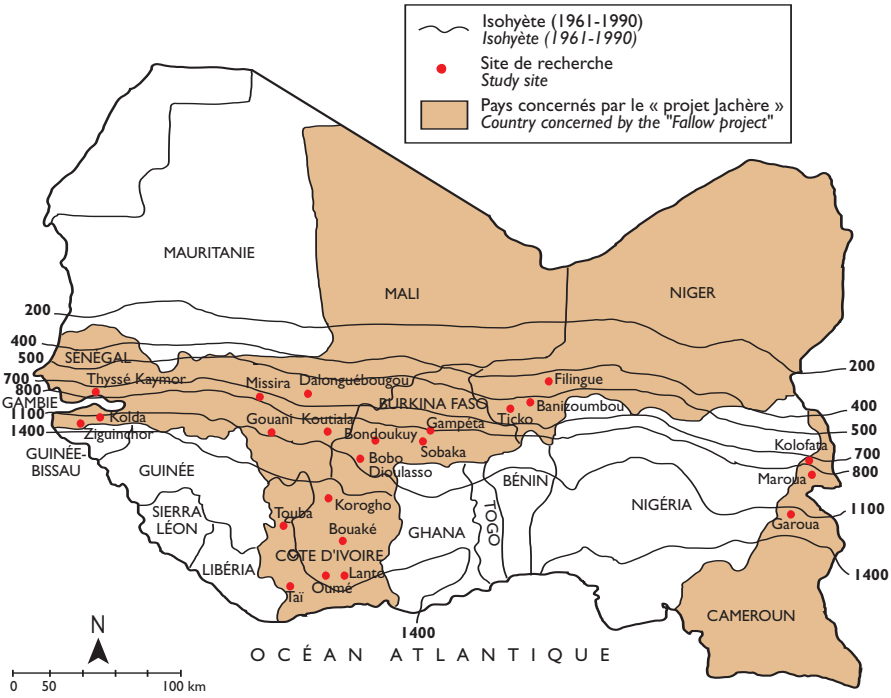


Figure 1.
Carte de localisation des sites d'études sur la jachère.

Bibliographie

Floret Ch., Pontanier R. (eds), 2001.
La jachère en Afrique tropicale.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances.
Paris, John Libbey Eurotext, 356p.

Fournier A., Floret Ch. Gnahoua J.B.,2001.
Végétation des jachères et successions
post culturales en Afrique tropicale.
In Floret Ch. Et R. Pontanier (eds), pp. 123-168,
La jachère en Afrique tropicale.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances.
Paris, John Libbey Eurotext, 356p.

Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats

Philippe Jouve
Directeur de recherche émérite et ex-directeur scientifique du CNEARC
(Centre national d'études agronomiques des régions chaudes,
aujourd'hui IRC-Institut des régions chaudes).
Site de La Valette. 1101, avenue Agropolis. BP 5098. 34093 Montpellier Cedex 05 – France.
Tél : + 33 (0)4 67 61 70 00. Fax : + 33 (0)4 67 41 02 32

Cadre théorique pour une valorisation des résultats des recherches

Dans le cadre de l'expertise collégiale du Projet jachère et dans la perspective d'une valorisation des acquis de la première phase et d'une poursuite des activités du projet plus orientées vers l'action et le développement, une première question se pose : pourquoi s'intéresser aux relations entre jachère et dynamiques agraires ?

Le fait qu'une partie des communications résultant des recherches entreprises au cours de la 1re phase du projet ait été rapportée sous l'intitulé général « Jachères et systèmes agraires » pourrait être considéré comme suffisant pour justifier une évaluation des acquis dans ce domaine.

Mais nous pensons qu'un examen des relations entre la dynamique des systèmes agraires et la pratique de la jachère offre aussi la possibilité de *construire un cadre général permettant d'une part de restituer les acquis de la première phase, d'autre part de définir le contexte dans lequel ces acquis sont pertinents pour le développement.*

La première phase du Projet Jachère s'est traduite par une production scientifique extrêmement riche et diversifiée concernant la nature des jachères, la caractérisation de leur état, leurs effets sur le milieu biophysique et plus globalement leurs rôles et fonctions.

Mais en dépit des efforts des responsables du projet pour regrouper ces résultats autour de thématiques fédératrices (fertilité, biologie du sol, rôle fourrager, production de bois et produits divers etc.…), ils sont généralement *très contingents des conditions biophysiques et socio-économiques dans lesquelles ils ont été produits.*

Cette contingence fait apparaître ces résultats comme *une production de références plus que* comme *une production à valeur générale*, ce qui incontestablement affecte leur portée scientifique. Ce caractère fragmenté, localisé et donc forcément lacunaire des résultats des recherches entreprises dans *la première phase du projet* peut s'expliquer par le fait qu'au départ ce projet et ce fut un de ses grands mérites, *a eu surtout comme objectif d'encourager les chercheurs de la sous-région et leurs partenaires, à entreprendre des recherches de terrain sur la jachère.*

La publication de ces recherches dans les actes du séminaire de Dakar d'avril 1999 qui a clos la première phase du projet, montre à l'évidence que *cet objectif a été largement atteint.*

L'élaboration de synthèses thématiques dans le volume 2 des actes du séminaire de Dakar s'est également efforcée de pallier le caractère disparate et contingent des différents résultats acquis au cours de la première phase du projet. Mais en dépit de cet effort méritoire il nous semble nécessaire d'aller plus loin dans la mise en cohérence de ces résultats et dans la définition de leur champ d'application.

Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'une base théorique et méthodologique permettant à la fois de mieux *contextualiser les résultats acquis et préciser les conditions de leur extrapolation et de leur adoption* quand il s'agit de recommandations pour l'action et le développement.

Cette base théorique procède d'un postulat de départ (qui n'a évidemment de valeur qu'une fois démontré) à savoir que la caractérisation des états de la jachère, ses effets sur le milieu biophysique, ses rôles et fonctions sont très dépendants du stade d'évolution des systèmes agraires et donc des dynamiques agraires à l'œuvre dans chaque région.

Ce qui veut dire aussi que si l'on veut donner du sens aux résultats de recherche sur la jachère il faut pouvoir les resituer par rapport à ces dynamiques agraires.

C'est dans cette perspective que nous nous proposons de :
– préciser les relations entre dynamiques agraires et types de jachère ;
– identifier les facteurs déterminants de ces dynamiques ;
– analyser l'évolution des rôles et fonctions de la jachère suivant les différents stades d'évolution agraire ;
– enfin utiliser ces correspondances entre stades d'évolution agraire et nature des jachères pour construire un cadre de référence permettant d'identifier pour chaque stade, les problèmes posés par l'évolution des jachères et évaluer la pertinence des recherches et propositions faites pour résoudre ces problèmes.

Dynamiques agraires et types de jachère

Les dynamiques agraires correspondent à l'évolution de la façon dont les sociétés rurales exploitent (ou utilisent) leur milieu et gèrent les ressources nécessaires à cette exploitation.

Il existe une relation forte entre le stade d'évolution d'un système agraire et le type de jachère qui est pratiquée. Cette relation est si manifeste que plusieurs auteurs (Boserup 1970, Ruthemberg 1971) en ont fait le principal critère de classification des différents modes d'exploitation agricole du milieu rural en zones tropicales.

C'est ainsi que Boserup met en correspondance, dans les pays non industrialisés, le type de jachère et le stade d'évolution agraire :

– *jachère longue arborée* dans les fronts pionniers, là où la densité de population est encore faible ; ce type de jachère participant au système de culture de type défriche-brûlis avec culture itinérante ;

– jachère arbustive puis buissonnante lorsque la réduction du temps de jachère et l'allongement du temps de culture ne permettent plus la reconstitution du recru forestier ;

– jachère courte, herbeuse, d'un à deux ans, alternant avec des périodes de culture plus longues ;

– jachère occasionnelle ou absence de jachère et culture continue.

Mais si l'on veut comprendre comment évolue la jachère en fonction de l'évolution des systèmes agraires, il importe de s'interroger sur les causes de cette évolution et d'identifier les déterminants des dynamiques agraires.

Les facteurs déterminants des dynamiques agraires

Dans la région concernée par le projet, le premier de ces facteurs est incontestablement *la croissance démographique.*

Au cours des dernières décennies, cette croissance a été de l'ordre de 3 % par an en Afrique de l'Ouest et s'est traduite par un doublement de la population tous les 25 ans. La conséquence de cette croissance démographique a été l'extension des zones cultivées au détriment des forêts, des terrains de parcours et des jachères.

Plusieurs études menées dans le cadre du projet font effectivement de *la croissance démographique le premier facteur* responsable des modifications des modes d'exploitation du milieu et *de la régression de la jachère* (Banoin et Guengant, 1999 ; Nkamleu *et al.,* 2000 ; Maïga 2000)

Si, à l'échelle globale, l'action de ce premier facteur d'évolution des S.A. est incontestable, en revanche son utilisation pour rendre compte de situations particulières nécessite un certain nombre de précautions. En particulier il faut bien distinguer :

– dans la croissance démographique d'une région, ce qui résulte du croît naturel de la population autochtone de ce qui résulte des migrations (émigrations ou immigrations) ;

– densité de population rurale et densité d'occupation des terres cultivables qui est le bon critère pour évaluer la pression foncière.

Mais ce qui complique l'utilisation du critère de densité d'occupation agricole pour analyser les dynamiques agraires et leur relation à la jachère est le fait que *cette densité est loin d'être homogène à l'échelle régionale comme à l'échelle locale,* particulièrement en Afrique tropicale. Cette hétérogénéité trouve son origine dans plusieurs causes :

– hétérogénéité du milieu biophysique, et en particulier de ses aptitudes à la culture manuelle (cf. Sahel sableux *vs* Sahel cuirassé) ;

– proximité des centres urbains et des voies de communication ;

– influence des endémies (onchocercose, trypanosomiase) ;

– histoire politique (empires, traite) ;

– distance aux champs (à l'échelle locale).

Il en résulte qu'au sein d'une même région comme au sein d'un même territoire villageois, coexistent des zones densément cultivées où la jachère a pratiquement disparu et des zones faiblement exploitées où celle-ci occupe encore une place importante. Cette hétérogénéité où *l'intensif côtoie l'extensif* incite à éviter de porter des jugements trop globaux sur le degré de saturation foncière de situations agraires qu'une analyse un peu plus fouillée fait apparaître comme contrastées.

L'autre précaution à prendre dans l'interprétation des relations entre densité démographique et place de la jachère est la prise en compte de *la nature du peuplement humain*. Ainsi, sur un même territoire, allochtones et autochtones n'ont généralement pas les mêmes droits d'accès à la terre, ce qui induit des pratiques et des représentations de la jachère différentes d'un groupe à l'autre (Ndiaye et Boulet, 2000).

Une même distinction pourrait être faite entre les hommes et les femmes, notamment quand celles-ci exploitent des parcelles de taille réduite qui leur ont été concédées par leur mari (cf. Maradi ou le Fouta Djallon en Guinée).

Ces considérations nous renvoient à *la gestion sociale du foncier* qui influe très directement sur la nature et la place des jachères en fonction des catégories d'acteurs intervenant dans cette gestion.

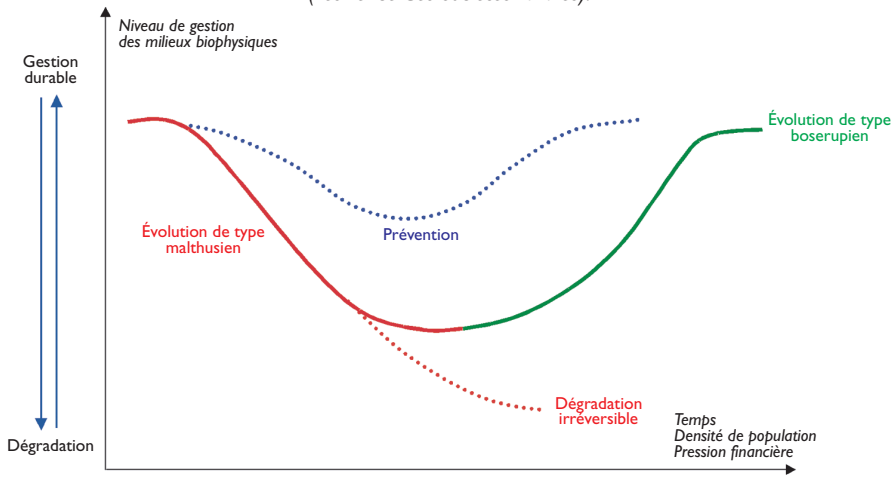
Enfin, l'analyse du rôle de la pression foncière sur les dynamiques agraires et la place et le rôle des jachères conduit à s'interroger sur l'effet de cette pression foncière sur les modes de gestion des milieux. Cette question est à la base de *la controverse* qui oppose le point de vue de Malthus (ou des néo-malthusiens) à celui de Boserup (dégradation *vs* régénération).

Les travaux de recherche faits durant la 1re phase du projet, bien qu'étant le plus souvent et de façon généralement implicite sous-tendus par une vision de type malthusien, font peu état de cette controverse. Or, parmi les situations analysées, certaines présentent des dynamiques agraires de type malthusien (Yatenga) tandis que d'autres (Maradi) relèvent plutôt d'une évolution de type boserupien.

Pour rendre compte de ce dualisme sinon de cette contradiction, il nous paraît intéressant *d'étudier ces différentes situations agraires de façon diachronique en mobilisant le concept de transition agraire* (Jouve, 1998). Ce concept s'oppose à

une vision univoque de l'impact de la pression foncière sur la gestion des milieux. Il traduit le fait que, dans beaucoup de situations, à une phase de dégradation des milieux résultant d'une forte accentuation de la pression foncière peut succéder une phase plus positive dans la gestion de ces milieux et de leurs ressources. Cette évolution révèle une sorte de « *résilience* » des sociétés rurales qui mériterait, dans une phase ultérieure du projet, d'être mieux étudiée car ses conséquences sur les stratégies de développement sont de première importance. (fig. 1).

Figure 1.
Schéma de transition agraire
(résilience des sociétés rurales).



Autres facteurs d'évolution des systèmes agraires

Les recherches menées durant la 1re phase du projet ont montré également que *le développement des cultures de rente* telles que le coton et l'arachide *a eu un effet important sur les dynamiques agraires et la pratique de la jachère* (Fanchette, 2000).

Ce développement des cultures de rente a eu plusieurs conséquences, dont l'acquisition par de nombreux agriculteurs de la *traction animale* (T.A.), considérée comme une des causes importantes de la régression des jachères. En effet, le recours à la T.A., en réduisant le temps de préparation des terres et le sarclage des cultures, a favorisé dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest l'extension des cultures au détriment des jachères et des zones non cultivées.

Mais cet effet n'est pas mécanique. Il existe des régions (Diourmara au Mali) où l'utilisation de la T.A et la pratique du labour ont réduit le temps de culture par rapport au temps de jachère.

Par ailleurs, un effet important de l'utilisation de la T.A a été de permettre la mise en valeur de terres lourdes (bas fonds) non exploitées en culture annuelle (cf. Fouta Djallon ; Guinée). Elle a aussi contribué à modifier les successions de culture (cas du bassin arachidier).

On voit que les effets des cultures de rente (leur progression comme leur régression que l'on observe dans certaines régions actuellement comme Khorogho, en Côte d'Ivoire) ainsi que ceux du développement de la traction attelée qui leur est associée sont complexes et pas toujours bien documentés. C'est un thème de recherche qui mériterait d'être approfondi dans la 2e phase du projet jachère.

La monétarisation des échanges est aussi un facteur important d'évolution des systèmes agraires. Historiquement, en Afrique subsaharienne, cette monétarisation a été en grande partie liée au développement des cultures de rente introduites du temps de l'administration coloniale. Ensuite, l'évolution des rapports ville-campagne et plus généralement les nouvelles politiques de libéralisation des échanges ont accéléré cette monétarisation de l'économie des exploitations.

Les conséquences sur le fonctionnement des systèmes agraires ont été de différente nature :

– pratique des cultures de rente dans les champs individuels des femmes et des cadets, leur donnant une plus grande autonomie par rapport aux chefs d'exploitation ;

– diminution du contrôle social de la terre par les aînés réduisant les terres laissées en jachères (réserve foncière) ;

– segmentation des groupes familiaux ;

– possibilité d'achat de fertilisants comme substituts à la jachère.

En conclusion, il apparaît que différents facteurs influent sur la dynamique des systèmes agraires et que cette dynamique se traduit globalement par une réduction de la jachère et une modification de ses rôles et fonctions.

Évolution des fonctions de la jachère suivant les stades d'évolution agraire

Sous l'effet des facteurs d'évolution agraire indiqués précédemment, les jachères évoluent et se transforment, en particulier, avec la réduction de leur durée on voit leur couvert végétal passer successivement de l'état arboré à l'état arbustif, buissonnant puis herbeux…

Ces diverses formes de couvert végétal montrent que derrière le terme générique de jachère on trouve une grande diversité de situations et qu'il serait plus rigoureux de parler de jachères (au pluriel).

Mais, avec le raccourcissement des jachères et la transformation de leur état, on observe une modification sensible de leurs rôles et fonctions.

Classiquement, les rôles et fonctions reconnus à la jachère sont les suivants :

– entretien et restauration de la fertilité des sols ;

– production de ressources fourragères pour les animaux ;

– production de bois de feu et de bois d'œuvre ;

– fourniture de produits de cueillette (pharmacopée, etc.) ;

– réserve de biodiversité ;

– marquage de terre.

Le tableau 1 résume l'évolution des fonctions de la jachère suivant sa nature qui, dans la zone concernée par le projet, est fortement corrélée au stade d'évolution agraire, lui-même dépendant de la densité de population et du degré de pression foncière.

Lorsque la densité de population est faible (D<20 hab./km^2), comme c'est le cas dans les situations de front pionnier, le système d'exploitation des terres le plus fréquemment pratiqué est *le système de défriche-brûlis* (ou abattis-brûlis). Dans ce système, à un temps de culture court (2 à 3 ans) succède un temps de jachère long (>10 ans) conduisant à la reconstitution d'un *couvert arboré*. L'abattage et le brûlis de ce couvert permettent de relever le pH du sol (généralement acide) et de concentrer dans l'horizon superficiel du sol les éléments minéraux (P et K surtout) provenant des cendres de la végétation calcinée. Mais pour les agriculteurs, le bénéfice principal qu'ils retirent de ce système et de ce type de jachère est le *contrôle des adventices, par « l'extinction » de celles-ci* au fur et à mesure de la reconstitution du couvert arboré. C'est en fait plus le développement des adventices que la diminution de la fertilité du sol qui les conduit à abandonner leurs parcelles après une à deux saisons de culture pour aller défricher de nouvelles terres.

Ce système, longtemps critiqué du fait de la destruction d'un couvert arboré par le feu, permet cependant, lorsque la pression démographique est faible, une reconstitution de ce couvert, sinon un maintien de sa biodiversité originelle. Si l'on ajoute que ce système assure, du fait de l'absence de sarclage, une bonne productivité du travail, facteur rare et stratégique à ce stade d'évolution agraire, on comprend mieux pourquoi il est difficile de convaincre les agriculteurs de changer leur façon de faire et en particulier d'adopter une agriculture fixée, ce qui a toujours été l'objectif affiché des structures d'intervention dans les régions où ce système est pratiqué, que ce soit en Afrique tropicale ou en Amérique latine (Brésil – Amazonie).

Les principales fonctions qu'assure la jachère longue arborée dans ce système sont : la gestion de la fertilité des sols sous ses différents aspects. (physique, chimique, biologique) le contrôle des adventices, le maintien d'une certaine biodiversité, la fourniture de nombreux produits de cueillette (extractivisme).

Par ailleurs, ce système permet, en principe, une production non négligeable de bois d'œuvre, mais celle-ci échappe le plus souvent au contrôle des populations locales au bénéfice d'entreprises d'exploitation forestière.

En définitive, les alternatives à ce système sont limitées ou peu attractives pour les agriculteurs. Parmi ces alternatives, on peut citer les plantations ou la prairie (en Amazonie), mais qui toutes deux réduisent de façon drastique la biodiversité du milieu.

Lorsque la pression sur la terre s'accroît, le temps de culture s'allonge tandis que celui de la jachère diminue. *D'arborée, la jachère devient arbustive*. Sa durée permet cependant une reconstitution de la fertilité du sol, en revanche l'extinction des adventices n'est que partielle, et avec l'allongement du temps de culture, le sarclage devient nécessaire, ce qui diminue la productivité du travail. Àce stade, les jachères offrent aux populations locales la possibilité de s'approvisionner sans grand problème en bois de feu et en bois d'œuvre, ce qui va peu les inciter à adopter des pratiques d'agro-foresterie ou de protection des rejets arborés dans leurs parcelles.

Avec l'augmentation de l'intensité de culture (dans les zones plus densément occupées ou dans les champs proches), le temps de jachère se réduit encore (<4 ans) au point que *la végétation naturelle de ces jachères n'est plus constituée que par des buissons et des annuelles* (graminées essentiellement).

Les fonctions assurées jusqu'alors par la jachère en matière de fourniture de bois, produits de cueillette, maintien de la biodiversité deviennent résiduelles. Ces jachères continuent cependant à avoir une certaine utilité pour la reconstitution de la *fertilité du sol* et sont de plus en plus *utilisées comme source d'affouragement des animaux*, d'autant qu'à ce stade on assiste à une plus grande association de l'agriculture et de l'élevage à l'échelle des exploitations, favorisée entre autres par le développement de la traction animale.

C'est à partir de ce stade qu'il apparaît intéressant de proposer aux agriculteurs différentes alternatives aux fonctions qu'assuraient auparavant les jachères : plantation d'arbres dans les champs, protection des rejets naturels, valorisation des résidus de récoltes (fumier, compost), amélioration fourragère des jachères, etc.

À ce stade, la réalisation de ces actions est facilitée par l'appropriation individuelle (ou familiale) des terres et la fixation de l'agriculture.

Enfin, le dernier type de jachère que l'on observe avant sa disparition complète est *la jachère annuelle,* ce type correspondant à un stade d'évolution agraire marqué par *une forte pression foncière* (D>80 hab/km^2). *À ce stade, la fonction essentielle de la jachère est fourragère.*

Les autres fonctions (fertilité, bois, biodiversité, cueillette) ne sont plus assurées. C'est cette carence qui, si elle n'est pas palliée par d'autres moyens, génère une *situation de crise*, marquée par une baisse de fertilité des terres, une diminution des rendements, une disparition des arbres, une accentuation de l'érosion, etc., situation tout à fait conforme au schéma malthusien évoqué précédemment.

L'idéal est évidemment d'anticiper sur l'arrivée de cette crise en intervenant dès le stade précédent (cf. stratégie d'anticipation de la transition agraire).

Mais, si cela n'a pu être fait, les actions à entreprendre et les résultats de la recherche à valoriser doivent viser prioritairement à :

– restaurer la fertilité minérale et organique des sols afin de remonter la production de biomasse et le taux de m.o du sol, et ainsi passer du cercle vicieux de la dégradation

Tableau 1.
Fonctions de la jachère suivant les stades d'évolution agraire.

Pression Foncière Habitants/km²	**Type de jachère**	**Stade et situation agraire S.C.**	**Fonctions**					**Observations alternatives**
			Fertilité	Fourrages	Bois Œuvre chauffage	Biodiversité	Produits de cueillette	
Très faible <20	Jachère longue arborée durée <10 ans	Front pionnier Système de défriche-brulis Culture itinérante	+++	- culture/élevage dissociés	+ (+++) potentiel	+++	+++ extractivisme	Système agro-écologique Bonne productivité du travail Plantations
Faible 20 - 40	Jachère arbustive 5 à 10 ans	Début de sédentarisation et champs éloignés	++	+	++	++	++	Gestion collective des jachères Marquage des terres Protection d'espèces
Moyenne 40- 80	Jachère buissonnante < 4 ans	Agriculture fixée traction animale	++	++ association culture/élevage	+	+	+	Appropriation individuelle des terres Amélioration des jachères Défrichement amélioré Agroforesterie
Forte > 80	Jachère annuelle ou occasionnelle	Début de saturation foncière	+	+++	-	-	-	Pénurie de bois Clôture Utilisation de fertilisants - SCV

au cercle vertueux de la régénération des terres. Si les moyens endogènes de restauration de la fertilité des sols ne suffisent pas pour cela, recourir à l'utilisation d'engrais, dont l'usage doit cependant être couplé avec l'emploi d'amendements organiques pour éviter une acidification des sols ;

– revégétaliser le paysage, à la fois pour protéger les sols de l'érosion mais aussi pour assurer la fourniture de bois de feu et de bois d'œuvre ;

– renforcer les relations agriculture-élevage pour recycler les résidus de culture et produire des amendements organiques ;

– diversifier les productions, notamment en développant les cultures de légumineuses ;

– si la production de biomasse est suffisante et si le mode de gestion des terres le permet, développer les systèmes de culture à base de couverture végétale.

Conclusion et recommandations

Dans cette perspective et en vue de contribuer à la définition des orientations futures du projet jachère, *trois recommandations* peuvent être faites.

• Cet examen rapide des relations entre dynamiques agraires et jachère fait apparaître que tous les facteurs d'évolution des systèmes agraires en Afrique tropicale se conjuguent pour aboutir à une régression voire une disparition de la jachère. Aussi chercher, contre le cours des choses, à maintenir cette pratique paraît utopique et vain. En revanche, *le défi que pose cette régression, à la recherche comme au développement, est d'élaborer des alternatives aux fonctions que ne peut plus assurer la jachère* du fait de son évolution ou de sa disparition.

La première résume ce qui a été dit précédemment, à savoir que la nature et les rôles de la jachère évoluent en fonction des stades d'évolution agraire. En conséquence, *les propositions de la recherche ne seront adoptées que si elles sont adaptées à ces stades d'évolution.*

La mise en pratique de cette recommandation peut se faire de deux façons :

– par l'identification précise du contexte de validité (agro-écologique, socio-économique et stade d'évolution agraire) des résultats de recherche déjà acquis ;

– de façon symétrique, par l'identification, pour une situation agraire bien déterminée, des problèmes que pose la régression des jachères et par l'inventaire des acquis de la recherche permettant de trouver des solutions à ces problèmes.

Cette deuxième approche suppose que l'on puisse *établir une classification* (sinon un zonage) *des différentes situations agraires* existant dans la zone d'intervention du projet (cf. Orientations et organisation de la recherche)

• L'analyse des relations entre systèmes agraires et jachères menée par différents chercheurs du projet (Ouedraogo, 1995 ; Ndiaye et Boulet, 2000 ; Sorgho et Guine, 1998) montre que *la pratique de la jachère est fortement déterminée par les modes d'organisation sociale et les différentes juridictions la concernant.*

En conséquence, les recherches et les actions à entreprendre pour résoudre les problèmes que pose la réduction des jachères ne peuvent se limiter aux seuls problèmes techniques ou biologiques mais doivent *prendre en compte les conditions sociales de la mise en œuvre des alternatives à la jachère.*

• Enfin, si l'on veut donner un caractère finalisé et opérationnel aux recherches et actions qui seront entreprises ultérieurement, il importe de *valoriser les savoirs et savoir-faire paysans*. Plusieurs travaux de recherche effectués lors de la 1re phase du projet jachère font état des connaissances acquises par les paysans sur les jachères. En revanche, plus rares sont ceux qui ont porté attention aux savoir-faire de ces mêmes paysans en matière d'adaptation à la régression des jachères. Pourtant, comme l'a montré l'analyse de la pratique paysanne du « défrichement amélioré » au Niger (Joet *et al*. 1998), ces savoir-faire sont riches d'enseignements.

Cela revient à dire que dans cette phase d'évolution rapide des modes d'exploitation du milieu qui caractérise actuellement l'Afrique tropicale, *la recherche et le développement doivent être capables d'accompagner et valoriser les initiatives que prennent les agriculteurs pour s'adapter à la régression des jachères…*

Jachère et fertilité

Robin Duponnois
spécialiste du maintien de la fertilité et de l'intensification par des voies biologiques
IRD UR IBIS - 01 BP 182 Ouagadougou - Burkina Faso
(226) 30 67 37 - (226) 31 03 85 - Email : Robin.Duponnois@ird.bf

Préambule

En ce qui concerne le thème de « la jachère et la fertilité des sols », les différentes équipes du programme « jachère » ont eu pour but de clarifier les processus de changements d'états physiques, biologiques, chimiques qui modifient le milieu cultivé au cours du cycle culture-jachère et de déterminer les conséquences de ces modifications au niveau de la production à long terme. D'autre part, ils ont tenté diverses manipulations sur le cycle jachère-culture tentant de « simuler » l'effet jachère et ainsi réhabiliter des paramètres et des fonctions de la fertilité, ou de trouver des alternatives à la jachère. Serpantié et Ouattara (2001) ont présenté une synthèse sur ces sujets dans le cadre du Projet. Chotte *et al.* (2001) ont traité particulièrement dans une synthèse l'effet de la jachère sur la biologie du sol.

À travers tous les travaux menés dans ce programme, il est possible de discerner 2 axes principaux qui rassemblent la majeure partie des résultats :

Le premier concerne l'acquisition de connaissances fondamentales sur des indicateurs biologiques pertinents permettant d'évaluer l'état de fertilité globale d'un sol après une phase de « jachère » avec comme objectif principal sous-jacent de hiérarchiser, par exemple, dans des conditions environnementales données, l'importance de la teneur en matière organique du sol, l'impact de certains groupes d'organismes ou d'activités microbiennes sur le développement du couvert végétal et sur les processus régissant le biofonctionnement du sol.

Le second concerne les diverses manipulations visant à définir des pratiques de gestion du cycle culture/jachère ou des pratiques d'artificialisation des jachères en introduisant des espèces locales ou exotiques qui optimisent certaines fonctions du sol (Ex : mobilisation azotée ou phosphorée).

Ce rapport d'expertise ayant pour objectif principal de synthétiser les résultats des travaux menés dans la 1re phase du programme et aussi de les confronter avec d'autres, il sera organisé de la façon suivante : (i) l'analyse des connaissances acquises lors de la 1re phase du programme jachère ; (ii) l'évolution du stock organique du sol dans différents systèmes culture-jachère et (iii) alternatives à la gestion de la fertilité des sols.

Analyse des connaissances acquises lors de la 1re phase du programme jachère

Dans le cadre de la 1re phase du programme jachère, la majorité des résultats ont été obtenus dans les zones agro-écologiques de type sahélien (300-600 mm), et soudanien et soudano-guinéen (600-1 200 mm). Ces travaux ont décrit l'impact de la mise en jachère sur l'évolution du stock de matière organique du sol, sur certains groupes d'organismes telluriques appartenant à la macrofaune (termites vers de terre, fourmis), la mésofaune (nématodes) et la microflore (bactéries, rhizobia, champignons mycorhiziens) mais aussi l'influence de cette pratique culturale sur certaines caractéristiques physiques du sol (ex : aggrégation) ou biologiques (activités enzymatiques). Toutes ces études visaient à identifier certains indicateurs biologiques susceptibles de décrire l'état de réhabilitation d'un sol suite à une mise en jachère ou de dégradation suite à une mise en culture trop longue, à partir de certains seuils.

Définitions et techniques d'évaluation de la fertilité des sols

La fonction de gestion de la fertilité des sols par la jachère apparaît comme la première raison invoquée par les paysans pour justifier le recours à cette pratique culturale. Au sens écologique, la fertilité des sols est représentée par le potentiel de production d'un écosystème où interviennent l'ensemble des êtres vivants, le sol minéral et le climat. Par rapport aux agro-écosystèmes conventionnels, les écosystèmes spontanés présentent généralement une bonne efficience des ressources minérales internes ainsi que des fonctions efficaces de protection et d'auto-restauration vis- à-vis des agressions climatiques ou biologiques. Ce sont des systèmes qui sont à la fois productifs, résilients et durables. La notion de fertilité d'un écosystème n'est pas limitée aux caractéristiques abiotiques et climatiques mais elle est aussi largement

dépendante de la composition biologique du milieu qui gouverne l'évolution des propriétés physiques du sol et les processus aboutissant à l'alimentation en nutriments des plantes.

L'évaluation de la fertilité des sols peut être mesurée soit par les résultats des systèmes étudiés en termes de rendement, soit par l'évaluation de caractéristiques d'état ou de fonctions du milieu, mesurables directement à travers des paramètres descriptifs ou analytiques, et enfin indirectement par des caractères simples ou composés qui servent d'indicateurs. Leur principal intérêt est de déterminer l'état et le fonctionnement d'un système par rapport à des valeurs repères.

L'indicateur « Matière organique »

La matière organique du sol (MOS) est fonction des conditions édaphiques (matériau parental, degré d'hydromorphie, végétation, climat) et humaine. Elle peut même être un indicateur (paramètre d'appréciation du milieu) de durabilité des systèmes traditionnels de production généralement mixtes (agriculture, élevage) d'Afrique de l'Ouest car (i) les besoins alimentaires des populations et les usages domestiques sont satisfaits par les ressources organiques, (ii) l'alimentation des animaux est traditionnellement assurée par les fourrages des parcours, en plus des résidus de récoltes et des apports complémentaires, (iii) le bois couvre 90 % des besoins en énergie domestique et (iv) la matière organique provenant des cultures des régions tropicales semi-arides et subhumides.

La matière organique joue un rôle important dans le fonctionnement du sol en est le premier réservoir d'azote et autres éléments nutritifs essentiels. Elle influence la formation d'agrégats et d'autres propriétés du sol. La matière organique détermine certaines propriétés agronomiques des sols (stabilité structurale). Des seuils de MOS en zone semi-aride et subhumide favorisant la durabilité de la production végétale, la conservation de l'eau et des sols ont été établis.

Une faible fertilité physique et chimique caractérise les sols des savanes d'Afrique de l'Ouest. Par exemple, le taux de matière organique est généralement inférieur à 1 % dans les sols lessivés du Plateau central burkinabé. Au Sénégal, les taux de matière organique dans les sols sableux à argile de type kaolinite sont également faibles.

Les ressources du terroir sont en disparition malgré des pratiques en mutation. La disponibilité des ressources organiques des terroirs d'Afrique de l'Ouest diminue depuis plusieurs décennies et cela pour plusieurs raisons :

– la croissance démographique entraîne une pression croissante sur les ressources ;

– les cultures de rente (coton, arachide) engendrent de fortes exportations de carbone et de nutriments et n'offrent qu'un faible disponible en biomasse au champ ;

– la variabilité climatique et la baisse de la pluviosité réduisent la productivité végétale et limitent le maintien de formations ligneuses denses.

La matière organique des sols est généralement considérée comme un indicateur de durabilité des systèmes de cultures des régions tropicales semi-arides et sub-humides. Toutefois, il convient de distinguer deux paramètres pour cet indicateur : (i) les

valeurs de seuils critiques en matière organique du sol et (ii) la qualité de la matière organique (teneurs en azote, polyphénols) susceptible d'interférer avec les processus microbiens libérant les nutriments assimilables par le couvert végétal.

Les seuils critiques en matière organique du sol

Certaines données expérimentales obtenues sur 600 parcelles cotonnières, expérimentales ou paysannes, à texture sablo-limoneuse au Sud-Mali montrent qu'il n'existe pas de relation générale entre la teneur en matière organique du sol et le rendement. Toutefois, les rendements maximaux et minimaux ainsi que leur régularité sont étroitement liés à cet indicateur. D'autre part, en fonction du système, il est possible d'optimiser l'impact de cette teneur en matière organique sur le rendement. En fonction du type de sol et du système de culture, des teneurs-seuil de matière organique pourraient être déterminées. Serpantié et Ouattara (2000) identifient une première teneur-seuil (« seuil pratique ») indiquant une teneur en matière organique en dessous de laquelle le système de culture ne peut se développer et produire. La seconde (« seuil de productivité ») indique le seuil au-delà duquel la matière organique n'apparaît plus comme un facteur limitant. Enfin, un troisième seuil (« seuil de régularité ») peut être défini comme indiquant la teneur à laquelle la variabilité des rendements ne se réduit plus. Des effets défavorables peuvent se manifester à partir du « seuil d'excès » à travers une accumulation excessive de matière organique dans le sol, défavorable à la minéralisation et à la production (acidité, hydromorphie).

Sur la première moitié de sa gamme de variation, et à travers ses différents seuils relatifs à la texture, la matière organique du sol se révèle comme un bon indicateur pour les composantes de la fertilité « rendements potentiels », « régularité » et « durabilité », pour les systèmes cotonniers marqués par une fertilisation minérale moyenne, mais son accumulation au-delà du seuil de durabilité, où elle est déjà coûteuse, n'offre pas d'intérêt.

Cet indicateur est cependant loin de suffire : les éléments fins, le pH et les teneurs du sol en bases échangeables, surtout potassium et calcium, sous l'effet de l'érosion et du lessivage, des exportations et de l'acidification prévisible des terres sont aussi des indicateurs incontournables car les apports organiques, qui proviennent de milieux déjà appauvris, peuvent être eux-mêmes déficients en matière d'apport de bases et de phosphore (Serpantié et Ouattara, 2000).

La qualité de la matière organique dans le sol

Les fonctions énergétiques, nutritionnelles, structurales et tampon de la matière organique dans le sol dépendent étroitement de ses caractéristiques physico-chimiques mais aussi des propriétés du substrat.

La capacité de la matière organique à fournir des bases et sa composition sont étroitement liées à la texture du sol. Parallèlement, diverses expériences ont été réalisées afin d'évaluer les caractéristiques chimiques de la matière organique et ses répercussions sur la croissance des plantes.

Les conditions environnementales (température, teneur en eau du sol, etc.) et la qualité de la matière organique contrôlent la décomposition de la matière organique

dans le sol. Il est connu que la teneur en azote de la MOS (matière organique du sol) constitue un paramètre favorable pour la libération d'azote dans le sol. De nombreux travaux ont démontré qu'il existait un lien étroit entre la teneur en azote de la litière et la minéralisation nette de l'azote. Au contraire, il est aussi connu qu'une haute teneur en polyphénols peut inhiber les processus microbiens aboutissant à la minéralisation de la MOS. En considérant tous ces paramètres chimiques, il est possible d'établir un index de la qualité des résidus végétaux calculé de la façon suivante : IQRV= 1 / [(0.423 C/N + 0.439 Lignine + 0.138 Polyphénols)] x 100 avec la teneur en lignine (%) et en polyphénols (%) de la litière. Cette définition a été largement discutée et reste critiquable dans sa conception. Toutefois, nous avons pu en conditions contrôlées démontrer que cet indicateur était positivement corrélé à la croissance d'une plante test. Nous avons pu aussi montrer qu'une litière de *Cordyla pinnata*, ayant un fort IQRV, était largement favorable au développement de la plante. L'effet de cette litière a aussi été observé au champ sur une culture de mil.

Conclusion

Ces résultats montrent que la teneur de la MOS peut être considérée comme un bon indicateur pour les composantes de la fertilité « rendements potentiels », « régularité » et « durabilité ». Toutefois, sa qualité doit aussi être prise en compte et l'index IQRV doit être évalué en conditions naturelles puisque les éléments fins, le pH et les teneurs du sol en bases échangeables interagissent avec les processus de minéralisation de la MOS.

Description de l'effet de la mise en jachère sur le développement de différents groupes d'organismes telluriques

Les organismes de la macrofaune

En Afrique tropicale, la macrofaune du sol est représentée par des invertébrés dont certains bâtissent des structures organo-minérales (ex : termites). Leurs activités et les répercussions observées sur les caractéristiques du milieu environnant font que ces organismes sont appelés les « ingénieurs de l'écosystème ». Ils sont principalement représentés par les termites, les vers de terre et les fourmis.

Les termites

Les termites constituent le groupe dominant de la pédofaune en milieu tropical. Ces organismes sont surtout connus pour les dégâts qu'ils provoquent sur les plantes vivantes. Pourtant, ils ont aussi un rôle très important dans la structuration physique des sols (aération, porosité, agrégation), dans la dégradation de la matière organique (cellulolyse, ligninolyse) et la concentration et le stockage des nutriments (azote, phosphore). Leur activité a une importance considérable sur la dynamique de la matière organique dans certains écosystèmes comme dans la savane sub-sahélienne, où leur impact sur la décomposition des tissus végétaux est du même ordre que celui des herbivores.

Au Sénégal, des études sur la densité et la diversité des termites ont été menées sur 2 sites, Sonkonrong (13° 46' N, 15° 32' O) et Saré Yorobana (12° 49' N, 14° 53' O).

Elles ont été conduites en mode synchrone dans des parcelles expérimentales installées dans le cadre du programme. Les résultats ont montré que les termites représentaient la pédofaune dominante dans les 2 sites. À Sonkorong, l'augmentation de l'âge de la jachère s'accompagne d'une augmentation de la diversité mais pas de la densité. La répartition des principaux groupes trophiques a aussi été caractérisée dans ces 2 sites. Les termites champignonnistes représentent le groupe trophique le plus important dans les jachères jeunes, mais leur fréquence d'apparition tend à diminuer dans les jachères anciennes ou peu perturbées. La densité des termites humivores augmente lorsque la période de jachère est longue.

Il a aussi été observé que l'augmentation de la phase de jachère entraînait une augmentation de la richesse spécifique des peuplements de termites. Dans une parcelle de jachère âgée de 2 ans, 8 espèces de termites ont été identifiées, alors que dans une parcelle en jachère depuis 11 ans, 11 espèces ont été détectées.

Au Cameroun, les conséquences de la mise en jachère et, inversement, de la mise en culture sur la diversité de la macrofaune du sol ont aussi été caractérisées. Il a aussi été clairement démontré que la jachère augmentait la diversité spécifique de la macrofaune mais n'avait aucun impact sur sa densité et que, au contraire, la mise en culture entraînait des effets inverses.

Des tendances similaires ont été obtenues dans d'autres travaux menés dans des zones agro-écologiques différentes (milieu humide, Cameroun, Nigeria), à savoir (i) l'absence de perturbations liées au surpâturage et aux prélèvements de bois augmente significativement la richesse spécifique et (ii) la densité des termites diminue avec l'âge de la jachère.

Les vers de terre

Les vers de terre sont surtout abondants dans des zones humides où la pluviométrie dépasse 1 000 à 1 100 mm. En Afrique de l'Ouest, le groupe dominant est constitué par les vers de terre géophages qui absorbent la matière organique du sol. Ces organismes ont un impact significatif sur la structure du sol et sur la dynamique de la matière organique. Ils augmentent la macroporosité du sol et l'infiltration de l'eau suite à la construction de galeries et, enfin, ils rejettent des déjections (turriculés) qui sont en général riches en carbone organique, azote total et cations échangeables.

Deux groupes fonctionnels ont été étudiés : les vers de terre épigés qui évoluent principalement dans la litière dont ils se nourrissent et les vers de terre endogés qui se trouvent dans le sol et se nourrissent de matière organique du sol. Dans les 2 sites retenus au Sénégal, les densités de vers épigés et endogés (nombre d'individus par m^2) augmentent dans des jachères âgées de 10 et 15 ans.

Les organismes de la mésofaune

Ce groupe est composé par une faune très diverse comprenant majoritairement des micro- et macro-arthropodes (myriapodes, isopodes). Dans le cadre de ce programme, l'impact de la mise en jachère sur le développement des nématodes libres ou phytoparasites a été plus particulièrement abordé. Ces travaux ont été menés principalement dans les 2 sites précédemment cités au Sénégal. Il apparaît que la mise en jachère ne modifie pas significativement la densité de nématodes extraits du sol et des racines.

Par contre, la structure spécifique des peuplements de nématodes phytoparasites évolue avec l'âge des jachères. En effet, des espèces abondantes dans les sols des champs cultivées et reconnues comme pathogènes disparaissent au profit d'espèces moins pathogènes. Par exemple, des espèces comme *Scutellonema cavenessi* et *Tylenchorhynchus gladiolatus*, très abondantes dans des champs cultivés, sont progressivement remplacées en fonction de l'âge de la jachère par les espèces *Criconemella curvata*, *Tylenchorhynchus mashoodi*, *Aphasmatylenchus variabilis* et *Pratylenchus pseudopratensis*. La mise en défens des parcelles de jachère accroît aussi la taille des peuplements de nématodes et amplifie les modifications dans leur structure spécifique.

Les micro-organismes

Les champignons mycorhiziens à arbuscules et le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM)

L'association mycorhizienne est une symbiose racinaire faisant intervenir deux partenaires, une plante supérieure et un champignon. Cette symbiose fongique est une règle générale, puisque toutes les plantes se développent en symbiose avec des champignons mycorhiziens, à l'exception de quelques familles telles que les Crucifères, les Chénopodiacées, les Joncacées et les Cypéracées. Cette relation, qui se traduit par la formation d'un nouvel organe mixte appelé mycorhize, permet au champignon de profiter des métabolites racinaires nécessaires à son métabolisme de base et à sa fructification. Parallèlement, le champignon colonisant le sol à distance de la racine, prélève l'eau et mobilise des éléments nutritifs (ex : phosphore, azote) qu'il transférera à la plante.

Des dénombrements de spores de champignons mycorhiziens ont été réalisés dans les sols des différentes jachères du site de Sonkorong. Deux espèces ont été identifiées : *Scutellospora verrucosa* (spore blanche à jaune, ronde, diamètre inférieur à 400 µm) et *Scutellospora* gregaria (noire, ronde, diamètre inférieur à 500 µm). Ces deux espèces sont fréquemment observées en Afrique de l'Ouest. Le genre *Glomus*, dont les spores sont marron à marron foncé, est le plus abondant ; il représente plus de quatre-vingt-treize pour cent du nombre total moyen de spores qui est de 116,4 spores par cent grammes de sol dans la jachère de douze ans anthropisée et de 418,8 spores pour cent grammes de sol dans la jachère de quatre ans protégée. Pour *Glomus*, le nombre moyen de spores le plus élevé a été enregistré dans les jachères de quatre ans (de 224 à 382,4 spores.100 g^{-1} de sol) et le plus bas dans la jachère de douze ans (110,4 spores.100 g^{-1} de sol). S. *verrucosa* a été détecté en abondance dans le sol de la jachère protégée la plus ancienne (20 ans, protégée). Il a été démontré que l'abondance des spores est fortement corrélée à la texture et aux caractéristiques chimiques du complexe d'échange des sols des différentes jachères. La présence de S. *verrucosa* est liée aux sols à texture grossière (pourcentage de sables supérieur à 60 p. cent ; pourcentage d'argile inférieur à 10 p. cent) alors que les glomales sont observées dans des sols les plus argileux (pourcentage de sables inférieur à 60 p. cent ; pourcentage d'argile supérieur à 10 p. cent). L'abondance de ces groupes est aussi liée à certains éléments chimiques du sol ; la présence des glomales est corrélée positivement aux teneurs en magnésium, en calcium et en phosphore, alors que celle de S. *verrucosa* et de S. *gregaria* est corrélée positivement à la teneur en phosphore.

De longues périodes d'abandon des cultures aboutissent généralement à une diminution de la présence et de l'activité de la symbiose mycorhizienne. Les résultats obtenus dans ce programme indiquent que le nombre de spores est maximal dans les jachères de moins de cinq ans. Cela suggère que le phénomène symbiotique peut être optimisé sur une courte période lorsque la végétation est protégée de l'impact des populations (feux de brousse, passage de troupeaux, etc.)

Le potentiel infectieux mycorhizogène (PIM) d'un sol colonisé par un peuplement de champignons mycorhiziens représente son aptitude à mycorhizer une population de plantes mycotrophes (ex : mil). Dans cette démarche, l'inoculum fongique est soumis à l'influence des composants physico-chimiques et biologiques du sol. La mesure du PIM est réalisée à l'aide d'un test biologique permettant d'obtenir une régression de type *dose* (concentration de sol infesté par les symbiotes fongiques) *réponse* (pourcentage de plants mycorhizés). La résolution de cette régression pour une mycorhization de 50 % de la population de plantes mycorhizées aboutit à la détermination du nombre d'unités de potentiel infectieux mycorhizogène 50 (PIM_{50}) par gramme de sol. Les résultats obtenus montrent que le PIM ne varie pas en fonction de l'âge de la jachère mais est fortement dépendant de la couverture végétale. En effet, la mise en défens de certaines parcelles expérimentales, se traduisant par la recolonisation du milieu par un couvert végétal, augmente de manière spectaculaire ce potentiel. Cette observation montre qu'il est alors possible de modifier ce potentiel en gérant la couverture végétale.

Les Rhizobia

Malgré l'importance de la symbiose fixatrice d'azote dans le développement d'un couvert végétal sur des sols dégradés, peu de travaux ont été développés sur ce sujet dans le cadre du programme « jachère » dans les zones agro-écologiques sahélienne et soudano-sahélienne. Les principaux résultats portent sur la structure des peuplements de rhizobia associés à *Tephrosia bracteolata*, *T. lathyroides*, *Zornia glochidiata* et *Crotalaria spp*. ainsi que sur le potentiel fixateur d'azote de ces souches bactériennes compatibles avec ces espèces végétales. Ce sont des légumineuses herbacées fréquemment rencontrées dans les sols de jachères des zones semi-arides. Grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, elles peuvent se développer sur des sols carencés en azote et servir d'engrais vert, contribuant ainsi à la restauration des sols mis en jachère.

D'autres travaux ont déterminé la capacité de différentes espèces ligneuses à croissance rapide (ex : acacias australiens) au Sénégal, en Côte d'Ivoire et au Mali. Les résultats ont montré que ces essences ligneuses (*A. mangium*, *A. holosericea*, *A. auriculiformis*) développaient une fixation symbiotique de l'azote (estimée par la quantité d'azote fixée dans les feuilles) importante car le plus souvent supérieure à 60 % de l'azote totale des parties aériennes.

Recherche d'indicateurs biologiques susceptibles de décrire l'état d'un sol de jachère

La description des changements induits par la mise en jachère permet l'identification d'indicateurs dont les variations pourront décrire l'état et le fonctionnement du

système considéré, et dans le cas de la mise en jachère, de l'état de restauration des propriétés du système (cf. partie « Recherches complémentaires »). Le rôle que pourrait jouer la matière organique dans le sol, que ce soit au niveau quantitatif ou qualitatif, a été décrit précédemment. Pour le reste, et afin de déterminer ces indicateurs, deux approches peuvent être entreprises :

– une basée sur les connaissances des mécanismes régissant le fonctionnement d'un sol ;

– l'autre fondée sur des liens significatifs entre différentes composantes du sol.

Dans le cas du fonctionnement biologique des sols, l'objectif principal de la mise en jachère est (i) de donner aux microorganismes telluriques impliqués dans les cycles biogéochimiques les conditions favorables à leur développement et à leur activité biologique, afin de libérer dans le milieu les éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante, et (ii) de limiter la pullulation d'organismes pathogènes (ex : nématodes phytoparasites) pouvant limiter l'absorption des nutriments par les végétaux.

Dans le cadre du programme « jachère », ces 2 types d'indicateurs ont été recherchés en respectant (i) une démarche corrélative afin de déterminer des niveaux seuils et (ii) une démarche explicative visant à identifier des espèces ou des taxa clés représentatifs d'un état donné de l'écosystème. Les résultats obtenus pour les niveaux seuils sont généralement peu fiables (pour les types d'organismes choisis dans ces travaux, à savoir les termites, les nématodes phytoparasites, la biomasse microbienne totale, les champignons mycorhiziens). Par contre, les résultats obtenus sur les évolutions spécifiques des termites ou des nématodes phytoparasites semblent beaucoup plus pertinents.

Pour les termites, certains groupes trophiques semblent beaucoup plus sensibles au temps de jachère. Ainsi, les xylophages stricts (ex : *Ancistrotermes crucifer*) disparaissent sous l'effet de la pression anthropique. La présence de ce groupe dans le milieu est donc un indicateur pertinent des jachères âgées ou protégées. Les autres groupes ayant un régime alimentaire plus diversifié (litière, bois, plante sur pied) semblent beaucoup moins sensibles aux modifications induites sur le milieu par les activités anthropiques. Des espèces comme *Microtermes grassei* sont indicatrices des jachères jeunes. Les termites humivores sont très sensibles à l'âge de la jachère et leur présence est donc représentative des jachères âgées ou protégées. Tous ces exemples montrent que l'analyse spécifique relative des peuplements de termites dans un écosystème donné permet d'évaluer de manière fiable son état de réhabilitation ou de dégradation.

Les espèces qui se développent au cours de la phase de jachère, comme *Helicotylenchus dihystera, Pratylenchus pseudopratensis, Tylenchorhynchus mashhoodi* et *Xiphinema spp*., sont généralement considérées comme parasites du mil et des autres plantes cultivées ou de rotation. Leur disparition dans les jachères âgées serait consécutive à des phénomènes de compétitions inter-spécifiques ou de perturbation du milieu tellurique (destruction de la structure du sol par les techniques culturales). En conséquence, ces espèces, en particulier celles du genre *Xiphinema,* sont de bons indicateurs de réhabilitation de l'écosystème. De plus, l'augmentation de la fréquence relative de *Helicotylenchus dihystera*, faiblement pathogène, semble

être un indicateur de la diminution de la pathogénie du peuplement et cette espèce pourrait jouer un rôle modérateur au sein du peuplement auquel elle appartient.

Évolution du stock organique du sol dans différents systèmes culture-jachère
(extraits de Serpantié et Ouattara, 2001)

Les systèmes culture-jachère sont non seulement nombreux, mais ils ne peuvent être isolés de leur contexte pédo-climatique et de gestion : non seulement ils répondent en principe à une logique d'ensemble, d'abord sociale (mode d'accès à la terre, densité démographique, système de production), mais aussi ils existent au sein d'un paysage historiquement constitué et d'un système de pratiques culturelles et d'usages, feux, pâturages ou prélèvements, qui ont des répercussions sur les résultats du système de culture. Les cas d'espèce sont donc très nombreux et, dans chacun, une analyse spécifique pourrait être faite. Une typologie est pourtant incontournable. Il convient de faire d'emblée la différence entre trois systèmes, liés à trois pressions sur la terre :

– ceux qui minimisent la phase de culture, nommée culture itinérante (intensité culturale inférieure à 0,33), et dans lesquels la culture courte perturbe seulement un écosystème établi sans le déstabiliser. Le paysan ouvre un champ puis l'abandonne, le désir de retour est collectif (clanique ou villageois) et non individuel ;

– ceux qui donnent aux cultures et aux jachères un poids similaire, l'intensité culturale variant entre 0,33 et 0,66 (système à jachère) ; les caractères des jachères sont alors éloignés de ceux des milieux initiaux. Il existe des intentions individuelles de retour, ou de transmission à la descendance, suivant les rythmes d'alternance qui peuvent être courts (l'année) ou longs (la dizaine d'années) ;

– ceux qui privilégient la phase de culture (intensité culturale supérieure à 0,66), au détriment du milieu initial (systèmes permanents), la jachère étant éventuellement pilotée par des introductions ou des protections pour remplir certaines fonctions de fertilité de façon optimale. Dans ce cas, il est fondamental de distinguer les jachères dégarnies, qui viennent sur des milieux appauvris, des jachères pourvues d'une végétation dense et vigoureuse, qui viennent sur des milieux encore riches.

Évolution des teneurs en matière organique du sol selon les systèmes

Culture itinérante en zone forestière humide

Le sol est peu travaillé et conserve mieux ses caractéristiques de fin de jachère qu'en culture labourée. La teneur en matières organiques du sol diminue de dix à cinquante pour cent pendant la culture pour se rétablir pendant la jachère, généralement en

moins de dix ans. En forêt, la reconstitution de la matière organique du sol est rapide les dix premières années, car cette période produit un enracinement et une litière très abondante, et l'ambiance humide favorise l'humification Le brûlis au moment de la défriche laisse sur le sol une quantité considérable de nutriments minéraux pour les quelques cycles culturaux qui suivent. L'abandon cultural est surtout dû au développement des adventices.

Culture itinérante en zones de savane soudanienne

En savane, la perte de matières organiques du sol sous culture et les gains sous jachère sont plus faibles et plus lents qu'en forêt. La remontée de matières organiques du sol débute rapidement et finit avant dix ans. Au cours des vieilles jachères, il arrive de constater une stabilisation, voire une très légère diminution, de la matière organique du sol et aussi une baisse des quantités de phosphore assimilable des sols. Le brûlis au moment de la défriche fournira cependant des éléments minéraux utiles durant quelques cycles culturaux ; mais ces éléments disparaissent rapidement par érosion et lessivage. Les racines des ligneux défrichés, qui se décomposent, sont la « clé de voûte » du système. Le brûlis, qui est un gaspillage énergétique et minéral immense, se justifie pourtant ; d'une part, par la diminution du travail et, d'autre part, par son effet positif sur le pH du sol et sur la mobilisation rapide des éléments minéraux contenus dans la biomasse. Les apports de matière organique au moment de la défriche se font dès lors principalement par les racines, plus ou moins rapidement suivant l'intensité de la disparition des souches. Un effet qui n'a pas été encore abordé et qui reste à étudier est l'effet sur la répartition des vides : les racines en se décomposant libèrent des conduits qui pourront participer à la porosité globale du sol et à la circulation de l'eau et de l'air. La jachère puis la défriche contribueraient ainsi à accroître la profondeur utile du sol.

Les caractéristiques de la défriche, en particulier dans leur capacité à maintenir ou à éliminer la présence de certaines communautés, organes végétatifs ou séminaux de régénération, et organismes qui jouent un rôle fonctionnel dans la fertilité de l'écosystème cultivé interviennent d'autre part dans cette perspective. Il y aurait avantage à utiliser les résidus organiques des défriches comme mulch plutôt que de les brûler, à maintenir les souches vivantes le plus longtemps possible et à accroître la densité du parc arboré dans le dessein de produire plus de bois et de favoriser la régénération.

La jachère courte naturelle à graminées pérennes

Si une variation positive de matière organique et d'indicateurs physico-chimiques est observable pendant la jachère (seulement sous faible intensité culturale), cette variation est consommée pendant la culture, au bénéfice seulement des premières cultures. La jachère courte régulière à graminées pérennes ne permet donc pas de maintenir la teneur en matières organiques stables ni d'accroître fortement les rendements moyens. Dans une dynamique de dégradation à partir d'une teneur élevée du sol en matières organiques (défriche forestière par exemple), elle représente seulement une période neutre, sauf lorsqu'elle est particulièrement longue.

La culture quasi permanente à jachère naturelle d'annuelles

Les essais décrits ne sont donc pas convaincants sur le plan de l'effet intrinsèque de restauration de ces jachères courtes après cultures longues, sauf si les jachères, du fait de leur répartition adéquate, captent des apports organiques ou minéraux exogènes et attirent le bétail, comme ce peut être le cas lorsqu'elles se raréfient dans des paysages agraires dominés par les cultures. Les jachères se comportent en principe comme des périodes neutres, qui maintiennent simplement l'état initial, ce qui donne l'illusion de leur utilité à l'échelon de la parcelle ; elles présentent cependant un effet d'amélioration structurale, mais très transitoire. À durée cumulée de culture égale, les cultures se comportent généralement indifféremment avec ou sans jachère.

En revanche, à l'échelon du paysage, les jachères jouent des rôles essentiels de pâturage, de production locale de matériaux et de protection des versants, et permettent indirectement d'accroître les pratiques de fertilisation par parcage. Elles peuvent représenter des surfaces d'absorption d'eaux de ruissellements et de leur charge organo-minérale, ayant alors un effet fertilisant local. De même, leurs rôles dans l'exploitation sont bien identifiés : volant foncier, conservation des droits d'accès à la terre, souplesse dans la réalisation de l'assolement, pâturage de proximité. Une meilleure gestion consisterait donc à raisonner leur distribution dans le paysage pour optimiser ces fonctions pastorales, de production de matériaux et anti-érosives.

La culture quasi permanente à jachère artificielle semée

Une sole fourragère de légumineuses correctement fertilisée en phosphore, exploitée seulement en saison sèche, peut contribuer à la fourniture en azote de deux années de culture, et à condition que les cations et certains micro-éléments (soufre, cuivre) ne soient pas limitants. Les contributions au stock organique sont du même ordre qu'avec les graminées naturelles. C'est en jumelant l'effet de complément alimentaire pour des animaux et l'effet sur la fertilité que la jachère fourragère peut se révéler la plus appropriée dans les situations d'intensification.

Avec le surpâturage et l'excès de prélèvements, et surtout l'épuisement minéral préoccupant des terres, les jachères courtes, même « améliorées » par des légumineuses ou des graminées pérennes, sont aussi moins efficaces à remplir leurs rôles, et peuvent avoir des impacts négatifs ressemblant à ceux des cultures. Le paradoxe est que, dans ces conditions, la fertilisation minérale des pâturages et des jachères devient souhaitable pour que leur exploitation n'ait pas de conséquences plus graves sur le milieu. C'est le mode de gestion (fertilisations, enrichissements ou cultures fourragères, adaptation de la charge animale, durée) qui optimisera l'efficacité globale de la jachère à produire matières premières et fertilité, en fonction des intérêts du système de production dans son environnement.

La jachère et la gestion de la fertilité des sols. Alternatives

(Philippe Jouve)

Cette fonction apparaît dans un certain nombre d'études comme la première raison invoquée par les paysans pour justifier la pratique de la jachère. Plusieurs de ces études signalent qu'un bon indicateur de la nécessité d'abandonner la culture par suite d'une baisse de fertilité des sols est la présence de *Striga hermontica.*

Pour bien analyser le rôle de la jachère dans la restauration de la fertilité des sols, un certain nombre de points nous paraissent devoir être précisés. La capacité productive d'un sol, c'est-à-dire sa fertilité, dépend de plusieurs composantes : son état physique, son statut minéral et organique (fertilité chimique), son activité biologique et le niveau de pression des adventices. La jachère joue sur ces différentes composantes, mais, là aussi, de façon variable suivant sa nature ; ainsi, la protection du sol contre l'érosion hydrique ou éolienne suppose une jachère couvrant le sol. Les jachères travaillées peuvent au contraire accentuer ce type de dégradation physique des sols.

C'est surtout vis-à-vis de la gestion de la fertilité minérale et organique des sols que le rôle de la jachère doit être restitué par rapport aux autres moyens de gestion de cette fertilité**.** L'analyse comparée des systèmes agraires montre que les agriculteurs utilisent quatre grands moyens de gestion de la fertilité minérale et organique des sols :

– la jachère longue arborée, qui permet un recyclage des éléments minéraux entraînés par lixiviation dans les couches profondes du sol. Les arbres associés aux cultures (agro-foresterie) peuvent jouer un rôle similaire. Ce premier moyen correspond à un transfert vertical de fertilité ;

– l'association de l'agriculture et de l'élevage, lorsque celle-ci permet un transfert horizontal de fertilité des terres de parcours vers les terres cultivées par la pratique du parcage. Cette pratique, très courante en Afrique de l'Ouest, permet de concentrer les fèces des animaux sur les parcelles à fertiliser. Lorsque l'association agriculture-élevage ne se pratique qu'au sein de l'ager, on ne peut plus parler de transferts horizontaux de fertilité mais de recyclage de matière organique (résidus de culture) par le bétail ;

– l'introduction de légumineuses dans les rotations ou associations culturales : les légumineuses, sous certaines conditions, enrichissent le sol dans l'élément le plus nécessaire à la croissance des plantes, et en même temps le plus labile, l'azote. Ces légumineuses peuvent être annuelles ou pérennes, herbacées, arbustives ou arborées (*Faidherbia albida*) ;

– l'apport d'amendements minéraux (engrais) ou organiques provenant de l'extérieur de l'espace concerné par la gestion de la fertilité (exploitation ou village).

Lors des premiers stades de mise en culture d'un milieu, lorsqu'il est possible de pratiquer la jachère longue arborée, celle-ci, associée à la pratique de l'abattis-brûlis,

permet d'assurer une gestion satisfaisante de la fertilité minérale et organique des terres pendant les premières années de culture.

Cela étant, ces mêmes recherches confirment que, dans ces systèmes de culture, ce qui conduit les agriculteurs à abandonner leurs cultures pour aller défricher de nouvelles terres, c'est d'abord l'envahissement par les mauvaises herbes. Lorsque, par suite de la pression foncière, le temps de culture s'allonge et que celui de la jachère se raccourcit, celle-ci perd de sa capacité d'extinction des mauvaises herbes, alors les agriculteurs malgaches recourent au feu pour détruire les graines d'adventices. Il leur arrive même d'introduire dans leurs successions culturales de courtes périodes de jachère (1 à 2 ans) afin de permettre une production de biomasse suffisante pour que le feu soit efficace dans le contrôle de l'enherbement.

Au fur et à mesure de l'évolution des systèmes agraires, on assiste à une diminution du rôle de la jachère dans la gestion de la fertilité des sols au profit d'abord de l'association de l'agriculture et de l'élevage. En Haute-Casamance, on trouve des situations où sont associés les deux premiers moyens de gestion de la fertilité des sols ; certains agriculteurs n'ayant pas de bétail invitent des éleveurs à venir avec leurs troupeaux pâturer leurs jachères.

Lorsque les jachères régressent, la propension des agriculteurs à utiliser des engrais s'accroît, comme on a pu le constater dans la région de Maradi. Inversement, lorsque l'acquisition d'engrais est facilitée par le développement des cultures de rente comme le coton, on observe une réduction, voire une disparition des jachères avec le développement de la fertilisation minérale.

On voit bien que la jachère est un moyen de gestion de la fertilité des sols parmi d'autres, dont l'importance relative varie en fonction des stades d'évolution des systèmes agraires.

De même à l'échelle locale, celle du territoire villageois, le rôle de la jachère par rapport aux autres moyens de gestion de la fertilité des sols varie suivant les différents systèmes de culture pratiqués sur ce territoire. Dans le cas d'une structuration auréolaire de l'espace villageois comme celle que l'on observe dans de nombreuses régions du Sahel, le rôle respectif des différents moyens de gestion de la fertilité minérale et organique peut être schématisé comme indiqué dans le tableau 1.

Tout en relativisant le rôle de la jachère dans l'entretien de la fertilité des sols, il faut cependant reconnaître le rôle essentiel qu'elle a joué, jusqu'à une date récente dans la reproduction de nombreux systèmes de culture d'Afrique tropicale. Quand la terre n'est pas un facteur limitant, elle reste le moyen le moins onéreux pour entretenir ou restaurer la fertilité du sol ; c'est peut-être ce qui explique que lorsque la pression foncière la réduit ou la fait disparaître, il se passe un certain temps avant que les agriculteurs lui substituent d'autres moyens de gestion de la fertilité des sols. Il en résulte une baisse de productivité des terres qui peut être l'amorce d'un cercle vicieux car la baisse des rendements limite le recours à d'autres moyens de gestion de la fertilité tels que les engrais minéraux ou organiques.

Ces travaux fournissent une base scientifique solide pour évaluer les effets de la jachère sur l'entretien de la fertilité des sols. Dans la perspective de mettre ces recherches au service du développement, il reste à élaborer une méthode de valorisation des

Tableau 1.
Diversité des moyens de gestion de la fertilité des sols suivant l'éloignement des champs.

Moyens de gestion de la fertilité minérale et organique des sols	Champs de case	1re auréole champs proches	2e auréole champs intermédiaires	3e auréole champs éloignés
Résidus domestiques	+++			
Fumier	+	+++	+	
Parcage		+	+	+
Légumineuses cultivées		+	+	+
Arbres *(Faidherbia albida)*		+++	+	
Jachère longue arbustive ou arborée			+	+++
Engrais minéraux		+	+++	
Combinaison des 4 grands moyens de gestion de la fertilité + recyclage (5) par ordre d'importance	5, 2, 3	2, 3, 1, 5	4, 3, 2	1

1 : jachère ; 2 : association agriculture-élevage ; 3 : légumineuses ; 4 : engrais.

N.B. : ce tableau n'a qu'une valeur schématique ; il ne prend pas en considération les bas-fonds où la jachère est peu pratiquée.

acquis de ces recherches permettant de les mobiliser de façon sélective pour analyser les situations auxquelles sont confrontés les agriculteurs et faire des propositions concrètes en vue de résoudre les problèmes posés par la régression des jachères.

Des techniques transférables pour améliorer la fertilité du sol en remplacement de la jachère naturelle sont présentées par ailleurs (soles fourragères, agroforesterie, zaî, paillage, etc.).

La description de l'évolution de ces groupes d'organismes dans le sol en fonction de l'âge de la jachère donne des bases solides pour élaborer la 2e phase du programme en s'appuyant sur certains groupes (ex : termites, nématodes, etc.) dont la présence ou l'absence sont très représentatives de l'état de réhabilitation d'un sol et qui, en conséquence, peuvent être considérés comme des indicateurs biologiques pertinents.

Ces recherches ont eu pour principale vocation de décrire l'évolution d'un système. Il est nécessaire maintenant d'aborder certains aspects fonctionnels qui compléteront ces descriptions et qui pourront amener diverses explications quant à la réalisation de tels ou tels phénomènes dans ces phases de jachère.

Il est regrettable que certains microorganismes du sol comme les rhizobia ou les champignons mycétophiles, connus pour leur rôle dans le développement du couvert végétal dans des zones dégradées, n'aient pas été étudiés plus précisément dans les zones agro-écologiques de type sahélien et soudanien. De nombreux exemples montrent dans des régions plus humides que l'inoculation contrôlée par des souches de rhizobia d'arbres à croissance rapide (ex : acacias australiens)

stimule de manière significative le développement de la plante hôte. Il en est de même pour le développement de certaines espèces d'eucalyptus, qui est fortement accéléré lorsqu'elles sont associées à des souches de champignons mycorhiziens préalablement sélectionnées. Une recherche en réseau sur ce thème est proposée (cf. Conclusions et recommandations).

Références

Chotte J.L., Duponnois R., Cadet P., Adiko A., Villenave C., Agboba C., Brauman A. 2001. Jachère et biologie du sol en Afrique tropicale. In Floret Ch. et Pontanier R. (eds), pp 85-121. La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Paris. John Libbey. Eurotext, 339 p.

Serpantié G., Ouattara B. 2001. Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest, in Floret Ch. et Pontanier R. (eds). La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Paris. John Libbey. Eurotext, 339 p.

Jachères, produits de cueillette et biodiversité

Jean Lejoly
Spécialiste en végétation tropicale (biodiversité, domestication)
Laboratoire de botanique systématique et de phytosociologie, Université libre de Bruxelles
CP169 50, avenue F. Roosevelt B-1050 Bruxelles
Tel : (32) 2 650 21 26 / Fax : (32) 2 650 21 25 - Email : jlejoly@ulb.ac.be

La diversité des produits de cueillette

Banque de données des produits de cueillette

Au cours de la dernière décennie, de nombreuses enquêtes locales ont été menées dans le cadre du programme jachères en vue de cerner l'utilisation des plantes de la jachère.

Dans la synthèse qu'ils ont préparée dans le cadre de ce programme, Alexandre et Kaïré (2001) ont recensé les principaux travaux menés jusqu'à présent sur les produits forestiers non ligneux (PFNL) des jachères du Sud-Cameroun (Zapfack *et al.,* 2000), au Sénégal (Ndiour, 1996 ; Diop, 1997), au Burkina Faso (Belem *et al*., 1996) et au Bénin (Schrekenberg, 1996).

Récemment une importante monographie de 542 pages (Arbonnier, 2000 ; 2002, 2e édition) reprenant la description et les usages de 350 espèces ligneuses d'Afrique occidentale a été publiée et constitue un ouvrage de référence indispensable pour la connaissance des PFNL de cette région.

Par ailleurs, de nombreuses informations figurent aussi dans les rapports des ateliers de validation transmis en avril 2003 par les coordonnateurs nationaux pour le Burkina Faso (Hien 2003), la Côte d'Ivoire (Yo et Konan, 2003), le Mali (Yossi, 2003), le Niger (Banoin, 2003) et le Sénégal (Diatta, 2003).

Afin de rendre accessibles ces nombreuses informations, une banque de données a été constituée reprenant pour chaque espèce les principales utilisations.

Les paramètres suivants ont été pris en compte :

– *les usages alimentaires* : pour l'homme en signalant l'organe consommé (feuille, fruit, graine, calice, racine, etc.) ;

– *l'usage médicinal* : afin de quantifier l'importance de l'intérêt médicinal de l'espèce en médecine traditionnelle le nombre de citations dans Pharmel (banque de données de Pharmacopée et de médecine traditionnelle) a été repris. Cette banque contient 11 377 citations de plantes dans 6 185 recettes publiées pour l'Afrique occidentale et faisant intervenir 948 espèces différentes (Tableau 1) ;

– *le type biologique :* le système utilisé est celui de Nouvellet (1991) pour le Burkina Faso et est tiré de la thèse Dakouo (2002) au Mali ;

– *la zone géographique* : les subdivisions utilisées ont été décidées en consensus lors de la 1re réunion de l'expertise collégiale en avril 2003 ;

– *la domestication* : les plantes ont été classées en 5 catégories, depuis les plus étudiées jusqu'aux plantes encore peu connues au point de vue de leur possibilité de multiplication ;

– *le niveau de commercialisation* : la commercialisation informelle au niveau des villages des PFNL est encore relativement peu connue (Belem *et al.,* 1996 ; Ndiour, 1996) et nécessiterait des enquêtes supplémentaires pour chiffrer les flux en matières et en argent ;

– *les utilisations agricoles,* pastorales y compris les usages du bois et les usages domestiques ont également été pris en compte.

De manière générale, le but de cette banque de données est d'aider les décideurs au niveau d'une communauté locale à choisir les plantes appropriées pour répondre à leur besoin d'aménagement de terroir.

Au total, la banque contient actuellement 1 087 espèces utiles pour un lot de 6 000 espèces pour la flore complète d'Afrique tropicale occidentale (du Sénégal au Nigéria). La légende des rubriques mentionnées dans la banque des données est reprise au tableau 2. Dans sa version actuelle toutes les rubriques n'ont pas été remplies pour toutes les espèces par manque d'informations disponibles à leur sujet.

Produits végétaux alimentaires ou condimentaires

Dans deux villages du Burkina Faso, Belem *et al*. (1996) recensent 58 espèces alimentaires pour l'homme parmi lesquelles 14 sont cultivées et 44 sont spontanées et font l'objet de cueillette essentiellement dans les jachères autour des villages. Beaucoup d'entre elles sont récoltées pour leurs feuilles consommées en légumes ou en sauce (28 espèces), pour leurs fruits (23 espèces) ou leurs graines (14 espèces). Parmi celles-ci, douze espèces sont commercialisées :

– pour leurs feuilles fraîches (*Adansonia digitata* et *Balanites aegyptiaca*) ou pilées (*Tamarindus indica* et *Vitex doniana*) ;

– pour leurs fruits (*Ziziphus mauritiana*, *Vitex doniana, Bombax costatum, Tamarindus indica*) ;

– pour leurs graines (*Acacia macrostachya*, *Vittellaria paradoxa*, *Tamarindus indica*, *Parkia biglobosa*) ;

– pour leur calice (*Detarium microcarpum* et *Diospyros mespiliformis*).

Dans le tableau 3 sont reprises une vingtaine de plantes le plus souvent citées pour la cueillette de leurs fruits et souvent commercialisées.

Les espèces des jachères les plus citées pour leur usage médicinal

Dans le tableau 4 sont reprises les 22 plantes médicinales faisant l'objet du plus grand nombre de citations dans les recettes répertoriées dans la banque Pharmel (colonne 6). Cette liste établit les utilisations et besoins actuels ; elle permet d'analyser comment les jachères actuelles et améliorées peuvent jouer leur rôle de réservoir et de fournisseur pour les plantes médicinales utilisées en pharmacopée traditionnelle.

Le miel

Beaucoup d'arbres et d'arbustes des jachères sahéliennes, soudanienne et guinéenne sont mellifères. Les arbres principaux maintenus dans les parcs agroforestiers sont mellifères ; en particulier, le karité et ceux des vieilles jachères ont un rôle déterminant pour la production de miel. Ils servent aussi de support aux ruches.

Les arbres ont un rôle essentiel dans la vie des abeilles. En effet, ce sont les seules plantes actives en saison sèche et la plupart des ligneux mellifères sahéliens et soudaniens fleurissent durant cette saison. Selon Depommier (1987), la production de miel de brousse est de 5 à 7 litres par hectare dans le parc agroforestier en Centrafrique. Dans un village du Nord-Bénin, le miel représente 16 % de l'ensemble des produits de cueillette commercialisés et arrive en 3e position juste après le karité et le palmier à huile (Schrekenberg, 1996).

Tous les acacias sont mellifères à des degrés divers ; l'un deux porte même le nom évocateur de *Acacia mellifera* ; comme ils sont souvent maintenus dans les jachères au titre d'arbre multi-usage, ils peuvent être à l'origine d'une production importante de miel ; de manière générale, la famille des Mimosaceae recèle beaucoup d'espèces mellifères. *Faidherbia albida* (Syn : *Acacia albida*), souvent abondant en périphérie des villages, est lui aussi mellifère et présente sa floraison en début de saison sèche, c'est-à-dire à un moment fort heureusement complémentaire de beaucoup d'autres espèces ligneuses dont la floraison a lieu la deuxième partie de la saison sèche.

D'autres espèces de Mimosaceae peuvent contribuer de manière importante au réservoir de plantes mellifères surtout parce qu'elles sont souvent favorisées pour d'autres usages : Dichrostachys *cinerea* et *Pithecellobium dulce* (haies défensives), *Entada africana*, E. *abyssinica, Prosopis africana, P. juliflora* (arbres fourragers).

La deuxième grande famille d'arbres mellifères est constituée par les Combretaceae dont de nombreuses espèces souvent grégaires sont appréciées pour leurs fourrages aériens, leur rôle dans la fixation des sols et pour la fourniture de médicaments traditionnels ; elles occupent donc aussi une place de choix dans le potentiel des

plantes mellifères des jachères ; citons *Combretum aculeatum*, C. *fragrans, C. glutinosum, C. micranthum* (le kinkéliba*), C. nigricans, Guiera senegalensis* et *Terminalia glaucescens*.

Une vingtaine d'autres espèces ligneuses dont beaucoup sont à vocation multi-usages sont également mellifères et appartiennent aux 15 familles suivantes :

Asteraceae : *Vernonia amygdalina*

Bignoniaceae : *Crescentia cujete* et *Markhamia tomentosa*

Bombacaceae : *Adansonia digitata*, *Bombax costatum* et *Ceiba pentandra*

Caesalpiniaceae *: Burkea africana* et *Senna alata* (Syn : Cassia alata)

Ebenaceae : *Diospyros mespiliformis*

Euphorbiaceae : *Croton pseudopulchellus, Euphorbia paganorum* et *E. poissonii, Jatropha curcas* et *J. gossypiifolia*

Fabaceae : *Pterocarpus lucens* et *P. santalinoides*

Lamiaceae : *Hoslundia opposita*

Meliaceae : *Azadirachta indica*

Myrtaceae : *Zyzygium guineense*

Ochnaceae : *Lophira lanceolata*

Proteaceae : *Protea madiensis*

Rubiaceae : *Mitragyna inermis*

Rutaceae : Citrus divers *sp.*

Sapotaceae : *Vitellaria paradoxa* (Syn : *Butyrosperum parkii*)

Inventaire des usages multiples des ligneux cultivés dans les jachères

Un bilan des principales utilisations des ligneux cultivés, introduits ou domestiqués, en Afrique occidentale est présenté dans le tableau 5.

Au total, 75 espèces ligneuses sont cultivées avec succès. Parmi celles-ci plus de la moitié des espèces ont été introduites à partir des autres continents.

Espèces agro-forestières à usages multiples prioritaires pour la domestication et la multiplication

À la suite des enquêtes et ateliers de validation, de nombreuses espèces ont été sélectionnées car correspondant à un grand nombre de demandes paysannes et parce que leur domestication est déjà maîtrisée. Leur multiplication et leur diffusion

contribueront à une valorisation immédiate des jachères et surtout à la mise en place d'alternatives à la jachère naturelle. Elles sont présentées ci-dessous en les classant selon leur participation à une fonction principale mais en mettant l'accent sur les usages multiples qui les caractérisent et qui contribuent à renforcer leur performance globale.

Usages multiples des espèces recommandables pour les haies vives

Suite aux recherches effectuées au cours de ces dernières années, une vingtaine d'espèces sont recommandables pour la réalisation de haies vives en zone sèche et subhumide (Louppe et Yossi, 2001). Elles sont reprises dans le tableau 6 qui présente pour chacune d'elles les productions multiples auxquelles ces haies peuvent subvenir : 10 d'entre elles sont mellifères à condition de les laisser croître et fleurir. Beaucoup pourront fournir du bois d'énergie et du fourrage.

Usages multiples des espèces recommandables pour les jachères améliorées

Un certain nombre d'espèces appartenant surtout au groupe des légumineuses (Fabaceae, Caesalpiniaceae, Mimosaceae) contribuent à la fixation de l'azote de l'air et au maintien de la fertilité des sols.

D'autres sont favorisées par les paysans qui volontairement protègent les rejets naturels de certaines espèces dans les champs de cultures ; cette pratique qualifiée de défrichement amélioré est surtout répandue lorsque les jachères se raréfient ou ont disparu (Joet *et al.,* 1998). Il est intéressant de noter que les arbres ainsi favorisés ont également beaucoup d'autres usages (tableau 7).

Usages multiples des espèces recommandables pour les banques fourragères

Parmi les dizaines de ligneux dont les feuilles, les fruits ou les pousses feuillées sont appréciées par le bétail, une quinzaine d'espèces ont été reprises dans le tableau 8.

La banque fourragère aérienne est surtout destinée à supplémenter l'alimentation animale en période critique. Cela n'arrive pas chaque année et il est important que les ligneux fourragers puissent aussi être exploités pour d'autres fonctions (fournir du bois, des aliments pour l'homme et des produits domestiques divers).

Usages multiples des espèces typiques dans les parcs agroforestiers

Les 10 espèces principales des parcs agroforestiers sont reprises dans le tableau 9. À côté de leur rôle important dans la conservation des sols, elles ont toutes des usages alimentaires, médicinaux et la plupart sont fourragères ou mellifères et peuvent être utilisées pour leur bois.

Espèces à usages multiples recommandées pour leurs propriétés médicinales et alimentaires

Parmi les 18 espèces reprises dans le tableau 10, certaines font déjà l'objet de production de phytomédicaments améliorés et commercialisés :

– *Combretum micranthum* (Combretaceae), kinkéliba ; arbrisseau nord soudanien, à nombreuses propriétés médicinales, faisant l'objet d'une commercialisation locale et internationale (hépatoprotecteur), important pour la fixation des sols ;

– *Senna alata* (dartrier) utilisé à travers toute l'Afrique pour soigner les affections de la peau liées aux mycoses ;

– *Zanthoxylum zanthoxyloides* reconnu et utilisé pour soigner la drépanocytose ;

– *Annona senegalensis* (Annonaceae), annone ou pomme cannelle du Sénégal ; sous-arbuste soudanien, à nombreuses propriétés médicinales et alimentaires pour l'homme et le bétail.

D'autres espèces sont très appréciées en médecine traditionnelle et deviennent rares localement ; c'est le cas pour *Sarcocephalus latifolius* dont les écorces de racines sont fébrifuges et vermifuges.

Enfin, est également reprise dans la liste, *Vepris heterophylla*, le kinkéliba de Kita. C'est une plante rare, très recherchée pour ses propriétés fébrifuges et qui est menacée de disparition.

Recherches à entreprendre

Des actions de recherche ont été proposées dans le paragraphe « Recherches complémentaires ». Une recherche en réseau sur la domestication des plantes utiles des jachères serait très favorable (cf. § Conclusions et recommandations).

Les dispositifs pour favoriser la multiplication et la réintroduction des espèces sélectionnées en milieu paysan

Sur la base des techniques de domestication mises au point lors de la première phase du programme Jachère dans les 5 pays d'Afrique occidentale, trois types d'actions peuvent être proposés.

• Enrichissement des formations naturelles dégradées

Lors de la remise en culture, les espèces sélectionnées seront préservées dans la mesure du possible.

• Création de haies ou bandes forestières comportant un mélange d'espèces utiles domestiquées

Ces espèces pourront être combinées avec les espèces classiques des haies vives défensives.

• Enrichissement des jardins de femmes

Par quelques espèces parmi les plus couramment demandées dans la pharmacopée familiale traditionnelle et qui sont devenues rares dans les jachères environnantes (par exemple : *Senna alata* (Syn : *Cassia alata*), *S. italica*).

La biodiversité végétale des jachères

En cas de pression foncière faible et moyenne

La fonction de conservation de la biodiversité végétale est maintenue sans problèmes particuliers dans les systèmes agraires à pression faible faisant intervenir des jachères de longue durée dans les zones les plus éloignées des villages, elles-mêmes généralement en contact avec les végétations naturelles.

La végétation des jachères dans les 4 zones agro-écologiques est présentée de manière approfondie par Achard *et al*. (2001, p. 202 et suivantes).

La diversité végétale des jachères dans les 4 zones agro-écologiques est discutée longuement dans Fournier *et al*. (2001, p. 149 et suivantes).

En cas de pression foncière forte

Lorsque la pression foncière devient plus forte, bon nombre d'espèces principalement ligneuses (et dans une moindre mesure herbacées) deviennent plus rares au niveau local et risquent de disparaître soit parce qu'elles font l'objet de collecte intensive non durable, soit parce qu'elles sont éliminées par le raccourcissement de la jachère ou pour leur concurrence par rapport aux espèces cultivées.

• Conservation de la diversité végétale au niveau national et régional.

Elle est réalisée avec le réseau des aires protégées déjà existantes, parcs nationaux, forêts classées.

• Conservation de la diversité végétale au niveau local (villages et groupes de villages).

Les forêts sacrées villageoises, lorsqu'elles existent, jouent un rôle important pour la conservation de la biodiversité et l'accessibilité à de nombreux produits de cueillette.

Il est proposé la mise en place de parcelles de conservation au niveau local, analogues aux séries de conservation dans les systèmes d'exploitation en forêts denses.

Références

Achard F., Hiernaux P., Banoin M. (2001).
Les jachères fourragères naturelles
et améliorées en Afrique de l'Ouest.
in Ch. Floret & R. Pontanier (éds).
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. 2, John Libbey Eurotext, Paris, 201-239.

Alexandre D.-Y. & Kaïré M. 2001.
Les productions des jachères africaines
à climat soudanien (Bois et produits divers).
in Ch. Floret & R. Pontanier (éds).
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. 2, John Libbey Eurotext, Paris, 169-199.

Arbonnier M. 2000.
Arbres, arbustes et lianes des zones sèches
d'Afrique de l'Ouest.
Cirad, MNHN, UICN, 542 p.

Belem M., Sorgho M.C., Guire D.,
Zare A., Ilboudo J.-B. 1996.
Les jachères et leur utilité dans la province
du Bazéga : cas des villages de Tanghin
et de Bazoulé (Burkina Faso).
in Ch. Floret (éd. 1996), 89-100.

Bonkoungou E.G., Djimdé M.,
Zoungrana I., van Duijl E. 2000.
Trees in farm. Agroforestry to the disappearing
fallow system in Sahel.
in Ch. Floret & R. Pontanier (éds).
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. 1. John Libbey Eurotext, Paris, 714-720.

Dakouo J.M. 2002.
Impact de l'aménagement participatif
sur la végétation des forêts de la zone
soudanienne-nord du Mali.
Cas de la forêt classée de Dioforongo (Ségou).
Thèse, Université de droit, d'économie
et des sciences d'Aix Marseille.

Depommier D. 1987.
Aspects du parc à karités et nérés dans la région
de l'Ouham, République Centrafricaine.
Icraf, multigr.

Diop G. 1997.
Contribution à la connaissance des jachères
en espèces forestières ligneuses alimentaires
et en espèces ligneuses à usage médicinal
dans le département de Bignona (Sénégal).
Mém. de fin d'études, Engref, Montpellier, 90 p.

Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) 2000.
La jachère en Afrique tropicale,
rôles, aménagement, alternatives.
Vol. I. Actes du séminaire international,
Dakar (Sénégal), 13-16 avril 1999,
Paris, John Libbey, 777p.

Floret Ch. & Pontanier R. (éd.) 2001.
La jachère en Afrique tropicale, de la jachère
naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances.
Vol. 2, Paris, John Libbey, 339p.

Fournier A., Floret Ch., Gnahoua G.-M., 2001.
Végétation des jachères et succession
post-culturale en Afrique tropicae.
in Ch. Floret & R. Pontanier.
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. 2, John Libbey Eurotext, Paris, pp. 123-168.

Joet A., Jouve P., Banoin M. 1998.
Le défrichement amélioré au Sahel, une pratique
agroforestière adoptée par les paysans.
Bois et forêts des tropiques, 255 : pp. 31-44.

Kaïré M. & Dione F. 2000.
Ressources ligneuses des jachères en zones
soudanienne et soudano-sahélienne du Sénégal.
in Ch. Floret & R. Pontanier (éds).
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. I. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 460-474

Lamien N., Sidibe A., Bayala J. 1996.
Use and commercialisation of non timber forest
products in Western Burkina Faso.
in R.R.B. Leakey, A.B. Temu, M. Melnyk,
P. Vantomme. Domestication and
commercialisation of non-timber forest products
in agroforestry systems. Non Wood Forest
Products n° 9, Rome, FAO, 297p.

Lejoly J. 1996.
The contribution of Pharmel database
to the knowledge of the non-wood forest
products. in Tan L.C., Perez M.R., Ibach M. (ed).
Non timber forest product databases.
Center for International Forestry Research
(CIFOR), Jakarta, Indonesia, 23-29.

Louppe D., Yossi H. 2001.
Les hais vives défensives en zones sèche
et subhumide d'Afrique de l'Ouest.
in Ch. Floret & R. Pontanier.
La jachère en Afrique tropicale.
John Libbey Eurotext, Paris, pp. 293-309.

Ndiour P.A. 1996.
Rôle et importance des fruits forestiers issus de la jachère dans la formation des revenus des ménages dans le département de Bignona, Sénégal.

Nikiema R. 1997.
Commercialisation des produits alimentaires et forestiers provenant des parcs agroforestiers : cas des marchés de Zitinga et Yako au Burkina Faso ; in G.E. Bonkoungou, T.A. Ayuk, I. Zoungrana (éd.)
Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest, Nairobi, Icraf, pp. 35-50.

Schreckenberg K. 1996.
Forests, fields and markets :
a study of indigenous tree products in the woody savannas of the Bassila region, Benin.
Thesis, London, School of Oriental and African Studies, 326p.

Zapfack L., Weise S.F., Ngobo M., Tchamou N. & Gillison A. 2000.
Biodiversité et produits forestiers non ligneux de trios types de jachères du Cameroun méridional.
in Ch. Floret & R. Pontanier (eds).
La jachère en Afrique tropicale.
Vol. I. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 484-492.

Liste des tableaux en annexe

Tabl. 1 Statistiques globales des nombres d'espèces médicinales, des nombres de recettes et des nombres d'indication, citées dans la banque Pharmel pour l'Afrique occidentale (Lejoly 1996).

Tabl. 2 Légende des rubriques mentionnées dans la banque de données sur les usages multiples des plantes de la jachère en Afrique tropicale occidentale.

Tabl. 3 Quelques espèces agroforestières commercialisées pour leurs fruits ou graines alimentaires.

Tabl. 4 Espèces des jachères les plus citées pour leur usage médicinal.

Tabl. 5 Utilisation des ligneux cultivés, introduits ou domestiqués, en Afrique occidentale.

Tabl. 6 Valeur multi-usages des espèces recommandables pour les haies vives.

Tabl. 7 Valeur multi-usages des espèces recommandables pour la jachère améliorée.

Tabl. 8 Valeur multi-usages des espèces recommandables pour les banques fourragères.

Tabl. 9 Valeur multi-usages des espèces typiques pour les parcs agroforestiers.

Tabl.10 Espèces à usages multiples recommandées pour la domestication pour leurs propriétés médicinales et alimentaires.

Tableau 1.
Statistiques globales des nombres d'espèces médicinales, des nombres de recettes et des nombres d'indication, citées dans la banque Pharmel pour l'Afrique occidentale (Lejoly, 1996).

Pays	Nombre de plantes	Nombre de recettes	Nombre d'indications	N° ordre de la référence
Mali	109	176	330	3
Niger	159	277	439	2
Bénin	526	1 976	3 468	11
Togo	412	972	1 663	10
Burkina Faso	133	347	554	14, 15, 16, 29
Côte d'Ivoire	310	533	745	12, 22, 23, 26, 28
Sénégal	500	1 467	3 210	21, 40
Nigeria	271	437	968	37
TOTAL	948	6 185	11 377	

Références utilisées pour établir le tableau 1

2. Adjanohoun, E., Ahyi, A.M.R., Ake Assi, L., Dan Dicko, L. Daouda, H., Delmas, M., De Souza, S., Garba, M., Guinko, S. Kayonga, A., N'Glo, D., Raynal, J.-L., Saadou, M. 1981. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Niger. ACCT, Paris, 250 p.

3. Adjanohoun, E., Ake Assi, L., Floret, J.J., Guinko, S., Koumaré, M., Ahyi, A.M.R., Raynal, J. 1980. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Mali. ACCT, Paris, 249 p.

10. Adjanohoun, E., Ahyi, M.R.A., Ake Assi, L., Akpagana, K., Chibon, P., El Hadji, A., Eymé, J., Garba, M., Gassita, J.-N., Gbeassor, M., Goudote, E., Guinko, S., Hodouto, K.-K., Hougnon, P., Keita, A., Keoula, Y., Kluga-Ocloo W.P., Lo, I., Siamevi, K.M., Taffame, K.K. 1986. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Togo. ACCT, Paris, 671 p.

11. Adjanohoun, E., Adjakidje, V., Ahyi, M. R. A., Ake Assi, L., Akoegninou, A., D'almeida, J., Apovo, F., Boukef, K., Chadare, M., Cusset, G., Dramane, K., Eyme, J., Gassita, J.-N., Gbaguidi, N., Goudoute E., Guinko, S., Houngnon, P., Issa Lo, Keita, A., Kiniffo, H. V, Kone-Bamba, D., Musampa Nseyya, A., Saadou, M., Sodogandji, TH., De Souza, S., Tchabi, A., Zinsou Dossa, C., Zohoun, TH. 1989 Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Bénin. ACCT, Paris, 895 p.

12. Adjanohoun, E., Ake Assi L. 1979. Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre National de Floristique, Université d'Abidjan, 358 p.

14. Fernandez de la Pradilla, C. 1988. Plantes médicinales contre les hépatites. Pabre, Ouagadougou, 62 p.

15. Fernadez de la Pradilla, C. 1981. Des plantes qui nous ont guéris (I). Jeunesse d'Afrique, Ouagadougou, 208 p.

16. Fernadez de la Pradilla, C. 1985. Des plantes qui nous ont guéris (II). Pabre, Ouagadougou 101 p.

21. Pousset, J-L. 1989. Plantes médicinales africaines. Utilisation pratique. ACCT, Paris, 156 p.

22. Ake Assi, L. 1983. Quelques vertus médicinales de Cassia occidentalis L. (Caesalpiniacées) en basse Côte-d'Ivoire. Bothalia 14 : 617-620.

23. Ake Assi, L. 1990. Utilisation de diverses espèces de Ficus (Moraceae) dans la pharmacopée traditionnelle africaine en Côte d'Ivoire. Comptes rendus de la 12e réunion de l'Aetfat, Mitt. Inst. Allg. Bot., Hamburg, 23 : 1039-1046.

26. Ake Assi, L. 1988 Quelques plantes utilisées dans le traitement des maladies cardiaques en Côte d'Ivoire. Bull. Méd. Trad. Pharm. ACCT, Paris, 2(1): 96-100.

27. Dakuyo, Z. 1989. Recettes de la médecine traditionnelle. Bull. Méd. Trad. Pharm., ACCT, Paris, 3 (1) : 83-84.

28. Lorougnon Guede, J. & Ake Assi, L. 1989. Lutte contre l'odontalgie chez les bébés de la région de Daloa en Côte d'Ivoire. Bull. Méd. Trad. Pharm., ACCT, Paris, 3(1): 85-86

29. Guinko, S., Zoungrana, I., Guenda, W., Tamini, Z., Millogo Rasolodimbi, J. 1989. Apithérapie : quelques usages médicaux du miel dans l'ouest du Burkina Faso. Bull. Méd. Trad. Pharm. ACCT, Paris, 3(2): 111-115.

37. Adjanohoun, E., Ahiyi, M.R.A., Ake Assi, L., Dramane, K., Elewude, J.A., Fadoju, S.O., Gbile, Z.O., Goudote, E., Johnson, C.L.A., Keita, A., Morakinyo, O., Ojewole, J.A.O., Olatunji, A.O., Sofowora, E.A. 1991. Contribution to ethnobotanical and floristic studies in western Nigeria. CSTR/OUA, 420 p.

40. Kerharo, J. & Adam, J.G. 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Plantes médicinales et toxiques. Ed. Vigot Frères, Paris, 1011 p.

Tableau 2.
Légende des rubriques mentionnées dans la banque de données sur les usages multiples des plantes de la jachère en Afrique tropicale occidentale.

1	**Types biologiques (TB)**
A	arbre > 7 m
gA	grand arbre > 30 m
mA	arbre moyen 15-30 m
pA	petit arbre 7-15 m
Abu	arbuste 4-7 m (tige simple)
Abr	arbrisseau 4-7 m (multicaule)
sAbu	sous-arbuste 0,5-4 m
sAbr	sous-arbrisseau 0,5-4 m
L	liane
G	géophyte
Ch	chaméphyte
Hc	hémicryptophyte
Th	thérophyte
2	**Zone géographique**
Z1	sahélien P=300-600 mm
Z2	soudanien
Z21	savane arborée 600-900 mm
Z22	forêt classée 900-1 200 mm
Z3	guinéen - forêt dense > 1 200 mm
3	**Arbonnier**
	Espèce décrites dans Arbonnier (2002) marquée A
4 et 5	**Espèces et familles**
	Selon Lebrun et Stork (1991-1997)
6	**Usage médicinal**
	Nombre de citations comme plante médicinale dans la banque de données Pharmel (1997)
7	**Usage alimentaire pour l'homme**
Fr	fruit
Gr	graine
Fe	feuille (légume)
Hu	huile
Am	amidon
Co	condiment
Ca	calice
8	**Domestication**
Cu	espèce introduite cultivée
D	espèce locale déjà domestiquée
F	espèce locale déjà favorisée
RD	recommandé pour domestication
RF	à favoriser dans les jachères
10	**Commercialisation**
Cv	commerce villageois
Cn	commerce national
Ci	commerce international
11	**Usage agricole**
Bv	brise-vent
Hv	haie vive
Cs	conservation des sols
N	fixation d'Azote
Mo	matière organique fertilisante
Pa	paillis
12	**Usage pastoral et miel**
Fe	feuille
Fr	fruit
Pf	pousse feuille
Mi	miel (plante mellifère)
13	**Usage du bois**
Bo	bois d'œuvre
Sc	bois de sciage
Bf	bois de feu
Cb	charbon de bois
Ou	outils et ustensile
14	**Divers**
Ci	cire
He	huile essentielle
Ta	tanin et teinture
Fi	fibre et cordage
Ri	rituel et culturel
Or	ornemental
Go	gomme

Sommaire

Tableau 3.
Quelques espèces agroforestières commercialisées pour leurs fruits ou graines alimentaires.

En colonne 10, références biblio : R1 = Zapfak *et al.* (2000), R2 = Belem *et al.* (1996) ; R3 = Bonkoungou *et al.* (2000) ; R4 = Ndiour (1996)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Ar**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
Abu	Z21	A	*Acacia macrostacha* Reichenb. ex Benth.	Mimosaceae	11	Gr		mimosa épineux	Cv (R2)	Hv	Mi	Bf, Cb	
mA	Z21	A	*Adansonia digitata* L.	Bombacaceae	35	Fr (4-6), Gr, Fe	D	baobab	Cv (R3)				
pA	Z1	A	*Balanites aegyptiaca* (L.) Del.	Balanitaceae	37	Fr, Fe	D	dattier du désert	Cv (R2)	Cs, Pa	Fe, Fr	Bf, Ou	He, Ta
pA	Z22	A	*Bombax costatum* Pellegr. & Vuill.	Bombacaceae	24	Co (Fl, Fr), Fe, Ca	RF	kapokier rouge	Cv (R2)		Mi	Bo, Ou	Ta, Fi
mA	Z21	A	*Borassus aethiopum* Mart.	Arecaceae	5	Fr (10-6)	D	rônier	Cv (R4)			Bo,Ou	Fi
pA	Z2	A	*Detarium microcarpum* Guill. & Perr.	Caesalpiniaceae	30	Fr, Fe	RD		Cv (R2)		Fe, Fr	Ou, Bf	Ri
gA	Z22	A	*Detarium senegalense* J.F. Gmel.	Caesalpiniaceae	11	Fr (11-5)	D		Cv (R4)		Fe, Fr	Bo, Ou	
pA	Z22	A	*Dialium guineense* Willd.	Caesalpiniaceae	19	Fr (4-6)	RD		Cv (R4)		Fe, Fr	Bo, Ou	Ri
pA	Z22	A	*Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC.	Ebenaceae	23	Fr, Fe	RF	ébène	Cv (R2)			Bo, Ou	
mA	Z3	A	*Elaeis guineensis* Jacq.	Arecaceae	44	Fr (11-7)	D	palmier à huile	Cv (R4), Ci			Bo,Ou	Ri
gA	Z3		*Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	2	Fr	RD	chocolatier du Gabon	Cv (R1)				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Ar**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
L	Z2	A	*Landolphia heudelotii* A. DC.	Apocynaceae	5	Fr (5-8)		liane à caoutchouc	Cv (R4)				Ta
pA	Z3		*Myrianthus arboreus* P. Beauv.	Moraceae	2	Fr			Cv (R1)				
gA	Z3		*Parinari excelsa* Sabine	Chrysobalanaceae	5	Fr (4-6)	RF		Cv (R4)				
mA	Z22	A	*Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don f.	Mimosaceae	80	Fr (4-7)	F	néré	Cv (R3), Cn	Mi	Ou, Bf	Ta	
gA	Z3		*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	2	Fr	RF		Cv (R1)				
L	Z21	A	*Saba senegalensis* (A. DC.) Pichon	Apocynaceae	10	Fr (4-7)	D		Cv (R4)				Ta
mA	Z21	A	*Tamarindus indica*	Caesalpiniaceae	36	Fr, Co (Fe, Fl)	D	tamarinier	Cv (R3)	Mo	Fe, Fr, Mi	Bo, Ou, Bf	Ta
mA	Z3		*Tetrapleura tetraptera* (Schum. & Thonn.) Taub.	Mimosaceae	16	Fr	RF		Cv (R1)				
pA	Z2	A	*Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (= *Butyrospermum parkii* (G.Don) Kotschy)	Sapotaceae	Me	Gr, Fr	F	karité, arbre à beurre	Cv (R3), i Cn, C		Mi, Fe, Fr	Ou, Bf,Cb	Ta
pA	Z21	A	*Vitex doniana* Sweet	Verbenaceae	40	Fr, Fe	RF		Cv (R2)			Bo, Ou, Bf	Ta
Abr	Z1, Z21	A	*Ziziphus mauritiana* Lam. (= Z. jujuba (L.) Lam. pp)	Rhamnaceae	20	Fr	D	jujubier	Cv (R2), Cn	Hv	Fe, Fr	Bf, Ou, Cb	

Tableau 4.
Espèces des jachères les plus citées pour leur usage médicinal.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
Th	Z1,Z2		*Acanthospermum hispidum* DC.	Asteraceae	70								
G	Z22,Z3		*Aframomum melegueta* K. Schum.	Zingiberaceae	153		Cu		Cv				
sAbu	Z2	A	*Annona senegalensis* Pers.	Annonaceae	98	Fr, Co(Fl)	RD	annone			Fe	Ou	Fi
sAbr	Z1,Z21	A	*Calotropis procera* (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	66			arbre à soie					
Abu	Z2,Z3	A	*Carica papaya* L.	Caricaceae	54	Fr, Fe	Cu	papayer	Cv, Cn				
Th	Z2,Z3		*Cassia occidentalis* L.	Caesalpiniaceae	86								
pA	Z2	A	*Cassia sieberiana* DC.	Caesalpiniaceae	65							Bo	Ta
Abu	Z2,Z3	A	*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle	Rutaceae	96	Fr	Cu	citron vert, lime	Cv,Cn		Mi	Bo	
Th	Z2,Z3		*Euphorbia hirta* L.	Euphorbiaceae	62								
pA	Z3		*Garcinia kola* Heck.	Clusiaceae	51								
sAbr	Z1,Z21	A	*Guiera senegalensis* J.F. Gmel.	Combretaceae	54						Mi,Fe,Fr		Ta
sAbr	Z2,Z3	A	*Jatropha curcas* L.	Euphorbiaceae	57		Cu			Hv	Mi		Ta

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
mA	Z2	A	*Khaya senegalensis* (Desv.) A. Juss.	Meliaceae	54		D	cailcedrat			Fe	Bo,Bf	Ri, Ta
Th	Z2		*Momordica charantia* L.	Cucurbitaceae	77								
Ch	Z2,Z3		*Ocimum gratissimum* L.	Lamiaceae	63		Cu						
mA	Z22	A	*Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don f.	Mimosaceae	80	Fr (4-7)	F	néré	Cv, Cn		Mi	Ou, Bf	Ta
Abu	Z22,Z3		*Rauvolfia vomitoria* Afzel.	Apocynaceae	104		RF						
pA	Z22	A	*Sarcocephalus latifolius* (Sm.) Bruce (=*Nauclea latifolia* Sm.)	Rubiaceae	81	Fr	RD		Cv, Cn			Bf, Cb	Ta
Abu	Z2	A	*Securidaca longipedunculata* Fres.	Polygalaceae	96	Co (Fl)	RD					Bf, Cb	Fi, Ta
pA	Z2	A	*Trichilia emetica* Vahl (=T. roka (Forssk.) Chiov.)	Meliaceae	60	Hu(Gr),Fr	RF				Fe	Bo,Ou,Bf	
sAbr	Z2	A	*Uvaria chamae* P. Beauv.	Annonaceae	63	Fr						Bf,Cb,Ou	
pA	Z3		*Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich.	Annonaceae	167		RF		Cv, Cn				

Tableau 5.

Utilisation des ligneux cultivés, introduits ou domestiqués, en Afrique occidentale.

Aliment (fruit, graine, feuille, huile, amidon, condiment) ; Fourrage (feuille, fruit, pousse feuillée, miel) ;
Bois (bois de feu, charbon de bois, bois d'œuvre, outil et ustensile, bois de sciage, divers) ;
Agriculture (brise-vent), haie vive, conservation des sols, fixation des dunes, fixation d'azote, matière organique fertilisante, paillis) ;
Autres usages (cire, huiles esssentielles, tanin et teinture, gomme, fibre, plante médicinale et cosmétique, usage rituel et culturel, ornemental).

Espèce	Famille	Aliment						Fourrage				Bois						Agriculture							Autres usages							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
		Fr	Gr	Fe	Hu	Am	Co	Fe	Fr	Pl	Mi	Bf	Cb	Bo	Ou	Sc	D	Bv	Hv	Cs	Du	N	Mo	Pa	Ci	He	Ta	Go	Fi	Me	Ri	Or
Anacardium occidentale (cajou)	Anacardiaceae	1	1	.	1	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	.
Mangifera indica (manguier)	Anacardiaceae	1	.	1	.	1	1	.	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	1
Spondias mombin	Anacardiaceae	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Annona muricata	Annonaceae	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Annona squamosa	Annonaceae	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Areca catechu	Arecaceae	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.
Borassus aethiopum (rônier)	Arecaceae	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Borassus flabellifer	Arecaceae	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1	.
Cocos nucifera (cocotier)	Arecaceae	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Elaeis guineensis	Arecaceae	1	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Raphia spp.	Arecaceae	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Balanites aegyptiaca	Balanitaceae	1	.	1	1	.	.	1	1	1	.	1	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	1	1	1	.	1	.	.
Adansonia digitata	Bombacaceae	1	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.

Espèce	Famille	Aliment						Fourrage				Bois						Agriculture							Autres usages							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
		Fr	Gr	Fe	Hu	Am	Co	Fe	Fr	Pl	Mi	Bf	Cb	Bo	Ou	Sc	D	Bv	Hv	Cs	Du	N	Mo	Pa	Ci	He	Ta	Go	Fi	Me	Ri	Or
Dacryodes edulis (safoutier)	Burseraceae	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Cassia siamea	Caesalpiniaceae	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	1	1	.	.	1	.	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Parkinsonia aculeata	Caesalpiniaceae	.	1	.	.	.	.	1	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Tamarindus indica (tamarinier)	Caesalpiniaceae	1	1	1	1	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1	.	1
Carica papaya	Caricaceea	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Casuarina equisetifolia (filao)	Casuarinaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1
Garcinia cola	Clusiaceae	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Cupressus lusitanica (cyprès)	Cupressaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia balsamifera	Euphorbiaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Euphorbia tirucalli	Euphorbiaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cajanus cajan (pois d'angole)	Fabaceae	1	1	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Erythrina poeppigiana	Fabaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Gliricidia sepium	Fabaceae	.	.	1	.	.	.	1	1	.	1	1	.	1	1	1	.	1	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Pterocarpus mildbraedii	Fabaceae	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sesbania grandiflora	Fabaceae	1	.	1	.	.	.1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	1	.	.	.	1	1	.	.	.	.

Espèce	Famille	Aliment						Fourrage				Bois						Agriculture							Autres usages							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
		Fr	Gr	Fe	Hu	Am	Co	Fe	Fr	Pl	Mi	Bf	Cb	Bo	Ou	Sc	D	Bv	Hv	Cs	Du	N	Mo	Pa	Ci	He	Ta	Go	Fi	Me	Ri	Or
Irvingia gabonensis	Irvingiaceae	I	I	.	.	.	I	.	.	.	.	I	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.
Persea americana (avocatier)	Lauraceae	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Azadirachta indica (neem)	Meliaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	I	.	I	I	.	.	I	.	.	.	.	I	I	.	I	I	.	.	.	.	.
Toona sinensis	Meliaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Acacia albida	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	I	I	I	I	I	I	I	.	.	I	.	I	I	I	I	.	.	.	I	I	.	.	.	I
Acacia auriculiformis	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	I	I	I	I	.	I	.	.	I	.	I	I	I	.	.	I	I	.	.	.	I
Acacia mangium	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Acacia mearnsii	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	I	.	I	I	.	.	.	I	.	.	.	.	.
Acacia mellifera	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	I	I	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.
Acacia nilotica	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	I	.	I	I	I	.	I	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	I	I	.	I	.	I
Acacia senegal	Mimosaceae	.	I	.	.	.	.	I	I	I	I	I	I	I	I	.	.	I	.	I	I	I	I	.	.	.	I	I	.	.	.	.
Acacia seyal	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	I	I	I	I	I	I	I	.	.	.	.	I	I	I	I	.	.	.	.	I	.	.	.	.
Acacia tortilis	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	I	I	I	I	I	I	I	.	.	.	.	I	I	I	.	.	.	.	I	.	.	I	.	I
Albizia falcataria	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	I	.	I	.	I	I	.	.	I	.	I	.	.	.	.	I	I	.	.	.	I
Albizia lebbeck	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	I	I	.	.	I	.	I	.	I	I	.	.	.	I	I	.	.	.	I
Calliandra calothyrsus	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	I	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	I
Inga edulis	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.
Leucaena leucocephala	Mimosaceae	.	I	I	.	.	.	I	I	I	I	I	I	I	.	I	.	I	I	I	.	I	I	.	.	.	.	.	.	I	.	.

Espèce	Famille	Aliment						Fourrage				Bois						Agriculture							Autres usages							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
		Fr	Gr	Fe	Hu	Am	Co	Fe	Fr	Pl	Mi	Bf	Cb	Bo	Ou	Sc	D	Bv	Hv	Cs	Du	N	Mo	Pa	Ci	He	Ta	Go	Fi	Me	Ri	Or
Mimosa scabrella	Mimosaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Parkia biglobosa (néré)	Mimosaceae	1	.	1	1	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pithecellobium dulce	Mimosaceae	1	.	.	1	.	.	1	1	.	1	1	.	1	.	.	.	1	1	1	.	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1
Prosopis juliflora	Mimosaceae	1	.	.	1	.	.	1	1	.	1	1	1	1	1	.	.	1	.	1	.	1	.	.	1	.	1	1	1	1	.	.
Artocarpus altilis (= A. incisus) (arbre à pain)	Moraceae	1																														
Artocarpus heterophyllus (jacquier)	Moraceae	1	1	1	.	.	.	1	1	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1
Ficus sur (= F.capensis)	Moraceae	.	.	1	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Milicia excelsa (= Chlorophora excelsa) (iroko)	Moraceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Morus alba	Moraceae	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Treculia africana (arachide des ancêtres)	Moraceae	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Moringa oleifera	Moringaceae	1	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Eucalyptus camaldulensis	Myrtaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eucalyptus deglupta	Myrtaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Eucalyptus globulus	Myrtaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.		

Espèce	Famille	Aliment						Fourrage				Bois						Agriculture							Autres usages							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
		Fr	Gr	Fe	Hu	Am	Co	Fe	Fr	Pl	Mi	Bf	Cb	Bo	Ou	Sc	D	Bv	Hv	Cs	Du	N	Mo	Pa	Ci	He	Ta	Go	Fi	Me	Ri	Or
Psidium guajava (goyavier)	Myrtaceae	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Syzygium cumini	Myrtaceae	I	.	.	.	.	.	I	I	.	I	I	.	I	I	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	I
Pinus caribaea	Pinaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pinus hondurensis	Pinaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bambusa vulgaris (bambou)	Poaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Grevillea robusta	Proteaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ziziphus mauritiana	Rhamnaceae	I	.	.	.	.	.	I	I	.	.	I	I	I	I	.	.	.	I	I	I	.	.	.	.	.	I	.	.	I	.	.
Citrus lemon (citronnier)	Rutaceae	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gambeya albida (=Chrysophyllum albidum)	Sapotaceae	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.
Vitellaria paradoxa (=Butyrospermum parkii) (karité)	Sapotaceae	I	.	.	I	.	.	I	I	.	I	.	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.
Simmondsia chinensis	Simmondsiaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	I	.	.	.	.	I	.	.
Cola acuminata	Sterculiaceae	.	I	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.
Sterculia africana	Sterculiaceae	I	I	.	.	.	.	I	I	.	.	I.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.
Gmelina arborea	Verbenaceae	.	.	.	.	.	.	I	.	.	I	I	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tectona grandis (teck)	Verbenaceae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tableau 6.
Valeur multi-usages des espèces recommandables pour les haies vives

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
	Z2	A	*Agave sisalana* Perr.	Agavaceae	2		Cu	agave sisal		Hv			Or, Fi
Abu	Z1,Z21	A	*Commiphora africana* (A. Rich.) Engl.	Burseraceae	22	Am (Ra)	D			Hv	Fe, Fr	Ou	
Abu	Z1,Z21	A	*Bauhinia rufescens* Lam.	Caesalpiniaceae	18	Fr	D			Hv	Fe,Fr,Pf	Bo	Fi,Ta
Abr	Z1,Z21	A	*Euphorbia balsamifera* Ait.	Euphorbiaceae	22		D			Hv	Fe		
sAbr	Z2,Z3	A	*Jatropha curcas* L.	Euphorbiaceae	57		Cu			Hv	Mi		Ta
pA	Z2	A	*Strychnos spinosa* Lam.	Loganiaceae	27	Fe, Fr		oranger de brousse		Hv	Fe	Ou,Bf,Cb	
L	Z21	A	*Acacia ataxacantha* DC.	Mimosaceae	6					Hv	Mi,Fe,Fr		Fi
Abu	Z1	A	*Acacia laeta* R. Br. ex Benth.	Mimosaceae						Hv	Mi,Fe,Fr	Bf,Cb	Go,Fi
Abu	Z21	A	*Acacia macrostachya* Reichenb. ex Benth.	Mimosaceae	11	Gr		mimosa épineux	Cv (R2)	Hv	Mi	Bf, Cb	
Abu	Z1,Z21	A	*Acacia mellifera* (Vahl) Benth	Mimosaceae			D			Hv	Mi,Fe,Fr	Ou,Bf,Cb	Go
pA	Z1,Z21	A	*Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del.	Mimosaceae	20	Fe, Co (Gr)	D			Hv	Fe,Fr	Bo,Bf,Cb	Fi,Ta
pA	Z1,Z2	A	*Acacia polyacantha* Willd. subsp. campylacantha (Hoechst. ex A. Rich.) Brenan	Mimosaceae	3	Gr				Hv	Fe	Bo,Bf,Cb	Go

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
Abu	Z1,Z21	A	*Acacia senegal* (L.) Willd.	Mimosaceae	2	Gr	D	gommier du Sénégal	Cn, Ci	Hv	Mi, Fe,FR	Bo,Bf, Cb	Go, Fi
pA	Z1	A	*Acacia seyal* Del.	Mimosaceae	11		D			Hv	Mi,Fe, Fr	Ou, Cb	Go
pA	Z2	A	*Acacia sieberiana* DC.	Mimosaceae	14		D			Hv	Mi, Fr	Ou, Bf,Cb	Go
Abr	Z2	A	*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. (= D. glomerata (Forssk.) Chiov.)	Mimosaceae	2		D			Hv	Mi, Fe,Fr	Ou, Bf,Cb	Fi,Ri
			Haematoxylon brasiletto	Mimosaceae			Cu			Hv			
pA	Z1,Z21	A	*Prosopis juliflora* (Sw.) DC	Mimosaceae			Cu			Hv	Mi	Bo,Ou, Bf,Cb	Go, Ta
Abu	Z2	A	*Moringa oleifera* Lam.	Moringaceae	14	Fe,Fl,Fr,Co(Ec), Hu(Gr)	Cu			Hv	Fe,Fl		
Abr	Z1,Z21	A	*Ziziphus mauritiana* Lam. (= Z. jujuba (L.) Lam. pp)	Rhamnaceae	20	Fr	D	jujubier	Cv (R2), Cn	Hv	Fe, Fr	Bf,Ou, Cb	
Abu	Z2,Z3	A	*Ziziphus mucronata* Willd.	Rhamnaceae	20	Fr	D	jujubier de la hyène		Hv,Bv	Fe	Ou,Bf, Cb	
Abu	Z2,Z3	A	*Citrus limon* (L.) Burm. f.	Rutaceae	11	Fr	Cu	citronnier	Cv, Cn	Hv		Ou,Bf	

Tableau 7.
Valeur multi-usages des espèces recommandables pour la jachère améliorée.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
pA	Z2, Z3	A	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	Mimosaceae	1		Cu	langue de femme		N,Mo	Fe,Fl,Mi	Bo,Bf	Or
sAbu	Z2	A	*Annona senegalensis* Pers.	Annonaceae	98	Fr, Co(Fl)	RD	annone		Mo	Fe	Ou	Fi
Abu	Z1,Z21	A	*Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir.	Capparaceae	8	Fr	RF			Mo	Fe	Bf	
sAbr	Z2, Z3	A	*Cajanus cajan* (L.) Millsp.	Fabaceae	10	Fe, Gr	Cu	pois d'Angole		N,Mo	Fe, Gr	Bf	
pA	Z1,Z2	A	*Combretum glutinosum* Perr. ex DC.	Combretaceae	43		RF			Mo	Mi, Fe	Ou,Bo, Bf,Cb	Ta
mA	Z1,Z2	A	*Faidherbia albida* (Del.) Chev. (= Acacia albida Del.)	Mimosaceae	26	Co (Fr)	D	gao		N,Mo, Hv	Mi, Fe, Fr, Pf	Ou,Bf, Cb,Bo	
Abr	Z22, Z3	A	*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.	Fabaceae			Cu			N,Mo, Hv,Bv	Fe, Mi	Ou,Bf	Or
sAbr	Z1,Z21	A	*Guiera senegalensis* J.F. Gmel.	Combretaceae	54		RF			Mo	Mi,Fe, Fr		Ta
pA, Abu	Z2,Z3	A	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit	Mimosaceae		Fl, Fr, Gr	Cu	leucéna		N,Mo, Cs,Hv	Fe,Fl	Bf,Cb	
Abu	Z2	A	*Moringa oleifera* Lam.	Moringaceae	14	Fe,Fl,Fr, Co(Ec),Hu(Gr)	Cu			Hv	Fe,Fl		
pA, Abr	Z21	A	*Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst.	Caesalpiniaceae	32	Fr, Co(Gr)	RF			N,Mo	Fe,Fr	Bf, Cb,Ou	Ri,Ta
pA	Z2, Z3	A	*Senna siamea* (Lam.) Irwin et Barneby (= *Cassia siamea* Lam.)	Caesalpiniaceae	10		Cu	casse du siam		Mo,Pa, Cs,Bv		Bo,Bf, Cb	Or
pA	Z1, Z21	A	*Senna singueana* (Del.) Lock (= *Cassia singueana* Del.)	Caesalpiniaceae	1		D			N,Mo	Fe	Bf,Cb	Ri,Ta
Th	Z2		*Tephrosia bracteolata*	Fabaceae						N,Mo			

Tableau 8.
Valeur multi-usages des espèces recommandables pour les banques fourragères.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
mA	Z2	A	*Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	38			bouleau d'Afrique			Fe	Bo, Ou, Bf, Cb	Go, Ta
pA	Z1	A	*Balanites aegyptiaca* (L.) Del.	Balanitaceae	37	Fr, Fe	D	dattier du désert	Cv (R2)	Cs, Pa	Fe, Fr	Bf, Ou	He, Ta
Abu	Z1,Z21	A	*Bauhinia rufescens* Lam.	Caesalpiniaceae	18	Fr	D			Hv	Fe,Fr,Pf	Bo	Fi, Ta
sAbr	Z2,Z3	A	*Cajanus cajan* (L.) Millsp.	Fabaceae	10	Fe, Gr	Cu	pois d'Angole		N,Mo	Fe, Gr	Bf	
sAbr	Z1,Z21	A	*Calotropis procera* (Ait.) Ait. f.	Asclepiadaceae	66			arbre à soie					
L	Z1,Z21	A	*Capparis tomentosa* Lam.	Capparaceae	11	Fl		câprier d'Afrique			Fe		Ri
mA	Z2	A	*Celtis integrifolia* Lam.	Ulmaceae	Mé	Lé, Fr	RD				Fe	Ou, Bf	
sAbr, L	Z1,Z21	A	*Combretum aculeatum* Vent.	Combretaceae	6						Fe, Mi		Fi
Abr	Z1	A	*Combretum micranthum* G. Don	Combretaceae	46		RD	kinkéliba	Ci, Cn		Fe, Mi	Ou, Bf	Fi
pA, sAbu	Z22,Z3	A	*Ficus exasperata* Vahl	Moraceae	16							Bf, Cb	
Abu	Z1,Z21	A	*Grewia bicolor* Juss.	Tiliaceae	6	Fe, Fr					Fe		Fi
pA	Z1,Z21	A	*Maerua crassifolia* Forssk.	Capparaceae		Fe, Fr	RF				Fe, Fl	Ou	
pA	Z22,Z3	A	*Pterocarpus erinaceus* Poir.	Fabaceae	43			palissandre du Sénégal			Fe	Bo, Ou, Bf, Cb	Ta
Abu	Z21	A	*Pterocarpus lucens* Lepr.	Fabaceae	1	Co (Fl)	RD				Fe	Ou, Bf	Ta
Abu	Z2	A	*Securidaca longipedunculata* Fres.	Polygalaceae	96	Co (Fl)	RD				Fe	Bf, Cb	Fi, Ta
pA	Z21	A	*Vitex doniana* Sweet	Verbenaceae	40	Fr, Fe	RF		Cv (R2)			Bo, Ou, Bf	Ta

Tableau 9.
Valeur multi-usages des espèces typiques pour les parcs agroforestiers.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
mA	Z21	A	*Adansonia digitata* L.	Bombacaceae	35	Fr (4-6), Gr, Fe	D	baobab	Cv (R3)		Fr	Ou	Ta,Fi,Ri
pA	Z2	A	*Cordyla pinnata* (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redhead	Caesalpiniaceae	16	Fr, Gr	F	poirier du Cayor		Mo	Fe, Fr,Pf	Bo,Ou	
gA	Z22	A	*Detarium senegalense* J.F. Gmel.	Caesalpiniaceae	11	Fr (11-5)	D		Cv (R4)	Mo	Fe, Fr	Bo, Ou	
mA	Z1,Z2	A	*Faidherbia albida* (Del.) Chev. (= *Acacia albida* Del.)	Mimosaceae	26	Co (Fr)	D	gao		N,Mo, Hv,Cs	Mi, Fe, Fr, Pf	Ou,Bf, Cb,Bo	
gA	Z3		*Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Irvingiaceae	2	Fr	RD	chocolatier du Gabon	Cv (R1)	Mo,Pa		Bo,Bf	
mA	Z22	A	*Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don f.	Mimosaceae	80	Fr (4-7)	F	néré	Cv, Cn	Mo, N,Cs	Mi	Ou, Bf	Ta
pA	Z2,Z3	A	*Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub.	Mimosaceae	25	Co (Gr)	F			Mo,N	Fe, Fr,Mi	Bo,Ou, Cb	Ta
gA	Z3		*Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	2	Fr	RF		Cv (R1)	Mo		Bo,Bf	
pA	Z2	A	*Vitellaria paradoxa* Gaertn. f. (= *Butyrospermum parkii* (G.Don) Kotschy)	Sapotaceae	Me	Gr, Fr	F	karité, arbre à beurre	Cv (R3), Cn, Ci	Cs	Mi, Fe, Fr	Ou, Bf, Cb	Ta
Abr	Z1,Z21	A	*Ziziphus mauritiana* Lam. (= Z. jujuba (L.) Lam. pp)	Rhamnaceae	20	Fr	D	jujubier	Cv (R2), Cn	Hv,Cs	Fe, Fr	Bf, Ou,Cb	

Tableau 10.
Espèces à usages multiples recommandées pour la domestication (RD en colonne 8) pour leurs propriétés médicinales et alimentaires.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
sAbu	Z2	A	*Annona senegalensis* Pers.	Annonaceae	98	Fr, Co(Fl)	RD	annone			Fe	Ou	Fi
sAbr	Z2, Z3		*Senna alata* (L.)Roxb. (Syn : Cassia alata L.)	Caesalpiniaceae	46		RD	dartrier	Cv				mycose
Th	Z2		*Cassia italica* (Mill.) Lam. ex F.W. Andr.	Caesalpiniaceae	8		RD	sené					laxatif
mA	Z2	A	*Celtis integrifolia* Lam.	Ulmaceae	Mé	Lé, Fr	RD				Fe	Ou, Bf	
Abr	Z1	A	*Combretum micranthum* G. Don	Combretaceae	46		RD	kinkéliba	Ci, Cn		Fe, Mi	Ou, Bf	Fi
pA	Z21	A	*Crataeva adansonii* DC. (= C. religiosa Forst. f.)	Capparaceae		Fr, Gr, Fe	RD			Hv		Ou	Ta
pA	Z2	A	*Detarium microcarpum* Guill. & Perr.	Caesalpiniaceae	30	Fr, Lé	RD		Cv		Fe, Fr	Ou, Bf	Ri
Abu	Z22	A	*Entada africana* Guill. & Perr.	Mimosaceae	37		RD				Fe, Mi	Bf, Cb	
sAbr	Z2	A	*Flueggea virosa* (Roxb. ex Willd.) Voigt (=*Securinega virosa*)	Euphorbiaceae	Med		RD			Hv	Fe	Ou	Ta, Or
Abu	Z22	A	*Hexalobus monopetalus* (A. Rich.) Engl. & Diels	Annonaceae	9	Fr	RD				Fe	Ou, Bf	Fi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TB	**Zone**	**Arb**	**Espèce**	**Famille**	**Méd**	**Ali**	**Dom**	**Nom français**	**Comm**	**Agri**	**Fourr**	**Bois**	**Divers**
mA	Z22	A	*Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause	Anacardiaceae	7	Fr	RD	raisinier	Cv		Fe	Bo, Bf	Ta, Fi
pA	Z22	A	*Sarcocephalus latifolius* (Sm.) Bruce (=Nauclea latifolia Sm.)	Rubiaceae	81	Fr	RD		Cn			Bf, Cb	Ta
Abu	Z21	A	*Pterocarpus lucens* Lepr.	Fabaceae	1	Co (Fl)	RD					Ou, Bf	Ta
mA	Z21	A	*Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst.	Anacardiaceae	37	Fr, Gr, Hu	RD				Fe	Ou	Fi, Ta
Abu	Z2	A	*Securidaca longipedunculata* Fres.	Polygalaceae	96	Co (Fl)	RD					Bf, Cb	Fi, Ta
L	Z1	A	*Tinospora bakis* (A. Rich.) Miers	Menispermaceae	13		RD						paludi.
sAbr	Z21	A	*Vepris heterophylla* (Engl.)Letouzey	Rutaceae	Med		RD	kinkéliba de Kita					rare fébrifuge
pA	Z22	A	*Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Watermann (=*Fagara zanthoxyloides* Lam.)	Rutaceae	Med	Co	RD		Cv	Hv		Bo, Bf	Ri, Drépano

Jachères et production fourragère

Ch. Floret
Ex-directeur de recherche à l'IRD.
Ex-coordinateur régional du programme « Jachère ».
Adresse : BP 70. Saly Sénégal.
Tel/fax : 221 339574972. Portable : 221 7764609l0

Ce chapitre s'appuie sur des extraits des synthèses réalisées par le projet : *La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances*, Ch. Floret et R. Pontanier (eds), John Libbey, 2001. Il reprend en particulier une partie de la synthèse « Les jachères fourragères naturelles et améliorées en Afrique de l'Ouest » (Achard *et al,* 2001), mais aussi des extraits de « Jachères et systèmes agraires en Afrique subsaharienne » (Jouve, 2001), « Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest » (Serpantié et Ouattara, 2001), « Végétation des jachères et succession post-culturales en Afrique tropicale » (Fournier *et al.,* 2001), « Systèmes de culture permanente à jachère de courte durée en zone tropicale » (Billaz *et al.,* 2001).

Introduction

Ce chapitre traite de la fonction fourragère des jachères naturelles et artificielles. Pâturées toute l'année, et surtout en saison des pluies où le bétail n'a pas accès aux champs, elles supportent souvent une charge élevée. Herbacées et ligneux contribuent au régime des animaux. Le mode de pâturage peut entraîner l'évolution de la végétation des jachères dans des directions diverses, envahissement par des espèces non appétées, embroussaillement. Ce chapitre donne d'abord les caractéristiques

floristiques et les productions végétales des jachères selon le climat. La dynamique saisonnière de la production herbacée en fonction du type de pâturage est abordée. L'apport de la végétation ligneuse au pâturage est discuté. Les jachères naturelles jouent encore un rôle important dans les systèmes de production culture-élevage.

À cette évolution des rapports entre agriculteurs et éleveurs, on peut en faire correspondre une autre qui concerne les modes d'alimentation des troupeaux bovins et le rôle qu'y joue la jachère. Dans les premiers stades agraires, l'alimentation des troupeaux des éleveurs est essentiellement assurée par la transhumance. Ensuite, lorsque l'association agriculture-élevage se renforce, les sous-produits de culture, les jachères et les parcours périphériques aux zones cultivées assurent une grande partie des besoins des troupeaux. Avec l'accentuation de la pression foncière et la sédentarisation du bétail bovin, la compétition pour les ressources s'accroît, c'est alors que la jachère fourragère devient stratégique et que l'on voit apparaître des pratiques de récolte d'herbe dans les jachères, ou même d'enrichissement de ces jachères par des plantes fourragères.

Après un paragraphe sur l'intégration agriculture-élevage, des expériences de restauration des capacités de production fourragère des jachères, y compris par sursemis d'espèces fourragères, sont analysées.

Des jachères de très courtes durées sont parfois installées dans le cadre des systèmes de culture permanente à fortes contraintes foncières. Il s'agit de jachères de l'ordre de 1 à 2 ans dont les fonctions principales sont le maintien d'un certain niveau de fertilité, la lutte contre les adventices et la protection contre l'érosion, en maintenant une couverture végétale permanente vivante ou morte. La durée de ces jachères améliorées par plantes de couverture peut être réduite à une seule saison sèche, la culture suivante étant reprise par semis-direct dans le mulch ainsi constitué.

Fonctions fourragères des jachères naturelles

Composition floristique. Végétation et pâturage

La composition de la strate herbacée et ligneuse des jachères varie suivant le gradient climatique, du Sahel à la zone soudano-guinéenne, mais aussi selon le substrat édaphique, les pratiques culturales antérieures et l'âge de la jachère (Tabl. 1)

Un premier stade marqué par le développement des adventices

Au cours des deux premières années les dicotylédones sont en général abondantes. Les espèces dominantes le plus souvent rencontrées sont : *Mitracarpus villosus, Zornia glochidiata, Leucas martinicensis, Corchorus tridens, Commelina spp. Jacquemontia tamnifolia, Phyllantus pentandrus, Cleome viscosa, Hyptis* spp… Les graminées sont souvent représentées par des espèces de petite taille, peu

productives, comme *Dactyloctenium aegyptium, Brachiaria brizantha, Digitaria horizontalis, Setaria pallidefusca, Schizachirium exile, Rhynchelitrum repens*, mais parfois par des espèces plus agressives comme *Eragrostis tremula, Cenchrus biflorus, Pennisetum pedicellatum* qui peuvent fournir une biomasse importante.

Un second stade qui varie avec l'utilisation de la jachère

Si la pâture de saison des pluies n'est pas trop intense les graminées annuelles à cycle moyen ou long, et production assez élevée à élevée, s'installent entre la troisième et la huitième année de la jachère. En zone sahélienne il s'agit de *Schoenefeldia gracilis, Cenchrus biflorus, Aristida mutabilis*, en zone sahélo-soudanienne de *Ctenium elegans, Loudetia togoensis, Diheteropogon hagerupii, Pennisetum pedicellatum*, en zone nord-soudanienne à soudano-guinéenne de *Loudetia togoensis*, *Andropogon pseudapricus*, et de divers *Pennisetum*. Quand la pauvreté ou l'épuisement des sols ne sont pas trop élevés, cette évolution est accompagnée par endroits d'un développement d'herbacées vivaces, en particulier d'*Andropogon gayanus* si des semenciers ont été conservés en bordure des champs. Dans la zone soudano-guinéenne cela peut aussi être Hyparrhenia dissoluta qui remplace *Androgopon gayanus* sur les sols sableux, *Imperata cylindrica* qui se répand sur des sols peu fertiles ou lorsqu'ont été pratiqués des défrichements mécanique, et *Pennisetum purpureum* sur des sols plus humides ou plus fertiles.

Par contre, lorsque la pâture de saison des pluies est intense, la végétation herbacée peut évoluer dans deux directions, il peut y avoir :

– blocage de la succession végétale aux stades jeunes avec une végétation à base d'espèces de petite taille, peu productives qu'elles soient bonnes fourragères comme *Zornia glochidiata*, *Brachiaria xantholeuca, Spermacoce radiata* ou S. *stachydea*, ou peu appétées par le bétail comme *Mitracarpus villosus* ;

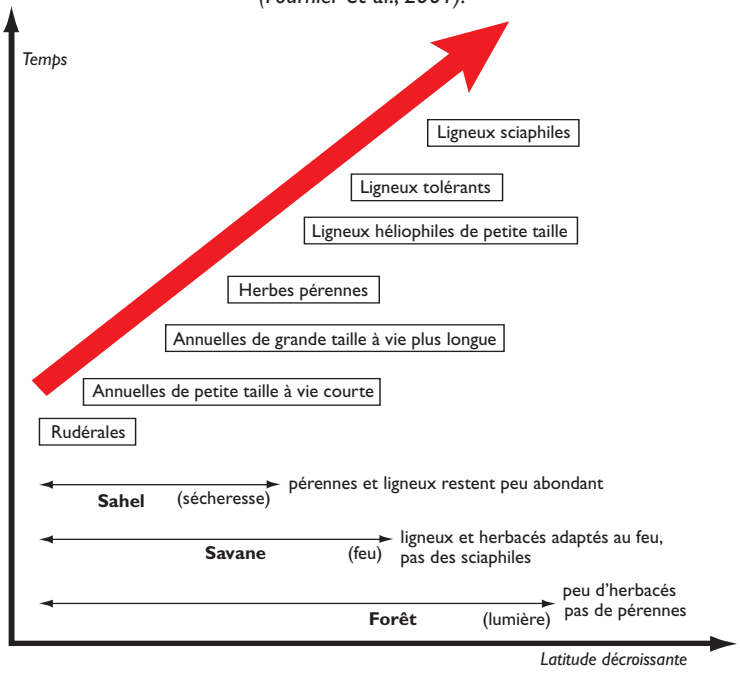
– et/ou envahissement par des espèces de plus grande taille, plus productives, peu ou pas appétées, qui contribuent à plus de la moitié de la masse végétale. Les plus fréquentes sont *Sida cordifolia, Waltheria indica, Cassia mimosoides, C. obtusifolia, Hyptis suaveolens, Sporobolus pyramidalis.*

La jachère naturelle à graminées pérennes est donc précédée d'un stade à graminées annuelles ; la durée de ce dernier dépend de la durée de culture précédente et d'autres facteurs (Serpantié *et al*., (1999) ; ce stade dure environ cinq ans lorsque les cultures sont maintenues environ cinq à dix ans. Dans les situations à cultures très courtes, le stade à graminées pérennes débute immédiatement. Dans les paysages à forte intensité culturale, le stade à A. *gayanus* peut disparaître, suite à la raréfaction des semenciers, appauvrissement du sol, sécheresse édaphique et à d'autres facteurs, même après dix ans de jachère (Fournier et Nignan, 1997 ; Serpantié *et al*., 1999). Les jachères naturelles à graminées pérennes existent donc surtout dans des systèmes à courte rotation et à faible intensité culturale.

La succession des formes végétales dans le temps au cours de la succession post-culturale, selon le climat, apparaît sur la figure 1.

Dans les jachères de moins de six ans de Bondoukuy au Burkina Faso, un lien a été mis en évidence entre la pression de pâturage évaluée en classes d'intensité et la composition floristique de la végétation (Hien, 1996). *Certains groupements*

Figure 1.
Succession des formes végétales dans le temps au cours de succession postculturale sur le gradient éco-climatique ouest-africain.
Entre parenthèses : facteur le plus contraignant de la zone éco-climatique (Fournier et al., *2001).*



floristiques, dominés par des espèces peu appétées, comme Sida ovata, Triumfetta rhomboidea, Tephrosia pedicellata et *Zornia glochidiata, caractérisent les sites très pâturés, proches des cases*. Au Sénégal, la liaison statistique de certaines espèces avec différents niveaux de pression de pâturage a également été observée, en milieu réel cette fois (Koita, 1998). *Les espèces liées au pâturage les plus intenses sont aussi celles des premiers stades de l'abandon cultural*.

L'hypothèse d'un effet croisé de la mise en culture et du pâturage dans la mise en place de certains faciès de surpâturage peut néanmoins être proposée, car certaines des espèces dominantes font partie du cortège floristique postcultural. Il semble que la fréquentation des troupeaux favorise leur développement, soit parce qu'elles sont refusées (*Cymbopogon schoenanthus*) soit, à l'opposé, parce qu'elles sont très consommées (au moins à certaines périodes de l'année) et largement disséminées par les bovins (*Spermacoce stachydea*, *Piliostigma thonningii*, *Gardenia erubescens*, *Sida acuta*, *Guiera senegalensis*).

L'EMBROUSSAILLEMENT

Dans le terroir de Gazad au Cameroun, la densité de ligneux est faible dans les zones de forte pression pastorale mais élevée dans les zones de faible pression. Donfack

(1998) conclue qu'en zone soudanienne d'Afrique de l'Ouest, le surpâturage ne conduit pas à l'augmentation du couvert ligneux aux dépens de la strate herbacée. Ce n'est pourtant pas l'idée la plus généralement admise (Toutain, 1979 ; César, 1992). En savane de Côte-d'Ivoire, César (1992) montre au contraire comment les milieux pâturés voient leur peuplement ligneux se densifier.

Les risques d'embroussaillement se limitent aux jachères de la zone soudano-guinéenne et des sols les plus fertiles de la zone soudanienne. Ils sont évoqués par César (1992) qui note que dans les zones soudaniennes le pâturage se dégrade de

Tableau 1.
Espèces herbacées caractéristiques des jachères et espèces ligneuses associées, par zone climatique (G = graminées, L = légumineuses, A = autres espèces), les taxons herbacés en italique sont pérennes (Achard et al.*, 2001).*

Zone climatique Pluviosité*		Espèces herbacées	Espèces ligneuses	Références	
Sahélienne 300 à 500 mm	G	*Eragrostis tremula, Chloris prieurii Cenchrus biflorus, Aristida mutabilis, Dactyloctenium aegyptiacum*	*Acacia* spp., *Calotropis procera, Guiera senegalensis Leptadenia pyrotechnica Balanites aegyptiaca Faidherbia albida*	Colin de Verdière, 1995 Gent van et Moussa, 1995 De Miranda, 1980 Grouzis, 1988	Niger " " Burkina Faso
	L	*Zornia glochidiata*			
	A	*Mitracarpus scaber Sesamum alatum Tribulus terrestris*			
Sahélo soudanienne à Soudano-sahélienne 500 à 700 mm	G	*Eragrostis tremula, Brachiaria xantholeuca Loudetia togoensis, Diheteropogon hagerupii Pennisetum pedicellatum, Ctenium elegans Schizachyrium exile, A. sieberiana*	*Guiera senegalensis Combretum glutinosum C. micranthum Annona senegalensis Faidherbia albida*	D'Herbès et Valentin, 1997 Malam Abou, 1998 Hiernaux, 1999 Renard *et al.,* 1993 Achard et Abou, 1996 Manzo, 1996 Cissé *et al.*, 1993 Diatta et Faye, 1996	Niger " " " " Mali Sénégal
	L	*Zornia glochidiata Cassia mimosoides C. tora*			
	A	*Mitracarpus scaber, Spermacoce radiata et stachydea Sida cordifolia Waltheria indica Phyllanthus pentandrus*			

Zone climatique Pluviosité*		Espèces herbacées	Espèces ligneuses	Références
Nord-soudanienne 700 à 800 mm	G	*Eragrostis tremula, Brachiaria, stigmatisata Schoenefeldia gracilis, Diheteropogon hagerupii, Andropogon pseudapricus, Loudetia togoensis, Pennisetum pedicellatum*	*Combretum micranthum Guiera senegalensis Piliostigma sp. Parkia biglobosa Vitellaria paradoxa Faidherbia albida*	Donfack, 1993 Cameroun Yossi, Dembélé, 1993 Mali Kodio, 1985 " Karembé *et al.*, 1998 " Achard, 1993 Burkina Faso Zoungrana, 1993 "
	L	*Zornia glochidiata Tephrosia* sp. *Indigofera* sp		
	A	*Mitracarpus scaber Spermacoce stachydea Cleome viscosa*		
Soudanienne 800 à 1 100 mm	G	*Eragrostis tremula, Dactyloctenium aegyptium, Andropogon pseudapricus, Loudetia togoensis, Pennisetum pedicellatum, Ctenium elegans, Andropogon gayanus, A. ascinodis*	*Terminalia avicennoides Parkia biglobosa Vitellaria paradoxa Faidherbia albida Guiera senegalensis Annona senegalensis Dichrostachys cin. Securinega virosa*	Fournier, 1994 Burkina Faso Chevalier, 1994 " Devineau *et al.*, 1997 " Diallo, 1997 " Diarra *et al.* 1993 Mali Diop, 1993 Sénégal Akpo *et al.* (à paraître) "
	L	*Zornia glochidiata Cassia mimosoides Tephrosia* sp.		
	A	*Mitracarpus scaber Spermacoce stachydea et radiata*		
Soudano-guinéenne 1 100 à 1 400 mm	G	*Eragrostis tremula Pennisetum* spp. *Digitaria longiflora Cymbopogon schoenantus, Andropogon gayanus Schizachyrium sanguineum, Hyparrhenia dissoluta, Imperata cylindrica*	*Daniella olivieri Parkia biglobosa Vitellaria paradoxa Faidherbia albida Guiera senegalensis Dichrostachys cin. Nauclea latifolia*	Mitja, 1990 Côte d'Ivoire César et Zoumana, 1993 " Blanfort, 1991 Sénégal Diop, 1993 "
	L	*Zornia glochidiata Tephrosia* spp		
	A	*Mitracarpus scaber, Spermacoce verticillata*		

* d'après Aubréville (1949).

deux façons : par embroussaillement et par épuisement de la strate graminéenne trop exploitée. Cette lutte est menée par la méthode classique des feux de brousse, allumés en fin de saison sèche après une année de mise en défens. Par ailleurs, il semble que le mode d'exploitation pastoral des jachères puisse aussi être adapté pour lutter contre l'embroussaillement. Louppe *et al*. (à paraître) observent en effet que, si la pâture par les bovins favorise le développement des ligneux, la pâture par un troupeau mixte de bovins, d'ovins et de caprins permet de limiter ce développement et de maintenir l'équilibre entre herbacées et ligneux.

L'émondage des ligneux fourragers est largement pratiqué pour compléter l'alimentation du bétail en saison sèche. L'émondage pastoral conduit à la régression ou à la disparition des bonnes espèces fourragères : *Khaya senegalensis, Pterocarpus erinaceus, Afzelia africana, Prosopis africana, Swartzia madagascariensis*.

Production - Production fourragère - Valeur pastorale

La production primaire

La production primaire, facteur limitant de la production totale de l'écosystème, peut servir à mesurer la fertilité dans les écosystèmes peu anthropisés. Lorsqu'aucune autre condition de croissance n'est limitante, c'est le climat (durée de la saison de croissance et paramètres thermo-radiatifs) qui commande la productivité d'un couvert végétal ; ainsi un modèle de production (Wofost de l'U. Wageningen) simulé pour le climat soudanien de Bobo Dioulasso (pluie annuelle moyenne : 900 mm pendant la période sèche de 1970 à 1990) calcule une production potentielle épigée de trente tonnes de matière sèche par hectare et par an, pour des peuplements de plantes à métabolisme « en C4 », bien adaptées à ce climat. *Ce potentiel sans doute maximum a été localement vérifié par une production de vingt-huit tonnes de matière sèche par hectare*, observée en 1995 à Bondoukuy sur un peuplement semé de *Andropogon gayanus* de deux ans, sur un sol limono-sableux fertilisé antérieurement (Serpantié *et al*., 1999).

La phytomasse maximale des savanes, qui permet d'approcher la productivité primaire nette épigée, en la sous-estimant cependant de vingt pour cent en moyenne (Fournier, 1994), est comparativement faible. *Les peuplements de A. gayanus produisent une phytomasse maximale de trois tonnes de matière sèche par hectare et par an* en sols ferrugineux sableux (Fournier, 1994) et dix tonnes de matière sèche par hectare et par an en sols ferrugineux limono-sableux hydromorphes (Serpantié *et al*. 1999). Les conditions nutritives et hydriques, ainsi que les caractères de peuplement (densités…), sont donc fortement limitants mais variables suivant les milieux ; en revanche, ces productions médiocres eu égard au potentiel climatique sont systématiquement supérieures aux productions de peuplements de graminées annuelles.

La production herbacée

Au Sahel, la phytomasse herbacée (matière vivante + matière morte) mesurée en fin de cycle végétatif, à l'époque de l'épiaison des graminées ou de la floraison des dicotylédones, est une assez bonne estimation de la partie aérienne de la production

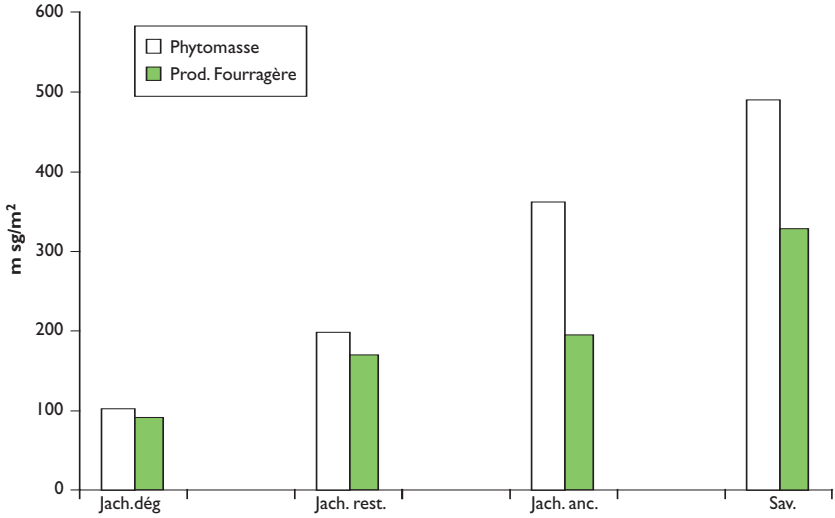
végétale herbacée à cause de la brièveté de la saison de croissance, le niveau modeste de la phytomasse, son faible taux de décomposition organique, et l'absence de translocation vers les racines (Bille, 1977).

En zone soudanienne et soudano-guinéenne, la phytomasse maximale n'est pas toujours une bonne approximation de la production herbacée. D'une part parce que les pertes par décomposition au cours de la saison des pluies sont d'autant plus élevées que la matière végétale morte est plus abondante et que le climat est plus humide (Fournier, 1994), et d'autre part, parce que les maxima de phytomasse des espèces à cycle court, moyen et long, se succèdent au cours de la saison des pluies et ne coincident donc pas avec la mesure faite en fin de saison. Ainsi Fournier (1994) observe, à Bondoukuy, que *la phytomasse maximale ne représente en moyenne que 76 % de la production herbacée annuelle*.

Du nord au sud du transect l'accroissement de *la production herbacée* des jachères est à peu près proportionnel à l'augmentation de la pluviosité. La production herbacée *croît dans un rapport de 1 à 4,5 environ du Sahel à la zone soudano-guinéenne*. Les phytomasses enregistrées en années de pluviosité proche de la moyenne, sur des parcelles mises en défens en début de saison des pluies, fluctuent entre *700 et 2 300 kg ms.ha^{-1} au Sahel à 1 000 à 5 000 kg ms.ha^{-1} dans les zones soudaniennes et soudano-guinéennes*. Notons que les phytomasses mesurées sur des jachères peu dégradées ou en voie de restauration avec une végétation à base de graminées vivaces : *Andropogon gayanus* ou *A. ascinodis*, peuvent être proches de celles des jachères dégradées à annuelles. Banoin et Achard (1997) en zone soudano-sahélienne, Fournier (1994) en zone soudanienne, César (1992) en zone soudano-guinéenne annoncent respectivement des valeurs de 2800, 3800 et 4 000 kg ms.ha^{-1} pour des jachères à *Andropogon gayanus* de 6 à 10 ans et d'environ 4 000 kg ms.ha^{-1} pour de très vieilles jachères à *A. ascinodis*, alors que les valeurs mesurées sur des jachères à *Loudetia togoensis* et *Zornia glochidiata*, ou *Spermacoce radiata* et *Cassia mimosoides* se situent entre 3300 et 3700 kg ms.ha^{-1}. Au niveau de la station, la phytomasse maximale peut varier dans un rapport de 1 à 1,5 ou 2,5 selon les années (César, 1992 ; Achard, 1993 ; Inhaler, 1998 ; Fournier, 1994. Les variations sont d'autant plus faibles que la pluviosité moyenne est plus élevée. Pour les zones nord-soudaniennes et soudano-guinéennes César (op. cit.) et Achard (op. cit.) montrent que *l'élément déterminant dans la variation interannuelle de la phytomasse est plus la distribution des pluies, que la pluviosité annuelle*.

En zone soudano-sahélienne Hiernaux et Fernández-Rivera (1995), au centre sahélien de l'ICRISAT observent que les rendements des jachères intensément pâturées sont inférieurs de 20 à 30 % à ceux enregistrés sur jachères avec charge modérée ou en défens ; Banoin et Achard (1997) enregistrent en 1997 des phytomasses maximales de 1 250 kg ms.ha^{-1} dans des jachères très dégradées à *Zornia glochidiata*, âgées de 6 à 15 ans, alors qu'elles atteignent 2 500 kg ms.ha^{-1} dans celles à *Loudetia togoensis* et *Zornia glochidiata* situées sur les mêmes sols, et qui subissent une intensité de pâture moindre. À l'opposé, en zone soudano-guinéenne, César (1992) mesure, en 1989, des phytomasses maximales variant respectivement dans un rapport de 1 à 3,5 sur une jachère dégradée, une jachère en cours de restauration, une jachère ancienne non dégradée et une savane reconstituée (fig. 2).

Figure 2.
Phytomasse en fin de cycle et production fourragère annuelle cumulée des repousses après coupe dans 4 formations : jachère dégradée, restaurée, ancienne et savane reconstituée, de la région de Korhogo (César et Zoumana, 1993).



Quand le surpâturage aboutit au développement de plantes envahissantes telles que *Sida cordifolia* ou *Cassia mimosoides*, on peut observer des phytomasses bien supérieures à celles couramment enregistrées dans les formations peu perturbées. Ouattara *et al*. (1999) en zone sahélo-soudanienne ont mesuré une phytomasse de 7 460 ± 1 490 kg ms.ha^{-1} sur une jeune jachère à *Sida cordifolia* d'une dizaine d'hectares, c'est-à-dire 3 fois plus que les phytomasses maximales enregistrées sur des jachères à *Andropogon gayanus*.

En zone soudanienne, le développement des ligneux dans les jachères s'accompagne d'une diminution de la production herbacée (César, 1992). Dans les jachères soumises à une intensité de pâture faible ou moyenne le développement des ligneux est assez lent (ne serait-ce que du fait du passage annuel du feux) et cette strate ne concurrence la production herbacée qu'après 10 à 20 ans de mise en jachère. En revanche dans les jachères surpâturées en saison des pluies, faute de combustible, les feux ne passent pas et que le surpâturage conduit à l'embroussaillement.

La production fourragère

Production fourragère des herbacées

La production fourragère est la fraction de la production qui est consommable par le bétail. Pour les herbacées, elle dépend de la production primaire, de l'appétibilité des espèces, et de l'intensité de l'exploitation du pâturage en saison des pluies. Les fourrages effectivement consommés par le bétail ne constituent qu'une fraction de la production fourragère. Cela est lié à la sélection qu'opère le bétail, à la dégradation

de la litière par le piétinement, à la concurrence des autres herbivores (insectes), et finalement surtout aux feux qui consument une large part de la production herbacée des jachères soudaniennes et soudano-guinéennes.

En zones sahélienne et soudano-sahélienne :

– Hiernaux et al. (1998), à Banizoumbou, sur des jachères à *Zornia glochidiata*, *Ctenium elegans*, *Aristida pallida* et *Mitracarpus villosus*, observent que les espèces non consommables représentent 53 à 61 % de la phytomasse. La partie de la production herbacée réellement consommée ne dépasse pas 11 à 19 %. Le taux d'utilisation de la production fourragère se situe entre 23 et 40 %. La phytomasse résiduelle en fin de saison sèche varie de 255 à 335 kg ms.ha-1 ;

– Achard et Banoin, à Ticko, sur des jachères à *Zornia glochidiata* et *Zornia glochidiata-Loudetia togoensis*, estiment que la production fourragère représente environ 90 % de la production herbacée. Ces fourrages sont principalement consommés au cours de la saison des pluies, et il ne reste même plus de litière sur les jachères au-delà du mois d'avril. Le taux d'utilisation de la production fourragère se situe entre 40 et 50 %.

Le taux d'utilisation est influencé par la saison d'exploitation. Lorsque la pâture intervient au cours de la saison de croissance, la production est modifiée par le calendrier, la fréquence et l'intensité des prélèvements par les animaux. Des essais de fauche unique ou répétée, dans le cadre du projet, ont permis d'évaluer ces effets. En zone sahélienne du Mali, la capacité des annuelles et surtout des graminées à repousser après une coupe au cours de la croissance a été démontrée. Par contre les repousses s'épuisent très vite si les coupes sont répétées.

Les bovins ont un régime essentiellement composé de graminées ; les ovins, d'herbacées ; les caprins, à majorité de ligneux ou subligneux. Ces trois espèces ont un impact très différent sur l'évolution du pâturage qu'elles exploitent (Louppe *et al*., 2000). Le troupeau mixte, d'autant que les caprins et ovins s'attaquent aussi aux écorces, est défavorable aux ligneux en phase de régénération qui sont sévèrement abroutis. Les bovins, plus sélectifs, ne mangent que les jeunes feuilles et les rameaux et l'effet dépressif sur les ligneux est moindre. En contrepartie, ils dégradent la strate herbacée en quantité et en qualité.

La gestion durable des espaces « boisés pâturables » soudano-guinéens ne peut être qu'un compromis qui tient compte des intérêts de chacun et de ceux de la communauté. Pour l'éleveur, un troupeau mixte permet de conserver un meilleur équilibre entre ligneux et herbacées, donc un meilleur pâturage. Pour l'aménagiste forestier ou pour l'écologue, *le pâturage par les bovins favorisera la reconstitution d'une formation forestière secondaire* plus proche du « climax », source de richesses par la vente du bois.

Production fourragère des ligneux

Seule une partie de la production végétale des plantes ligneuses est potentiellement fourragère. Selon les espèces elle est constituée des feuilles, des jeunes rameaux, des fleurs et des fruits. Ces fourrages sont consommés toute l'année par les caprins, les camelins et les ovins. Ils constituent une part importante du régime alimentaire

des deux premiers groupes. Ils ne sont recherchés par les bovins qu'en période de déficit fourrager herbacé.

Peu de données sont disponibles sur la production des ligneux dans les jachères. À l'échelle régionale, elle augmente avec la pluviosité, mais localement elle varie avec la densité et la structure du peuplement ligneux, qui résultent des aménagements opérés au cours de la succession des périodes de culture et de jachère. Dans tous les cas, elle croît avec l'âge de la jachère, mais d'une façon générale, elle reste relativement faible (tabl. 2) par rapport à celle des peuplements naturels.

Tableau 2.
Production fourragère des ligneux des jachères (kg ms.ha-1) selon la zone agroécologique.

Zone agroécologique	Production fourragère	Auteurs
Sud sahélienne	350 – 440	Hiernaux *et al.*, 1998
	500	Cissé *et al.*, 1993
	130 - 650	Breman et de Ridder, 1991
Soudanienne	950	Breman et de Ridder, 1991
	500	Chevalier, 1994

Plus encore que pour les herbacées, le broutage des ligneux est sélectif. La sélection dépend de l'espèce animale, des organes végétaux et de leur état de maturité, de leur accessibilité, de la saison et du disponible fourrager offert par ailleurs. Seule une petite fraction de la production est fourragère. Dans la région de Ségou, au Mali, Cissé *et al*. (1993) ont évalué le potentiel fourrager du peuplement ligneux sur 5 jachères de 1 à 30 ans. La biomasse (feuilles et fruits) totale moyenne s'élève à 762 kg ms.ha^{-1}. La production fourragère est estimée à 374 kg ms.ha^{-1}, soit à peine 50 % de la production totale, et est constituée pour 80 % par *Guiera senegalensis.* En zone soudano-sahélienne, l'abondance des Combrétacées, peu ou pas appétées par le bétail, parmi les ligneux de la strate buissonnante qui rejette de souche, réduit la fraction fourragère de la production foliaire des ligneux dans les jachères. En zones soudaniennes et soudano-guinéennes, parmi les espèces très fréquentes dans cette strate de rejet, seuls *Securinega virosa* et *Bridelia ferruginea* sont très appétées, les autres : *Piliostigma reticulatum, P. thonningii, Annona senegalensis, Detarium microcarpum,* ne sont guère recherchées par le bétail.

Les caractéristiques des fourrages ligneux ont été longuement décrites par le document sur la « valeur alimentaire des fourrages ligneux consommés par les ruminants en Afrique centrale et de l'Ouest » réalisé par le CIRAD-E.M.V.T. (1994).

La part de la production fourragère des espèces ligneuses qui est effectivement consommée par le bétail est très petite. Breman et de Ridder (1991), Breman et Kessler (1995) estiment qu'au Sahel seulement vingt-cinq pour cent de la production de feuilles et rameaux sont effectivement consommés, et quinze pour cent en zone

soudanienne, c'est-à-dire respectivement dix à cinquante kilogrammes de matière sèche par hectare et quarante kilogrammes de matière sèche par hectare. Ces auteurs indiquent par ailleurs que les feuilles vertes encore portées par les ligneux en saison sèche — principale période de consommation par les ruminants domestiques — ne représentent que vingt-cinq pour cent de la production annuelle au Sahel ; ces quantités décroissent en allant vers le sud pour atteindre cinq pour cent en zone soudanienne. En fin de saison sèche, les quantités disponibles avoisineraient vingt kilogrammes par hectare au Sahel et soixante-dix kilogrammes par hectare en zone soudanienne, dans les milieux non touchés par le feu.

Faidherbia albida paraît être une des rares espèces ligneuses appétées arrivant à se développer dans des terroirs supportant une charge animale très élevée. Il représente un élément important des systèmes d'alimentation du bétail par sa production fourragère d'assez bonne qualité en saison sèche, et sa capacité de repousse qui permet deux émondages successifs (Depommier et Guérin, 1996).

Valeur pastorale des jachères

Fourrages herbacés

Dans l'ensemble, la valeur pastorale des jachères est faible par rapport à celle des formations à graminées vivaces, en particulier *Andropogon gayanus*, qui recouvraient une grande partie des zones étudiées jusque dans les années soixante, y compris dans la zone méridionale du Sahel. Cela est dû à leur végétation, composée d'espèces annuelles, dont la valeur fourragère en saison sèche est supérieure à celle des pérennes, mais qui, peu ou moyennement productives, laissent un stock de paille réduit, et dont l'appétibilité peut-être très limitée (cas des jachères à *Sida cordifolia, Mitracarpus villosus, Cassia spp*., etc.).

César et Zoumana (1993), ont établi une échelle de valeurs pastorales fondée sur les caractéristiques de la strate herbacée : composition floristique, appétibilité, valeur nutritive, productivité et résistance au broutage. Cette échelle comporte six classes numérotées de 5 à 0 dans l'ordre décroissant des valeurs pastorales. Les trois premières classes (5-4-3) regroupent les espèces bonnes fourragères avec, en particulier, *Andropogon gayanus* qui constitue le meilleur pâturage de jachère dans les zones soudaniennes quand cette espèce subsiste. Cependant, l'expansion des surfaces cultivées, la destruction systématique des pieds de *Andropogon gayanus* lors des défrichements et sarclages, la diminution de la durée des jachères et le surpâturage ont entraîné sa raréfaction (César et Zoumana, 1990 ; Serpantié *et al*., 1998 ; Achard *et al*., 2000). La classe 2 regroupe les espèces de productivité moyenne et dont l'appétibilité est limitée suivant les saisons avec une valeur nutritive moyenne à bonne. Les deux dernières classes (1 et 0) regroupent les espèces dont la production est très faible et (ou) l'appétibilité, médiocre à nulle. Suivant ces critères, la majeure partie des espèces des jachères de la zone sud-sahélienne à la zone soudano-guinéenne se rangent parmi ces deux dernières classes (tabl. 3).

En revanche, si l'on s'en tient uniquement à la valeur pastorale de saison sèche, il semble que la valeur pastorale des jachères soudaniennes puisse être supérieure à

Tableau 3.
Répartition des principales espèces herbacées des jachères selon leur valeur pastorale, d'après la classification de César et Zoumana (1993) adaptée à la végétation des jachères des zones sud-sahélienne à soudano-guinéenne.

Classes de valeur pastorale*		
2	**1**	**0**
Brachiaria xantholeuca	*Dactyloctenium aegyptiacum*	*Spermacoce radiata*
Zornia glochidiata	*Digitaria gayana*	*Waltheria indica*
Spermacoce stachydea	*Eragrostis tremula*	*Sida cordifolia*
Pennisetum spp.	*Diheteropogon hagerupii*	*Cassia tora*
Imperata cylindrica	*Ctenium elegans*	*Mitracarpus villosus*
	Schizachiryum exile	*Sporobolus pyramidalis*
	Loudetia togoensis	
	Andropogon pseudapricus	
	Digitaria longiflora	

*Les espèces ayant une VP élevée, correspondant aux classes 3, 4 et 5 de l'échelle de César, sont absentes ou peu représentées dans la végétation des jachères surexploitées par le bétail.

Tableau 4.
Contribution relative (%) des principaux groupes d'espèces à la biomasse de la strate herbacée des parcours naturels par zone agroécologique et par rapport à l'occupation de l'espace (parcours ou jachères). Taux moyen en matière organique digestible (MOD, $g.kg^{-1}$) et en azote (N, $g.kg^{-1}$), et rapport N/MOD du fourrage de saison sèche.

	Groupes d'espèces								
Zones	I	II	III	IV	V	VI			
	Cenchrus biflorus *A. ovalifolius*	*Zornia glochidiata*	*S. gracilis* *Panicum laetum*	*B. linariifolia* *Spermacoce* spp.	*D. hagerupii* *P. pedicellatum* *A. pseudapricus* *Loudetia togoensis*	*A. gayanus*	MOD	N	N/Mod
Sud du Sahel									
Parcours	15	12	37	18	18	0	505	10,8	0,021
Jachères	0	19	35	23	23	0	503	11,1	0,022
Soudanienne									
Parcours	0	18	8	18	37	19	421	7,5	0,018
Jachères	0	35	10	35	10	10	437	10,5	0,024

D'après Kaasschieter *et al.* (1998)

celles des formations à pérennes de la même zone (Kaasschieter *et al.*, 1998) ; ces derniers auteurs ont proposé une classification des parcours naturels des zones sud-sahéliennes et soudaniennes. Cette classification est basée sur le bilan hydrique et sur la composition floristique des formations végétales dominantes, la digestibilité

des principales espèces en saison sèche et leur taux d'azote (tabl. 4). Il ressort de cette étude qu'en saison sèche :

– *la qualité des pâturages de la zone sud-sahélienne est supérieure à celle de la zone soudanienne*, où la végétation des parcours est dominée par les graminées annuelles à cycle long et par *Andropogon gayanus* ; celle des jachères, par des dicotylédones ;

– il y a peu de différence de valeur nutritive entre les fourrages des parcours et ceux des jachères de la zone sud-sahélienne, alors qu'en zone soudanienne les fourrages des parcours sont un peu moins nutritifs que ceux des jachères qui, il est vrai, poussent sur des sols très différents ;

– globalement ces fourrages ne couvrent pas les besoins d'entretien.

Fourrages ligneux

À propos de la valeur nutritive des fourrages ligneux (tabl. 5), Koné *et al.* (1989), Reed *et al*. (1993) et Breman et Kessler (1995) soulignent que les feuilles ont une teneur en matière azotée relativement élevée (12 à 13 p. cent de la matière sèche). Ces espèces constituent donc une importante source de protéines pour les ruminants en saison sèche.

Tableau 5.
Composition chimique, et digestibilité in vivo des feuilles vertes (et des gousses pour Faidherbia albida*) des principaux ligneux des jachères d'Afrique de l'Ouest.*

	Faidherbia albida Feuilles	*Faidherbia albida* Gousses	*Vitellaria paradoxa*	*Parkia biglobosa*	*Guiera senegalensis*	*Piliostigma spp.*	*Anona senegalensis*
Constituants pariétaux (p100 de MS)							
- Cellulose brute	16	29	30	25	22 - 30	26 - 29	24
- Lignocellulose (ADF de Van Soest)	20	34	37	42 - 56	35 - 48	31 - 44	35
- Lignine (ADL de van Soest)	9	9	14	25 - 33	14 - 23	12 - 21	12
Matières azotées (MA)							
- MATotales (MAT) p. cent MS	16	11	6 - 11	9 - 12	7 - 20	4 - 9	11
- MA résiduelles de l'ADF p100 MAT*	10	10	23	50	10 - 40	27 - 57	18 - 31
Dégradabilité enzymatique							
- de la matière organique (p. cent MO)	44	61	30	21 - 34	23 - 41	31 - 38	46 - 54
- des MA (p. cent de MAT)	61	73	20 - 24	12	20 - 35	19 - 48	13 - 22
Digestibilité *in vivo ou in vitro*							
- de la matière organique (p. cent MO)	15 - 30	49	35	30	10 - 15	33 - 38	16 - 24
- des MA (p. cent de MAT)		18	23			-2 - 11	

* assimilées aux matières azotées indigestibles

Place des jachères dans le calendrier fourrager

En savane soudanienne, divers milieux végétaux sont successivement utilisés comme pâturages au cours de l'année. À Bondoukuy au Burkina Faso par exemple, la pression est particulièrement forte de juin à août dans les jachères les plus jeunes, de septembre à novembre dans les plus âgées, mais localement les contraintes sociales peuvent largement modifier ce schéma.

Contrairement aux champs dont les animaux sont éloignés en saison de culture, les jachères sont ouvertes au bétail toute l'année, au moins pour le bétail de la communauté. Elles sont parcourues continuellement, dans la mesure de leur accessibilité qui tend à se réduire avec le morcellement et l'enclavement qui accompagnent l'expansion des cultures. Cependant du fait qu'une grande partie des espèces qui constituent la strate herbacée sèche et se dégrade rapidement peu après les dernières pluies, la période d'utilisation optimale des parcours sur jachères à annuelle est brève. Elle débute avec les premières pluies qui permettent le démarrage de la végétation et se termine quelques semaines après la fin des pluies, quand le stock d'eau des horizons superficiels du sol est épuisé. De novembre à février les jachères sont délaissées pour les adventices et les résidus de culture directement pâturés sur les champs, les animaux n'y reviennent qu'en milieu et fin de saison sèche. À cette époque ne subsistent que les feuilles, ou fruits, des ligneux, et les graminées à paille dure : *Ctenium elegans*, *Loudetia togoensis*, *Andropogon pseudapricus* dont une partie est consommée, faute de mieux (Achard, 1993 ; Banoin et Achard, 1998). Kiéma (1992). Fournier (1994), Hiernaux *et al*. (1998), observent que les jeunes jachères présentent un grand intérêt en début de saison des pluies car les espèces qui y croissent, graminées à cycle court et dicotylédones, ont un développement précoce par rapport à celui des graminées annuelles à cycle long, et améliorent une ration particulièrement déficitaire à cette période. Ce fourrage, de bonne valeur nutritive, est cependant modeste car la croissance des annuelles, lente en début de cycle, est encore ralentie par la pâture.

Les jachères constituent des aires de pâturage privilégiées pendant la période humide par les éleveurs de bovins dans les zones agro-pastorales de la région soudanienne. Cette bonne fréquentation des jachères est due à la structure assez basse des groupements post-culturaux comparée aux hautes formations des savanes. À ce propos, le stade précoce présente les meilleures conditions de pâturage par son faible biovolume dû à la faible hauteur des espèces dominantes de ce stade, sa richesse spécifique élevée et le bon recouvrement du sol (Sinsin, 2000). Les bovins préfèrent pâturer les prairies basses ce qui leur permet d'arracher plus facilement les touffes de feuilles qu'ils broutent. Par ailleurs, la plupart des espèces annuelles des jachères, et particulièrement les espèces du stade précoce ont des chaumes peu coriaces qui sont faiblement lignifiés contrairement à ceux des graminées pérennes. Cette morphologie des graminées de jachère à tiges tendres même au stade de maturation, justifie la préférence que l'on observe de la part des troupeaux au pâturage en ces lieux. La dominance des thérophytes dans le cortège floristique des groupements post-culturaux est un atout sur le plan pastoral. Cependant, ils sont moins résistants aux pressions de piétinement, comparativement aux espèces pérennes dont les

plateaux de tallage sont mieux ancrés dans le sol grâce à leur système racinaire touffu et plus développé (César et Coulibaly, 1993). Les espèces du stade tardif sont plus hautes et les chaumes de graminées dominantes sont relativement plus lignifiés que ceux des espèces du stade précoce.

Au contraire de la saison des pluies, les déplacements des troupeaux sont libres en saison sèche, et divers facteurs orientent la divagation spontanée des animaux. Le premier critère de choix est la quantité et la qualité du fourrage disponible. À cet égard, la primauté accordée aux cultures (mil, maïs, riz) sur les parcours naturels, s'explique par la qualité nutritionnelle des résidus de culture (pailles et adventices). En revanche la sole d'arachide est beaucoup moins fréquentée car elle offre une biomasse quatre fois inférieure à celle des céréales ; et qui est presque entièrement ramenée en concession ou commercialisée en raison de la valeur fourragère des fanes, ce qui ne laisse sur place que les adventices. La savane (jachère, parcours ou forêts) est peu exploitée au regard de sa vaste superficie. Elle représente néanmoins 40 % des fourrages utilisés durant la saison sèche. Comme le prouve la répartition temporelle des fréquentations entre début et fin de saison sèche les parcours naturels sont pleinement exploités seulement lorsque les ressources des zones précédemment cultivées sont épuisées.

Intégration agriculture-élevage

Hormis les situations de confinement dues à l'insécurité, dans le premier stade d'exploitation agricole du milieu en Afrique sub-saharienne, la conduite des cultures et celle des animaux étaient généralement dissociées. *L'entretien de la fertilité des champs pouvait être assuré par la jachère longue sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'association agriculture-élevage*. Par ailleurs, cette association, à ce stade, du fait de la divagation des animaux et des risques de dégâts sur les cultures qui en résultaient, présentait plus d'inconvénients que d'avantages. D'ailleurs, on observe qu'à ce stade, en Afrique sahélo-soudanienne, la culture et l'élevage sont souvent pratiqués par des populations différentes et sur des territoires distincts. *Mais avec le raccourcissement des jachères. L'association entre agriculture et élevage devient une pratique avantageuse* à la fois pour les agriculteurs sédentaires *(Wolof, Bambara, Mossi, Hawsa...)* et les éleveurs transhumants *(Peul* essentiellement). Pour les premiers, elle permet, par le recours à des contrats de fumure, de recycler leurs résidus de culture et de fertiliser leurs champs, pour les seconds elle leur offre des ressources fourragères durant la saison sèche après que les pâturages naturels plus septentrionaux aient été épuisés. Dans cette phase, les jachères tout en étant appropriées, sont ouvertes au pâturage collectif en période de non-culture (vaine pâture).

Dans cette évolution marquée par le raccourcissement de la jachère, sa fonction principale change : de moyen de restauration de la fertilité des sols, sa fonction devient principalement fourragère et sa gestion, de collective devient individuelle. Mais même dans ce cas, son propriétaire ne peut espérer se réserver la production fourragère de sa jachère qu'à la condition de la clôturer. Au cours de cette évolution, *on est donc passé, de la dissociation de l'agriculture et de l'élevage, des espaces cultivés et des espaces pastoraux, à un stade d'association synergique entre agri-*

culteurs sédentarisés et éleveurs transhumants. Désormais, on est entré dans une phase de compétition pour la terre et les ressources fourragères entre ces deux groupes de population, l'association entre agriculture et élevage se faisant alors à l'échelle de l'exploitation, *les agriculteurs devenant éleveurs et les éleveurs, en se sédentarisant, devenant à leur tour agriculteurs* (Adamou, 1990).

Le maintien d'un élevage domestique, en expansion en zone soudanienne, est lui-même conditionné par la disponibilité en matière organique (fourrage). Les animaux jouent un rôle essentiel dans la viabilité du système agraire : avec et grâce à la jachère, la fumure animale assure le maintien de la fertilité des terroirs. Cette pratique de la fumure, quoique pouvant prendre localement des formes particulières, revêt des modalités assez stables dans les savanes d'Afrique de l'Ouest. L'organisation concentrique des terroirs de la zone, décrite par de nombreux auteurs, est liée à cette pratique. En Haute-Casamance, au sud du Sénégal, Manlay et Ickowicz (2000) identifient plusieurs unités auréolaires de gestion de l'espace :

– les *bambés* (assimilables à l'*ager*). Cette première couronne ceinturant le village a un rôle de sécurisation alimentaire et est cultivée tous les ans en céréales. En plus d'apports variables d'ordures, ces parcelles bénéficient d'une fumure par parcage nocturne et par divagation, inégale suivant la disponibilité en animaux de la concession ;

– les *kénés*. Cette deuxième auréole plus lointaine regroupe des champs dits de brousse, dans lesquels la fumure n'est pas systématique et qui connaissent occasionnellement la jachère Les cultures sont commerciales, accessoirement vivrières ;

– les *soyndés*. Cette troisième ceinture, la plus éloignée, rassemble également des champs de brousse mais elle est rarement fumée par les animaux en saison sèche ; en revanche le recours à la jachère courte ou longue est fréquent ;

– enfin, lorsqu'elle existe encore, une zone de savane et de forêt servant de parcours pour les animaux durant l'hivernage et de réserve foncière et de bois, clôt le terroir.

Déterminants de la divagation et flux de matière organique

C'est la répartition équilibrée de l'excrétion fécale entre jour et nuit qui est à l'origine du transfert de matière organique induit par le parcage nocturne systématique sur une parcelle donnée. Cet équilibre indique cependant que les dépôts de fèces lors de la divagation sont importants pour la fertilisation des parcelles, ce qui est une condition nécessaire pour l'acceptation de la vaine pâture par les concessions possédant peu ou pas d'animaux. En effet, si comme le relève Dugué (1985) la vaine pâture se traduit par un transfert de biomasse vers les parcelles des gros propriétaires d'animaux depuis les champs des petits éleveurs, ces derniers y trouvent une façon d'accélérer la décomposition de la biomasse et le recyclage des éléments minéraux présents dans leurs champs (Landais et Guérin, 1992).

Aspects de la pratique du parcage

Une étude sur le parcage a été réalisée au Niger sur le terroir de Ticko (Achard et Banoin, 2000). Le parcage nocturne des animaux est pratiqué toute l'année. En saison sèche, il s'effectue sur les champs ; en saison des pluies, dans une jachère mitoyenne destinée à être mise en culture l'année suivante. Les parcs de nuit sont

déplacés selon un rythme régulier sur la partie du champ destinée à être fumée au cours de l'année afin de répartir les déjections.

Ces agriculteurs estiment que l'effet de la fumure se prolonge pendant cinq ans en moyenne avec les doses élevées de fumier déposé sur les champs (11 à 26 t ms.ha^{-1} pour les bovins ; 7 à 11 t ms.ha^{-1} pour les petits ruminants). Sur cette base, la surface totale habituellement fumée représenterait environ trente pour cent de la surface cultivée. Les quantités de fumier déposées par unité de surface dans les parcs sont élevées. Cependant, du fait que l'emplacement des parcs alterne pour ne revenir qu'une fois tous les six ans sur le même site, les quantités moyennes ramenées à l'échelle de l'année, sont de l'ordre de 2 500 kg ms.ha^{-1}. Elles correspondent à celles qui sont préconisées pour maintenir le niveau de MO, donc de fertilité du sol par Sédogo (1981), de Ridder et van Keulen (1990), de Rouw et al. (1998).

La question du bien-fondé de dépôts de grandes quantités de fumier peut-être posée. En effet Brouwer et Powell (1998) observent que dans les sols très sableux semblables à ceux de Ticko, il y a, pour des quantités de fumier supérieures ou égales à 10 t ms.ha^{-1}an^{-1}, un lessivage important du carbone organique, de N et P dans les couches profondes du sol (au-delà de 1,5 m), et donc une perte pour la culture du mil suivante.

Il semble possible d'augmenter l'efficacité de la fumure organique et les surfaces concernées par une meilleure gestion des quantités de fumier produites (temps de parcage plus court) et par une amélioration et (ou) une meilleure gestion de la production fourragère des champs et des jachères.

Amélioration par mise en défens

La mise en défens, une alternance interannuelle d'exploitation en saison des pluies et en saison sèche ou une exploitation modérée, en supprimant ou en diminuant l'intensité des perturbations subies par la végétation sous l'effet de la pâture, devraient améliorer la valeur pastorale et la productivité fourragère des jachères à moindre coût. Plusieurs travaux ont testé, ou ont observé, l'effet de la mise en défens sur l'évolution de la végétation des jachères.

La mise en défens seule ne permet généralement pas la restauration de la végétation ; un ou plusieurs seuils d'irréversibilité ont été franchis entre la phytocénose actuelle et la phytocénose originelle, en particulier le manque de plants semenciers et la disparition du stock de semences du sol. En outre, dans un système d'exploitation communautaire des ressources fourragères, où les parcours de saison des pluies se réduisent chaque année du fait de l'extension des cultures et où le déficit fourrager est chronique, *il est pratiquement impossible d'appliquer la mise en défens, de même que de mettre en place, à court terme, une gestion rationnelle des ressources fourragères des jachères* (Serpantié *et al*., 1998). L'allègement de la charge est souvent préférable à une mise en défens.

Jachères fourragères améliorées ou artificielles. Les soles fourragères

Le sursemis ou le semis d'espèces herbacées

Le sursemis consiste à implanter une ou plusieurs espèces dans la végétation en place d'une formation dégradée ou d'une jachère au moment de l'abandon de la culture, en vue d'améliorer la production fourragère et la valeur pastorale. Ce peut être des espèces locales, considérées comme bonnes fourragères et ayant disparu ou ayant fortement régressé avec la mise en culture ou le surpâturage de la jachère, telles que *Pennisetum pedicellatum* ou *Andropogon gayanus* (Achard *et al.*, 2000), ce peuvent être aussi des espèces fourragères sélectionnées : *Panicum maximum*, *Stylosanthes hamata cv. verano,* etc. La plupart des essais d'amélioration par sursemis dans le cadre du Projet ont porté sur des graminées avec, en particulier *Andropogon gayanus*, ou sur des légumineuses avec, entre autres, *Stylosanthes hamata*. Il faut aussi citer les essais sur le niébé fourrager, l'arachide fourragère, le dolique, etc. qui ont donné de bons résultats.

Tarawali *et al.* (1998) rendent compte d'études conduites dans les zones sub-humides du Cameroun, de la Côte d'Ivoire, du Mali et du Nigeria sur *Stylosanthes sp.* Au Nigeria, *S. hamata, S. capitata* (choisis pour leur résistance à l'anthracnose) et *Centrosoma sp.* ont été semés en dérobé dans le sorgho (avec trois à six semaines de décalage). Selon Hoefsloot *et al.* (1993), la sole fourragère permet d'améliorer l'alimentation du bétail et peut contribuer au maintien de la fertilité du sol ; avec un rendement de 4 t/ha de matière sèche, 1 hectare de *S. hamata* pourrait fournir un complément en saison sèche pour environ 5 bovins.

Andropogon gayanus (Ag)

C'est une des meilleures fourragères parmi les graminées vivaces spontanées en raison de sa haute productivité, de son excellente adaptation à la longue saison sèche, et de la valeur nutritive de ses repousses. Elle est en voie de raréfaction dans toute la zone étudiée, et sa réinstallation pourrait représenter une alternative avantageuse aux cultures fourragères conventionnelles.

La jachère installée à *Andropogon gayanus*

Dans les jachères longues suivant des cultures de durée moyenne (dix ans environ), le stade à *Andropogon gayanus* intervient après le stade à graminées annuelles, mais se confond avec le stade arbustif. En introduisant *Andropogon gayanus* dès la fin des cultures, on court-circuite le stade à annuelles peut efficient dans la mobilisation minérale et on isole le stade à pérennes du stade à ligneux ; cette introduction est particulièrement aisée à mettre en œuvre en deux temps, au moyen de la réalisation par semis de lignes semencières dans une dernière culture de type arachide (Serpantié *et al*., 1999). Une jachère à *Andropogon gayanus* même courte contribue fortement à la restructuration des terres et à la disparition de certains adventices.

Après *Andropogon gayanus*, sur sols appauvris, on constate à Bondoukuy plusieurs types de problèmes, en comparaison avec les jachères à annuelles (Savadogo, 1998) ; il y a, d'une part, la question de la défriche des touffes, lourde à mettre en œuvre ; d'autre part, en première année de reprise, les cultures exigeantes, comme le maïs et le cotonnier, ont un faible taux de croissance en raison de déficiences nutritionnelles dues à l'immobilisation d'azote et à d'autres facteurs ; c'est particulièrement le cas lorsque la défriche précède de peu la mise en place des cultures.

De nombreux essais sur les méthodes de réimplantation, sur la production d'*Andropogon gayanus* et son exploitation par le bétail, ont été mis en place ces dernières années, au Mali, au Sénégal, au Burkina Faso et au Niger.

Les essais menés par Serpantié *et al.* (1999) dans la région de Bondoukuy sont particulièrement intéressants. Ils ont porté en priorité sur la recherche de méthodes d'installation de la graminée en collaboration avec les agriculteurs. Ces auteurs ont remarqué que *Andropogon gayanus* semble s'installer plus facilement et immédiatement sur un terrain cultivé l'année précédente du moment qu'il existe des semences, et difficilement et lentement dans une jachère plus ou moins longue.

Serpantié *et al.* (*op. cit.*) ont testé trois méthodes d'installation de cette graminée sur des champs labourés :

– semis au poquet, ou à la volée, sur toute la surface où l'on veut implanter *Andropogon gayanus,* après nettoyage du terrain et labour superficiel ;

– création de bandes semencières étroites, en dernière année de culture, dans la parcelle où l'on veut implanter *Andropogon gayanus*.

Le semis à la volée, moins exigeant en temps de travail, donne de meilleurs résultats que le semis au poquet. Les doses de semences nécessaires pour obtenir en deuxième année des densités de 5 et 10 pieds par m^2 sont respectivement de 30 et 55 $kg.ha^{-1}$. Le désherbage n'a pas eu d'effet significatif sur le développement de la graminée. Les peuplements, protégés par la proximité des cultures pendant 3 mois, ont été ensuite exploités par le bétail et se sont maintenus malgré une intensité de pâture assez élevée.

Afin de réduire les temps de travaux, et les quantités de semences à récolter, ces auteurs ont ensuite mis au point une méthode d'implantation d'*Andropogon gayanus* en deux temps. La première année *Andropogon gayanus* est semé en bandes perpendiculaires au vent dominant dans un champ labouré devant être mis en jachère l'année suivante. En fin de saison des pluies les semences produites par ces bandes sont disséminées par le vent et permettent à la population d'*Andropogon gayanus* de recouvrir la parcelle l'année suivante. Il semble que l'arachide soit le meilleur précédent à l'installation d'*Andropogon gayanus*. Cette culture laisse moins d'adventices et, du fait du travail du sol à la récolte, permet un meilleur enfouissement des semences lors de la pâture des résidus.

Autres graminées

Des graminées ont été testées dans le but d'améliorer la végétation des jachères ou d'accélérer la restauration de la végétation de savane : après *Andropogon gayanus*,

des espèces telles que *Pennisetum pedicellatum, Cenchrus ciliaris, Chlonris robusta et C. gayana*, et des variétés sélectionnées de *Panicum maximum*.

Pennisetum pedicellatum

Cette graminée annuelle, assez répandue dans les jachères de la zone sahélo-soudanienne, pourrait être installée en peuplements denses dans des jachères enclavées au milieu des cultures, et donc protégées pendant la saison des pluies. Cette espèce est caractérisée par la grande quantité de semences produites, faciles à récolter et de haute capacité germinative, et par une production de fourrage assez élevée. La jachère à *Pennisetum* devrait pouvoir être pâturée à une ou deux reprises au cours de la saison des pluies avant d'être fauchée pour donner un foin de bonne qualité, en fin septembre, quand il devient possible de sécher du fourrage. Cette espèce est en effet peu consommée sur pied après la dissémination des semences. La confection de foin représente cependant des coûts en travail élevés, et vient en concurrence pour la main-d'œuvre avec la récolte des céréales.

Légumineuses fourragères

Exception faite pour les jachères surpâturées à *Zornia glochidiata,* et celles qui sont envahies par *Cassia mimosoides* ou *C.obtusifolia*, les jachères sont pauvres en légumineuses comme la plupart des formations herbacées tropicales. De nombreux travaux, anciens et récents, portent sur l'introduction de légumineuses fourragères sélectionnées dans les formations végétales surpâturées et les jachères jeunes. Cette introduction devrait permettre :

– d'obtenir une association stable entre les graminées et la légumineuse avec un travail du sol limité à une simple scarification ou sans travail du sol ;

– d'améliorer l'alimentation du bétail, déficiente en protéines pendant la saison sèche, et par voie de conséquence les productions animales (travail, lait, viande) ;

– d'améliorer la production des cultures mises en place après défrichement de la jachère par augmentation du stock d'azote du sol.

Stylosanthes spp.

La synthèse de Hoeflsoot *et al*. (1993) traite particulièrement du cas des jachères améliorées (*Stylosanthes hamata*) pâturées ; il s'agit principalement de fodder-banks ou soles fourragères semées de *Stylosanthes guianensis* (sous P = 1 400 mm) ou *Stylosanthes hamata* (sous P = 1 100 mm), destinées à intensifier l'élevage ou à pallier le dysfonctionnement des pâturages de jachères naturelles (surpâturages) ; elles sont pâturées pendant trois ans puis remises en culture de maïs avant que les graminées n'envahissent le terrain (Tarawali, 1991 ; D.R.S.P.R. Mali, 1992).

En Côte d'Ivoire, Talineau *et al.* (1976) concluent que sous exploitation intensive, la sole fourragère cultivée épuise le milieu, plus intensément qu'une culture de maïs cultivé dans les mêmes conditions ; cet épuisement est d'ordre strictement minéral et il est donc corrigé si la sole fourragère est fertilisée ; mais même dans ce cas, les arrière-effets n'atteignent pas la troisième campagne. Les légumineuses fortement fertilisées en phosphore et bases ont quant à elles laissé de larges quantités d'azote (100 $kg.ha^{-1}$ pour deux ans).

Le mode de gestion de la sole fourragère joue aussi un rôle important : lorsque le foin est coupé en vert, il n'y a pas d'impact sur le sol ni sur les graminées éventuellement associées ; en revanche, les chutes de feuilles et surtout le piétinement de la légumineuse assurent le transfert de l'azote au sol ou aux graminées associées.

Il semble que la zone de prédilection pour les légumineuses fourragères herbacées soit les zones soudaniennes et soudano-guinéennes avec une pluviosité de 800 mm à 1 500 mm et une saison de croissance de 180 à 270 jours. Un grand nombre d'espèces ont été testées dans les différentes zones climatiques d'Afrique de l'Ouest et centrale, avec des résultats divers.

L'espèce la plus répandue, et qui sert de référence dans de nombreux essais est *Stylosanthes hamata cv. verano*. D'après César (1992), Tarawali (1994) qui a beaucoup travaillé sur les légumineuses fourragères au Nigeria, César et Zoumana (1998), ont montré qu'aux environs de 800 mm de pluies elle a tendance à se comporter comme une annuelle et supporte mal la concurrence des espèces locales. Elle présente l'avantage de se resemer spontanément et d'échapper au phénomène de vieillissement qui caractérise beaucoup d'autres légumineuses. Disséminant ses semences avant les feux de brousse elle est capable de se régénérer, moyennant une courte mise en défens. Enfin elle supporte assez bien le pâturage.

Elbasha *et al.* (1998) ont réalisé une étude sur le développement actuel des légumineuses du groupe des *Stylosanthes* vulgarisées pour l'affouragement du bétail, et du *Mucuna pruriens* utilisé pour la production de graines. Ces espèces ont été introduites en Afrique de l'Ouest depuis respectivement 20 ans et 10 ans. Ils ont mis en évidence les contraintes à l'adoption de cette culture et ses possibilités d'avenir. Ils constatent que le *Mucuna*, espèce à plusieurs fins : production de graines, fourrage, élimination ou contrôle des mauvaises herbes (*Imperata cylindrica*), amélioration de la fertilité des sols, a été adopté assez facilement dans le sud-ouest du Bénin. En revanche le développement des Stylosanthes, en particulier *Stylosanthes hamata*, est relativement lent dans les zones sub-humides et semi-arides. Ces auteurs n'ont recensé, dans 15 pays de la région, que 28 000 fermiers ayant adopté cette technique et 18 000 ha semés, dont près de 8 000 ha dans les 4 pays suivants : Cameroun, Côte d'Ivoire, Mali et Nigeria.

Autres légumineuses

Au Cameroun, Olina et Dugué (2000) soulignent que seules les légumineuses à grosses graines (*Mucuna pruriens*, *Cajanus cajan*) lèvent bien après un semi-direct, en culture pure sur sol non travaillé, technique qui permet aux paysans de gagner du temps (Olina *et al*., 1998). Les espèces à petites graines (*Stylosanthes hamata*, *Calopogonium muconoïdes*, *Crotalaria ochroleuca*) nécessitent d'être semées sur un sol labouré en bande ou à plat sur toute la surface de la parcelle. Toutefois, des résultats mitigés ont été obtenus en semant *Stylosanthes hamata* à la volée sur terrain sec et sableux lorsque l'on utilise une forte dose de semence (20 kg.ha-1), ce qui est relativement onéreux. En culture associée la levée de ces légumineuses ne pose pas de problème si le semis est réalisé à bonne date et sur sol propre. Ces mesures confirment les observations qualitatives sur l'ensemble de la Province du Nord. Les meilleurs résultats sont obtenus par une implantation de la légumineuse en culture

pure et après un labour. Cette technique est coûteuse en travail mais efficace. Si un minimum d'entretien est apporté en première année, la végétation de la jachère est composée en fin de deuxième année à plus de quatre-vingts pour cent par la légumineuse. Le semis de la légumineuse dans la céréale donne d'assez bons résultats pour *Stylosanthes* car une partie des pieds résiste à la saison sèche et repousse activement au début de la deuxième saison des pluies.

L'obtention d'une bonne densité de légumineuse en fin de première ou de deuxième saison des pluies est une condition nécessaire mais pas suffisante pour assurer la pérennité de la présence de la légumineuse dans la jachère et par conséquence son efficacité. Ces jachères améliorées doivent faire l'objet d'interventions précises de la part de leur propriétaire :

– en premier lieu, le contrôle du feu par la mise en place de pare-feu autour des parcelles en jachère ;

– un passage limité du bétail dans ces parcelles qui nécessite soit un gardiennage rapproché des troupeaux ou l'enclosure des jachères améliorées qui, dans tous les cas, est coûteuse.

La fixation d'azote a été étudiée par le projet jachère sur des légumineuses fourragères des jachères (Dreyfus *et al.,* 1998) : *Tephrosia purpurea*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Alysicarpus glumaceus* ; elles ont été exploitées en cultures pures pendant deux ans après des jachères naturelles de cinq ans, en milieu peu anthropisé (Casamance), avec deux traitements : avec inoculation de souches efficientes, et sans inoculation. L'évaluation de la teneur en azote du sol montre que celle-ci peut passer du simple au triple après deux années de culture de *Alysicarpus glumaceus* ; ces résultats militent pour l'exploitation des légumineuses locales, adaptées à la microflore du sol, dans des jachères de repos ; il y aurait en tout cas profit à les comparer à des plantes de couverture de type *Mucuna* ou *Pueraria*. Les souches natives de Rhizobium du sol apparaissent autant, sinon plus, efficientes que les souches introduites ; en revanche, l'inoculation des espèces introduites, comme Lablab (dolique) permet d'obtenir, dans les associations maïs-dolique, une efficience de la fixation telle que la fertilisation azotée du maïs devient inutile. La symbiose ne consisterait pas seulement en fixation mais aussi en meilleure alimentation minérale du maïs.

La prairie permanente à *Panicum maximum* et *Stylosanthes hamata* du nord de la Côte d'Ivoire (Zoumana et César, 2000)

On dispose donc pour le nord de la Côte d'Ivoire d'une association *Panicum maximum – Stylosanthes hamata*, pouvant résister pendant au moins 10 à 15 ans aux conditions d'une exploitation paysanne, moyennant une fertilisation en phosphore tous les 5 à 10 ans pour vaincre les carences du sol et compenser les exportations.

L'association peut y être considérée comme parfaitement pérenne. Elle peut aussi participer à l'assolement en constituant une sole fourragère améliorante de moyenne durée. L'association *Panicum maximum* cv. C1 – *Stylosanthes hamata* cv. Verano représente un modèle pour le futur. Pour demeurer rentable et pour que l'investissement de la culture ne soit pas perdu, la parcelle fourragère doit être bien gérée (rythme d'exploitation et fertilisation phosphatée).

Plantes de couverture et rotations culturales

Il s'agit ici de l'introduction d'une sole de légumineuses, en tête de l'assolement, pour améliorer les propriétés du sol pour les cultures qui suivent. L'utilisation de la biomasse produite, par les animaux est fortuite ou éventuelle. Cette biomasse est : ou bien laissée sèche sur pied et le semis de la culture est fait sans labour, dans cette biomasse ; ou bien encore la biomasse est enfouie.

De nombreux travaux, dont ceux rapportés par Buckles (1995), Carsky *et al*. (1998) et Vissoh (1998), ont été consacrés à l'étude du comportement de quelques légumineuses herbacées, principalement *Mucuna pruriens* aux USA, au Nigeria et en Côte d'Ivoire. Dans la zone tropicale d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie, de nombreux travaux ont été menés, portant sur le criblage de légumineuses herbacées, dont *M. pruriens, Aescchynomene histrix, Arachis pintoï, Calopogonium mucunoïdes, Canavalia ensiformis, Cassia rotondifoile, Centrosema pubesccens,* C. *ternatea, Crotalaria* sp.*, Desmodium distortum, D. tortuosum, D. ovalifolium, Dolichos lablab, Macroptilium atropurpureum, M. lathyroides, Pueraria phaseloides, Stylosanthes guiannensis, S. hamata, Tephrosia* sp.

On dispose donc maintenant de nombreuses données concernant la croissance et le développement de ces espèces, et aussi, dans de nombreux cas, la fixation symbiotique de l'azote, les rendements des cultures qui leur succèdent (principalement le maïs chez les paysans d'Afrique et d'Amérique centrale). Billaz *et al.* (2001) en ont présenté une synthèse dans les travaux du Projet.

Suivant l'usage qui en sera fait par les producteurs, ces jachères seront, comme on l'a dit plus haut, des jachères cultivées ou des soles fourragères. Dans certains cas, ces plantes améliorantes peuvent être semées dans les cultures précédentes, ce qui présente des avantages importants du point de vue de la protection des sols et des coûts d'installation. On parle alors de cultures dérobées. Quoi qu'il en soit de ces différentes solutions, les successions culturales se caractérisent par l'absence de périodes sans cultures (alimentaires, commerciales, fourragères ou améliorantes). Les systèmes de cultures sont alors permanents.

L'une des préoccupations majeures du programme de recherche sur le maïs en Côte d'Ivoire est la mise au point de techniques de production adaptables au milieu rural et peu dépendant des engrais chimiques. Parmi ces techniques, la rotation culturale est l'une des plus utilisées pour ses nombreux avantages agronomiques. De nombreux travaux ont permis d'observer l'effet bénéfique des précédents avec légumineuses sur la productivité des céréales. Il reste à déterminer pour chaque culture le meilleur précédent cultural afin de proposer des substituts à la mise en jachère obligatoire des terres. L'objectif est de déterminer le précédent cultural qui permet d'obtenir de meilleurs rendements de maïs sans apport ou avec un apport minimal d'engrais azoté. Ngoram *et al*. (2000) montrent que le précédent avec légumineuse herbacée a mieux favorisé la productivité du maïs que la jachère courte de deux ans (fig. 3). Il n'a pas été nécessaire d'appliquer l'urée à quarante-six pour cent d'azote sur le

maïs après le précédent « légumineuse ». Parmi les légumineuses étudiées, le niébé et l'arachide seraient les meilleurs précédents pour le maïs. Comme ces deux espèces produisent des graines comestibles facilement commercialisées dans la zone d'étude, leur intégration dans les systèmes de culture à base de maïs procure une plus-value. Ces résultats doivent être complétés par l'évaluation des quantités d'azote contenues dans les fanes et réellement restituées au maïs afin de mieux apprécier l'efficacité du système.

Des essais conduits au Burkina Faso par Segda *et al*. (2000) montrent que *M. cochinchinensis* comme précédent cultural (jachère annuelle) contribue très significativement à la réduction de la pression des adventices par rapport aux autres précédents. L'adjonction d'azote sous forme d'urée favorise la prolifération des adventices (fig. 4).

Figure 3.
Rendement moyen du maïs grains (q/ha) en fonction du précédent et de la dose d'urée.

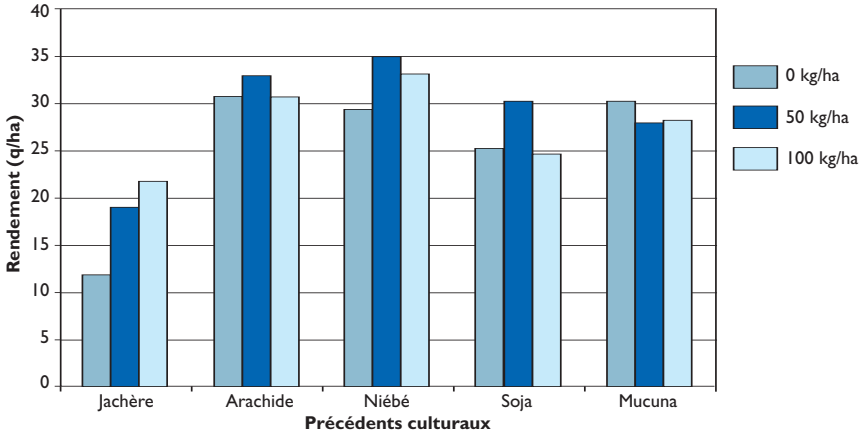
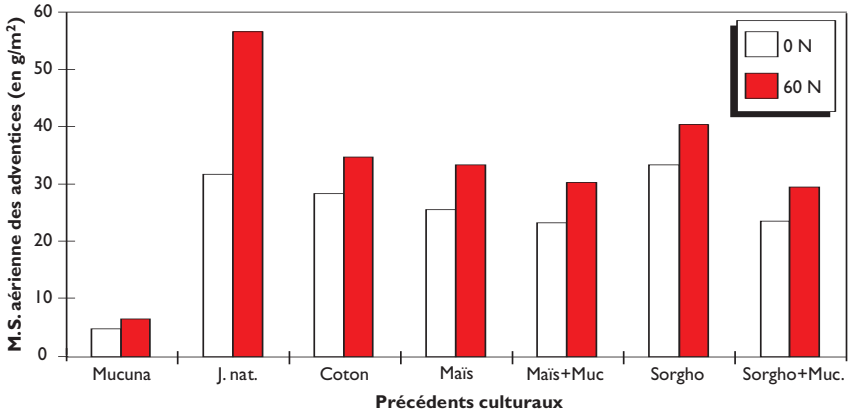


Figure 4.
Effet des précédents culturaux sur la biomasse aérienne des adventices, 28 JAS du riz pluvial (Station de Farako-Ba, 1997).



Conclusion

L'amélioration de la production fourragère des jachères peut être entreprise selon deux voies principales :

– la restauration des capacités de production herbacée des jachères, sans apport végétal extérieur, par une mise en défens ou mieux un allégement de la charge par un aménagement des sols encroûtés ou encore par une lutte contre l'embroussaillement ;

– le sursemis d'espèces herbacées, graminées ou légumineuses, consommées par le bétail.

Les techniques d'amélioration de la production fourragère des jachères devraient permettre de récupérer une partie des ressources fourragères perdues du fait de la réduction des surfaces en jachère ou de leur dégradation par surpâturage. Les sursemis de légumineuses fourragères, en particulier de *Stylosanthes hamata*, devraient même étendre la fonction fourragère de la jachère à la saison sèche, tout en accélérant la restauration des stocks d'azote du sol. Cependant la mise en œuvre de ces innovations se heurte à de nombreuses contraintes techniques ou financières, et surtout structurelles. En effet, elles exigent un changement du statut foncier des jachères qui, de public ou communautaire, doit être privatisé, au moins pour l'usufruit de l'aménagement pastoral.

Le développement des légumineuses fourragères se heurte à de nombreuses contraintes biophysiques et socioéconomiques, dont les principales sont :

– les maladies cryptogamiques (anthracnoses) et les attaques d'insectes ;

– les disponibilités en semences ;

– le coût de la mise en place. Coût monétaire avec l'achat de semences, le travail du sol, l'achat des engrais, et aussi le coût en main-d'œuvre, avec les temps de travaux qui s'inscrivent en concurrence des temps de travaux consacrés aux cultures de rente et cultures céréalières ;

– le contrôle de la pâture sur la jachère, rendu nécessaire pour gérer l'équilibre entre la légumineuse introduite et les plantes spontanées. Ce contrôle, outre son coût (clôtures, …) se heurte au statut foncier communautaire des terres non cultivées qui constitue un frein important à l'intensification fourragère ;

– le contrôle des feux.

Une sole fourragère de légumineuses correctement fertilisée en phosphore, exploitée seulement en saison sèche peut contribuer à la fourniture en azote de deux années de culture, et à condition que les cations et certains micro-éléments (soufre, cuivre) ne soient pas limitants. Les contributions au stock organique sont du même ordre que les graminées. C'est en jumelant l'effet de complément alimentaire pour des animaux et l'effet sur la fertilité que la jachère fourragère peut se révéler la plus appropriée dans les situations d'intensification.

Avec le surpâturage et l'excès de prélèvements, et surtout l'épuisement minéral préoccupant des terres, les jachères courtes, même « améliorées » par des légumineuses ou des graminées pérennes, sont aussi moins efficaces à remplir leurs rôles,

et peuvent avoir des impacts négatifs ressemblant à ceux des cultures. Le paradoxe est que dans ces conditions, la fertilisation minérale des pâturages et des jachères devient souhaitable pour que leur exploitation n'ait pas de conséquences plus graves sur le milieu. C'est le mode de gestion (fertilisations, enrichissements ou cultures fourragères, adaptation de la charge animale, durée) qui optimisera l'efficacité globale de la jachère à produire matières premières et fertilité, en fonction des intérêts du système de production dans son environnement.

Références

Achard (F.), 1993. —
Évolution récente de la végétation
dans six stations au Burkina Faso, th. doct.,
Inst. nat. polytech. de Toulouse, 276 p. + ann.

Achard (F.), L. Ouattara, et M. Banoin, 2000. —
Activités de recherche conduites sur le terroir
de Ticko, résultats 1999,
Projet « Amélioration et gestion de la jachère
en Afrique de l'Ouest »,
Faculté d'agronomie-I.D.R., Niamey, 40 p.

Achard F. et Banoin M., 2001.
Production fourragère des jachères et transferts
de fertilité par le bétail au Niger.
in Floret et Pontanier (éds.),
vol. II, La jachère en Afrique tropicale.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances.
pp. 546-554, John Libbey, Paris, 777p.

Audru (J.), 1972. —
Étude de factibilité des ranches d'Abokouamékro
et de Sipilou en République de Côte d'Ivoire,
Maisons-Alfort (France), I.E.M.V.T., 154 p.
(Étude agrostologique 35).

Banoin (M.) et F. Achard, 1997. —
Sites, problématique, thèmes de recherche,
premiers résultats sur Ticko et Bogodjotou,
rapp., Projet de recherche sur « l'amélioration
et la gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest »,
faculté d'agronomie, Niamey, 13 p., multigr.

Banoin (M.) et F. Achard, 1998. —
« Place des jachères dans les systèmes d'élevage
et comportement alimentaire du bétail
sur un terroir du sud ouest du Niger : Ticko »,
in Floret et Pontanier (éd., 1998) : pp. 99-110.

Billaz (R.), V. Hien, Z. Segda,
et K. Traore, 2001. —
« Systèmes de culture permanente à jachère
de courte durée », in Floret et Pontanier (éd.) :
vol. II, pp. 241-263.

Breman (H.) et J. J. Kessler, 1995. —
Woody Plants in Agro-Ecosystems of Semi-Arid
Regions, with an Emphasis on the Sahelian
Countries, Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag,
340 p.

Breman (H.) et N. De Ridder, 1991. —
Manuel sur les pâturages des pays sahéliens,
Paris-Wageningen (Pays Bas),
A.C.C.T.-Cabo-Dlo-CTA, Karthala, 485 p.

Brouwer (J.) et J. M. Powell, 1995. —
« Soil aspect of nutrient cycling in a manure
application experiment in Niger »,
in J.M. Powell, S. Fernandez-Rivera,
T. O. Williams, et C. Renard (éd.),
Livestock and sustainable nutrient cycling
in mixed farming systems of sub-Saharan Africa,
vol. II, IlCA, Addis Abeba (Éthiopie) :
pp. 211-226.

Buckles (D.), 1995. —
" Velvet bean : a "new" plant with a history ",
Economic Botany, New York Botanical garden,
Bronx (NY, É.-U.A.), vol. XLIX,
n° 1 : pp. 13-25.

Carsky (R. J.), S. A. Tarawali, M. Becker,
D. Chikoye, G. Tian et N. Sanginga, 1998. —
" Mucuna-herbaceous cover legume
with potential for multiple use ", Iita,
Ressource and Crop Management Research
Monograph, n° 25, 52 p.

César (J.) et C. Zoumana, 1993. —
« Conséquence de l'accroissement démographique sur la qualité de la jachère »,
in Floret et Serpantié (éd., 1993) :
pp. 415534.

Cesar (J.) et C. Zoumana, 1998. —
« Le rôle de la production fourragère dans l'équilibre biologique et la gestion du milieu »,
in Godet et al. (éd., 1998) : pp. 51-69.

César (J.), 1992. —
La production biologique des savanes de Côte-d'Ivoire et son utilisation par l'homme : Biomasse, valeur pastorale et production fourragère, Maisons-Alfort (France),
Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (I.E.M.V.T.)-Cirad, 671 p.

Cissé (M. I.), P. Hiernaux,
et L. Diarra, 1993. —
« Intégration agropastorale au Sahel : dynamique et potentiel fourrager des jachères »,
in Floret et Serpantie (éd., 1993) : pp. 405-413.

Depommier (D.) et H. Guerin, 1996. —
« Émondage traditionnel de Faidherbia albida. Production fourragère, valeur nutritive et récolte de bois à Dossi et Watinoma (Burkina Faso) »,
in Peltier (éd., 1996) : pp. 55-84.

Donfack (P.), 1998.
Végétation des jachères du Nord Cameroun. Typologie, diversité, dynamique, production,
th. doct. État, sciences de la nature,
univers. de Yaoundé-I, faculté des sciences,
225 p.

Elbasha (E. H.), P. K. Thornton,
et G. Tarawali, 1998. —
An Ex-Post Economic Impact Assessment of Planted Forages in West Africa,
Nairobi, Ilri, 61 p.
(Impact Assessment Series 2).

Floret (Chr.), R. Pontanier. (éd.), 2001.
La jachère en Afrique tropicale, vol. II,
De la jachère naturelle à la jachère améliorée : le point des connaissances,
Paris, John Libbey, 356p.

Fournier (A.) et S. Nignan, 1997. —
« Quand les annuelles bloquent la succession postculturale … Expérimentations sur Andropogon gayanus en savane soudanienne (Bondoukuy, Burkina Faso) »,
Ecologie, t. XXVIII, fasc. 1 : pp. 13-21.

Fournier (A.), 1994. —
« Cycle saisonnier et production nette de la matière végétale herbacée en savanes soudaniennes pâturées. Les jachères de la région de Bondoukouy (Burkina Faso) »,
Écologie, t. XXV, n° 3 : pp. 173-188.

Fournier (A.), Chr. Floret
et G. M. Gnahoua, 2001. —
« Végétation des jachères et succession postculturale en Afrique tropicale »,
in Floret et Pontanier (éd., 2001) :
vol. II, pp. 123-168.

Hiernaux (P.) et S. Fernandez-Rivera, 1995. —
« Grazing Effects of Goat-sheep Mixes on Vegetation Structure and productivity of Old Fallow in the Sahel »,
in West (éd., 1995) : pp. 230-231.

Hiernaux (P.), S. Fernandez-Rivera, E. Schlecht,
M. D. Turner et T. O. Williams, 1998. —
« Livestock-mediated nutrient tranfers in Sahelian agro-ecosystems »,
in Renard et al. (éd., 1998) : pp. 339-347.

Hoefsloot (H.), F. Van der Pol
et L. Roeleveld, 1993. —
Jachères améliorées.
Options pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest, Amsterdam,
Royal Tropical Institute (Kit), 86 p.

Inhaler (I.), 1998. —
Evaluation de l'effet résiduel des différentes techniques de réhabilitation des sols encroûtés sur la végétation des jachères de Banizoumbou, Niger, mém. ingén. techniques agricoles,
faculté d'agronomie de Niamey, 35 p. + ann.

Jouve Ph., 2000.
Jachères et systèmes agraires.
in Floret et Pontanier (éd., 2001) : vol. II,
La jachère en Afrique tropicale.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances. pp. 1-20.

Kiema (S.), 1992. —
Utilisation pastorale des jachères dans la région de Bondoukuy, zone soudanienne du Burkina Faso, mém. D.E.S.S., « Gestion des systèmes agrosylvopastoraux en zone tropicale »,
univers. Paris-XII, 89 p. + ann.

Koita (B.), 1998. —
Végétation postculturale en zone soudanienne du Sénégal, th. doct., univers. de Corse,
faculté des sciences, 169 p.

Kone (A. R.), D. Richard et H. Guerin, 1989. — « Teneurs en constituants pariétaux et en matières azotées des ligneux fourragers d'Afrique Occidentale », XVIe Congrès international des herbages, Nice (France) : pp. 947-948.

Louppe (D.), N. Ouattara, C. Zoumana et J. César, 2000. — « Influence du pâturage, par trois espèces animales domestiques, sur la dynamique de la végétation des jachères du nord de la Côte-d'Ivoire », in Floret et Pontanier (éd., 2000) : vol. I, pp. 524-533.

Manlay R., Ickowicz A., 2000. Rôle de l'élevage dans la dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agro-pastoral de Haute-Casamance. in Floret et Pontanier (éds), vol. I, pp. 534-545, La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement Alternatives. John Libbey, Paris, 777p.

NGoran A. *et al*., 2000. Influence d'un précédent de légumineuse herbacée et d'une jachère courte de deux ans sur la productivité des maïs au nord de la Côte d'Ivoire. in Floret et Pontanier (éds), vol. I, pp. 616-621, La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement Alternatives. John Libbey, Paris, 777p.

Olina J. P. et Dugue P., 2000. Utilisation des légumineuses pour l'amélioration des jachères de courte durée et la production de fourrage au Cameroun septentrional. in Floret et Pontanier (éds), vol. I, pp. 561-568, La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement Alternatives. John Libbey, Paris, 777p.

Reed (J. D.), U. Rittner, J. Tanner et O. Wiegand, 1993. — « Valeur nutritive des feuilles et des fruits de Faidherbia albida et leur emploi dans l'alimentation des ruminants », in Vandenbeldt et Renard (éd., 1993) : pp. 43-50.

Ridder (N.) de et H. Van Keulen, 1990. — « Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West African semi-arid tropics », Fertilizer research, n° 26 : pp. 299-310.

Rouw de (A.), J.-L. Rajot et G. Schmelzer, 1998. — « Effet de l'apport de bouses de zébus sur les composantes du rendement du mil (Pennisetum glaucum (L) R. Br.), les mauvaises herbes et l'encroûtement superficiel du sol (Niger) », in : Biarnes (A.) (éd.) La conduite du champ cultivé : Points de vue d'agronome, Paris, Orstom (coll. Colloques et Séminaires) : pp. 95-112.

Savadogo (V.), 1998. — Contribution à l'analyse des effets « précédent » et « suivant » de différentes jachères de courte durée, mém., Bobo-Dioulasso, I.D.R.-I.R.D., 86 p. + ann.

Sedogo (M. P.), 1981. — Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures, th. doct. ingénieur I.N.P.L., Nancy (France) : 198 p..

Segda Z., 2000. Mucuna cochinchinensis dans les systèmes d'association et de rotation culturales (Burkina Faso). in Floret et Pontanier (éds), vol. I, pp. 622-627, La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement Alternatives. John Libbey, Paris, 777p.

Serpantié (G.), M. Douanio et D. Madibaye, 1998. — « Recherches participatives sur la culture d'Andropogon gayanus Kunth. var. tridentatus Hack. En zone soudanienne. I. Opportunité de cette culture et éléments d'écologie », in Godet et al. (éd., 1998) : pp. 181-190.

Serpantié, (G.), M. Douanio et M. Djimadoum, 1999. — « Recherches participatives sur la culture d'Andropogon gayanus Kunth var. tridentatus Hack en zone soudanienne, 1 : Opportunité de cette culture et éléments d'écologie. 2 : Essais participatifs d'installation de peuplements », in Actes de l'atelier régional, Korhogo, 26-29 mai 1997, Bobo-Dioulasso, Cirdes : pp. 181-190.

Serpantié, G. et Ouattara B., 2001. Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. in Floret et Pontanier (éd.) : vol. II, pp. 21-83, La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances, John Libbey, Paris, 356p.

Sinsin B., 2000.
Caractéristiques floristiques
et productivité des jachères soudaniennes
sur plateau du Bénin septentrional.
in Floret et Pontanier (éds),
vol. I, pp. 503-514,
La jachère en Afrique tropicale.
Rôles, Aménagement, Alternatives.
John Libbey, Paris, 777p.

Talineau (J.-C.), B. Bonzon, C. Fillonneau,
G. Hainnaux, D. Picard et M. Sicot, 1976. —
« Quelques conséquences agronomiques
de l'introduction d'une sole fourragère
dans une succession culturale
du milieu tropical humide de la Côte d'Ivoire »,
Cah. Orstom, sér. Biol., vol. XI, n° 4 :
pp. 277-290.

Tarawali (G.)
et M. A. Mohamed Salem, 1993. —
« The role of forage legume fallows
in supplying improve feed and recycling
nitrogen in subhumid Nigeria »,
in Powell et al. (éd., 1993) : pp. 263-276.

Tarawali (G.), 1991. —
« The residual effect of Stylosanthes
fodder banks on maize yield at several locations
in Nigeria », Tropical Grasslands,
vol. XXV : pp. 26-31.

Tarawali (G.), 1994. —
« The yield and persistance of selected forage
legumes in subhumid and semi-arid west Africa »,
Tropical grasslands, vol XXVIII : pp. 80-89.

Toutain (B.), 1979. —
Premier ranch collectif de Samorogouan,
Haute-Volta, Étude agrostologique,
Maisons-Alfort, Institut d'élevage et de médecine
vétérinaire des pays tropicaux,
Étude agropastorale, n°53, 121 p.+ cartes

Vissoh, P., Manyong, V.M., Carsky, J.R.,
Osei-Bunsu, P., et Galiba, M., 1998.
Experiences with Mucuna in West Africa.
In : Buckles D., Eteka A., Osiname O.,
Galiba M., et Galiano G. (eds), Cover Crops
in West Africa : Contributing to sustainable
agriculture. International Development Research
Center, National Library of Canada : pp. 85-106.

Jachères et agroforesterie

Dr Pape N. SALL
Directeur exécutif Fonds national de recherche agricole et agro-alimentaire (FNRAA),
Cité Air France – Ouest-Foire, Villa N°6. BP 10560. Dakar. Sénégal.
Tel. : 820.35.10 - 820.77.45/Fax : 820.35.11. Email : fnraa@sentoo.sn

Place de l'arbre dans la problématique de la jachère

Plusieurs raisons, dont de fortes pressions démographiques et foncières, font aujourd'hui que les anciennes règles d'organisation et d'utilisation de l'espace rural africain ne sont plus respectées, ce qui entraîne, entre autres, des ruptures très marquées dans les équilibres de l'écosystème. Ainsi le terroir, jadis cloisonné, devient maintenant à la fois un espace cultivé, pâturé et de cueillette qui offre par conséquent de moins en moins de place à la jachère telle qu'elle se concevait et se pratiquait jadis.

Dans cette réserve de ressources, le paysan africain continue d'exploiter la composante ligneuse pour différents usages, avec des objectifs et des pratiques spécifiques à chaque utilisation. Les produits et services sont en effet divers et variés : produits de consommation humaine, fourrage, produits combustibles, matériaux de construction ou d'artisanat, fibres, sécrétions, exsudats, substances chimiques, produits à usage médicinal, protection du sol et des cultures, apports organiques et de nutriments, délimitation du terroir, etc.

S'il est vrai que dans de nombreux terroirs de l'Afrique sahélienne et soudanienne la jachère continue de disparaître du paysage, les alternatives proposées ne doivent s'inscrire que dans des actions devant jouer les mêmes rôles et fonctions. Est-ce le cas ?

On note à cet effet que l'arbre, en interaction avec d'autres composantes végétales et/ou animales du milieu, se retrouve au centre des principaux dispositifs de substitution à la jachère à travers des technologies agroforestières bien ciblées.

Analyse de la demande des producteurs et de l'offre des technologies agroforestières

La demande des producteurs, telle qu'exprimée lors des ateliers de validation, s'articule autour des tendances lourdes suivantes, nées d'un contexte de dégradation continue de l'état des ressources naturelles et d'une demande accrue de services et produits attendus de l'arbre :

– intensification et diversification de la production agricole par l'agroforesterie ;

– satisfaction des besoins en produits ligneux et non ligneux ;

– promotion d'activités agroforestières génératrices de revenus ;

– renforcement des capacités en agroforesterie (formation, information).

La formulation en thématiques de recherche-développement de cette demande multiforme, urgente et souvent non hiérarchisée constitue une étape décisive puisque conditionnant en partie l'adoption future des technologies.

Qui plus est, les ligneux constituent un matériel végétal qui exige un temps relativement long pour exprimer toutes ses potentialités et qui sera mis en complémentarité et/ou en compétition avec d'autres composantes.

À ce titre, l'élaboration du cahier de charges et le suivi-évaluation de son exécution doivent par conséquent obéir à un processus itératif continu.

L'analyse de l'offre des principales technologies agroforestières montre, par exemple, qu'aucune d'entre elles n'a pour vocation première la fourniture de bois ; dans ces schémas alternatifs, la ligniculture garde en principe la place qui lui est naturellement attribuée. On doit dans ce cas exploiter la petite opportunité qui s'offre dans le choix des espèces de façon à se rapprocher le plus possible de la fonction « pourvoyeuse de bois » qu'on cherche à faire émerger.

La traduction de la demande doit donc refléter les attentes exprimées mais aussi tenir compte des potentialités techniques en exploitant les éventuelles opportunités.

La localisation écologique des espèces à recommander dans les technologies doit être caractérisée par le critère pluviométrique mais aussi par d'autres paramètres comme le sol, l'évapotranspiration potentielle (ETP), leur mode de mise en place et de gestion. Il s'y ajoute la plasticité de la plupart de ces espèces et les plages de transition entre les zones agro-écologiques (du sahélien au guinéen) qui constituent autant de facteurs qui militent en faveur d'une certaine prudence dans le confinement et le cloisonnement des espèces dans des zones insuffisamment caractérisées.

État des connaissances sur la composante ligneuse des jachères naturelles

Étude de la structure et de la dynamique des ligneux

Les différents travaux qui ont été menés dans le cadre de cette thématique ont dans l'ensemble fourni des informations et des connaissances qui peuvent difficilement être exprimées en termes de transfert. Il s'agit principalement de données généralement collectées selon les normes usuelles. Elles sont dans l'ensemble fiables, avec plusieurs auteurs qui affichent eux-mêmes les limites de leur travail. Elles sont le plus souvent descriptives et ont trait :

– à la typologie des jachères ;

– à la caractérisation de la diversité végétale ;

– à la détermination du temps de jachère pour atteindre les productions optimales ;

– à la structure et la dynamique de la strate ligneuse (densité, composition, mode de régénération, succession végétale) ;

– aux effets de la mise en défens sur la jachère ;

– aux rôles et usages des produits ligneux.

Les résultats obtenus à travers ces études constituent une bonne base de données pertinentes et exploitables.

Estimation de la production ligneuse

La question de l'estimation de la production ligneuse est déterminante pour l'élaboration et l'application de règles de gestion devant permettre la fourniture régulière de produits et de services tout en assurant la pérennité de la ressource (FAO, 1980).

Les résultats issus de la synthèse que nous avons faite sur le sujet (FAO, 2003) sont difficilement comparables entre eux (tabl. 1). Certains auteurs donnent des taux de croissance maximale alors que d'autres donnent une moyenne de production calculée sur la durée d'existence du peuplement.

L'analyse de leurs conditions d'obtention montre qu'il y a effectivement quelques problèmes méthodologiques liés à la spécificité de l'objet d'étude et à la multiplicité des techniques et outils de collecte et de traitement des données.

Un tarif de cubage ou de biomasse est en principe élaboré pour un matériel végétal et un site précis : il n'est donc pas fait pour être utilisé dans des conditions stationnelles différentes.

Les peuplements de la jachère naturelle sont en effet composites à tout point de vue ; espèce, âge, forme, état et évolution des arbres... autant d'éléments sur lesquels on n'a pratiquement pas d'emprise.

Par contre, d'autres facteurs tels que le niveau de mesure du diamètre, les arbres à mesurer, la formule de cubage, la taille des parcelles dans lesquelles sont établies les relations allométriques, la représentativité des échantillons, la détermination de

l'âge des jachères, les dispositifs expérimentaux, la variabilité pédologique et géomorphologique la caractérisation pédo-climatique des sites… posent des questions de fond sur les limites de validité des résultats obtenus.

La non-harmonisation des approches et des méthodes n'autorise pas la généralisation des résultats et leur exploitation à des fins d'aménagement à l'échelle sous-régionale.

Cependant, les résultats obtenus peuvent, pour le moment, être utilisés dans les opérations d'aménagement au niveau d'un site à l'intérieur d'un pays, pour par exemple, déterminer un seuil de prélèvement sur le capital ligneux.

L'état actuel des connaissances sur l'estimation de la production ligneuse des jachères naturelles dans la zone d'étude jette clairement les bases d'un approfondissement concerté de travaux futurs.

Tableau 1.
Estimation de la production de biomasse ligneuse dans les jachères de la zone d'étude.

Zone écologique	Pluviométrie	Production (mm)	Auteurs
Sud-soudanienne	1 000 – 1 200	2.5 – 4,7 t/ha/an	Clément (1982)
Soudano-sahélienne (Sénégal)	700	2,15 t/ha/an	Kairé (1999)
Soudano-guinéenne (Sénégal)	1200	4,0 t/ha/an	Kairé (1999)
Sahélo-soudanienne (Niger)	500-700	3,0 t/ha/an	Achard (1996)
Soudanienne (Mali)	900	6,4 m^3 /ha/an	Yossi (1992)
Soudano-sahélienne (Mali)	650-950	0,12 m^3/ha/an	Nouvellet (2003)
Soudanienne (Mali)	1 000	1.3-1,5 m^3/ha/an	Bazile (1998)
Soudanienne (Mali)	1 000	0,52 m^3/ha/an	Bazile (1998)
Sahélo-soudanienne (Niger)	400-600	4.7-6,8 t/ha/an	Montagne (1998)

État des connaissances sur les principales technologies agroforestières alternatives à la jachère

Introduction

La question de l'alternative à la jachère naturelle est de voir si en cas d'absence de cette dernière certaines technologies agroforestières ne pourraient pas remplir quelques-uns de ses rôles et fonctions. Notre appréciation du travail réalisé et des possibilités de valorisation des résultats partira du principe que pour qu'une technologie agroforestière soit adoptée par le producteur il faut au moins qu'elle soit techniquement reproductible, socialement acceptable, économiquement rentable et porteuse d'un impact écologique rapidement perceptible.

Elle sera donc la résultante d'une analyse à trois niveaux :

– la mise en place de la technologie (maîtrise des techniques de production, de multiplication, d'installation des semences ou des plants) ;

– la gestion de la technologie (maîtrise des dates, des hauteurs et des techniques de coupe…) ;

– l'idéotype (critères de choix des espèces en fonction des objectifs de service et/ou de production ciblés).

On remarque que le souci de vouloir spécifier des situations particulières a souvent conduit à la formulation de notions non usuelles en décalage avec la terminologie agroforestière comme jachère agroforestière, défrichement amélioré… On devra donc veiller, à l'avenir, à une utilisation plus conventionnelle des concepts.

Il convient à cet effet de rappeler que la technologie agroforestière est caractérisée par un ensemble de spécifications concernant les rôles, la disposition et la gestion d'arbres à usages multiples et des composantes qui leur sont associées. Elle remplit différents rôles, assure une ou plusieurs productions mais répond à un objectif principal et à des objectifs secondaires et se localise dans une niche écologique précise.

Haies vives

La haie vive défensive est incontestablement la technologie agroforestière à disposition linéaire sur laquelle le projet Jachère et les institutions de recherche de la sous-région ont mis la plus forte pression de recherche.

Les travaux menés ont donné des résultats transférables en l'état : on peut en effet recommander une vingtaine d'espèces locales, pseudo-locales ou exotiques pour lesquelles les techniques de multiplication et d'installation du matériel végétal en haies monospécifiques sont maîtrisées.

On peut, en plus de la synthèse faite dans le cadre du projet, ajouter les espèces suivantes qui ont réalisé de très bonnes performances (CNRF/ISRA, 1992) : *Acacia polyacantha*, *Acacia seyal, Acacia ataxacantha, Acacia laeta, Acacia sieberiana, Dichrostachys glomerata, Acacia macrostachya, Strychnos spinosa*…

Les pré-traitements, les traitements des semences, les types de plants (boutures, racines nues, pot, semis-direct) de ces espèces sont connues. On sait également que généralement l'écartement entre les plants varie de 0.25 à 1 mètre, que la date de coupe se situe en fin de saison sèche avec une hauteur de coupe de 50 cm pour assurer une bonne production de rejets et une bonne survie des souches.

Dans le domaine des techniques de conservation des eaux et de la restauration de la fertilité, beaucoup d'aménagements anti-érosifs avec des dispositifs végétalisés ont été expérimentés et ont donné des résultats préliminaires concluants (Diatta, 1994). Ces études ont en effet permis de sélectionner et de recommander une dizaine d'espèces généralement plantées à un écartement de 0,25 à 0,5 m sur la ligne ; il s'agit, entre autres de *Veteveria zizanioides, Piliostigma reticulatum, Acacia nilotica, Bauhinia rufescens Zizyphus mauritiana*…

Tableau 2.
Espèces recommandables pour la réalisation de haies vives en zones sèche et sub-humide (Louppe D. & Yossi H. in *Floret C. & Pontanier R., 2001).*

Espèces	Pluviosité annuelle		
	400-700 mm	700-1 000 mm	1 000 – 1 300 mm
Acacia mellifera	X	X	
Acacia nilotica	X	X	
Acacia senegal	X	X	
Agave sisalana		X	X
Bauhinia rufescens	X	X	X
Citrus lemon		X	X
Commiphora Africana	X	X	
Dichrostachys cinerea			X
Euphorbia balsamifera	X	X	
Haematoxylon brasiletto			X
Jatropha curcas	X	X	
Moringa oleifera		X	X
Prosopis juliflora	X	X	
Ziziphus mauritiana	X	X	X
Ziziphus mucronata			X

Il convient cependant de préciser que la haie vive et la jachère n'ont pas le même objectif principal.

Il s'y ajoute que le premier critère d'évaluation de la haie vive défensive étant son impénétrabilité, son idéotype comporte le risque de s'éloigner un peu plus des bienfaits attendus de la jachère. La haie vive (défensive, fourragère anti-érosive…) règle de toute évidence quelques objectifs secondaires de service et de production de la jachère. C'est pour cette raison et parce qu'il n'existe pratiquement pas de données sur le suivi des performances des haies de plus de cinq ans qu'il faut poursuivre certaines expérimentations.

Jachère améliorée

Cette technologie agroforestière séquentielle est de toute évidence celle qui se rapproche le plus de la jachère naturelle en ce sens qu'elles ont le même objectif principal. Elle cherche, en un temps réduit, à restaurer voire relever le niveau de fertilité du sol et à fournir accessoirement des produits et d'autres services.

Parmi les principaux déterminants de la remontée biologique des éléments minéraux, de la fixation de l'azote de l'air et de la production ligneuse et non ligneuse il y a incontestablement le choix des espèces, leur mode de mise en place et de gestion. On note à cet effet que le choix des espèces qui ont été utilisées dans la sous-région n'a pas toujours été très judicieux. Les effets bénéfiques supposés et/ou réels de l'*Eucalyptus* massivement utilisé pour régler les problèmes de désertification et de bois qui sévissaient, ont probablement orienté les activités de recherche vers les Acacias australiens.

Dans l'idéotype de la technologie, il y a certes la rapidité de la croissance mais il y a surtout le pouvoir fertilisant des espèces et la vitesse de décomposition de la litière. Sous ce rapport, *Eucalyptus camaldulensis, Acacia mangium, Acacia holosericea (Racosperma holosericeum*) par exemple n'étaient pas les meilleurs choix. Elles ont en effet fait la preuve qu'ils avaient des effets dépressifs sur les caractéristiques chimiques du sol et ont souvent induit des contre performances dans la teneur en azote et en bases échangeables du sol par rapport à des jachères herbacées (Harmand & Ballé *in* Floret & Pontanier 2001). En plus des effets allélopathiques et de refuge de nématodes de ces *Acacias* à phyllodes, l'inoculation en milieu réel n'a pas non plus souvent donné des effets positifs. D'une manière générale, on n'a pas suffisamment de recul pour apprécier l'évolution dans le temps de la fixation symbiotique d'azote dans des jachères à *Acacias* australiens (Lesueur *et al. in* Floret & Pontanier, 2000).

Il existe par contre d'autres espèces ayant mieux répondu aux attentes affichées : *Albizzia lebbeck, Leucaena, leucocephala Gliricidia sepium, Cajanus cajan, Cassia siamea, Prosopis cineraria, Piliostigma reticulatum, Moringa oleifera, Tephrosia bractiolata, Guiera senegalensis*… etc dont les techniques de pépinière, de plantation et quelquefois de gestion sont maitrisées.

Le travail d'identification et de sélection d'espèces et/ou de provenances doit s'orienter dans cette direction.

Tableau 3.
État des recherches sur les haies vives.

Acquis transférables	Techniques à valider	Activités nouvelles
Techniques de récolte de conditionnement et de traitement des semences.	Mise en place de haies vives plurispécifiques.	Prospection et test de nouvelles espèces.
Techniques de production et de multiplication des plants.	Essais d'interface (interactions avec les cultures, la fertilité du sol).	Estimation des productions ligneuses et non ligneuses des haies.
Techniques et normes de mise en place de haies vives monospécifiques.	Gestion des haies (hauteurs et dates de coupe, impacts de la taille sur la haie…).	Suivi des performances des haies âgées de plus de cinq ans

Tableau 4.
État des recherches sur la jachère améliorée.

Acquis transférables	Techniques à valider	Activités nouvelles
Techniques de récolte, de conditionnement et de traitement des semences.	Mise en place de jachères améliorées plurispécifiques.	Identification et sélection d'espèces et/ou de provenances d'arbres fertilisants.
Techniques de production et de multiplication des plants.	Estimation des performances dendrométriques et de la production ligneuse.	Gestion de jachères améliorées plurispécifiques.
Techniques et normes de mise en place des plants.		Essais d'interface (cultures, sol)
Gestion des jachères améliorées mono-spécifiques (recépage, dépressage…).		Estimation des productions non ligneuses
Valorisation du bois de *Acacia* ssp : *A. auriculiformis, A. mangium, A. aulacocarpa* (techniques améliorées de fabrication de charbon, palettes, perches, cageots…).		Valorisation du bois des espèces autres que *Acacia.*

Banques fourragères

L'objectif d'une banque fourragère est de produire du fourrage pour supplémenter l'alimentation animale et/ou pour constituer des réserves fourragères de qualité afin d'assurer un partie de l'alimentation du bétail en période critique. Toutes les espèces appétées peuvent en principe être utilisées dans les banques fourragères : *Bauhinia rufescens, Maerua crassifolia, Cajanus cajan*, *Pterocarpus erinaceus, Pterocarpus lucens, Celtis integrifolia*, *Balanites aegyptiaca, Calotropis procera, Anogeissus leiocarpus, Combretum micranthum, Combretum acueatum, Caparis tomentosa, Salvadora persica, Cesalpinia ferrea, Grewia bicolor, Vitex doniana, Securidaca longepedunculata, Ficus exasperata* entre autres ont donné des résultats concluants.

La mise en place et la gestion d'une banque fourragère varient suivant les espèces utilisées et les systèmes de production animale.

On note par ailleurs que de simples aménagements peuvent transformer une formation ligneuse naturelle en banque fourragère (*Pterocarpus lucens*).

Les rares référentiels techniques sur la technologie ont toutefois significativement contribué à une meilleure connaissance des ligneux fourragers et en particulier des questions nutritionnelles (Fall, 2003)**.**

Il s'agit principalement de résultats relatifs aux modes de production et de reproduction des espèces fourragères, à leur écartement (1 m à 1,5 m), leur niveau de coupe (0,5 m ou rez-terre), leur recensement, à la production fourragère en zones sahélienne et soudanienne, à leur valeur nutritive, leur composition chimique, leur digestibilité et à la quantité et à la date de prélèvement dans les prises alimentaires…

Tableau 5.
État des recherches sur les banques fourragères.

Acquis transférables	Technologies à valider	Activités nouvelles
Techniques de récolte, de conditionnement et de traitement de semences. Techniques de production et de multiplication des plants. Mise en place de banques fourragères.	Techniques d'émondage (intensité, fréquence). Méthodes de mesure de la biomasse fourragère.	Méthodes de conservation et de détoxication du fourrage. Détermination des dates optimales de prélèvement correspondant à la meilleure qualité fourragère. Analyses bromatologiques.

On sait aussi que les espèces ligneuses ont en général une forte teneur en matières azotées totales et que la présence de facteurs anti-nutritionnels (tanins condensés, mimosine, glucosides cyanogénétiques…) et de composés toxiques doit inciter à la prudence dans leur utilisation.

Parcs agroforestiers

Le système de production agricole le plus répandu dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest est celui du parc agroforestier dans lequel le paysan préserve des arbres dispersés dans les champs.

La couverture d'arbres peut être très ouverte ou presque fermée, les cultures peuvent être saisonnières ou pérennes et le composant arboré est souvent plurispécifique et pluristrate : il peut par conséquent être très complexe. Il continue de connaître une dégradation multiforme due principalement à l'absence de renouvellement des peuplements en termes de rajeunissement et de diversité. Si pour le premier aspect, on dispose de beaucoup d'acquis sur la régénération assistée, la diversification des espèces constitue une préoccupation majeure.

La domestication des arbres à usages multiples qui constitue un des axes innovants de recherche pour contribuer à la pérennité des parcs agroforestiers a été prise en charge par le projet Jachère de manière satisfaisante tant au niveau des espèces qu'au niveau des thématiques. En effet, le choix porté sur *Adansonia digitata, Zizyphus mauritiana, Parkia biglobosa, Butyrospermum paradoxum (Vittelaria paradoxa), Prosopis africana, Cordyla pinnata, Detarium senegalensis, Irvingia gabonensis, Ricinodendron heudelotti…* est de toute évidence conforme à la demande des producteurs. Il en est de même des critères d'amélioration qui s'articulent autour d'aspects quantitatifs et qualitatifs, de croissance rapide et d'entrée en production précoce.

La démarche scientifique qui part de la sélection d'individus performants, de l'étude des techniques de propagation végétative et des techniques culturales pour aboutir à une évaluation avant le transfert du matériel végétal et du référentiel technique et l'implication des populations dans la sélection des phénotypes performants confirment la justesse des options qui ont été faites. Le parc agroforestier qui assure

les mêmes objectifs principaux et secondaires que la jachère et qui a été une pratique au même titre que la jachère, émerge et s'amplifie lorsque cette dernière disparaît : il est par de fait son alternative « naturelle » et mérite à ce titre un effort plus important de recherche – développement dans la continuité des informations sur la caractérisation des peuplements et ses fonctions matérielles et sociales fournies par le projet Jachère. La question de la densité optimale des ligneux dans les champs reste toujours posée.

Certains parcs (*Faidherbia albida* (CTFT, 1988), *Butyrospermum paradoxum* (Sibiri, 1994), *Cordyla pinnata* (Samba, 1997)….) ont été particulièrement étudiés et ont permis de disposer d'acquis sur la caractérisation (typologie et la distribution géographique) et sur certains aspects biophysiques (interactions entre ligneux et cultures, interactions entre ligneux et animaux, effets des espèces sur le sol et le climat, biologie de la reproduction des espèces, modes de renouvellement des parcs…) (Sall, 1996).

Tableau 6.
État des recherches sur les parcs agroforestiers.

Acquis transférables	Technologies à valider	Activités nouvelles
Techniques de récolte, de conditionnement et de traitement de semences.	Techniques d'inventaire et de cartographie.	Techniques et normes d'enrichissement et de diversification.
Techniques de production et de multiplication des plants.	Techniques de multiplication végétative.	Techniques culturales et de gestion (taille…).
Techniques de régénération assistée.	Étude des interactions entre composantes.	Étude de quantification des productions.
		Étude de la dynamique des parcs.

Conditions d'application des résultats et de mise en œuvre des futures activités

De manière générale, l'application des résultats obtenus au niveau des études sur la jachère et sur les technologies agroforestières requiert les précautions d'usage inhérentes aux particularités végétales et zonales. Il importe en effet de toujours bien tenir compte du contexte et des conditions de réalisation des expérimentations.

Les performances dendrométriques restent de toute évidence tributaires du niveau de satisfaction des exigences pédo-climatiques et culturales des arbres et le respect des zones homo-écologiques doit être de rigueur.

Il y a par ailleurs tous les aspects liés à la physiologie et à la technologie des semences et les techniques de pépinière et de plantation qui ne nécessitent que de légères adaptations d'un milieu à un autre. On note à ce sujet que ce que nous avons appelé techniques de production et de mise en place de plants englobe le mélange de sols, les techniques de semis, la densité de semis, la protection, l'arrosage, le repiquage,

Tableau 7.
Techniques transférables dans les différentes zones agro-écologiques.

Domaine sahélien	Domaine soudanien	Domaine guinéen
Prétraitement et traitement des semences	Prétraitement et traitement des semences	Prétraitement et traitement des semences
Production et mise en place de plants	Production et mise en place de plants	Production et mise en place de plants
Mise en place de haies vives monospécifiques	Mise en place de haies vives monospécifiques	Mise en place de clôtures vivantes
Mise en place de jachères améliorées monospécifiques	Mise en place de jachères améliorées monospécifiques	Mise en place de jachères améliorées monospécifiques
Mise en place de banques fourragères	Mise en place de banques fourragères	Mise en place de banques fourragères
Régénération assistée	Régénération assistée	x
x	Mise en place de cultures en couloirs	Mise en place de cultures en couloirs
Mise en place de brise-vent	Mise en place de brise-vent	x

les traitements phytosanitaires, les entretiens, la durée d'élevage en pépinière et toutes les méthodes de plantation (travail du sol, écartements sur la ligne et/ou entre les lignes, entretiens manuels et/ou mécaniques…). *On remarque aussi que les technologies qui ont été examinées ont en commun le fait que les techniques de récolte de conditionnement et de traitement de semences ainsi que les techniques de production et de multiplication des plantes sont dans l'ensemble maîtrisées et transférables.*

D'autres techniques ont donné des résultats préliminaires relativement concluants mais qui nécessitent d'être confirmés et validés en milieu paysan. Ils ont évidemment des niveaux de finalisation différents d'une technologie à une autre et d'une zone agro-écologique à une autre, mais ont généralement trait à la gestion des technologies agroforestières monospécifiques et à la mise en place de technologies agroforestières plurispécifiques.

Le projet Jachère qui a contribué de façon significative à l'acquisition de ces connaissances, devra prolonger le travail en prenant en charge une partie de cette recherche pilotée par la demande et qui s'articule autour des thématiques prioritaires suivantes :

– estimation de la production ligneuse dans les jachères naturelles ;
– techniques et normes de mise en place de technologies à composante ligneuse plurispécifique ;
– gestion de la ressource ligneuse (dates, hauteurs et impacts des coupes) ;
– étude des interfaces (interactions positives et/ou négatives entre composantes) ;
– quantification des productions ligneuses et non ligneuses ;
– suivi de la dynamique des peuplements ;
– techniques de transfert de fertilité (bois raméal fragmenté ou broyé).

Ces activités devront être menées dans le cadre d'une répartition des tâches entre les différentes structures concernées selon l'expérience, l'expertise et les avantages comparatifs des unes et des autres.

La consolidation de ce partenariat et l'objectif de régionalisation des résultats tiendront également compte des changements et des dynamiques sous-régionales en cours et passeront, à chaque fois que cela est possible, par une harmonisation des approches et des méthodes.

Il s'agira aussi, en plus de la dimension socio-économique (filière, adoption…) et du caractère fédérateur de l'agroforesterie, de veiller à disposer d'apports plus marqués de la biométrie et de la foresterie classique (dendrométrie, sylviculture et aménagement en particulier).

Bibliographie

Clement J., 1982.
Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales.
Bois et Forêts des Tropiques, n°198 : pp. 55-74

CNRF/ISRA., 1992.
Acquis de la recherche forestière au Sénégal.

CTFT., 1988.
Faidherbia albida Del. Monographie.

Diatta M., 1994.
Mise en défens et techniques agroforestières sur la conservation de l'eau et des sols : effets sur la production primaire.
Thèse Université Strasbourg.

Fall S.T., 2003.
Arbres fourragers pour l'alimentation du bétail en Afrique sub-saharienne.
Evaluation et utilisation du potentiel.
Version provisoire. 161p.

FAO., 1980.
Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers-
Vol 2. Estimation et prévision de la production.

FAO, 2003.
Étude prospective du secteur forestier en Afrique- Rapport sous-régional Afrique de l'Ouest.

Floret C, Pontanier R, 2000.
La jachère en Afrique tropicale.
Rôle, aménagements, alternatives
(Dakar, Sénégal 13-16 avril 1999).
Paris France- John Libbey Eurotext 777p.

Floret C, Pontanier R, 2001.
La jachère en Afrique tropicale.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée.
Le point des connaissances.
Edt. John Libbey. Eurotext 339p.

ICRAF, 1997.
Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest.

Kaïre M., 1999.
La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme au Sénégal.
Thèse de Doctorat d'Université de Provence.
103 p.

Nouvellet Y, Sylla M. L,
Kassambara A., 2003.
La production de bois d'énergie dans les jachères au Mali. Bois et Forêts des Tropiques n°276, pp. 5-15.

Ouedraogo J. S., 1994.
Dynamique et fonctionnement des parcs agrofournitures traditionnels du plateau central burkinabé : influence des facteurs biophysiques et anthropiques sur la composante arborée.
Thèse Université P.M. CURIE, Paris VI.

Sall, P N., 1996.
Les parcs agroforestiers au Sénégal.
État des connaissances et perspectives.
Edt. AFRENA/ICRAF N°100.

Samba A. Nd. S., 1997.
Influence de *Cordyline pinnule* sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestiers traditionnel au Sénégal. Thèse de PHD.
D Université Laval. 186p.

Propositions de recherches complémentaires

Ch. Floret
Ex-directeur de recherche à l'IRD.
Ex-coordinateur régional du programme « Jachère ».
Adresse : BP 70. Saly Sénégal. Tél/fax : 221 339574972. Portable : 221 7764609 10

R. Duponnois
IRD. Laboratoire des symbioses tropicales & méditerranéennes (LSTM).
UMR 113 IRD/CIRAD/AGRO-M/UM2 USC INRA 1242.
Centre International de Baillarguet. Montpellier. France.
Email : Robin.Duponnois@ird.fr. +33 (0)4 67 59 38 01

Certains experts ont proposé des thèmes de recherche complémentaires dans le cadre de réponses à des appels d'offres divers. Deux réseaux de recherche sont également proposés dans les « conclusions et recommandations » du rapport.

Utilisation d'indicateurs pour le suivi du cycle culture/jachère et des effets des aménagements

L'identification et la mise au point d'outils pratiques et simples d'emploi, permettant de caractériser l'état des ressources et du fonctionnement des différents stades du cycle culture/jachère, ont été développées durant la première phase du projet et constituent un sujet de recherche à poursuivre. Ces indicateurs doivent permettre, une fois validés, d'établir facilement et rapidement, en fonction des différents âges, des diagnostics sur l'évolution des processus à suivre et l'effet des aménagements. Ces indicateurs concernent l'augmentation ou la baisse de la fertilité des sols, les dynamiques des couvertures végétales, l'enrichissement ou l'appauvrissement de la richesse spécifique tellurique et de la strate épigée, les dynamiques et adaptations aux changements de la microflore, de la mésofaune du sol (tabl. 1).

Tableau 1.
Indicateurs physiques, chimiques et biologiques
pour le suivi et la caractérisation des états du cycle culture-jachère.

Caractéristiques chimiques
– Matière organique – CEC, Bases échangeables – Phosphore Carbone – Azote (minéralisation) – C/N – Matière organique sur fractions granulométriques – pH – Feuilles et litières – Cinétique décomposition végétale
Caractéristiques physiques
– Densité apparente – PF – Courbes de retrait – Agrégation, Stabilité structurale
Caractéristiques hydriques
– Infiltrabilité – Calendrier des réserves hydriques – Indicateurs biologiques
Végétation
Végétation épigée – Composition floristique – Plantes indicatrices traditionnelles – Biomasse herbacée – Recouvrement Végétation hypogée – Biomasse racinaire – Fertilité du sol
Faune du sol
Nématodes – Inventaire – Dynamique des populations Termites – Inventaire – Activité Lombrics – Inventaire – Biomasse Macrofaune (autres) – Inventaire – Biomasse
Microflore
– Rhizobiums, mycorhizes
Activité biologique ou microbiologique
– Biomasse microbienne – Respirométrie ; minéralisation C et N

L'évolution de l'occupation des terres en relation avec l'anthropisation et l'artificialisation du milieu et l'utilisation des ressources seront également suivis.

Par ailleurs, la prise en compte des interprétations que font les ruraux concernant certains bio-signaux de leur environnement et dans la gestion de leurs ressources est un recours indispensable au suivi du changement. En effet, il faut que l'agriculteur et le décideur organisent une démarche commune du suivi de l'environnement rural, grâce à des indicateurs paysans fiables : c'est une des conditions du succès de l'appropriation des innovations lors de la transition agraire.

La recherche sur les indicateurs les plus pertinents pour le suivi des opérations de valorisation qui vont être entreprises par le projet est à poursuivre.

Effet potentiel de certains micro-organismes sur la mobilisation du phosphore pour la plante

Il est maintenant parfaitement établi que certains micro-organismes telluriques (ex : champignons mycorhiziens, rhizobia) peuvent stimuler de manière spectaculaire la croissance de plantes herbacées ou ligneuses. Par exemple, les champignons mycorhiziens améliorent la nutrition minérale de la plante hôte en favorisant plus particulièrement la nutrition phosphatée, effet d'autant plus important que le phosphore est la principale carence rencontrée dans les sols d'Afrique de l'Ouest.

D'autre part, l'un des principaux effets de la mycorhization est l'amélioration de la nutrition phosphatée de la plante hôte. Les sols ouest-africains accusent en effet une carence structurelle très marquée en phosphore assimilable, élément majeur qui conditionne les productions agricoles et forestières (Piéri, 1989). Cette carence est aggravée par le fait que dans les systèmes forestiers et agroforestiers, l'élément phosphore est concentré dans les fruits et les graines et, en l'absence de processus biologiques de fixation, dépend plus directement du niveau de phosphore de la solution du sol. On peut avoir recours à des apports de matière organique, d'engrais solubles et/ou de phosphates naturels. La quantité de matière organique recyclée dans les sols est généralement très faible et ne permet de restituer qu'environ 38 % du phosphore exporté par les cultures (Sanchez, 1995). Les engrais chimiques sont actuellement inaccessibles aux paysans principalement à cause de leur coût. Pour corriger durablement la carence en phosphore des sols, il faut envisager l'utilisation d'intrants à faibles coûts comme les phosphates naturels, ressource minérale abondante au Burkina Faso et dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest.

Les essais sur une meilleure utilisation des phosphates naturels en présence de mycorhizes sont à poursuivre. En effet, plusieurs microorganismes du sol sont

susceptibles de mobiliser les phosphates naturels. Grâce au volume de sol exploré, les champignons mycorhiziens à arbuscules sont efficaces pour l'absorption du phosphore à partir d'une solution du sol peu concentrée.

Parallèlement à ces expériences visant à démontrer l'intérêt d'utiliser ces micro-organismes, le volet « Recherche d'accompagnement » interviendra aussi afin de mettre en évidence l'impact de ces pratiques sur l'évolution du fonctionnement tellurique. Un réseau prioritaire de recherche-démonstration est proposé dans les « conclusions et recommandations » sur l'influence de ces microorganismes sur la croissance de plantes hôtes en milieu dégradé.

Nouvelles recherches en agroforesterie

L'expert agroforestier préconise de poursuivre les recherches suivantes dans le cadre de la 2e phase :

- Nouvelles recherches sur les haies vives
  Prospection et test de nouvelles espèces
  Estimation des productions ligneuses et non ligneuses des haies
  Suivi des performances des haies âgées de plus de cinq ans
- Nouvelles recherches sur la jachère améliorée
  Identification et sélection d'espèces et/ou de provenances d'arbres fertilisants
  Gestion de jachères améliorées pluri-spécifiques
  Essais d'interface (cultures, sol)
  Estimation des productions non ligneuses
  Valorisation du bois des espèces autres que *Acacia*
- Nouvelles recherches sur les banques fourragères
  Méthodes de conservation et de détoxication du fourrage
  Détermination des dates optimales de prélèvement correspondant à la meilleure qualité fourragère
  Analyses bromatologiques
- Nouvelles recherches sur les parcs agroforestiers
  Techniques et normes d'enrichissement et de diversification
  Techniques culturales et de gestion (taille…)
  Étude de quantification des productions
  Étude de la dynamique des parcs.

D'autres techniques ont donné des résultats préliminaires relativement concluants mais qui nécessitent d'être confirmés et validés en milieu paysan. Ils ont évidemment des niveaux de finalisation différents d'une technologie à une autre et d'une zone

agro-écologique à une autre, mais ont généralement trait à la gestion des technologies agroforestières monospécifiques et à la mise en place de technologies agroforestières plurispécifiques.

Le projet Jachère, qui a déjà contribué de façon significative à l'acquisition de ces connaissances, devra prolonger le travail en prenant en charge une partie de cette recherche pilotée par la demande et qui s'articule autour des thématiques prioritaires suivantes :

– estimation de la production ligneuse dans les jachères naturelles ;

– techniques et normes de mise en place de technologies à composante ligneuse plurispécifique ;

– gestion de la ressource ligneuse (dates, hauteurs et impacts des coupes) ;

– étude des interfaces (interactions positives et/ou négatives entre composantes) ;

– quantification des productions ligneuses et non ligneuses ;

– suivi de la dynamique des peuplements ;

– techniques de transfert de fertilité (bois raméal fragmenté ou broyé).

Il s'agira aussi, en plus de la dimension socio-économique (filière, adoption…) et du caractère fédérateur de l'agroforesterie, de veiller à disposer d'apports plus marqués de la biométrie et de la foresterie classique (dendrométrie, sylviculture et aménagement en particulier) parce qu'une étape vient d'être franchie.

Nouvelles recherches sur les soles fourragères et plantes de couverture

L'une des préoccupations majeures de la recherche en milieu saturé est la mise au point de techniques de production adaptables au milieu rural et peu dépendantes des engrais chimiques. Parmi ces techniques, la rotation culturale est l'une des plus utilisées pour ses nombreux avantages agronomiques. Plusieurs auteurs ont observé l'effet bénéfique des précédents de soles fourragères ou de plantes de couverture sur l'azote du sol et les rendements de la culture suivante.

Suivant l'usage qui en sera fait par les producteurs, ces jachères seront des jachères cultivées ou des soles fourragères. Dans certains cas, ces plantes améliorantes peuvent être semées dans les cultures précédentes, ce qui présente des avantages importants du point de vue de la protection des sols et des coûts d'installation. On parle alors de cultures dérobées, mais qui peuvent diminuer les rendements de la culture associée. Les systèmes de cultures sont alors permanents et il faut déterminer la meilleure rotation culturale pour le maintien des rendements sur le long terme.

Il reste à déterminer pour chaque culture le meilleur précédent cultural afin de proposer des substituts à la mise en jachère. L'objectif de la recherche est de

déterminer le précédent cultural qui permet d'obtenir de meilleurs rendements de la culture suivante sans apport ou avec un apport minimal d'engrais azoté.

La mise en œuvre de ces innovations se heurte à de nombreuses contraintes techniques ou financières, et surtout structurelles. La recherche doit surtout contribuer à tenter d'insérer ces techniques dans les systèmes agraires.

Nouvelles recherches sur les plantes de cueillette de la jachère

Même si jusqu'à présent les recherches/développement ont permis de constituer des paquets de connaissances permettant la domestication et diffusion de nombreuses espèces, il reste encore de grandes zones d'ombre nécessitant des nouveaux programmes de recherche principalement dans les domaines cités ci-dessous.

Distribution des principales espèces à l'échelle régionale

On étudiera leur distribution pour mieux comprendre leur déterminisme anthropique et écologique : mise en place d'un système d'information géographique (SIG) sur les milieux (géomorphologie, sols, formations végétales), l'occupation humaine des sols ainsi que sur la distribution des espèces.

Cette étude prend tout son sens là où subsistent encore savanes et jachères, même dégradées. L'étude ne sera pas entreprise dans les zones de culture intensive (coton) où la végétation naturelle a pratiquement disparu et où seront seulement étudiées les techniques et possibilités de réintroduction. Une recherche en réseau est proposée (*cf.* « conclusions et recommandations »).

Enquêtes complémentaires auprès des paysans et tradipraticiens sur les usages et la récolte des plantes médicinales ou alimentaires sauvages

Ces enquêtes devraient permettre la sélection des principales espèces qui posent un problème du fait de leur raréfaction. On pourra sélectionner quelques espèces citées pour leurs vertus thérapeutiques et mal connues en ce qui concerne leurs principes actifs et qui s'ajouteront à la liste donnée dans le présent rapport.

Étude de la biologie des espèces sélectionnées

En vue de leur domestication, des suivis phénologiques *in situ* et des essais de semis, levées de dormance, bouturage, greffe en stations expérimentales seront entrepris. Les équipes des pays concernés appartiennent à la recherche forestière et disposent pour cela de stations, pépinières, déjà opérationnelles.

Mettre les acquis des recherches au service du développement

Cécile Broutin
avec la collaboration de Christian Castellanet et Philippe Lavigne Delville
GRET. Campus du Jardin tropical, 45 bis avenue de la Belle Gabrielle,
94736 Nogent sur Marne cedex.
Tél. : +33 (0)1 70 91 92 00. Fax : +33 (0)1 70 91 92 01

Conditions et processus d'innovation en agriculture

Les travaux réalisés dans le cadre du programme de recherche « Jachère » ont permis d'aboutir à des propositions techniques, dont la validité agronomique a été testée en station et parfois en milieu paysan. Les équipes de chercheurs réfléchissent maintenant à leur diffusion auprès des utilisateurs potentiels et posent donc la question du *transfert* par la mise à disposition de ces résultats aux paysans et/ou aux agents de développement afin qu'ils mettent en œuvre les solutions techniques proposées.

La question de la pertinence des propositions techniques issues de la recherche et celle des conditions de changements de pratiques des paysans face à la jachère renvoient directement à la question de *l'innovation en milieu paysan* et à celle des *relations paysans/développeurs/chercheurs*. Comme les nombreux travaux de recherche sur ces thèmes l'ont montré, l'adoption et la diffusion de solutions techniques ne dépendent pas uniquement de leur pertinence agro-technique, ni de la simple mise à disposition des informations sur les solutions proposées. Ce sont des conditions nécessaires, mais non suffisantes. La connaissance actuelle des processus d'innovation en agriculture permet d'éclairer les dynamiques, moteurs et conditions de l'innovation et de formuler un certain nombre de recommandations sur les démarches et relations entre chercheurs, développeurs et paysans dans le cadre de la coproduction de référentiels.

Des dynamiques paysannes d'innovation

Innovations, inventions, emprunts, adaptations

Selon Schumpeter, repris par des auteurs ayant travaillé sur l'innovation en Afrique rurale (Yung et Bosc, 1999 ; Benz, 2002 ; etc.), l'innovation est une *combinaison nouvelle des facteurs de production*. En agriculture, ces facteurs peuvent être le capital foncier, le travail, le capital d'exploitation, l'équipement, le matériel biologique (espèces, variétés…), etc. Est innovation, dans une région donnée ou une exploitation donnée, toute nouvelle pratique impliquant une combinaison nouvelle de facteurs. L'innovation se distingue ainsi de l'expérimentation ou de l'invention : une technique essayée dans un coin par un paysan ou un chercheur n'est pas (encore) une innovation. Les thèmes techniques proposés par la recherche et le développement ne sont pas des innovations. Ce sont des propositions techniques ou organisationnelles, qui ne deviendront « innovations » que si elles sont adoptées. C'est donc bien *l'adoption effective* qui est l'enjeu clé.

Avec une définition aussi large, au sens strict, toute évolution durable des pratiques est une innovation. Darré (1996) parle ainsi « d'invention des pratiques en agriculture ». Le degré de nouveauté, les implications de l'innovation varient cependant considérablement selon les cas. On peut ainsi distinguer (Bal *et al*., 2002) :

– l'innovation simple : elle introduit peu de changement sur l'exploitation ;

– l'innovation irradiante : elle permet de résoudre un problème sectoriel et a des répercussions sur l'ensemble de l'exploitation ;

– l'innovation systémique : elle implique l'adoption simultanée de diverses techniques cohérentes entre elles. Il s'agit d'un changement majeur et général, beaucoup plus complexe et risqué que dans les deux autres cas.

ou bien (ce qui est très proche), les innovations *additives*, *modificatrices*, *transformatrices* (Lefort, 1988 ; Yung et Bosc, 1992), sachant qu'une somme d'innovations simples peut avoir des effets cumulatifs importants aboutissant à une recomposition globale : « Ce sont des petites avancées, plus ou moins visibles, dans l'efficacité matérielle et organisationnelle de la mise en œuvre des forces productives qui donnent forme au progrès technique et en ponctuent les évolutions » (Yung et Bosc, 1999).

Si les innovations simples sont fréquentes, quasiment permanentes, ce n'est pas le cas des innovations systémiques, qui entraînent une recomposition forte de l'ensemble du système. Or, lorsqu'un système de production rencontre ses limites techniques, lors de changements importants de l'environnement naturel ou économique, c'est bien ce type d'innovations systémiques/transformatrices qui est nécessaire. Les phases de passage d'un système à un autre sont souvent des phases de crise, le temps qu'un ensemble cohérent de nouvelles pratiques – si elles sont trouvées par les paysans, et si les conditions d'environnement économique et politique le leur permettent – se mettent en place. Cette lecture permet de rendre compte, pour partie, de l'opposition apparente entre les lectures boserupiennes (l'innovation permet d'intensifier et de faire face à la pression démographique) et malthusiennes (un système technique donné a une limite démographique, au-delà, c'est la crise),

qui peuvent expliquer des phases différentes des histoires agraires, voire être deux facettes d'un même processus de recomposition.

Les *sources de l'innovation sont multiples* : il y a des *inventions* (des combinaisons totalement nouvelles, en tout cas dans l'espace concerné, apparues sans référence préalable), mais aussi, très souvent, des *emprunts* : emprunts à des voisins, imitation de choses vues ailleurs lors de voyages, reprises – plus ou moins transformées – de propositions de la recherche ou du développement (propositions qui, elles-mêmes, peuvent s'inspirer ou reproduire des techniques paysannes d'une autre zone). Nombre de variétés ou de cultivars circulent ainsi *via* les réseaux familiaux, à l'occasion des voyages, fêtes, etc.

L'analyse des sources de l'innovation montre en effet des origines variées, les paysans empruntant pragmatiquement aussi bien à leurs voisins qu'à la recherche sans faire de distinction rigide entre « endogène » et « exogène ». Il ne faut cependant pas exagérer ces distinctions : certaines propositions de la recherche sont inspirées de pratiques paysannes ; certaines pratiques paysannes considérées aujourd'hui comme « endogènes » sont issues d'opérations de recherche ou de développement antérieures. Ce qui est « endogène » dans une région peut être « exogène » dans une autre. Le véritable critère d'évaluation n'est pas l'origine de la technique, mais bien sa pertinence pour apporter des améliorations effectives aux paysans, dans leur situation concrète. Il est vrai à cet égard que les techniques proposées par la recherche et le développement sont parfois trop éloignées de ces situations effectives.

Les innovations peuvent être *techniques et/ou organisationnelles*, au niveau de l'exploitation ou à un niveau collectif. Il y a souvent des liens étroits entre les deux types d'innovation. Une innovation technique peut entraîner des recompositions de l'organisation familiale ou des relations de travail (par exemple, l'adoption de la culture attelée modifie considérablement la gestion de la force de travail au sein de l'exploitation, voire ses besoins en main-d'œuvre externe). Des changements organisationnels peuvent être une condition de viabilité de l'innovation technique (par exemple, organiser et sécuriser l'approvisionnement en intrants ou en matériel végétal), ou des changements sociaux imposer une recomposition des techniques (ainsi, en région de Kayes, du fait de l'émancipation des captifs et des pénuries de main-d'œuvre qui ont suivi, le riz de bas-fond a disparu au début du XXe siècle, et a été remplacé par du sorgho de décrue).

Dans tous les cas, et quelle que soit l'origine *de l'innovation, il n'y a jamais (ou presque) adoption pure et simple*. Les modèles de la « diffusion » de l'innovation, fondés sur une lecture « épidémiologique » ou en « tache d'huile », sont au mieux des descriptions simplifiées *a posteriori*, ne rendant pas compte des *processus* à l'œuvre. Une innovation ne se diffuse pas par effet de capillarité. Elle est plus ou moins largement adoptée, au sein du ou des types d'exploitations à qui elle convient, en fonction d'une série d'autres facteurs, liés à la circulation d'information, à son intégration dans les systèmes de connaissance, à l'accessibilité des intrants, à l'acquisition de savoir-faire, etc. Au cours de ce processus, elle peut connaître des adaptations et recompositions. Comme l'explique Darré (1999) :

– il n'y a jamais simple application d'une technique d'origine extérieure à un groupe local : une adaptation est toujours nécessaire aux contextes spécifiques ;

– la mise en œuvre d'une technique nouvelle s'accompagne nécessairement d'une adaptation des idées, des façons de concevoir l'innovation et de l'évaluer.

Une technique nouvelle n'a pas de pertinence par elle-même ou d'un strict point de vue agro-technique. Elle demande des *savoir-faire*, qui sont plus ou moins complexes à acquérir et à maîtriser. Elle n'a de sens que mise en pratique par des paysans, qui sont dans des situations économiques et sociales précises, et mettent en œuvre un système de production donné (combinaison de systèmes de culture et d'élevage, grâce à une combinaison de terre, travail et capital). Elle n'a de sens que dans la mesure où elle s'intègre à ces systèmes de production, est accessible pour les paysans qui souhaitent la mettre en œuvre, leur apporte des avantages réels suffisants par rapport aux conséquences de son adoption sur le reste de l'exploitation. Dès lors, l'adoption est nécessairement indexée aux différenciations économiques (et parfois sociales), à la diversité des systèmes de production. Une technique a un « domaine de validité », en termes agronomique, mais aussi socio-économique. Elle inclut (à des degrés divers selon les cas) des coûts, des risques, auxquels tous les paysans ne peuvent pas faire face de la même façon.

Pour adapter une technique à leur situation, à leurs objectifs, à leurs moyens, les paysans transforment à leur manière – réinterprètent – les propositions techniques qui peuvent leur être faites. Cette ré-interprétation des propositions techniques procède souvent par sélection de certains éléments, au sein des paquets techniques proposés par les services d'appui. Elle peut aussi procéder par détournement, c'est-à-dire par appropriation d'un élément technique pour des raisons différentes de celles imaginées par les techniciens, mais qui répond mieux aux objectifs propres des paysans (Olivier de Sardan, 1995). C'est ainsi, par exemple, que la culture attelée, vue par les agronomes comme instrument d'intensification *via* un meilleur travail du sol, a été largement utilisée comme outil d'accroissement des surfaces par personne, et d'extensification relative (lorsque cet accroissement des surfaces et de la productivité du travail est allé de pair avec un problème de contrôle des adventices et de baisse du rendement).

Pourquoi innover ? Dans quelles logiques ?

Les innovations sont mises en œuvre par les paysans pour répondre à certains problèmes et contraintes, ou profiter de nouvelles opportunités. Yung et Bosc (1992 ; 1999 : 152) distinguent ainsi :

– les stratégies défensives, correspondant à « des réponses aux défis du milieu, dans une optique de diminution des risques encourus et dans une perspective dominante de sécurisation alimentaire et plus largement de défense des modes et des niveaux de vie existants » ;

– les stratégies offensives, « dont les objectifs principaux sont focalisés sur la croissance économique et l'accumulation ».

La production agricole n'est pas une fin en soi pour les paysans. C'est un moyen pour assurer des objectifs plus larges, de reproduction économique et sociale de la famille et de trajectoire économique et sociale du chef d'exploitation (Ancey, 1975 ; Lavigne Delville, 1991) : assurer l'alimentation du groupe, garantir un niveau

minimum de revenu, permettre une accumulation de biens, conserver ou étendre le patrimoine foncier, favoriser une insertion urbaine de ses enfants, entretenir des réseaux de clientèle (ou au contraire, s'inscrire dans des réseaux de dépendance, garanties d'une certaine « sécurité » économique), etc.

Les stratégies des producteurs sont donc plus larges que les classiques objectifs de maximisation de la productivité du travail et de minimisation des risques (Chauveau, 1997), même si ceux-ci restent essentiels à la compréhension des stratégies de production.

En économie paysanne, comme Tchayanov l'a montré, c'est la productivité du travail (la rémunération du travail, lorsque la culture est commercialisée) qui détermine le revenu de l'exploitation. Dans un jeu de contraintes (en terre, en travail, en équipement, en trésorerie, etc.), les paysans tentent de combiner au mieux (ou au moins mal) les facteurs de production dont ils disposent pour optimiser le résultat global (Dufumier, 1984). La logique d'ensemble du système de production et les contraintes en facteurs de production (en main-d'œuvre, en équipement, en trésorerie, en terre, en accès aux intrants) peuvent interdire ou rendre non rentables les pratiques qui seraient optimales sur telle ou telle culture prise isolément (Lavigne Delville, 1996). En situation de risque (agro-climatique, économique, institutionnel), sécuriser la production, éviter de perdre la production sont des enjeux essentiels : mieux vaut un rendement moyen plus faible, si cela évite des années catastrophiques, dont les conséquences (décapitalisation, endettement, dépendance sociale, voire disette effective) sont dramatiques et de long terme. Cela est encore plus vrai dans les itinéraires techniques intensifs, impliquant des dépenses d'intrants.

On voit donc que *l'innovation ne va pas toujours dans le sens de l'intensification.* Lorsque la terre est disponible, lorsque les alternatives d'affectation de la main-d'œuvre sont plus rentables, lorsque les risques sont élevés, les pratiques (comparativement) extensives sont fréquemment la stratégie la plus efficace pour les paysans. À système technique constant, l'intensification par le travail, accroissant la productivité de la terre par un meilleur soin aux cultures, se fait souvent au prix d'une baisse de productivité du travail (Boserup, 1970) à laquelle les paysans vont bien naturellement tenter d'échapper par des alternatives (mise en culture de terres marginales, migrations saisonnières, revenus extra-agricoles) ou – lorsqu'elles sont possibles – par des innovations permettant de coupler gains de productivité de la terre et du travail (changement de matériel végétal, meilleure intégration agriculture-élevage, saut technologique, etc.). L'intensification par les intrants demande des débouchés assurés et rémunérateurs, des aléas limités, un accès effectif aux intrants (Lavigne Delville, 1998b). On observe ainsi dans les pays du Sahel des trajectoires contrastées (Milleville et Serpantié, 1999 ; Lavigne Delville, 1997 ; Raynaut dir, 1997 ; etc.).

Bien plus, les revenus extra-agricoles, les migrations saisonnières, deviennent des éléments importants voire déterminants, de l'économie familiale. Avec les migrations agricoles, les patrimoines familiaux peuvent s'étendre sur plusieurs espaces (le pays sereer et les terres neuves au Sénégal ; le Yatenga, l'Ouest burkinabé au Burkina et la Côte d'Ivoire : Breusers, 1999). C'est *donc en termes de système d'activité* (Paul *et al.,* 1994) *incluant la migration, et non seulement de système de production, qu'il*

faut raisonner les choix d'affectation de la main-d'œuvre familiale et d'utilisation des ressources financières, et plus largement les stratégies de production.

Analyser l'innovation dans cette perspective permet de préciser les logiques de production des différents types d'exploitants, et de poser des hypothèses sur les thèmes susceptibles de les intéresser et d'être accessibles. C'est au sein de ces objectifs, qui sont différents en fonction des conditions socio-économiques des exploitants dans une région donnée, que peuvent se comprendre un certain nombre de réactions, et en particulier des rejets d'innovations apparemment pertinentes :

– des techniques jugées pertinentes d'un point de vue agro-technique peuvent être non rentables dans les conditions de prix offertes aux paysans, ou ont des résultats trop variables d'une année sur l'autre pour être acceptables ;

– du point de vue du système de production, la priorité donnée à certaines productions (du fait de leur enjeu stratégique ou des contraintes culturales) limite la capacité d'investissement (en travail et/ou en intrants) dans les autres ;

– un certain nombre de producteurs n'ont pas les ressources suffisantes pour pouvoir mettre en œuvre des techniques qui nécessitent des investissements en trésorerie ou en main-d'œuvre qui peuvent paraître faibles dans l'absolu, mais sont conséquents pour eux ; ils peuvent souvent être en situation « sub-optimale », y compris par rapport aux techniques disponibles localement ;

– certaines innovations remettent en jeu des éléments jugés majeurs de la société locale (contrôle foncier de certains, contrôle de la force de travail des jeunes, etc.) et sont donc jugées non recevables ou ayant un coût social trop important.

Selon les cas, les innovations pertinentes peuvent permettre de :

– tirer parti d'une nouvelle opportunité (nouveau marché, nouveaux débouchés, meilleurs prix sur telle ou telle culture) ;

– faire face à des contraintes nouvelles ou qui se durcissent (baisse des prix sur une culture et report sur une autre, changements de techniques pour améliorer la productivité et conserver la rémunération du travail, intensifier sur des espaces qui se réduisent, etc.) ;

– optimiser l'usage des ressources de l'exploitation, par une meilleure valorisation (selon les cas) du travail, de la terre ou des moyens financiers disponibles, etc.

Globalement (et plus encore lorsque les paysans sont en logique défensive), tout ce qui permet d'accroître la productivité du travail à un coût raisonnable ; de réduire des risques et des aléas ; d'améliorer la gestion de l'économie familiale (mieux répartir le travail dans l'année et lisser les pointes de travail ; assurer une disponibilité alimentaire suffisante et étalée dans le temps, réduisant les risques de soudure ; assurer des revenus monétaires réguliers, en des rentrées d'argent aux moments des grosses dépenses, etc.) est *a priori* susceptible d'intéresser les paysans, pour autant que l'impact soit réel et suffisant.

Dans leur étude des dynamiques d'innovation au Sahel, Bosc et Yung (1992) montrent que le refus des innovations « additives » (nouvelle variété, nouveau traitement, protection sanitaire), jugées de faisabilité aisée (peu coûteuses et compatibles avec les formes d'organisation du travail) est essentiellement lié à l'absence d'intérêt économique des producteurs à leur égard. L'adoption est le plus souvent motivée par le souci de sécurisation des productions et/ou du capital vis-à-vis des aléas, quelle

que soit sa forme (préoccupations dominantes des producteurs sahéliens qui vivent dans un milieu particulièrement difficile). Il en est de même pour les innovations modificatives peu coûteuses. Pour les innovations modificatrices, à coûts élevés, le refus est motivé par la prudence économique (prise de risque et exigences monétaires nécessaires à leur mise en œuvre jugée trop importantes – cas de productions non ou faiblement monétarisées ou économiquement risquées) et par des conditions de faisabilité trop ardues (inadaptation technique, formes de travail, etc.). Les conditions d'adoption sont plus variées, mais l'existence de filières économiques fiables semblent jouer un rôle important : existence de débouchés monétaires, crédit, une certaine sécurisation des débouchés.

Pour qu'une proposition ait toutes les chances de susciter l'intérêt des agriculteurs et d'entraîner un mouvement durable et large de diffusion, elle doit à la fois concilier efficacité technique et prise de risque tolérable. Une technique systémique, exigeante en moyens, demande le plus souvent un environnement institutionnel et économique incitatif (accès au crédit, débouchés monétaires et suffisamment rémunérateurs et sécurisés).

Les conditions de l'innovation

Outre ces critères agro-économiques, l'innovation est socialement indexée. Tous les producteurs n'ont pas la même capacité à innover.

Capacité financière, pour assumer les coûts de techniques nouvelles, les risques liés aux essais ou aux apprentissages de savoir-faire. Le coût de mise en œuvre des propositions techniques est trop souvent sous-estimé par les projets de développement.

Statut social et foncier. S'il est faux de dire que les droits fonciers coutumiers sont un frein à l'intensification, les paysans considérés comme « étrangers », les jeunes, peuvent être dans un statut foncier qui ne favorise pas, voire empêche, certaines pratiques : interdiction de planter des arbres, droits d'exploitation précaire avec risque de se voir retirer la parcelle si des améliorations sont faites.

Réseaux de relations donnant accès aux informations, permettant d'observer des choses nouvelles en voyageant, d'avoir accès à des débouchés ou des intrants.

Légitimité sociale à le faire aussi.

Les pratiques agricoles ne sont en effet pas seulement techniques. Elles renvoient à *des systèmes de savoir et de connaissances*, à la façon dont les paysans interprètent les mécanismes en jeu et les effets attendus. La compréhension des systèmes de connaissances paysans ou du moins l'identification des raisons des pratiques observées, la façon dont les paysans qui les mettent en œuvre les expliquent et les interprètent (Röling 1991 ; Darré, 1996 ; Olivier de Sardan, 1991) sont importantes pour comprendre les réactions par rapport à l'innovation. Une proposition technique cohérente d'un point de vue scientifique peut sembler incongrue aux paysans si leurs représentations des mécanismes en jeu sont fondées sur des bases totalement différentes. Ce qui peut être le cas, lorsqu'ils ont une connaissance partielle et en partie fausse de mécanismes agronomiques (en particulier, de processus invisibles), mais aussi lorsque l'interprétation scientifique est fondée sur des modèles simplifiés, ou ne prend pas en compte certains facteurs qui sont déterminants en situation paysanne.

Les pratiques renvoient aussi à des *normes techniques*, sur ce qui se fait ou ne se fait pas, partagées plus ou moins au sein d'un ensemble d'acteurs en interactions. Certaines innovations, qui s'opposent à ces normes, peuvent être difficiles, pour des acteurs qui ne sont pas en position sociale dominante, et susciter – au départ tout au moins – moquerie ou mise à l'écart.

Enfin, les pratiques agricoles s'exercent au sein d'un *ensemble de règles et de droits qui régissent l'accès à la terre et aux ressources, et les modes d'exploitation*. Un agriculteur ne peut cultiver que des terres sur lesquelles il a des droits, ou sur lesquelles il a négocié un droit d'exploitation. Ce qu'il peut ou ne peut pas faire dépend de ces règles foncières (au sens large), sachant que ces règles sont évolutives, qu'elles sont parfois transgressées (Lavigne Delville, 1998a ; 2001). Ainsi, on peut penser que le principe de libre accès au droit de cueillette sur les jachères va se trouver en opposition avec les logiques d'amélioration des jachères (par investissement en travail, enrichissement biologique, etc.).

Des innovations systémiques, impliquant un changement dans l'usage des ressources avec des conséquences sur l'ensemble des acteurs, peuvent être impossibles tant que l'idée n'a pas fait son chemin, que la rupture avec ces règles ne devient pas pensable, que de nouvelles règles n'ont pas été explicitement négociées. Ou tant que des acteurs dominants ne l'ont pas adoptée, transgressant ces règles et autorisant ainsi implicitement les autres à le faire. C'est ainsi que les techniques d'embocagement aux Comores ont été d'abord mises en place par des notables avant de se généraliser, et non par ceux qui, du fait de leur contrainte foncière, auraient pu être les plus intéressés d'un point de vue agro-économique (Sibelet et Pillot, 1995).

Aucun de ces facteurs n'est strictement déterminant : on peut aider les producteurs à innover (cf. ci-dessous) ; les représentations et normes professionnelles évoluent ; les règles foncières s'adaptent ou se transgressent, ouvrant la porte à leur renégociation. Ils peuvent néanmoins jouer un rôle significatif, au moins dans un premier temps, qu'il est important d'identifier et de travailler.

Enfin, en fonction des contextes régionaux, de la proximité des villes et des réseaux de communication, de la connexion aux marchés, les dynamiques peuvent être très différentes. Des contraintes qui se font sentir sans être trop violentes, des opportunités d'ouverture et d'accès à l'information, des opportunités économiques réelles sont autant de facteurs favorables. Ainsi, la remarquable dynamique d'intensification dans les Machakos, au Kenya, qui a vu en 30 ans la population tripler, la productivité de la terre quadrupler et la productivité du travail quintupler, inversant une logique de surpeuplement et d'érosion (Tiffen, 1998) est-elle due à une combinaison de pression démographique, d'ouverture de marchés grâce à une route, de changements techniques (les terrasses, les plantations d'arbres), engageant un cercle vertueux.

Le rôle de la recherche et du développement, les relations entre « praticiens » et « techniciens »

Ces lectures des processus d'innovation mettent au cœur les agriculteurs, en tant qu'acteurs raisonnant leurs choix, en fonction de leurs situations concrètes, objectifs, intérêts et contraintes. Elles mettent l'accent sur les *processus* d'évolution des agricultures, sur les *raisons* qu'ont les paysans de conserver ou de faire évoluer telle ou

telle pratique. Comme tout « praticien », tout acteur qui a une pratique professionnelle, fondée sur une expérience, ils disposent de savoirs, de savoir-faire, d'expériences, fondés sur des connaissances plus ou moins partagées au sein du ou des groupe(s) social(ux) dont ils font partie, enrichis par une accumulation d'observations et d'années d'expérience, par une connaissance en général fine de l'écosystème et de ses réactions. Alors même que n'importe quelle étude de terrain prenant le soin de s'intéresser à l'histoire des systèmes de production et d'écouter les paysans parler de leurs pratiques montre l'ampleur des changements vécus par les agriculteurs et la somme d'innovations qui ont eu lieu dans les dernières décennies, il est frappant de voir à quel point l'image de situations bloquées, de techniques « peu adaptées », persiste dans le monde du développement et de la recherche agronomique. Il y a là un paradoxe sur lequel il est nécessaire d'insister.

L'efficience trop limitée de la recherche en termes de développement

Le paradigme de la recherche agronomique s'est historiquement fondé sur une approche agro-technique, essentiellement orientée vers un modèle d'agriculture permanente et intensive. Il s'agit de trouver, d'abord en station, des réponses techniques permettant d'accroître la productivité, puis d'en organiser le transfert vers les paysans. Ce type d'approche présuppose une vision linéaire de la recherche aux paysans, *via* les appareils d'encadrement, et une vision technicienne de l'innovation, où la capacité d'une technique donnée à améliorer les rendements est censée suffire à assurer sa pertinence et donc sa diffusion, pour peu que les informations adéquates soient données aux producteurs, ou que l'on sache les convaincre de « là où est leur intérêt ».

Une telle approche, qui a fondé une partie du « progrès technique » dans l'Europe agricole et du succès (partiel, mais réel) de la Révolution verte, n'a en fait de chances de marcher que dans des conditions très particulières, dans des milieux agro-climatiques favorables, un environnement économique porteur et sécurisé, des producteurs qui ont intérêt et ont la capacité à investir dans des techniques plus exigeantes en capital et en trésorerie (et donc le plus souvent la frange la plus riche de la paysannerie, pour autant que les conditions ci-dessus soient réunies). Or de telles régions sont, à l'échelle des agricultures familiales du monde, réduites. En dehors de ces zones, de telles approches ont rencontré des échecs cuisants, ou des succès très partiels, ne touchant qu'une infime portion des producteurs et contribuant à des processus d'exclusion.

Même dans les zones plutôt favorables, des déficiences dans l'environnement économique (risques sur les débouchés, impossibilité d'avoir accès à du crédit à un coût raisonnable, inaccessibilité effective des intrants, etc.), des stratégies des producteurs non orientées vers la maximisation du rendement, des systèmes fonciers insécurisants ne permettant pas aux producteurs d'investir sur des parcelles qu'ils ne possèdent pas peuvent limiter l'impact de tels messages techniques. Du fait de cette logique, la recherche et le développement ont du mal à prendre en compte les critères de jugement des paysans, à prendre la mesure de leurs contraintes de capital et de trésorerie, et à proposer des techniques qui soient à la portée du plus grand nombre. Bien plus, le choix même des critères autour desquels organiser la recherche

thématique a toutes les chances d'être peu ou pas adapté, comme le montre l'exemple classique (mais hélas pas encore vraiment obsolète) des variétés sélectionnées sur de seuls critères de rendement (ou de résistance à une maladie donnée), alors que le goût, la facilité de cuisson, la conservation, la tenue des grains dans les épis, etc. peuvent se révéler des paramètres essentiels. Plus fondamentalement, ce type d'approche repose sur une image simplifiée des processus d'innovation, et plus largement de ce qu'est la pratique agricole, qui explique une bonne partie des échecs et incompréhensions.

Pour une part, les échecs récurrents de la recherche et du développement tiennent à un environnement économique, politique et institutionnel défavorable, qui fait peser des contraintes fortes sur les producteurs et ne leur permettent pas d'investir, d'accroître leur productivité. Pour une autre part, ils tiennent à une inadaptation des propositions techniques aux situations réelles des producteurs, à leurs logiques et capacités. Les nombreux processus de réappropriation d'innovation par démantèlement de paquets techniques sont exemplaires de cela : c'est seulement en piochant des bouts de solutions, en triant, en recomposant, que les paysans peuvent tirer parti de ces propositions, processus d'autant plus hasardeux et peu efficient que la distance entre les propositions techniques et les situations concrètes des producteurs est plus grande.

Il ne faut pas pour autant caricaturer. Une partie des échecs apparents ne tient pas tant à l'inexistence ou la non-pertinence des propositions qu'à des carences flagrantes de l'environnement institutionnel, qui font que les semences améliorées appréciées ne sortent pas des stations, que le matériel vulgarisé n'est plus accessible à la fin du projet, que même l'accès aux 20 kg/ha d'engrais qui seraient rentables est difficile, voire impossible en dehors des zones de cultures de rente. D'autre part, ces « échecs » eux-mêmes sont à nuancer. Fut-ce *via* des adoptions sélectives, un certain nombre de techniques aujourd'hui généralisées viennent de la recherche. Des variétés qui circulent aujourd'hui de paysan à paysan sont issues de programmes de sélection antérieurs, qui ont si bien réussi qu'elles sont désormais incorporées au stock « paysan » de variétés. Les échecs d'un moment peuvent semer les germes d'innovations futures, comme ce projet d'intensification fourragère aux Comores, échec cuisant, qui a néanmoins laissé les traces sur lesquelles les paysans ont « inventé » l'embocagement et la stabulation (Sibelet et Pillot, 1995).

Il n'en demeure pas moins qu'une série d'efforts ont été engagés, avec plus ou moins de succès, pour des démarches plus proches des réalités paysannes et plus efficaces, tant pour faire face aux défis des zones « difficiles » que pour une poursuite des progrès dans les zones de Révolution verte, une fois « saturés » les gains de productivité rendus possibles par le changement variétal, et enfin, d'un point de vue éthique, sur la base d'une vision plus réaliste des paysans. C'est tout *l'enjeu des approches qui cherchent à se fonder sur une meilleure compréhension des systèmes agraires et des stratégies des producteurs, et à organiser un dialogue avec eux sur la définition même des thèmes techniques.*

Mais au-delà des discours sur la participation, sur la nécessité de mettre « les paysans d'abord », ces approches se heurtent à des difficultés et des réticences qu'il semble important de bien identifier.

Processus et performances : des innovations « invisibles »

Si l'agriculture au Sahel – et plus largement en Afrique – évoque le plus souvent des images négatives d'immobilisme, d'évolution lente, si les performances globales demeurent faibles, si de nombreux chercheurs thématiques continuent à parler des techniques archaïques et peu productives des paysans, tous les travaux qui sont partis d'une analyse empirique des pratiques et de leurs dynamiques soulignent les évolutions marquantes des systèmes agraires et les nombreuses innovations qui les ont scandées. Il existe, comme le soulignent Yung et Bosc (1992), un mouvement d'innovation au Sahel. La différence de perception entre une lecture « par les performances ou par les processus » (Chauveau, 1995) est spectaculaire.

De fait, les innovations paysannes ne sont pas toujours spectaculaires, en tout cas au regard du référentiel technique implicite de la majorité des agronomes : une culture permanente et intensive. Dans un contexte de risques agro-climatiques élevés, d'environnement économique et institutionnel défavorable, elles relèvent plus de « stratégies défensives » qu'offensives, encore que des processus d'intensification spectaculaires aient lieu, sur le coton, en irrigation, en maraîchage. Elles se fondent plus sur des investissements en travail que sur du capital et de l'équipement, n'ont pas nécessairement porté sur les thèmes qui ont focalisé l'attention des chercheurs et des développeurs. Elles ont été considérées comme « traditionnelles » par des observateurs parce que ne venant pas directement de la recherche, alors même qu'il s'agissait de choses nouvelles, dans une région donnée. Même lorsqu'elles se sont intéressées aux pratiques paysannes et aux systèmes de production, les recherches-système en agriculture n'ont pas toujours perçu à leur juste valeur les processus locaux d'innovation. Focalisées sur une analyse systémique à l'instant « t », sans suffisamment de recul historique, et sur des trajectoires techniques « classiques », elles sont parfois passées à côté de processus majeurs, qui se déroulaient à la marge ou sur des trajectoires qu'elles ne savaient pas voir.

Savoirs technico-scientifiques et savoirs pratiques

Une des sources d'incompréhension tient à la différence de nature entre ces types de savoirs (Olivier de Sardan, 1991). Les savoirs technico-scientifiques sont construits sur une base disciplinaire, se fondent sur une série de résultats obtenus en isolant les autres paramètres, en réduisant la complexité pour mettre en évidence certains mécanismes. Ils visent à généraliser en faisant fi des variations locales. Du coup, ils sont nécessairement simplificateurs, face à des réalités complexes auxquelles les « praticiens » sont nécessairement confrontés et avec lesquelles ils doivent apprendre à composer. Les savoirs pratiques sont, au contraire, nécessairement à la fois très contextualisés (et parfois difficilement généralisables), et très globaux, pluri-facteurs, dans les mécanismes explicatifs. Ils sont fondés sur la répétition d'observations interprétées grâce à une « théorie » implicite, ils sont « pratiques » autant sinon plus qu'explicités, quand les savoirs scientifiques se fondent sur la répétition d'expériences contrôlées et sont formalisés. Les uns et les autres ont leur valeur et leurs modes de validation (le fait de réussir sa récolte malgré les risques et les aléas étant un mode puissant de sanction par le réel !).

Bien sûr, il s'agit de simplifications : les paysans savent expérimenter, essayer, observer, même si ce n'est pas selon des « protocoles » stricts. Les scientifiques

savent aussi observer, mettre en perspective. Mais il n'en demeure pas moins une différence de nature qui complique le dialogue dès lors qu'on n'en a pas conscience.

Les problèmes de langage, de façon d'exprimer les choses et de langue de communication viennent ajouter des barrières supplémentaires (Scoones et Thompson eds, 1999) : les chercheurs à qui on demande de restituer leurs travaux en bambara sont souvent aussi (sinon plus) démunis et frustrés dans leur incapacité à transmettre ce qu'ils ont à dire que des paysans que l'on oblige à s'exprimer en français ou dans une langue véhiculaire qui n'est pas la leur.

La position sociale des chercheurs et les rapports institutionnels

Chercheurs et développeurs font partie des élites urbaines, ayant suivi de longues études, ils sont en position sociale dominante. Face à cela, dans un contexte où la connaissance universitaire est censée donner la seule connaissance valable, où les élites urbaines tendent à vouloir « montrer la voie du progrès » à des paysans explicitement ou implicitement considérés comme « attardés », où l'expérience historique que les paysans ont de l'État et du développement ressemble plus à des tentatives récurrentes pour imposer des façons de faire, pas toujours pertinentes, qu'à un dialogue constructif et respectueux, il n'est pas étonnant que l'attitude des paysans soit une attitude de réserve et de prudence, qui ne s'estompe pas en un clin d'œil (Cochet, 2002). D'autant plus que les logiques institutionnelles de la recherche – ce qui est en partie logique – et celles du développement – ce qui l'est beaucoup moins ! – ne sont pas vraiment celles d'une efficacité et d'une qualité du travail pour les paysans.

Comme le soulignent Albaladejo et Casablanca (1995), les discours des chercheurs et des agents de développement indiquent, de plus en plus, une volonté d'associer les paysans à la production de connaissances et non simplement à la définition des objets ou à la mise en œuvre des actions, mais les pratiques évoluent peu. Cela est en partie lié à une faible reconnaissance des savoirs et savoir-faire paysans (sans les surestimer) qui peut être perçue comme une remise en cause ou une contestation du savoir des techniciens et des chercheurs et donc de leurs statuts sociaux (Long ed, 1989 ; Long et Villareal, 1994 ; Merril-Strand et Collon, 1993). Dès lors, « modifier les représentations des savoirs des agriculteurs » est bien « un préalable à la participation » (*idem*), au même titre qu'une évolution des rapports institutionnels, qui sont souvent des conditions à des modes de relation renouvelés (Lavigne Delville et Mathieu 2000).

Appuyer les dynamiques paysannes d'innovation

Dès lors que l'on reconnaît les capacités paysannes d'innovation, et la légitimité de leurs savoirs pratiques, la question n'est plus du « transfert » de techniques censées avoir une validité intrinsèque, mais d'appuyer ces capacités paysannes d'innovation (Bentz, 2002). Ainsi, le rôle du développement consiste non pas à transférer des techniques issues de la recherche, mais à proposer aux paysans, en fonction de leur situation et des problèmes qu'ils formulent, un éventail d'options susceptibles d'apporter des réponses. Éventail d'options qui sont à tester en situation, pour en

vérifier la pertinence et/ou travailler avec les paysans à les adapter à leur système productif. Plusieurs ouvrages développent l'idée de paysans expérimentateurs (ou « chercheurs aux pieds nus ») (Enda graf, 1996 ; Chambers *et al*., 1994 ; voir aussi les ouvrages « Diobass » de la série pouvoirs et initiatives paysannes, Enda graf, 1991,1995 et ceux publiés par Terre et Vie ; Dupriez et de Leener, 1993).

Certains tenants de cette approche (Gupta, in Chambers *et al*., 1990 ; Humphries *et al.,* 2000) insistent sur la nécessité de faire le lien entre pratiques paysannes et méthode scientifique. La science doit être transférée à l'agriculteur et non pas la technique, de manière à ce qu'il connaisse le pourquoi des choses et qu'il soit mieux à même d'améliorer sa pratique.

Cela nécessite que les chercheurs et développeurs adoptent de nouvelles démarches, qu'ils s'engagent dans une remise en cause de leurs représentations, de leurs conceptions techniques en les « comparant » à celles des paysans, aux logiques techniques locales, aux réseaux et relations dans les dynamiques d'évolution. Ils doivent être capables de se distancier de leurs propres grilles d'analyse, de comprendre les logiques des pratiques paysannes, de resituer leur compétence spécifique et disciplinaire dans ces logiques. Ce changement d'attitude concerne également les paysans, qui ont parfois du mal à sortir des représentations qu'ils subissent, liées au modèle de domination et qui fait qu'ils partagent certaines visions dévalorisantes de leurs propres savoirs.

C'est dans cette exigence de participation, dans ce dialogue approfondi, qu'on peut identifier les thèmes de travail pertinents et la façon de les tester, à partir d'idées qui peuvent venir des uns et des autres, en « luttant » contre la tendance naturelle des techniciens à mettre en avant l'expertise externe, mais sans pour autant idéaliser les savoirs locaux, sous-estimer les différenciations locales, surestimer les capacités locales, abandonner toute référence à un savoir-faire propre d'agronome quand bien même il ne se superpose pas exactement – et c'est normal – avec ceux des paysans.

L'objectif général est donc de coproduire avec les paysans des référentiels pertinents dans une zone donnée, en s'appuyant sur des sources d'idées multiples, propositions techniques de la recherche et innovations des paysans, en travaillant avec les paysans à en tester la pertinence et à les faire évoluer, si nécessaire, pour une meilleure adéquation.

Un certain nombre de principes méthodologiques s'imposent pour cela (Mercoiret, 1993 ; Lavigne Delville, 1996 ; Bentz, 2002 ; Bal, 2002 ; Cornwall *et al.,* 1994 ; Floquet *et al*., 1997).

Partir des intérêts et des problèmes perçus par les paysans, chercher des portes d'entrée

Partir des intérêts des paysans, de « portes d'entrée » qui les intéressent ou constituent des solutions, au moins potentielles, à leurs problèmes, est une façon de démarrer, même si ces premiers thèmes ne sont pas totalement pertinents : leur évaluation permettra de faire avancer la réflexion et de préciser les attentes.

Face à la décision d'innover, le producteur effectue un arbitrage entre les avantages et les inconvénients de ses pratiques actuelles et de solutions nouvelles possibles (les

arguments de la prise de décision sont plus ou moins conscients et explicites mais ne demandent qu'à s'exprimer). Cet arbitrage est réalisé en fonction de ses besoins sociaux ou économiques (intérêts) et de l'appréciation qu'il se fait des conditions de faisabilité de l'innovation qui peut lui paraître plus ou moins aisée ou ardue, plus ou moins sécurisante ou risquée. Les producteurs font donc des choix raisonnés au sein des propositions techniques, en fonction de leur motivation (liée à un intérêt pour le producteur par rapport à ces objectifs), des conditions de faisabilité des pratiques alternatives qui renvoient aux implications de la mise en œuvre de l'innovation, notamment en termes de risque, de coût, d'organisation du travail, d'accès au marché, etc.

Débattre de ces critères de choix, autour de tests et de situations concrètes, est une façon d'approfondir la compréhension des logiques des paysans avec qui on travaille, et d'être progressivement plus pertinent dans les propositions. Cela demande de travailler et dialoguer à partir des concepts des paysans, de leurs indicateurs, de leurs termes.

Travailler avec des groupes d'intérêt

Travailler avec des groupes d'intérêt a l'avantage d'éviter de postuler un intérêt unanime et partagé, et de dialoguer de façon plus étroite avec des producteurs motivés. Vu la diversité des exploitations, il est possible (voire probable) que les centres d'intérêt soient très divers, voire contradictoires. Il est parfois nécessaire d'arbitrer sur des entrées qui intéressent le plus grand nombre, qui répondent à des enjeux multiples (environnementaux et économiques, par exemple). Il est aussi possible de travailler en parallèle avec différents groupes d'intérêt, réunis autour d'une même entrée technique (Lamballe *et al*., 2002). Sur un même thème, il peut être utile de travailler sur une gamme de techniques, correspondant à différentes capacités des exploitations.

Le travail en groupe, outre qu'il complète une relation individuelle, souvent impossible à réaliser de façon suivie, permet également un dialogue plus riche, entre paysans, sur les avantages et inconvénients des techniques testées, sur les pistes d'amélioration ou d'idées nouvelles. De préférence, le groupe se rapprochera des « groupes professionnels locaux » (Darré, 1999), qui se caractérisent par une activité semblable des membres, la possibilité habituelle de dialogue, la connaissance des limites du groupe et de sa propre situation dans le groupe, et qui sont le lieu privilégié des systèmes de normes locales. Le dialogue au sein du groupe permet ainsi une évolution parallèle des savoirs locaux et des représentations. Darré propose, à partir de l'identification de ces groupes locaux (fonctionnement limite, réseaux de dialogue), de tester des moyens et formes de relations entre développeurs et agriculteurs susceptibles d'éviter les effets, inévitablement sélectifs, des méthodes habituelles de développement.

Travailler et éviter l'attitude classique d'offreur de solutions, inhérente à la formation technique, pour se mettre dans une posture « d'aide méthodologique » (Darré, 1999 ; Ruault, 1996) à l'identification des problèmes et des solutions demande un apprentissage spécifique (Ruault, 1996) et des savoir-faire de dynamique de groupe. Il peut être utile, voire indispensable, d'avoir une « division du travail » entre des

personnes qui assurent d'abord cette fonction et des apports de spécialistes, mobilisés lorsque le besoin s'en fait sentir.

Élargir l'accès à l'information

L'information sur ce qui existe, la connaissance d'une gamme diversifiée de situations, la compréhension des processus techniques en jeu sont autant de moyens de développer les capacités d'innovation. Il faut veiller à permettre un accès autonome des paysans à un référentiel élargi : visites chez des agriculteurs innovants, ou dans des régions qui sont « en avance » du point de vue de la dynamique du système, visites dans des projets voisins travaillant sur ces thèmes, explications pédagogiques de processus invisibles sont autant de stratégies nécessaires. « Un voir vaut mieux que cent dire », disent les paysans vietnamiens. Les échanges « de paysan à paysan », les visites de situations concrètes, permettant aux paysans de voir et de discuter avec leurs collègues paysans des avantages et inconvénients de telle ou telle pratique, sont mille fois plus riches que les informations données par les techniciens.

Une fois des solutions à peu près validées, travailler la stratégie de communication est nécessaire, en utilisant tant les circuits locaux de circulation de l'information technique (que l'on connaît très mal en Afrique et qui mériteraient des recherches spécifiques) que les lieux de rencontre (marchés, etc.), les organisations paysannes, les radios rurales, les fiches pédagogiques, etc.

Tester des idées multiples, potentiellement intéressantes

À partir des intérêts et des enjeux tels que le diagnostic externe et le dialogue avec les producteurs les révèlent, on identifie en commun des problèmes et des pistes de réponses, celles-ci pouvant venir sans aucune exclusive des idées des paysans, de choses vues ailleurs, de résultats de recherche, etc. En particulier, il est important d'identifier « l'offre » de la recherche potentiellement pertinente, et de la présenter de façon pédagogique et questionnante, en discutant de son intérêt potentiel et des contraintes qu'y voient les paysans, et non en termes de « technique à vendre ».

Ces idées peuvent alors faire l'objet de tests simples en milieu paysan avec des protocoles simples, lisibles pour les paysans, faisant l'objet d'une analyse conjointe, permettant d'abandonner une piste, d'en reformuler une autre, d'en approfondir une troisième, de façon itérative.

Travailler en parallèle les innovations techniques et les innovations institutionnelles

Comme on l'a vu, il y a des liens fréquents entre ces deux types d'innovations. Il faut être prêts à travailler sur les deux fronts, des innovations institutionnelles (dans les règles du jeu) ou organisationnelles peuvent être nécessaires, voire préalables. Dès lors que l'innovation demande des intrants ou du matériel végétal spécifique, organiser et sécuriser l'approvisionnement amont est nécessaire. Bien souvent, ce n'est pas la mise au point de la technique qui pose problème, c'est l'absence du minimum d'environnement institutionnel (crédit, approvisionnement en semences ou plants, etc.).

Limiter le risque et le coût de l'innovation

L'innovation est par essence synonyme de risque, et renvoie à un pari sur la réussite de l'innovation. Ce pari sera d'autant plus risqué qu'il nécessite des grandes modifications des pratiques et que les coûts de mise en œuvre sont élevés. La contrepartie du risque doit être forte, « motivante ». C'est-à-dire que le paysan doit percevoir un avantage significatif dans la proposition technique, le motivant pour l'amener à remettre en cause des solutions techniques actuelles qui ont fait leur preuve pour tenter d'autres solutions qui devront le faire.

Mais bien des techniques proposées sont en pratique hors de portée matérielle des paysans, qui font face à des contraintes de revenu et de trésoreries importantes. Veiller à réduire le risque et le coût des techniques testées est une façon de favoriser leur appropriation par une large gamme de paysans. Travailler sur l'environnement institutionnel (approvisionnement, débouchés, crédit) peut être une condition d'innovation.

Pour les premiers temps, lorsque les paysans qui expérimentent n'ont pas encore de vision claire des apports de la technique, une subvention partielle peut être une façon de réduire le coût et le risque de l'expérimentation.

De même, pendant les tests réalisés dans le cadre des actions, il est logique de prévoir d'indemniser les paysans qui mettent en œuvre les tests, ou au moins (pour éviter les effets pervers de subventions) de leur garantir une compensation du manque à gagner si le test est moins bon que le témoin.

Une démarche qui cherche à concerner le maximum de paysans, et non la petite élite qui est en situation favorable, doit veiller à ces questions, en travaillant sur des thèmes qui ne présentent pas de « barrière d'accès » trop haute, en contribuant à faciliter l'accès à l'information, etc.

Quelques éléments-clés pour un travail sur les jachères

Ces principes nous semblent totalement valables pour un travail ciblé sur l'amélioration des jachères ou la recherche de substitutions. Par contre, les spécificités de cette thématique amènent à pointer quelques points importants à prendre en compte.

« Il est bien possible que ce soit la grande quantité de vieilles jachères fertiles disponibles qui ait permis l'essor de l'agriculture soudanienne des années 1970-1990. En leur absence, l'agriculture restera-t-elle compétitive ? On est tenté de revenir à ce passé "fertile" en intégrant, un peu naïvement, la phase jachère à la phase culture (agro-foresterie, plantes de couvertures, soles fourragères, bandes herbeuses) ; mais on rapproche aussi de la phase culture les problèmes que la défriche avait évacués : problèmes de ravageurs et de nuisances (rats, serpents), problèmes de compétitions, pointes de travail, immobilisation minérale, et surtout problèmes sociaux, car même défricher un champ n'est pas un acte légitime pour tout le monde, en particulier les éleveurs transhumants et les gardes forestiers. C'est donc un nouvel équilibre qui doit être trouvé. […]. Tout est lié, et les difficultés de la parcelle agricole renvoient à des recherches de solutions autres qu'agricoles ; c'est pourquoi les recherches sur

les processus, les nouvelles techniques et les pratiques de gestion de la fertilité doivent se poursuivre le plus près possible du terrain et des acteurs. » (Serpantié et Ouattara, 2001 : 74-75.)

Reconnaître et prendre en compte la diversité des trajectoires agraires, identifier les enjeux de la jachère, pour les paysans, dans des situations précises

Les techniques identifiées dans le cadre du programme Jachère ont été caractérisées en fonction des zones agro-écologiques. Ce paramètre est important mais ne suffit pas. Des typologies de situation plus fines, intégrant des éléments de caractérisation de ces dynamiques (densités et dynamisme démographiques, techniques culturales, mode de connexion au marché, stratégies productives paysannes et dynamique d'intensification/extensification, homogénéité ou hétérogénéité du peuplement et rapports entre eux, etc.), seront nécessaires.

Cela permet de caractériser les dynamiques agraires, de comprendre *dans ces contextes précis*, la façon dont se posent, *pour les paysans*, les problèmes de fertilité, de réduction de la jachère, d'équilibre entre espaces cultivés et espaces non cultivés, d'identifier dans les trajectoires d'évolution et les innovations paysannes récentes, ce qui va dans le sens, ou au contraire tend à s'opposer, à un travail sur la jachère.

Parallèlement, le domaine de validité des techniques identifiées pourrait être précisé, en termes d'exigence en travail et/ou en argent, de contraintes, et donc de type de dynamique agraire où elle a des chances d'être adaptée.

En effet, « le fait de chercher à améliorer la jachère n'est donc pas une nécessité absolue dans de nombreux cas, et les paysans pourraient considérer de telles pratiques comme un luxe. En réalité, cela dépend des rôles que le système de production assigne à la jachère. Dans le cas des jachères courtes, nous avons surtout observé un rôle foncier, pastoral, ressources en bois et paille et plantes sauvages utiles, érosion, et de gestion de monocultures. Ce sont dans ces directions que l'on pourrait le mieux progresser en "manipulant" les jachères. » (Serpantié et Ouattara, 2001 : 74).

Travailler sur les questions de fertilité et de gestion de l'espace agraire, et pas seulement de jachère

La jachère n'est qu'une des techniques de reproduction de la fertilité. Elle ne peut sans doute pas être l'entrée exclusive, qui intéressera les paysans au premier abord. L'accroche pour les paysans sera plutôt les questions de fertilité en général, de relations agriculture/élevage et de disponibilités fourragères pour le bétail. Avec le risque que l'entrée « jachère » se dilue dans cette thématique plus large (le choix des sites permettra de réduire ce risque).

Prendre en compte l'ensemble des fonctions de la jachère

Le maintien d'espaces en jachères au sein d'un paysage a, de plus en plus, un « coût d'opportunité » : c'est se priver de champs dont la récolte serait utile/indispensable à l'économie familiale. De plus, les techniques d'amélioration des jachères demandent

un investissement accru par rapport au simple arrêt de la production : investissement en travail et parfois en argent, pour les semences, les plants, voire la protection et les clôtures. Il n'est pas sûr que l'enjeu de fertilité, s'il ne se traduit pas par des gains suffisants de productivité sur les terres cultivées et de rémunération globale du travail, suffise à justifier de tels efforts, dans des contextes où la rémunération du travail est faible en agriculture, où les calendriers de travail sont très chargés en saison de culture, où la recherche de revenus monétaires en saison sèche est indispensable, où les moyens pour investir en intrants sur les cultures sont déjà limités.

La jachère est multi-fonctionnelle (marquage foncier, fertilité, fourrage, bois, plantes médicinales, artisanat, etc.). Ses rôles dépendent du type de jachère (longue, courte, annuelle). Prendre en compte les différents rôles de la jachère, les différents intérêts que peuvent y trouver les paysans, permet de travailler avec eux à des solutions qui rencontrent leurs intérêts sur plusieurs plans, et de cristalliser plus facilement l'adhésion, les gains de fertilité étant un « sous-produit » utile. Ainsi, les jachères sont, avec les réserves et les terres incultivables, des réservoirs de plantes de cueillette : fruits, plantes médicinales, etc., ou de produits forestiers non ligneux pour l'artisanat, qui deviennent parfois rares lorsque les champs s'étendent. Dans la mesure où cette rareté – pour certaines plantes au moins – est ressentie comme un problème, et que l'accès à ces ressources peut être contrôlé, maintenir les jachères peut avoir un intérêt économique direct, en plus des effets escomptés en termes de gains de productivité lors de la remise en culture. De même, l'extension des surfaces cultivées pose parfois un problème de diminution des ressources fourragères pour les troupeaux, y compris ceux des agriculteurs. Maintenir la jachère peut contribuer à réduire cette contrainte, pour autant que les gains de productivité sur les terres cultivées rendent possible de limiter cette extension, et que l'agriculteur qui limite ses surfaces cultivées puisse bénéficier des gains de ressources fourragères pour son troupeau.

Prendre en compte les questions d'accès et de contrôle des ressources

Les liens entre jachère, enjeux fonciers et régulations de l'accès aux ressources sont cruciaux à mieux comprendre et à prendre en compte dans le dialogue avec les paysans. Ils peuvent être déterminants pour la possibilité d'adopter certaines techniques d'enrichissement de la jachère.

Qui peut mettre en jachère ? Qui peut les enrichir ?

Les jachères relèvent en général des lignages autochtones, qui détiennent des patrimoines fonciers dépassant leurs besoins. Des « étrangers » disposant de droits d'exploitation dépassant leurs besoins ne sont pas forcément à même de pratiquer la jachère, de peur de perdre leurs droits de culture. Il existe fréquemment des restrictions au droit d'investir des détenteurs de droits d'exploitation, pour éviter qu'une marque durable du travail ne leur permette de revendiquer des droits permanents sur la parcelle. Les pratiques d'enrichissement de la jachère risquent donc de leur être interdites, sans renégociation des règles et/ou recours au contrat écrit comme substitut (Lavigne Delville *et al.*, 2001).

Ne prenant pas en compte le fait que la jachère est partie intégrante du cycle productif, nombre de législations considèrent que c'est une absence de mise en valeur, autorisant ainsi d'autres acteurs à en demander l'usage (Nianogo-Serpantié, 2001). Cela peut amener des agriculteurs à renoncer à mettre en jachère et à poursuivre une culture extensive, pour sécuriser leurs droits fonciers.

Comment contrôler le produit de ses investissements sur une jachère améliorée ?

Favoriser la régénération dans la jachère demande de limiter la pression du pâturage, que ce soit pour permettre une meilleure régénération naturelle, ou pour protéger les investissements réalisés pour enrichir la jachère. Or, la plupart du temps, les jachères sont en accès libre, pour les troupeaux, voire pour les différentes activités de prélèvements et de cueillette. Il est probable que les paysans n'investiront dans des pratiques d'enrichissement de la jachère que s'ils peuvent protéger leurs investissements. Mettre l'accent sur l'efficacité de la jachère induira sans doute la revendication d'un contrôle accru sur les jachères, et la fin de cet accès libre : soit que les règles changent et que les troupeaux ne soient plus autorisés à pénétrer sans autorisation (ce qui pose des problèmes d'application pratique de ce type de règles), soit que des efforts de clôture (avec le problème du coût que cela implique) amènent à une privatisation de fait, au profit des familles aptes à conserver de la jachère et à mettre en œuvre les recommandations techniques, et au détriment des autres, qui verront leur accès aux ressources fourragères réduites sans compensation.

Cela est bien évidemment encore plus fort pour les soles fourragères. Au-delà du fourrage, il peut concerner aussi les produits de cueillette et le matériau de base pour l'artisanat, si le maintien et/ou l'enrichissement des jachères a des effets positifs sur la disponibilité dans ces produits.

Des questions de normes collectives

De telles privatisations peuvent résulter de coups de force de certains acteurs ou de pratiques y aboutissant naturellement (comme l'enclosure, par exemple ; Woodhouse *et al*., 2000). Mais les réponses à ces enjeux gagneraient sûrement à faire l'objet de négociations collectives et de normes explicites. Clarifier les conditions dans lesquelles des détenteurs de droits délégués peuvent mettre en jachère et améliorer la jachère sans risquer de se faire retirer les parcelles, débattre de la façon de traiter ce problème du contrôle du fruit de ses efforts sur des jachères, favoriser la diffusion de contrats écrits pour les délégations de droits explicitant le renoncement de l'exploitant à toute revendication foncière en échange d'un droit d'investissement sont autant de thèmes sur lesquels des décisions collectives peuvent s'imposer vraisemblablement pour rendre possible la diffusion d'un certain nombre de pratiques.

De plus, tout en ayant individuellement intérêt à étendre les surfaces cultivées, les chefs de famille ou de lignage sont en général très conscients des conséquences globales sur la disponibilité en fourrages et la possibilité d'apports en matière organique sur les champs. Cela relève typiquement d'un dilemme d'action collective, où le débat sur les enjeux et l'existence de solutions techniques peut favoriser l'adoption de règles contrôlant mieux le terroir et la dynamique de défrichement.

Prendre en compte la nécessaire durée des tests

Enfin, en termes de travail avec les paysans et de dynamique d'innovation, les techniques de jachères améliorées posent la difficulté supplémentaire d'avoir un effet de moyen terme (après plusieurs années de jachère) et indirect (sur les cultures, après remise en culture).

Cela rend difficile un cycle classique et rigoureux d'expérimentation/analyse des résultats. De ce fait, tout en mettant en place un suivi léger, dans la durée, il faut privilégier la diversité des expériences, l'observation avec les paysans des processus écologiques au fur et à mesure de leur déroulement, et l'analyse approfondie des intérêts et limites des différentes solutions techniques, de leurs conditions de mise en œuvre, telles que les voient les paysans.

À l'inverse, les paysans ont une connaissance suffisante des jachères et des dynamiques écologiques pour se faire assez vite une opinion sur les effets potentiels, sur le rythme de régénération, sur la disponibilité en espèces, etc. Il est de ce fait fort probable que, si les techniques les intéressent vraiment, ils les mettent en œuvre chez eux sans attendre une démonstration complète. Dès lors, il est possible que le passage à la « diffusion » saute en partie l'étape de démonstration et que le travail sur la mise à disposition des plants, semences, etc. soit vite plus important que la mise en place de tests rigoureux.

Démarches et méthodes pour une coproduction de références validées en milieu paysan

Dans le cadre du programme Jachères, les équipes de recherche ont cherché à nouer des relations avec les organisations paysannes, projets et ONG, mais ces collaborations n'ont en général pas donné les résultats escomptés. Elles ont été conçues comme des expérimentations « ponctuelles » chez les paysans plutôt qu'avec les paysans. Elles n'étaient pas inscrites dans le cadre de dispositifs basés sur un diagnostic local, associant tous les acteurs à l'analyse des problèmes, des solutions (y compris paysannes) et sur une évaluation conjointe des résultats.

L'objectif des dispositifs proposés ici est bien d'entreprendre des recherches-actions en partenariat avec les agriculteurs et les opérateurs de développement pour expérimenter des solutions aux problèmes posés par la régression des jachères en Afrique tropicale.

Il s'agit donc de monter des partenariats durables autour de territoires précis, entre les acteurs locaux du développement, les pouvoirs publics, et la recherche, autour d'un objectif global à définir conjointement. Outre les expériences du Gret en recherche-action et recherche-développement (Castellanet, 2000 ; Castellanet et

Jordan, 2002 ; Lamballe *et al*., 2002), nous nous inspirerons particulièrement dans ce paragraphe des travaux menés par l'Inra-SAD autour de ce qu'ils intitulent « des recherches tournées vers l'action » (Albaladejo et Casabianca, eds, 1997 ; Sebillotte, 2001 a et b) ou des « recherches interdisciplinaires finalisées » (Hubert et Bonnemaire, 2000), qui ont précisément ces caractéristiques, et qui ont été expérimentées dans plusieurs régions et thématiques françaises (notamment à Vittel, puis dans les Alpes du Nord et en Corse).

Mettre en place des dispositifs adaptés : principes de base

Des innovations qui seront autant (sinon plus) de l'ordre du social que du technique

Dans de nombreuses situations, les freins à l'amélioration des jachères et plus généralement de la gestion de la fertilité au niveau villageois sont de l'ordre des règles d'accès aux ressources et du foncier autant que de la technique proprement dite. L'innovation dans ce cas doit être avant tout socio-politique si elle doit permettre de résoudre ces contraintes. C'est ainsi que la généralisation de la sole fourragère n'a été possible en France au XVIIIe siècle qu'avec l'abandon des règles de vaine pâture communales. Il ne s'agit pas simplement de rendre possible l'innovation technique en agissant sur le social, il s'agit bien d'appuyer aussi une dynamique *d'innovation socio-politique* essentielle dans ce domaine. D'où le fait que nous caractérisons cette recherche comme étant de la Recherche-Action plutôt que de la Recherche-Développement *stricto sensu* (visant la mise au point d'itinéraires techniques nouveaux et adaptés).

Adopter une démarche globale, pluridisciplinaire et systémique

La prise en compte de la dimension socio-politique voire culturelle des problèmes, et la recherche d'innovation dans le domaine social (nouvelles règles de gestion communes de l'espace et de la végétation) imposent évidemment l'intégration de chercheurs des sciences sociales dans les équipes de recherche-action. Cette intégration ne saurait se faire « à la marge » ni sur le mode utilitariste « pour aider à l'adoption des innovations techniques » uniquement, elle doit être réalisée dès le démarrage du programme, et jusqu'à sa conclusion si possible…

Nécessité de rentrer dans une logique d'accords et de négociations multipartites

Dans la mesure où l'on traite de ressources naturelles en partie communes (ou du moins en accès plus ou moins libre, avec contrôle foncier et du droit de remise en culture par les « propriétaires ») et de foncier, il y a nécessité de négocier avec les différentes parties prenantes, incluant les autorités locales. On peut bien sûr expérimenter certaines propositions techniques au niveau de la parcelle sans avoir besoin de leur aval ; cependant, dès que l'on passera à une phase de diffusion, cela risque d'impliquer des changements de règles de contrôle des jachères, qui nécessiteront leur intervention.

Partir des problèmes et enjeux tels que les voient les paysans

Pour que le dialogue chercheurs-paysans soit équilibré, il faut qu'il y ait un accord de fond sur les objectifs du programme, des possibilités de négociation et d'influence réelles du programme et des activités de recherche par les utilisateurs, mais aussi un certain équilibre dans les pouvoirs de part et d'autre. Les chercheurs structurent leurs questionnements autour de questions disciplinaires, ou techniques, et nécessairement, ont du mal à prendre en compte le contexte d'ensemble au sein duquel se trouvent les paysans, alors même que ce contexte détermine logiquement la façon dont ces derniers posent les problèmes, et les possibilités de mise en œuvre des propositions. Il est essentiel que l'action se focalise sur ces conditions d'appropriation, et donc à partir des façons dont les paysans posent les problèmes.

Travailler sur les modes de communication et le dialogue paysan-chercheur

Pour assurer un dialogue équilibré, une recherche commune de solutions, il faut que les chercheurs et techniciens abandonnent leurs préjugés en matière de supériorité de la connaissance scientifique, et se mettent en situation d'écoute attentive et respectueuse. Cela ne s'improvise pas, et suppose de mobiliser autrement les connaissances acquises, parfois de mettre en question des raisonnements acquis dans telle et telle discipline. Cela demande une grande ouverture et une formation spécifique. Ceci ne pourra se faire que progressivement, et dans l'immédiat, la nécessité de médiateurs professionnels organisant et encourageant le dialogue est très forte. (Darré 1996 ; Olivier de Sardan, 1991)

Travailler avec des organisations paysannes et les autorités locales

Étant donné les fortes asymétries de position, rendre possible un dialogue équilibré demande que le dispositif institutionnel, les modes de décision, le contrôle des moyens, soient pensés dans ce sens. Dans la mesure où les chercheurs concentrent le pouvoir lié au prestige de leur statut et de leurs connaissances, il est important d'avoir en face des interlocuteurs (des organisations paysannes bien structurées ou des autorités locales) qui ont la légitimité de représentation et mobilisation du monde paysan, et qui disposent de moyens propres pour leurs interventions et ne sont pas placés dans la dépendance de l'organisme de recherche.

Nécessité de s'engager dans la durée

Nécessité d'actions et d'accords sur la durée : un cycle d'expérimentation sur la GRN et la gestion des terroirs impliquant de nombreux acteurs va prendre plusieurs années avant qu'on puisse évaluer les résultats et ajuster les propositions et les hypothèses ; par ailleurs, la reconstitution de la fertilité et de la végétation naturelle est un processus qui s'inscrit également dans la durée. Il faut donc s'engager sur 10 ans plutôt que sur 3 ans…Ce qui interpelle aussi les bailleurs appuyant ce type de projet.

Adapter les critères de validation scientifique

L'accompagnement de ce processus par les chercheurs suppose qu'ils acceptent de renoncer partiellement et momentanément à leurs normes habituelles de validation

scientifique des connaissances. Il leur faudra mettre en place des suivis simplifiés, à partir d'indicateurs synthétiques élaborés sur la base des acquis thématiques, et qui permettent de caractériser les impacts agronomiques de façon suffisamment fiable, sans nécessairement mettre en place des protocoles très lourds (pas de répétitions, pas de protocole unique, adaptations et modifications des propositions techniques par les producteurs). Par contre, l'évaluation conjointe va faire naître de nouvelles pistes de recherche fondamentales ou appliquées qui peuvent s'avérer très fécondes aussi bien sur le plan scientifique que sur celui de leur utilité sociale (Roybin *et al*., 2001).

Les différentes étapes de mise en place

Première étape : choix des partenaires et des sites, définition du problème et élaboration d'une vision commune

La phase de choix des partenaires, puis de définition/négociation d'un objectif conjoint est absolument essentielle et ne doit pas être court-circuitée. À partir du moment où l'on s'investit dans une démarche de recherche-action ou de recherche tournée vers l'action, il faut tout d'abord élaborer *une définition commune du ou des problèmes à traiter*, ou dit autrement « élaborer la liste des questions que les chercheurs et les acteurs locaux sont prêts à travailler ensemble ». Ces questions ne sont pas encore des « questions scientifiques », mais elles doivent être assez précises et claires pour que scientifiques et acteurs locaux *partenaires* partagent la même vision de la finalité du programme qu'ils préparent ensemble (Darré, 1997 ; Sebillote, 2001).

Notons bien les deux termes de l'équation : il s'agit d'arriver à une *vision commune* avec des *partenaires*. C'est-à-dire, dans le cas de programmes internationaux de recherche sur la jachère qui ont été élaborés au départ par la recherche (À partir de l'analyse des chercheurs des problèmes agronomiques liés à la régression, voire la disparition de la jachère), il faut avant tout trouver des partenaires, c'est-à-dire des paysans et collectivités locales motivées par ce travail sur la jachère. Ce n'est pas la moindre difficulté. Il serait en effet peu efficace de se lancer dans un travail de « définition d'une vision commune » avec une organisation locale quelconque, aussi bien structurée soit-elle, si cette organisation n'a pas un intérêt propre (et en quelque sorte préalable à l'arrivée de la recherche) dans l'amélioration de la fertilité, dans un contexte où la jachère demeure un enjeu.

On doit donc partir des dynamiques locales de changement, et de la vision qu'ont les acteurs locaux de leurs « problèmes » (même si ce terme reste très ambigu) et des pistes de solutions qu'ils proposent. Dans de nombreuses situations, il est probable que les acteurs locaux ne perçoivent pas l'intérêt d'un travail portant sur l'amélioration de la production agricole *via* la fertilité du milieu, soit parce qu'ils considèrent que leurs problèmes principaux sont ailleurs (par exemple, des questions d'infrastructures ou parce que leur stratégie consiste à maximiser des revenus non agricoles), soit parce qu'ils considèrent que la question est trop complexe ou difficile à traiter. Par ailleurs, même s'ils perçoivent l'intérêt d'un travail sur la fertilité, il se peut qu'ils soient trop désunis ou démotivés pour s'insérer dans une dynamique de

changement. Enfin, ils peuvent être fortement préoccupés par les questions de fertilité sans que les différentes pistes d'amélioration de la jachère leur semblent crédibles.

Ceci a plusieurs conséquences opérationnelles en termes de critères de choix des zones de travail.

Le critère prioritaire : existence d'une dynamique locale autour de la « fertilité » au sens large

Pour qu'une action de RA ait une chance d'aboutir, il faut avant tout trouver des partenaires paysans engagés dans des dynamiques de changement et qui, si possible, ont déjà engagé *des démarches propres pour améliorer la productivité agricole et lutter contre la baisse de fertilité*, ce qui manifeste le mieux leur intérêt réel pour le problème à traiter. On court en effet toujours le risque d'une demande « miroir » dans laquelle les acteurs locaux formulent leur problème en fonction de ce que l'intervenant extérieur attend et peut proposer, afin de bénéficier des « retombées » des projets (Lavigne Delville et Mathieu, 2000).

Cela correspond à des situations où l'enjeu de la fertilité est perçu par les paysans, mais où la situation n'est pas trop bloquée, où il y a encore des marges de manœuvre (zones en cours de saturation, mais où il reste encore de la jachère…ou zones presque saturées, mais avec une certaine capacité financière des exploitations et du bétail, justifiant un investissement pour des problèmes d'alimentation du bétail).

La représentativité agro-écologique

Bien entendu, du point de vue de la recherche il est légitime de prendre en compte également le critère de représentativité des régions de travail possible par rapport au zonage agro-écologique et au stade d'évolution des systèmes agraires. Au risque de choquer, il faut cependant considérer que ce critère est relativement moins important que le précédent et doit intervenir dans un deuxième temps. En effet, rien ne sert de sélectionner des régions parfaitement représentatives sur le plan agro-écologique s'il n'y a pas de dynamique de changement dans ces régions ; par contre travailler avec des régions atypiques mais où existe une forte dynamique aura plus de chance d'avoir des résultats et impacts significatifs, même s'ils ne sont pas immédiatement transposables aux régions voisines.

Le choix (réciproque) des partenaires

Une fois que les trois critères précédents sont remplis, il faut encore vérifier que les conditions d'un partenariat équilibré existent, c'est-à-dire tout d'abord qu'existe un (ou plusieurs) partenaire local organisé solide, légitime et désireux de rentrer dans le jeu de la Recherche-Action et de négocier un contrat plus ou moins formalisé avec la ou les institutions de recherche intéressées.

Nombre de sites à retenir

Il est souhaitable de travailler sur plusieurs sites plutôt qu'un seul, afin de pouvoir comparer les résultats, de créer une certaine émulation entre sites, et surtout ne pas rester à la merci du blocage par un groupe d'acteurs seulement. Pour éviter de multiplier les coûts de transport et transaction, il est souhaitable que ces différents

sites soient assez proches géographiquement, ce qui permet par ailleurs de renforcer le poids de l'expérience au niveau d'une petite région et d'y intéresser les autorités régionales.

Deuxième étape : élaborer un montage institutionnel et financier

Ce montage doit être mûrement pensé pour permettre le dialogue et assurer la médiation :

– un dispositif de recherche-action local, mobilisant des organisations paysannes, une structure opérationnelle nationale avec une très bonne connaissance du milieu rural et capacité d'intermédiation (équipe qualifiée et motivée), une équipe de recherche interdisciplinaire, une structure d'appui méthodologique ;

– une maîtrise d'ouvrage assurée par le consortium (des acteurs directement impliqués : paysans/chercheurs/développeurs) ;

– une maîtrise d'œuvre sur le terrain, confiée à des acteurs privés (ONG, opérateur de terrain…), « médiateurs » qui assurent une fonction de suivi rapproché et d'intermédiation, (interface, dialogue et coordination entre les différents acteurs) ;

– un comité de pilotage large (autorités régionales et nationales, et si possible les bailleurs).

Des médiateurs pour faciliter le dialogue entre les acteurs

L'expérience montre qu'il est nécessaire de disposer de médiateurs pour faciliter le dialogue et assurer l'interface entre les chercheurs/techniciens et les paysans. Ces médiateurs doivent être capables de comprendre à la fois les logiques scientifiques et institutionnelles et les références des chercheurs, et les préoccupations, logiques et référentiels des acteurs du terrain, paysans ou responsables publics locaux. Ils doivent donc être capables d'une certaine manière de « traduire » et de « faire traduire » les paroles des chercheurs en parole paysannes et inversement. Ce rôle doit cependant être transitoire, car ils doivent également faciliter l'apprentissage mutuel permettant à terme au chercheur de se mettre à « parler et comprendre paysan » et au paysan de « parler chercheur » et comprendre la logique du chercheur. Ils doivent également être attentifs à la différence symbolique et culturelle entre chercheurs et paysans, et faire en sorte que le déséquilibre dans le dialogue et la collaboration soit réduit, par exemple en consacrant du temps à la préparation et au « renforcement » des paysans en préalable aux diverses étapes du dialogue.

Dans les projets de Recherche-Action mis en œuvre dans les pays développés, ces médiateurs peuvent être des ingénieurs embauchés soit par les institutions de recherche, soit par les organisations paysannes elles–mêmes, soit par des organismes de développement (conseillers relais des chambres d'agriculture).

Dans les pays du Sud, où l'organisation des producteurs et leur capacité de négociation avec les organismes de développement et de recherche sont bien moins avancées, il est fréquent que des organisations externes (ONG ou conseil privé) jouent ce rôle d'interface entre recherche et organisations de producteurs (Bebbington *et al*., 1993). Évidemment, il ne suffit pas d'avoir un statut ONG ou privé pour avoir les compétences et la posture nécessaires. De nombreuses ONG se

situent dans une fonction de « courtiers du développement » qui repose justement sur le fait qu'elles font « écran » entre les bénéficiaires théoriques des projets et les institutions d'aide (Bierschenk *et al*., 2000). En définitive, il faudra identifier avant tout des personnes ressources ayant les compétences et l'éthique souhaitées (Darré, 1996). La collaboration avec des ONG bien implantées sur des terrains, ayant établi des relations de confiance et de travail avec les paysans et les organisations paysannes de la zone, est un avantage certain.

Des appuis méthodologiques et des échanges

Dans la mesure où les approches décrites ici sont encore relativement récentes dans le champ des recherches sur l'environnement au sens large, c'est-à-dire des interactions nature/société, il peut être utile de prévoir un volet d'échanges scientifiques avec d'autres équipes déjà engagées dans ces voies (outre les équipes SAD déjà citées, on peut penser à certains programmes éco-régionaux mis en place par le CGIAR, Consultative Group on International Agricultural Research) et ayant une expérience concrète de coopération dans la durée entre équipes de recherche et organisations locales.

Un montage financier spécifique

Il est souhaitable que chaque partenaire dispose d'un budget indicatif et de « termes de références » propres lors du lancement des activités communes. Au niveau de l'équipe interdisciplinaire de recherche, comme il est peu probable qu'on puisse trouver dans une seule institution toutes les compétences nécessaires, il faut considérer que cette équipe sera également inter-institutionnelle, les chercheurs étant « détachés » par leurs institutions respectives au sein de cette équipe qui devra avoir un coordinateur propre.

Compte tenu de la complexité des négociations à ce stade, l'appel à un facilitateur externe peut être utile pour éviter des blocages peu fructueux. Une répartition préalable des budgets disponibles par grande « fonction » à assurer (et non pas par institution) pourrait également faciliter ces négociations.

Troisième étape : mise en place de la recherche-action et évaluation conjointe

Un diagnostic préalable rapide

Il s'agit de réaliser un diagnostic rapide conjoint de l'équipe interdisciplinaire, qui a pour but aussi de repérer les innovations locales, les paysans que cela intéresse ; une restitution qui inclut une présentation des propositions de la recherche et les pistes innovantes paysannes, apte à engager un dialogue sur les pistes intéressantes au niveau d'un noyau de paysans prêts à s'y engager et des parties prenantes au dispositif. Ce diagnostic doit être rapide pour ne pas retarder le début des expérimentations, d'autant qu'il est provisoire et devra être périodiquement révisé et affiné en fonction des observations de la recherche-action. Ceci dit, il doit être interdisciplinaire et global (nature, rôle, fonction et problèmes posés par la disparition des jachères), incluant des analyses agronomiques mais également socio-économiques, historiques, etc.

La confrontation des diagnostics des chercheurs et des paysans pour construire une vision commune des problèmes

La construction d'un objectif commun, d'une vision commune des questions à traiter, suppose qu'il y ait dialogue entre les paysans et les chercheurs, et donc confrontation des visions. Il s'agit bien de confronter le « diagnostic de la situation des jachères » des chercheurs à celui des paysans en vue d'un enrichissement mutuel, et d'obtenir un diagnostic commun de base, sans toutefois gommer l'existence de points de divergence inévitables et tout à fait normaux qui pourront eux-mêmes se révéler productifs à moyen terme (Castellanet, 1998). Le fait par exemple que les paysans considèrent comme peu intéressantes les propositions d'intensification de production de fourrages, alors que les besoins apparaissent comme manifestes aux yeux d'un chercheur, peut renvoyer au fait que les fluctuations inter-annuelles ont beaucoup plus d'importance en fin de compte que la croissance annuelle, les sécheresses décimant périodiquement le troupeau. Ils ont donc tous les deux raison (la productivité pourrait être améliorée à court terme avec des cultures fourragères, mais à long terme cela ne changerait pas grand-chose à moins d'arriver à minimiser l'impact des sécheresses), mais le paysan du fait de son expérience intègre une vision plus ample (holistique), alors que le chercheur a tendance à focaliser sur les relations cause/effet immédiates. Par contre, les paysans ont souvent du mal (ou n'en voient pas le besoin) à justifier leurs points de vue qui leur apparaissent comme « évidents » ou « connus de tous ». D'où l'impression qu'ils s'accrochent à leurs traditions, alors que bien souvent il s'agit de réactions tout à fait rationnelles mais non explicitées.

L'élaboration des thèmes de recherche et recherche-action

On peut distinguer deux modalités de recherche possibles dans le cadre de programmes de recherche-action.

La première modalité, qui sera sans doute plus fréquente dans le cadre du programme jachère, compte tenu de la masse de connaissances déjà accumulée, et qui est familière aux agronomes, consiste à tester en milieu réel des techniques ou modes d'organisation qui ont déjà été expérimentés avec succès dans d'autres situations, mais dont on n'est pas sûr qu'ils s'appliquent sur place. On travaille alors dans le cadre *d'expérimentations et tests conjoints avec les paysans*, que nous détaillerons plus bas.

La deuxième modalité consiste à traduire en nouvelles questions de recherche inter ou transdisciplinaires les questions définies en commun, mais qui n'ont pas *a priori* de réponses potentielles dans le stock de connaissances et technologies disponibles.

Pour prendre un exemple concret, à une question « comment améliorer la gestion des pâturages naturels en zone de montagne afin de lutter contre l'embroussaillement, tout en ayant une productivité satisfaisante des moutons », la recherche s'est fixé deux thèmes de travail nouveaux (objets de recherche) : la motivation des animaux à l'ingestion de la broussaille, et les méthodes de stimulation de l'ingestion sur parcours, qui ont nécessité de mettre au point de nouvelles méthodes d'étude portant sur des peuplements végétaux diversifiés et tournant le dos aux approches réductionnistes classiques qui se concentraient sur la composition, la palabilité et la digestibilité de peuplement végétaux purs (Meuret *et al*., 1997).

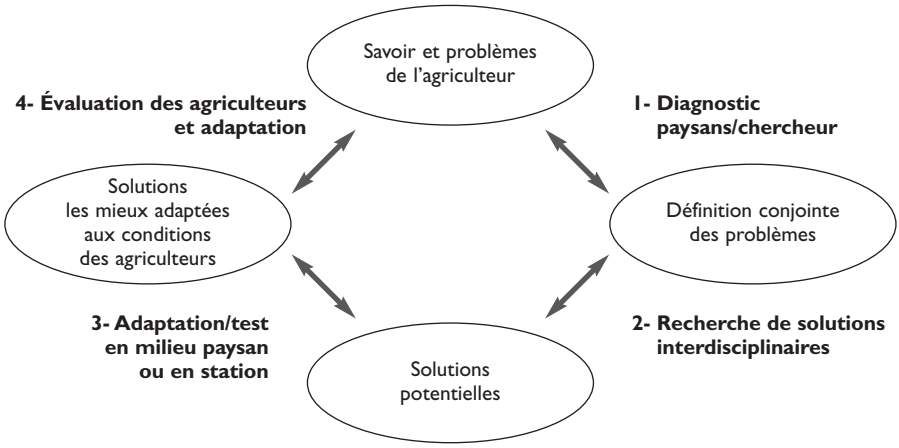
Un autre exemple, peut-être plus parlant : en cherchant à définir avec des agriculteurs ce qu'est un produit de terroir, la recherche a été amenée à étudier la relation entre les caractéristiques des fourrages et la qualité gustative des fromages, en s'affranchissant du postulat selon lequel le rumen de la vache constituait une barrière de séparation forte entre les matières végétales ingérées et la qualité du lait. Dans ce cas, ce sont les points de vue et savoirs des producteurs qui ont en fait amené la remise en question d'une conception scientifique erronée, et permis d'explorer un champ d'étude nouveau. En retour, les travaux des chercheurs ont permis de préciser et de valider les démarches d'AOC entreprises par les éleveurs (Roybin *et al*., 2001).

Pour traiter ce deuxième type de question, des expérimentations et mesures en milieu contrôlé ou en laboratoire peuvent être nécessaires, en complément des expérimentations conjointes avec les paysans.

La mise en place des expérimentations et tests conjoints

Ce cycle d'expérimentation-évaluation conjointe a été décrit dès 1982 par R. Rhoades.

Le cycle de la Recherche-Action en milieu paysan (« farmer to farmer »)
" De l'agriculteur à l'agriculteur "
(farmer-back-to-farmer,Rhoades and Booth, 1982).



Toutes ces étapes doivent se faire en partenariat et en dialogue avec les paysans et les organisations locales et publiques impliquées dans ce programme. La participation des paysans aussi bien à la recherche de solutions possibles, qu'à leur mise en œuvre et à l'évaluation conjointe des résultats est essentielle.

Le choix des innovations :
« ratisser large » et commencer rapidement les essais

Pour susciter et maintenir l'intérêt des paysans, il faut rapidement introduire des techniques nouvelles donnant des résultats rapides. Ceci implique un certain éclectisme dans les activités menées, qui ne peuvent se restreindre exclusivement au thème jachère. On doit partir des innovations paysannes, quand elles existent, pour

« gagner du temps », partir sur des tests et démonstrations un peu tous azimuts pour voir « ce qui a l'air de prendre », ce qui intéresse les paysans, avancer dans les conditions de possibilités de ces solutions, et voir une « sélection naturelle » se faire en cours de route. Sans attendre une démarche « rationnelle » et progressive qui prendrait 30 ans !

On doit également maximiser les intérêts des paysans sur ces thèmes, et donc tenter de croiser intérêts économiques de court terme avec intérêts de moyen terme en matière de fertilité, pour réduire les coûts d'opportunité et les coûts réels de ces innovations ; travailler les modalités de mise en œuvre des tests (indemniser les paysans de la valeur de la récolte pour compenser l'immobilisation de terre ?)

Du fait de la durée d'expérimentation, il convient de « partir assez large », un peu tous azimuts, pour un rapide criblage des thèmes *a priori* les plus intéressants ; ne pas hésiter à diversifier les expérimentations en seconde année même si on n'a pas les résultats de la première, pour avoir au bout de 5-6 ans un ensemble de résultats analysables.

Intégrer les innovations socio-politiques

Les solutions envisageables ne sont pas seulement de nature technique. Elles peuvent avoir une composante socio-organisationnelle plus ou moins importante. La décision de mettre en défens une partie du terroir villageois en est un exemple typique. Cela ne représente pas nécessairement une innovation technique (dans le cas par exemple où certains ont déjà expérimenté la mise en défens de champs particuliers) mais cela peut être une grande innovation sociale, qui va demander de longues négociations et créer divers conflits lors de sa mise en œuvre.

Suivre les processus d'innovation

Il faut avoir une logique de test : vérifier la validité – en milieu paysan des propositions issues de la recherche et/ou des pistes émergeant du diagnostic –, sous le double angle de l'efficacité agronomique et des conditions de possibilités de leur mise en œuvre par les paysans, à partir d'une bonne connaissance des dynamiques agraires, des intérêts des paysans, de leurs innovations, de la façon dont ils formulent les problèmes. Donc, cela suppose de suivre les processus et pas seulement les résultats, aussi bien sur le plan agro-écologique (itinéraires techniques, successions) que socio-économiques.

Ce suivi doit également permettre de bien travailler les conditions (techniques, financières, main-d'œuvre, foncières, socio-organisationnelles, etc.) de mise en œuvre des innovations.

Mettre en place un suivi rapproché interdisciplinaire pour suivre ces processus

Pour être en mesure de suivre les processus et pas seulement les résultats, il est nécessaire d'avoir un dispositif de suivi rapproché (Mosse *et al.*, 1998). L'équipe de recherche doit être physiquement présente dans les lieux de Recherche-Action de manière permanente. Cela ne signifie pas que tous les chercheurs doivent être simultanément présents en permanence, mais par contre il est souhaitable que tous visitent le terrain régulièrement, et si possible que certains y soient présents en permanence.

Ceci facilite aussi beaucoup le dialogue et la compréhension mutuelle avec les paysans. Il est indispensable que le suivi de ces innovations par la recherche soit réellement interdisciplinaire, avec une participation importante des sciences sociales. Dans l'exemple cité plus haut de la mise en défens, il peut être plus important de consacrer du temps au suivi des débats et négociations au sein de la communauté qu'au suivi de la biomasse des jachères mises en défens. Il devra être possible de mobiliser des socio-anthropologues autant que des agronomes ou des écologues.

Valoriser les échecs

Les échecs sont souvent plus instructifs que les succès. Le fait que telle innovation *a priori* adaptée au milieu échoue peut en réalité nous apprendre beaucoup, à condition d'avoir observé avec attention et en temps réel les processus bio-technique et socio-économique de mise en place de cette innovation et pas seulement le résultat final. On peut alors tirer de l'échec des explications plus ou moins certaines, qui vont d'une part permettre d'affiner le diagnostic (on avait oublié tel ou tel facteur de réussite essentiel), et d'autre part fréquemment poser de nouvelles questions, voire même ouvrir de nouvelles pistes de recherche qui peuvent s'avérer scientifiquement fécondes (Mosse *et al*., 1998).

Évaluer différemment les recherches

Sans entrer ici dans le fond de ce débat complexe, il faut noter que de l'avis général, l'évaluation scientifique des recherches finalisées (et interdisciplinaires) ne peut obéir aux mêmes critères que la recherche académique classique. La qualité de la construction d'un référentiel commun, en commençant par une définition commune des problèmes à traiter, l'analyse des processus de co-apprentissage, prennent alors autant d'importance que la production finale d'articles disciplinaires (Sebillotte, 2001). Outre bien sûr, l'évaluation par les autres partenaires, en termes de leur propre renforcement de capacité, et bien sûr de la contribution concrète de la Recherche-Action à résoudre les problèmes identifiés en commun.

Phase de « consolidation » : appui à la maîtrise et à la diffusion d'innovations

Les phases précédentes ont permis d'aboutir à des référentiels validés en milieu paysan. La pertinence technique par rapport à un contexte donné a été confirmée. Les conditions de mise en œuvre de l'innovation ont été précisées. Il s'agit alors de favoriser la diffusion et l'adoption de ces innovations par un plus grand nombre de paysans au niveau local, voire au niveau régional, voire dans d'autres territoires du pays ou dans des pays voisins où elles pourraient être considérées comme des solutions techniques à expérimenter. Les travaux sur l'innovation montrent que les cas de diffusion spontanée d'innovation sont assez rares (cas d'innovations simples, « additives » dans des contextes favorables) ou en tous les cas limités (diffusion sur un espace géographique restreint ou introduction dans d'autres territoires par « emprunt) ». Dans la plupart des cas, il est nécessaire d'appuyer cette diffusion. Quelques ouvrages évoquent ces questions (*Appuyer les innovations paysannes*, Gret, Paris, 2002 –*Mémento de l'agronome*, chap. 3.3 « Faciliter l'émergence et la

diffusion des innovations » : 373-405) qui concernent d'avantage les agents de développement et la vulgarisation agricole que les chercheurs. Ils montrent qu'il ne suffit pas de diffuser l'information, il faut également appuyer la mise en place d'un environnement favorable à sa diffusion avec des outils de masse, à des coûts limités pour favoriser le changement d'échelle recherché.

Sensibilisation/information

L'information ou/et la sensibilisation est bien sûr un élément essentiel (sans être suffisant) pour appuyer la diffusion de l'innovation. Celle-ci doit objective et porter sur la nature de l'innovation en précisant le contexte, les avantages et les inconvénients, mais également les conditions de mise en œuvre. Elle peut se faire à travers plusieurs canaux et outils, mais l'utilisation des réseaux locaux d'information s'avère souvent particulièrement efficace, bien qu'encore souvent insuffisamment valorisée. Nous avons évoqué précédemment l'identification et la mise en place des expérimentations en tenant compte de l'existence des groupes locaux. Il est également possible de mettre à profit divers lieux de rencontre (marché, centre de formation, lieux de réunions) et réunions pour faire passer des informations directement (supports) ou à travers des personnes ressources et leaders.

La production de supports spécifiques (manuels, fiches) et/ou l'utilisation des médias généralistes et spécialisés (journaux techniques, lettre d'OP, radios rurales) peuvent également être envisagées en étant conscient que l'accès à des supports écrits peut être limité même si les langues locales sont utilisées (analphabétisme) et que les médias peuvent toucher des paysans très éloignés des contextes dans lesquels l'innovation a été validée avec l'inadaptation des solutions diffusées. Dans tous les cas, les supports écrits devront être illustrés et testés pour vérifier leur compréhension. Il en est de même pour les messages radiophoniques.

Enfin, l'innovation peut être véhiculée par des visites de terrain ou des démonstrations pour toucher un plus grand nombre de paysans. Elles doivent être bien réparties dans l'espace, si possible faciles à repérer (lieux stratégiques, panneaux d'information), et être accompagnées d'animations pour bien les valoriser.

Formation de compétences locales

Des programmes de formation doivent être mis en place si l'innovation proposée nécessite l'acquisition de savoir-faire spécifiques car les démonstrations ne suffiront pas. Ces formations peuvent être assurées directement par l'agent de développement, mais la formation et la mobilisation de paysans-relais (par exemple, ceux qui ont réalisé les expérimentations) constituent une solution plus efficace (démultiplication plus rapide), plus durable et de nature à favoriser des échanges entre communautés. Il faut cependant s'assurer que le « relais » a une légitimité sociale suffisante pour être écouté et prévoir une rémunération même modeste. Les actions de formation devront également concerner d'autres acteurs (par exemple, fabricants ou réparateurs d'équipements, pépiniéristes…). Enfin dans certains cas, notamment lorsque les innovations nécessitent des investissements ou des changements importants de l'exploitation, un conseil individuel devra être mis en place.

Agir sur l'environnement socio-économique (« actions d'accompagnement »)

Nous avons évoqué à plusieurs reprises le rôle souvent déterminant de l'environnement socio-économique dans les processus d'adoption. Il est important de bien connaître les facteurs qui peuvent avoir une influence et de différencier ceux sur lesquels l'agent de développement ou le projet peut intervenir et ceux qui nécessitent des actions d'un autre type (institutionnels, politiques) ou plus compliquées et longues à mettre en œuvre.

L'aménagement et la gestion du foncier font partie de cette deuxième catégorie de « contraintes » à lever. Ils sont particulièrement importants pour un certain nombre de techniques d'amélioration ou de substitution à la jachère. La sécurisation de l'accès du foncier n'est, en général, pas du ressort des agents de développement et peut amener à ne pas promouvoir des innovations qui nécessiteraient ce préalable. Cependant dans certains cas, il s'agit d'appuyer la négociation de nouvelles règles locales qui peut être envisagée dans le cadre de projet sur le moyen terme (négociations souvent longues).

D'autres contraintes sont plus faciles à résoudre, sans être pour autant à minimiser. On peut citer à titre d'exemple l'approvisionnement en semences fourragères, en plants, qui devra être organisé notamment s'il s'agit de nouvelles espèces et variétés ou de zones enclavées.

L'accès au crédit peut également s'avérer déterminant bien que la plupart des techniques proposées par les équipes de recherche du programme jachères ne semblent pas à priori nécessiter des moyens financiers importants, mais plutôt des investissements en travail. Il sera cependant nécessaire de le vérifier lors de la phase de diffusion afin de ne pas contribuer à la marginalisation et/ou l'exclusion de certaines familles ou groupes d'exploitants.

L'accès au marché et l'appui à la commercialisation, notamment pour sécuriser des débouchés, sont souvent des facteurs importants. Comme pour le crédit, l'agent de développement ne devra pas en général mettre en place ou assurer ces services, mais sensibiliser les paysans à ces questions, faciliter les collaborations avec les structures qui proposent ces services, appuyer peut-être ponctuellement ou temporairement en se substituant à « un maillon manquant », mais il devra surtout favoriser la recherche de solutions durables. Dans ce cadre, il pourra notamment aider les organisations paysannes à mettre en place ces services ou à en négocier l'accès en veillant à ne pas favoriser là encore des inégalités ou un accaparement par une minorité sociale.

Des mesures incitatives à envisager

Dans la phase d'expérimentation, on peut envisager un partage des risques qui devient impossible dans la phase de diffusion, touchant un nombre plus important de paysans dispersés sans contrôle possible. D'autres solutions peuvent être envisagées, telles qu'une subvention partielle de l'investissement (prêt bonifié, aide directe ou indirecte) qui s'inscrit le plus souvent dans une politique volontaire de l'État, des incitations sociales (valorisation de l'innovation par des concours, prix…).

Bibliographie

Albaladejo Ch. et Casabianca F. eds. 1997, *La recherche-action ; ambitions, pratiques, débats*, Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement n° 30, Inra, 212 p.

Albaladejo Ch. et Casabianca F. 1995, « Une condition préalable à la participation : modifier les représentations des savoirs d'agriculteurs », *Cahiers de la recherche-développement* n° 41 : 44-57.

Ancey, G. 1975. Niveaux de décision et fonctions objectifs en milieu rural africain. Paris : AMIRA (note n° 3).

Bal P., Castellanet, C., Pillot D. 2002, Faciliter l'émergence et le diffusion des innovations, in CIRAD-GRET, *Mémento de l'Agronome*, Paris, CIRAD-GRET-MAE, pp.273-405.

Bebbington A., Farrington J., 1993. « Government, NGOs and agricultural development : perspectives for changing inter-organisational relationships ». *J. of Development Studies*, vol 29 (2)

Bentz B., 2002, *Appuyer les innovations paysannes*, Guide pratique, Gret/Ministère des Affaires étrangères.

Biershenk T., Chauveau J.P., Olivier de Sardan J. P (dir.). 2000. Courtiers en développement. Les villages africains en quête de projets. APAD/Karthala, Paris, 318 p.

Boserup E., 1970, *Evolution agraire et pression démographique*, Flammarion, Nouvelle bibliothèque scientifique, Paris, 218 p.

Breusers M. 1999, On the Move ; Mobility, Land Use and Livelihood Practices on the Central Plateau in Burkina Faso, Münster, LIT/APAD, 423 p.

Castellanet C., 2000. Le PAET en Amazonie brésilienne, diagnostic et participation paysanne dans un programme de recherche-action négociée. *in* Lavigne Delville, Sellamna, Mathieu. *Les enquêtes participatives en débat.* GRET-Karthala- ICRA Paris, pp 293 –323.

Castellanet Ch. and Jordan C.F. 2002, Participatory Action Research in Natural Resource Management : a Critique of the Method Based on Five Years' Experience in the Transamazônica Region of Brazil, New York, Taylor and Francis, 231 p.

Castellanet Ch. *et al*, 1998, "La contribution de la recherche-action participative à l'émergence d'un projet collectif de développment durable sur la frontière amazonienne". *in* : Rossi G., Lavigne Delville P. and Narbeburu D. (coord.). *Sociétés rurales et environnement. Gestion des ressources et dynamiques locales au Sud*. Karthala/Regards/GRET. Paris, pp 281-300.

Chambers, R. Pacey, A. et Thrupp, L.A., 1994, Les Paysans d'Abord, Les Innovations des Agriculteurs et la Recherche Agronomique, CTA/Karthala, Paris.

Chauveau J.-P., 1995, " Privilégier les performances ou analyser les processus ", *Marchés Tropicaux,* numéro hors-série, décembre 1995.

Chauveau J.P., 1997, « Des 'stratégies des agriculteurs africains' au 'raisonnement stratégique'. Histoire, usages et remise en question d'un concept pluridisciplinaire », in Blanc-Pamard et Boutrais coord., *Thème et variations, nouvelles recherches au Sud*, Coll. Dynamique des systèmes agraires, Paris, Orstom, pp. 179-217.

Chauveau J.P., 1999, « L'étude des dynamiques agraires et la problématique de l'innovation », in Chauveau et al, eds, *L'innovation en agriculture*, IRD, pp.9-30.

Cochet H., 2001, Crises et révolutions agricoles au Burundi, INA-PG/Karthala

Cornwall A., Guijt I and Welbourn A., 1994, « Acknowledging process : challenges for agricultural research and extension methodology » in Sconnes I. and Thompson J. eds, *Beyond Farmer First ; rural people's knowledge, agricultural research and extension practice*, pp. 98-116.

Darré J.P., 1999,
« La production de connaissances
dans les groupes locaux d'agriculteurs »,
in Chauveau et al, eds,
L'innovation en agriculture, IRD, pp.93-112.

Darré J.P., 1996,
L'invention des pratiques dans l'agriculture.
Vulgarisation et production locale de connaissance.
Paris. Karthala, 190 p.

Darré J.P., 1997,
« Une condition de la recherche-action :
la coopération sur la problématique
et son évolution », *in* Albaladejo C.
et Casabianca F (eds). *La recherche-action.
Ambitions, pratiques, débats.*
Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires
et le Développement, 30, pp 177-182.

De Leener Ph., Nidone E.S., Ndiaye M.,
Jacolin P., Périer J. P., 1992,
Avenir des terroirs, la ressource humaine.
Dakar. Enda, 161 p.

Dufumier M., 1994,
" Conditions à promouvoir pour la viabilité
des systèmes de production agricole
en Afrique sahélienne et soudanienne ",
in *Promotion de systèmes agricoles durables
dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne*,
FAO/CIRAD/CTA, pp. 249-267

Dufumier, M., 1984,
Système de production et développement
agricole dans le "Tiers-monde"
Cahiers de la recherche-développement

Dupriez H. et de Leener Ph., 1993,
Arbres et agriculture multi-étagées d'Afrique,
Nivelles, Terres et Vie/CTA, 280 p.

Enda-Graf Sahel, 1995,
Diobass : paysans et techniciens s'interrogent et
amorcent une nouvelle étape. Dakar.ENDA, 50p.

Enda-Graf Sahel, 1995,
Diobass : des techniciens en appui
à des dynamiques paysannes de changement.
Dakar. ENDA, 68 p.

Floquet A., Adanguidi J. & J.M. Mewou, 1997.
"Institutionalisation des processus de
développement de technologies agro-forestières
et de maintien de la fertilité par des paysans
du Bas Bénin". In : Bierschenk *et al* (eds.).
1997. *Institution and Technologies for Rural
Development in West Africa.* Weikersheim :
Margraf Verlag, pp. 410-414.

Gupta, A. K., 1990.
Scientist'view of farmers'pratices in India.
Barriers to effectie interaction.
In Chambers R ;, Pacey A. et Thrupp L.A (eds)
1990. *Farmer First, Farmer innovation
and agricultural research*. pp 24-30

Hubert B, Bonnemaire J., 2000.
La construction des objets dans la recherche
interdisciplinaire, de nouvelles exigences
pour l'évaluation. *Nature Sciences Sociétés*, 8 - 3

Humphries, J. Gonzales, J. Jimenez, et F. Sierra
«Searching for sustainable land use practices
in Honduras : lessons from a programme
of participatory research with hillside farmers »,
*revue Agricultural Research & Extension
Network*, Network Paper No 104, juillet 2000.

Jouve Ph., 2001,
« Jachères et systèmes agraires en Afrique
subsaharienne », in Floret Ch. et Pontanier R.,
*La jachère en Afrique tropicale,
Volume 2,* pp. 1-20.

Jouve Ph., Mercoiret M.R., 1987,
« La recherche développement :
une démarche pour mettre les recherches
sur les systèmes de production
au service du développement »,
Les Cahiers de la recherche-développement
n° 16, pp8-13

Jouve Ph., 1990,
« L'expérimentation en milieu paysan :
démarche et méthodes »,
Les Cahiers de la recherche-développement
n° 27, pp 94-105.

Lamballe P., Chu Van Sau (PFR),
Lavigne Delville Ph., Rosner G., 2002,
Mobiliser les acteurs dans une démarche
de recherche-action ; stratégies institutionnelles
et mode de gestion d'un programme
de développement rural expérimental
dans les collines du Nord-Vietnam.
Coopérer aujourd'hui/les documents de travail
de la Direction scientifique n° 31,
GRET, 52 p.

Lavigne Delville Ph., 2001,
Quelle gouvernance pour les ressources
renouvelables ? La gestion des ressources
renouvelables dans le contexte
de la décentralisation en Afrique de l'ouest,
Collection Etudes de l'AFD,
Agence française de développement, 59 p.

Lavigne Delville Ph. et Mathieu M., 2000, « Donner corps aux ambitions : le diagnostic participatif comme enjeu de pouvoir et comme processus social » in Lavigne Delville Ph., Sellamna N. et Mathieu M. coord., 2000, *Les enquêtes participatives en débat : ambitions, pratiques, enjeux*, Paris/Montpellier, Karthala/Gret/Icra, pp. 497-536.

Lavigne Delville Ph., 1991, *Méthodologie d'enquête économique d'unités de production,* Sozialanthropologische Arbeitspapiere, Institut für Ethnologie, Freie Universität, Berlin, 54 p.

Lavigne Delville Ph., 1996, *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel*, coll. Le point sur les technologies, GRET/Ministère de la Coopération/CTA, 380 p.

Lavigne Delville Ph., 1997, "Les systèmes agraires sahéliens : l es grands logiques paysannes » in Raynaut C. dir *Sahels : diversité et dynamiques des relations sociétés-nature*, Paris, Karthala, pp. 175-197.

Lavigne Delville Ph., Toulmin C., Colin J.Ph., Chauveau J.P., 2001, L'accès à la terre par les procédures de délégation foncière (Afrique de l'ouest rurale) : modalités, dynamiques et enjeux ; rapport final de la recherche « droits délégués d'accès à la terre et aux ressources », GRET/IRD/IIED, 207 p.

Lavigne Delville Ph., 1998a, *Foncier rural, ressources renouvelables et développement en Afrique*, Coll. Rapports d'études, Ministère des Affaires Etrangères – Coopération et francophonie, Paris, 139 p.

Lavigne Delville, Ph., 1998b, "Sécurité foncière et intensification", in Lavigne Delville Ph. dir. *Quelles politiques foncières en Afrique noire rurale ? réconcilier pratiques, légitimité et légalité,* Paris, Ministère de la Coopération/Karthala, pp.264-292.

Le Mire-Pêcheux L., Fournier A. et Dugast S., 2000, « *Andropogon gayanus* et artificialisation (savane soudanienne) », in Gillon et al eds, *Du bon usage des ressources renouvelables*, Coll Latitudes 23, Paris, IRD Editions, pp. 89-124.

Lefort C., 1988, « Innovation technique et expérimentation en milieu paysan », *Les cahiers de la recherche-développement* n° 17, pp.1-10.

Long N., Villareal M., 1994, « The interwaving of knowledge and power in developments interfaces », in *Beyond Farmer first*,. I Scoones, J. Thompson (eds). Intermediate Technology Pub. London

Long N. ed., 1989, Encounters at the interface ; a perspective on social discontinuities in rural development Wageningse sociologische studies 27, Landbouwuniversiteit, Wageningen

Mercoiret M.R. coord., 1993, *L'appui aux producteurs ruraux*, Paris, Coopération Française/Karthala.

Merrill Sands D., Collion M.H., 1993, « Making the farmers voice count : issues and opportunities for promoting farmer-responsive research », *J. for Farming system Research-Extension.* 4-1 : 139-161

Meuret M., Dedieu B., Morlon P. et Chabert J.-P., 1997. Systèmes techniques et innovations. Sadoscope 85 (suppl.)1-6

Milleville P. et Serpantié G., 1999, « Dynamiques agraires et problématique de l'intensification de l'agriculture en Afrique soudano-sahélienne », in Chauveau et al, eds, *L'innovation en agriculture*, IRD, pp.255-270.

Mosse D., 1998, « Process oriented approaches to development practice and social research », in Mosse, Farrington and Rew eds, *Development as process, concepts and methods for working with complexity*, London, ODI/Routlegde.

Mosse D., Farrington J. and Rew A. eds., 1998, Development as process ; concepts and methods for working with compexity. London, Routledge/ODI.

Nianogo-Serpantié I. 2001, « Une approche juridique de la jachère : exemples dans l'Ouest burkinabé », in Floret Ch. et Pontanier R., *La jachère en Afrique tropicale, Volume 1,* pp.43-51.

Olivier de Sardan J.P., 1991.
« Savoirs populaires
et agents de développement ».
in Olivier de Sardan J.P.et Paquot E (dir). *1991. D'un savoir à l'autre. les agents de développement comme médiateurs*.
GRET/Ministère de la coopération.
Paris, pp 17-42.

Olivier de Sardan J.P., 1995,
Anthropologie et développement,
essai en socio-anthropologie du changement social, Paris, APAD/Karthala.

Paul, J.L. et al., 1994
"Quel système de référence pour la prise en compte de la rationnalité de l'agriculteur : du système de production agricole au système d'activité" in *Recherches-système en agriculture et développement rural*, symposium international, recueil des communications, Cirad, pp. 46-52

Raynaut C. et Lavigne Delville Ph., 1997,
"Transformation des rapports sociaux et dynamique d'usage des ressources (2) : l'émancipation de la force de travail"
in Raynaut C. dir *Sahels : diversité et dynamiques des relations sociétés-nature*,
Paris, Karthala, pp. 315-346.

Rhoades, R.E.and Booth R., 1982,
« Farmer-Back-to-Farmer :
A model for Generating acceptable technology ».
Agric. Adm. 11 : 127-137

Richards P., 1985,
Indigenous Agricultural Revolution,
London : Hutchinson.

Röling, N., 1991.
"Institutional Knowledge Systems and Farmers' Knowledge, Lessons for Technology Development". In : Dupré G. (dir.)
Savoirs paysans et développement.
Paris, ORSTOM-Karthala : 489-514.

Roybin D., Fleury P., Béranger C.,
Curtenaz D., 2001,
« Conduite de recherches pluridisciplinaires en partenariat et apprentissages collectifs.
Le cas du GIS Alpes du Nord,
Nature-Sciences-Sociétés 9- 3 (16-28)

Ruault C., 1996,
L'invention collective de l'action,
L'Harmattan.

Scoones I. et Thompson J. eds, 1999,
La reconnaissance du savoir rural,
Savoir des populations, recherche agricole et vulgarisation, CTA-Karthala, 1999, Paris.

Sebillotte M., 2001a,
« Des recherches en partenariat
'pour' et 'sur' le développement régional.
Ambitions et questions »,
Natures-Sciences-Sociétés vol 9 n°3, pp. 5-7.

Sebillotte M., 2001b,
« Les fondements épistémologiques de l'évaluation des recherches tournées vers l'action », *Natures-Sciences-Sociétés* vol 9 n°3, pp. 8-15.

Serpantié G. et Ouattara B., 2001,
« Fertilité et jachères en Afrique de l'ouest »,
in Floret Ch. et Pontanier R., *La jachère en Afrique tropicale, Volume 2,* pp.21-84.

Pillot D. et Sibelet N., 1993,
« Chronique d'amours illicites entre l'exogène et l'endogène, ou le poids de l'histoire face au choc des logiques individuelles ; innovations bocagères aux Comores ».
Communication au séminaire *Innovations et Sociétés* du 13 au 16 septembre 1993, INRA-ORSTOM-CIRAD, Montpellier, France, 15 p.

Tiffen M., 1998
« Conditions for peasant investments in agricultural improvements »
in Rossi et al dir. *Sociétés rurales et environnement ; politiques de gestion des ressources et dynamiques locales au Sud*,
Paris, Regards/Gret/Karthala, pp. 229-242

Woodhouse P. Bernstein H et Hulme D., 2000,
African enclosures ? the social dynamics of wetlands, Oxford, James Currey, 238 p.

Wright S, Nelson N, ed.
Power and Participatory Development : *Theory and Practice*.
Intermediate Technical Publisher, London.

Yung et Bosc, 1992,
"Terrains et innovations"
in *Le développement agricole au Sahel, tome IV*, *Défis, recherches et innovations au Sahel,*
pp. 175-264, Document systèmes agraires n° 17,
Cirad-DSA.

Yung J.M. et Bosc P.M., 1999,
« Schumpeter au Sahel », in Chauveau et al, eds,
L'innovation en agriculture, IRD, pp.143-168.

Partie VIII

Pastoralisme en zone sèche. Le cas de l'Afrique subsaharienne

La version originale de ce chapitre
a été publiée en janvier 2012
dans la série des *Dossiers thématiques du CSFD* sous le titre
« Pastoralisme en zone sèche.
Le cas de l'Afrique subsaharienne ».
Le texte est reproduit ici avec l'aimable
autorisation des auteurs et du CSFD
(original disponible en ligne
sur www.csf-desertification.org).

CSFD
Les dossiers thématiques
Numéro 9

PASTORALISME EN ZONE SÈCHE

Le cas de l'Afrique subsaharienne

AGROPOLIS INTERNATIONAL

Comité Scientifique Français de la Désertification
French Scientific Committee on Desertification

Les dossiers thématiques du CSFD numéro 9

Directeur de la publication

Richard Escadafal
Président du CSFD
Directeur de recherche de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) au Centre d'Études Spatiales de la Biosphère (CESBIO, Toulouse)

Auteurs

- **Bernard Toutain,** *bernard.toutain@yahoo.fr*
Agropastoraliste, ex-Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement)
- **André Marty,** *marty.andre@free.fr*
Socio-pastoraliste, ex-Iram (Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement)
- **André Bourgeot,** *bourgeot@ehess.fr*
Anthropologue, CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique)
- **Alexandre Ickowicz,** *alexandre.ickowicz@cirad.fr*
Zootechnicien, Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement)
- **Philippe Lhoste,** *lhosteph@orange.fr*
Zootechnicien, ex-Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement)

Avec la participation de

- **Véronique Ancey,** socio-économiste du pastoralisme, Cirad
- **Gérard Begni,** chargé de mission Environnement & Développement Durable, CNES (Centre national d'études spatiales)
- **Ronald Bellefontaine,** forestier tropical, Cirad
- **Marc Bied-Charreton,** agroéconomiste et géographe, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
- **Bernard Bonnet,** pastoraliste, Iram
- **Jean-Paul Chassany,** agroéconomiste, ex-Inra (Institut National de la Recherche Agronomique)
- **Antoine Cornet,** écologue émérite, IRD
- **Céline Dutilly-Diane,** économiste de l'élevage, Cirad
- **Michel Malagnoux,** forestier écologiste, ex-Cirad
- **Abdrahmane Wane,** économiste du pastoralisme, Cirad

Édition scientifique et iconographie

Isabelle Amsallem, Agropolis Productions
info@agropolis-productions.fr

Conception et réalisation

Olivier Piau, Agropolis Productions

Remerciements pour les illustrations

Bernard Bonnet (Iram), **Diana Rechner** (Photothèque INDIGO, IRD), **Ibra Touré** (Cirad), **Gérard De Wispelaere** (ex-Cirad), ainsi que les auteurs des différentes photos présentes dans le dossier.

Impression : Les Petites Affiches (Montpellier, France)
Dépôt légal : à parution • **ISSN :** 1772-6964
Imprimé à 1 500 exemplaires

© CSFD / Agropolis International, février 2012.

une réalisation agropolis productions

Comité Scientifique Français de la Désertification

La création, en 1997, du Comité Scientifique Français de la Désertification, CSFD, répond à une double préoccupation des ministères en charge de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Il s'agit d'une part de la volonté de mobiliser la communauté scientifique française compétente en matière de désertification, de dégradation des terres et de développement des régions arides, semi-arides et subhumides afin de produire des connaissances et servir de guide et de conseil aux décideurs politiques et aux acteurs de la lutte. D'autre part, il s'agit de renforcer le positionnement de cette communauté dans le contexte international. Pour répondre à ces attentes, le CSFD se veut une force d'analyse et d'évaluation, de prospective et de suivi, d'information et de promotion. Le CSFD participe également, dans le cadre des délégations françaises, aux différentes réunions statutaires des organes de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification : Conférences des Parties, Comité de la Science et de la Technologie, Comité du suivi de la mise en œuvre de la Convention. Il est également acteur des réunions au niveau européen et international. Il contribue aux activités de plaidoyer en faveur du développement des zones sèches, en relation avec la société civile et les médias. Il coopère avec le réseau international DNI, *Desernet International.*

Le CSFD est composé d'une vingtaine de membres et d'un Président, nommés *intuitu personae* par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et issus des différents champs disciplinaires et des principaux organismes et universités concernés. Le CSFD est géré et hébergé par Agropolis International qui rassemble, à Montpellier et dans le Languedoc-Roussillon, une très importante communauté scientifique spécialisée dans l'agriculture, l'alimentation et l'environnement des pays tropicaux et méditerranéens. Le Comité agit comme un organe indépendant et ses avis n'ont pas de pouvoir décisionnel. Il n'a pas de personnalité juridique. Le financement de son fonctionnement est assuré par des contributions du ministère des Affaires étrangères et européennes, du ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, ainsi que de l'Agence Française de Développement. La participation de ses membres à ses activités est gracieuse et fait partie de l'apport du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Pour en savoir plus :
www.csf-desertification.org

La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français et de l'Agence Française de Développement. *Les dossiers thématiques du CSFD* sont téléchargeables sur le site Internet du Comité, www.csf-desertification.org

Imprimé sur du papier certifié issu de forêts gérées durablement, blanchi sans chlore, et avec des encres sans solvant.

Pour référence : Toutain B., Marty A., Bourgeot A., Ickowicz A. & Lhoste P., 2012. Pastoralisme en zone sèche. Le cas de l'Afrique subsaharienne. *Les dossiers thématiques du CSFD.* N°9. Février 2012. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 60 pp.

Avant-propos

L'humanité doit dorénavant faire face à un problème d'envergure mondiale : la désertification, à la fois phénomène naturel et processus lié aux activités humaines. Jamais la planète et les écosystèmes naturels n'ont été autant dégradés par notre présence. Longtemps considérée comme un problème local, la désertification fait désormais partie des questions de dimension planétaire pour lesquelles nous sommes tous concernés, scientifiques ou non, décideurs politiques ou non, habitants du Sud comme du Nord. Il est dans ce contexte urgent de mobiliser et de faire participer la société civile et, dans un premier temps, de lui fournir les éléments nécessaires à une meilleure compréhension du phénomène de désertification et de ses enjeux. Les connaissances scientifiques doivent alors être à la portée de tout un chacun et dans un langage compréhensible par le plus grand nombre.

C'est dans ce contexte que le Comité Scientifique Français de la Désertification a décidé de lancer une série intitulée *Les dossiers thématiques du CSFD* qui veut fournir une information scientifique valide sur la désertification, toutes ses implications et ses enjeux. Cette série s'adresse aux décideurs politiques et à leurs conseillers du Nord comme du Sud, mais également au grand public, aux journalistes scientifiques du développement et de l'environnement. Elle a aussi l'ambition de fournir aux enseignants, aux formateurs ainsi qu'aux personnes en formation des compléments sur différents champs disciplinaires. Enfin, elle entend contribuer à la diffusion des connaissances auprès des acteurs de la lutte contre la désertification, la dégradation des terres et la lutte contre la pauvreté : responsables d'organisations professionnelles, d'organisations non gouvernementales et d'organisations de solidarité internationale.

Ces dossiers sont consacrés à différents thèmes aussi variés que les biens publics mondiaux, la télédétection, l'érosion éolienne, l'agroécologie, le pastoralisme, etc., afin de faire le point des connaissances sur ces différents sujets. Il s'agit également d'exposer des débats d'idées et de nouveaux concepts, y compris sur des questions controversées, d'exposer des méthodologies couramment utilisées et des résultats obtenus dans divers projets et, enfin, de fournir des références opérationnelles et intellectuelles, des adresses et des sites Internet utiles.

Ces dossiers sont largement diffusés—notamment dans les pays les plus touchés par la désertification—sous format électronique et via notre site Internet, mais également sous forme imprimée. Nous sommes à l'écoute de vos réactions et de vos propositions. La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français et de l'Agence Française de Développement. Les avis exprimés dans les dossiers reçoivent l'aval du Comité.

Richard Escadafal
Président du CSFD
Directeur de recherche de l'IRD
au Centre d'Études Spatiales de la Biosphère

Préface

Je suis très reconnaissant au CSFD d'avoir consacré son neuvième dossier thématique au pastoralisme en Afrique subsaharienne. Je lui suis reconnaissant également de m'avoir proposé de le préfacer et l'en remercie vivement.

Ce petit ouvrage présente avec beaucoup de clarté toute la complexité des systèmes pastoraux, sans en rajouter et sans céder à la mode, le terme « systèmes complexes » ne doit pas apparaître une seule fois ! Et pourtant, on y démontre, avec force détails et illustrations, que le pastoralisme mêle des sols, de la végétation, des animaux et des hommes, les précipitations, le ruissellement et l'infiltration de l'eau, les phénologies complémentaires d'espèces végétales herbacées, annuelles et pérennes, arbustives et arborées, les savoirs, les relations sociales et les valeurs culturelles de sociétés humaines. Et ce n'est pas une question marginale ; de telles sociétés se rencontrent sur l'ensemble de la planète, en Afrique subsaharienne certes, mais sur bien d'autres continents également.

On est là dans un monde qui a résisté, non sans difficultés, au modèle de l'optimisation des fonctions tel qu'il a pu être prôné dans le monde entier, dans le cadre de la modernisation de l'agriculture européenne ou de la révolution verte dans le monde en développement. Avec comme postulat de base l'homogénéisation et la stabilisation des conditions de production, ce modèle a permis de promouvoir—de manière quasi-universelle—un développement fondé sur l'amélioration génétique, animale ou végétale, accompagnée des apports indispensables en nutriments (aliments du bétail ou engrais) et en produits de protection contre les maladies et ravageurs. Le pastoralisme, c'est tout le contraire ; il s'est fondé sur la diversité, la mobilité, la réactivité aux évènements, voire leur anticipation. Hétérogénéité et dynamique en constituent les mots clés ! L'optimum n'est pas un objectif ; le pastoralisme se contente de compromis, de biais et de ruses, bref de solutions satisfaisantes…

La question n'est pas de savoir, ainsi que le suggèrent les auteurs, si « le pastoralisme sera écologique ou ne sera pas » ! Le pastoralisme n'est pas un domaine disciplinaire académique et son problème n'est pas de s'identifier à l'un d'entre eux, l'écologie en l'occurrence, mais il ne pourra être compris par nous autres chercheurs qu'en associant une approche écologique à leur étude.

Il requiert en effet de s'intéresser :
- aux dynamiques (des saisons, des cycles pluriannuels) ;
- aux interactions (entre hommes et milieux, entre hommes et animaux, entre animaux entre eux, entre animaux et plantes, entre plantes entre elles quand celles-ci sont soumises au pâturage) ;
- à la diversité (des espèces comme des stades physiologiques, chez les animaux comme chez les végétaux) ;
- aux temporalités (des rythmes de croissance des animaux comme des cycles de reconstitution des réserves des plantes, comme celles également des activités humaines).

La mobilité—temporelle et spatiale—est ainsi l'un des concepts clés de la vie dans ces zones au climat incertain. Les cartes sur lesquelles ont été longtemps fondées les appréciations et les évaluations à destination d'une rationalisation de l'usage de ces espaces, à l'aide d'outils comme la capacité de charge… ne savent pas rendre compte du temps ! Ce qui change tout, puisqu'on a affaire, ainsi que le disent très bien les auteurs, à des « parcours en non-équilibre », une mesure statique ne saurait en rendre compte : nous avons besoin pour cela d'une troisième dimension qui combine les diversités induites par l'hétérogénéité spatiale et par les différentiels de temporalités, sous l'égide de savoirs dynamiques, qui de tous temps ont su croiser transmission, apprentissage, expérimentation et appropriation de nouveautés.

Les pratiques « traditionnelles » se renouvellent en permanence, au contact de l'imprévu ou de l'exogène, discrètement mais sûrement, car, comme dans tout processus social ou biologique, durer, c'est changer, se transformer, s'adapter, mais c'est aussi savoir résister en inventant l'inédit, en créant les conditions de réalisation de l'improbable ! Ce sont là de belles leçons que nous donnent ces sociétés pastorales fondées sur la mobilité des gens, des bêtes et des savoirs, qui nous parlent plus de résistance que de résilience, car leurs situations ne sont jamais neutres socialement. Elles se situent dans des contextes marqués de relations de pouvoir entre individus, groupes sociaux, administrations coloniales ou nationales, organisations non gouvernementales, institutions nationales et internationales, etc. Souvent marginalisées, ne serait-ce que par leur catégorisation régulière parmi les pauvres selon les critères internationaux, elles font plus souvent les frais des politiques agricoles ou d'aménagement que l'objet de politiques publiques positives visant à les favoriser, même si les auteurs de cet ouvrage présentent plusieurs inflexions de ces politiques qui pourraient aller dans une direction moins pénalisante. D'autant qu'elles risquent de souffrir des conséquences des discours internationaux visant à inciter à la diminution de la consommation et de la production de viande – au moins des populations des pays industrialisés – en ciblant en particulier les ruminants. Comme si on ne les élevait que pour cela !

Certes, il serait temps de revoir l'équilibre alimentaire de nos concitoyens et le coût écologique, énergétique, social et éthique de certains modes de production de viande, de ruminants comme de monogastriques d'ailleurs, ces derniers étant mieux vus des rapports internationaux alors qu'ils sont probablement les plus critiquables du point de vue social et éthique ! Il serait temps de se rappeler que les ruminants, petits et grands, sont capables d'exploiter des milieux qui ne sauraient être cultivés pour des questions de pente, d'altitude ou d'irrégularité des précipitations. Ils peuvent se déplacer tout seuls pour aller chercher leur nourriture et transformer ainsi l'énergie qu'ils produisent à partir des plantes qu'ils ingèrent—qui elles-mêmes ont constitué directement ces matériaux à partir de l'énergie solaire—en force de travail pour les cultures et les déplacements, en viande, en lait, en fibres, etc. Certains donneurs de leçon « écologique » devraient regarder avec davantage d'intérêt ces extraordinaires transformateurs que sont les ruminants et avec davantage de respect les groupes humains qui se sont développés en symbiose avec eux, dans toutes les parties du monde, en particulier les déserts et les zones arides, les montagnes, les zones humides… En bref, les espaces considérés comme hostiles aux activités humaines et marginalisés par les modèles de développement fondés sur le contrôle et la stabilité des conditions de culture et d'élevage, et donc la sédentarité des installations. Les sociétés pastorales méritent mieux que le mépris dont elles font le plus souvent l'objet, car elles rappellent en permanence qu'on peut résister aux « forces du progrès » et que d'autres systèmes de valeurs peuvent se révéler tout aussi durables, si ce n'est plus, que ceux qui s'appuient sur des évidences scientifiquement prouvées.

Et c'est tout l'intérêt d'un ouvrage comme celui-ci de montrer que la science, justement, peut également s'intéresser à ces situations, et permettre ainsi de les mieux connaître* et comprendre, et d'aider les groupes sociaux concernées dans leurs transformations contemporaines. Mais il montre aussi comment cela a également profité aux disciplines scientifiques et aux approches académiques de s'intéresser à de tels systèmes, d'y mettre à l'épreuve leurs certitudes et d'en repartir riches de nouvelles connaissances et de nouvelles interrogations, de nouvelles pistes à explorer, qui seront fructueuses tant du point de vue de leurs applications potentielles que des avancées cognitives qu'elles permettent.

On peut penser en particulier aux recherches qu'il faut poursuivre pour aller au-delà de la définition ou de la catégorisation de la pauvreté, qui n'ont jamais permis à un seul « pauvre » d'en sortir. On devrait davantage s'intéresser aux processus qui rendent certains plus vulnérables que d'autres aux risques économiques ou climatiques (ou autres) et qui génèrent les inégalités qui conduisent sur le chemin de la pauvreté, inégalités d'accès à la terre et aux ressources, aux marchés, à l'éducation, à la santé. Ce ne sont là que quelques domaines exemplaires des difficultés que rencontrent les sociétés pastorales… Tout particulièrement quand on nie le caractère structurant de la mobilité, qui en constitue les fondements : mobilité essentielle à l'alimentation des troupeaux et des hommes et indispensable aux relations sociales entre groupes fragmentés. C'est en inversant ces trajectoires perverses d'accroissement des inégalités et des vulnérabilités qu'on pourra un jour lutter contre ce qui rend les gens encore plus pauvres…

On peut penser également, et j'en terminerai par là, à la question des ressources, et ceux qui m'ont invité à rédiger cette préface, savent bien que cette question m'anime particulièrement depuis quelques années. Les ressources n'existent pas en tant que telles ! Celles-ci proviennent de l'usage qui est fait de certains éléments du milieu qu'exploitent certains groupes humains. Je me réfère ainsi à la notion de « *functional integrity* » empruntée à P. Thompson et rappelée par les auteurs de cet ouvrage. Ce qui est ou fait ressource un temps, pour un groupe donné, ne le sera pas à un autre moment ou pour un autre groupe. Les usages et les ressources que l'on peut tirer des forêts, par exemple, sont ainsi variées et variables au fil des temps, des techniques, des besoins de sociétés… Il en est de même des systèmes constitués par des pasteurs, leurs animaux et les parcours qu'ils exploitent, pour lesquels les ressources connaissent également des dimensions immatérielles, qui sont essentielles, comme les savoirs de conduite des troupeaux, les droits d'accès et d'usage des espaces, les droits à la mobilité, etc., qui constituent bien la première ressource du pastoralisme.

Bernard Hubert

Directeur de recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique (Inra)

Directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS)

Président d'Agropolis International, Montpellier

* *Ignoti nulla cupido* nous rappelle Ovide (« on ne peut désirer ce qu'on ne connaît pas »).

▲ Pasteur transhumant conduisant ses dromadaires au pâturage. Nord du Sénégal.
© B. Toutain

Sommaire

Pastoralisme et désertification : un sujet controversé 6
Le pastoralisme en Afrique subsaharienne 12
Désertification et élevage pastoral sahélien 32
Vers un pastoralisme durable ? 44
Les points essentiels du dossier 54

Pour en savoir plus… 56
Lexique 59
Acronymes et abréviations 60

Pastoralisme et désertification : un sujet controversé

© A. Ickowicz

▲ Aridification du milieu au Sahel. Une ombre salutaire pour les troupeaux, Kanem, Tchad.

LA DÉSERTIFICATION : DÉGRADATION DES TERRES EN ZONES SÈCHES

L'Organisation des Nations Unies estime que la désertification est « le plus grand défi environnemental de notre époque » et prévient que, sans des décisions politiques pour la combattre, des mouvements migratoires pourraient concerner près de 50 millions de personnes au cours de la prochaine décennie (ONU, 2007). Dans les régions arides, semi-arides et subhumides*, le terme de « désertification » signifie la dégradation de la qualité et de la productivité des terres. En cette période d'accroissement rapide de la population humaine, notamment en Afrique, la crise des écosystèmes qu'elle représente s'ajoute au constat que les surfaces exploitables ne sont pas extensibles à l'infini, qu'elles sont soumises à des dégradations, et deviennent même l'objet de convoitises internationales.

La désertification est définie par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULD) comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

La désertification fait partie des grandes questions environnementales actuelles qui, non seulement inquiètent les sociétés humaines, mais mobilisent aussi les efforts des décideurs politiques des nombreux pays concernés. Dès 1977, suite aux occurrences répétées de sécheresse au Sahel, la communauté internationale s'est saisie du problème de la désertification. Une conférence internationale s'est tenue à Nairobi en 1977 et un programme de lutte a été mis en place.

Face à la persistance du phénomène et à la gravité de ses conséquences, ce thème a pris une importance politique nouvelle lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement à Rio de Janeiro en 1992. Le chapitre 12.0 de l'Agenda 21 adopté lors de cette conférence, concernait la gestion des écosystèmes fragiles des zones sèches, la lutte contre la désertification et la prévention des effets de la sécheresse. La décision 12.4 demandait l'élaboration d'un traité international sur la désertification. Suite à des négociations intergouvernementales, un texte fut alors élaboré, puis la CNULD, signée à Paris en 1994, entra en vigueur dès 1996.

* Pour l'Afrique de l'Ouest : aride : précipitations annuelles inférieures à 200 mm ; semi-aride : de 200 ou 250 mm à 500 ou 550 mm ; subhumide : entre 550 et 1 200 mm répartis sur 6 à 8 mois.

> ZOOM | À propos de la dégradation des terres et de la désertification…

Dans son sens géographique, le **désert** signifie une zone aride et inhabitée. La désertification est une progression vers cet état, impliquant selon le suffixe *–fication* (même racine que le mot « faire ») l'action de l'homme. La notion de **désertification** à laquelle renvoie ce dossier s'applique aux zones sèches, suppose une évolution et accorde une certaine part de responsabilité aux actions humaines. Cette définition évoque d'abord l'impact des sociétés humaines sur le milieu, mais il va de soi que la préoccupation concerne aussi l'impact des dégradations sur les sociétés et que la dégradation des terres s'étend aux écosystèmes et aux organismes vivants.

En Afrique tropicale, on constate presque toujours un lien entre l'augmentation de la population et la désertification*, alors qu'en Europe tempérée, on emploie « désertification » dans le sens de « disparition de toute activité humaine dans une région peu à peu désertée [de ses habitants] » (Dictionnaire Robert).

Le terme de désertisation fut utilisé à propos des steppes d'Afrique du Nord dès les années 60 (Le Houérou, 1968) pour exprimer cette évolution vers des faciès désertiques. Les steppes au nord du Sahara montrent en effet de graves symptômes de dégradation conduisant à la dénudation des terres ou la simplification à l'extrême de la flore. La surexploitation du milieu par les troupeaux et les défrichements pour cultiver le sol aggravent les conséquences de l'aridification du climat dans ces régions et l'on craint que le retour en arrière ne soit plus possible à ces stades. Mais le terme de « désertisation » n'a guère été repris par la communauté scientifique, du moins pour les pays tropicaux.

Il est difficile de trouver des statistiques fiables de l'étendue et du degré de la désertification au Sahel. Une évaluation globale de 1986 faite par télédétection spatiale faisait état de 18 % de surfaces dégradées en Afrique sèche au sud du Sahara (Dregne, 1986). Les connaissances du terrain donnent toutefois l'impression que les chiffres avancés sont souvent exagérés.

La **sécheresse** est une situation de déficit hydrique du sol telle que les besoins en eau de l'homme, des animaux et des végétaux ne peuvent plus être satisfaits. On parle de sécheresse quand ce déficit hydrique n'est pas habituel au climat de la zone et quand il dure suffisamment longtemps pour être dommageable. La sécheresse diffère de l'**aridité** qui est due à la faiblesse des précipitations moyennes ou à la rareté de l'eau naturelle disponible.

▲ Dromadaires dans les dunes de l'Aïr. Niger.

P. Blanchon © IRD

La désertification est-elle synonyme « d'avancée du désert » ?

Pour le géographe, comme pour l'écologue, le désert a une signification et des caractéristiques précises. Le climat y est hyperaride et les espèces vivantes y sont caractéristiques. On ne désertifie pas un désert. Par contre on peut imaginer qu'un milieu vivant évolue en désert. Qu'en est-il en réalité ? Les propos qui suivent n'ont de valeur que pour l'Afrique sahélienne au sud du Sahara où l'on constate qu'à l'échelle temporelle des quelques décennies passées (de l'ordre du demi-siècle), les limites écologiques entre le Sahel et le Sahara ont apparemment peu varié. La répartition géographique des espèces sahariennes ne s'est pas étendue (exception faite pour la graminée vivace saharienne *Panicum turgidum* dont l'aire de répartition tend à s'étendre en région sahélienne en raison du transport des semences par le pelage du bétail), et celle des espèces sahéliennes adaptées à l'aridité ne s'est guère modifiée. Ces plantes sont de bons indicateurs des conditions de milieu, notamment des régimes de précipitation. D'autre part, des observations par télédétection ont mis en évidence la variabilité de la couverture végétale suivant les précipitations, mais pas d'extension du Sahara (Tucker *et al.*, 1991). Des travaux récents font même état d'une amélioration de la végétation dans certaines régions au sud du Sahara, au cœur des zones pastorales, et indiquent une nette augmentation de la biomasse végétale à grande échelle entre 1982 et 2003 (Herrmann *et al.*, 2005). On ne peut donc parler d'avancée du désert dans cette partie du monde. Par contre, on observe par endroits, notamment en Mauritanie, la mobilisation et la progression des dunes de sable et des phénomènes d'ensablement. Leur cause est complexe et ne peut être assimilée à une avancée du désert.

Voir sur ce sujet : Mainguet, 1995 ; Mainguet et Dumay, 2006 ; Berte, 2010.

* Même si la formulation devenue célèbre « *more people, less erosion* » se vérifie dans certaines régions agricoles (Tiffen *et al.*,.1994 ; Boyd et Slaymaker, 2000).

LE PASTORALISME : PÈRE DE LA DÉSERTIFICATION ?

La désertification aurait trois causes humaines principales (EM, 2005) :

❶ la surexploitation des terres agricoles et des ressources en eau afin de nourrir la population en rapide croissance ;

❷ la surexploitation de la végétation naturelle (cueillette excessive, déforestation, etc.) et sa destruction par les défrichements ;

❸ la surexploitation de la végétation par les troupeaux qui réduirait la production des pâturages et la reproduction naturelle des nombreux arbres fourragers.

Ce dossier s'intéresse à cette troisième assertion—le rôle de l'élevage—et se limite à l'une des grandes régions du monde où le **pastoralisme*** est toujours une des principales activités économiques : l'Afrique tropicale sèche, plus précisément l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale. Dans les espaces pastoraux de cette vaste sous-région, le bétail a été maintes fois accusé d'être le principal responsable des dégradations environnementales. Cette critique est-elle justifiée ? Ce dossier apporte des éléments de réponse…

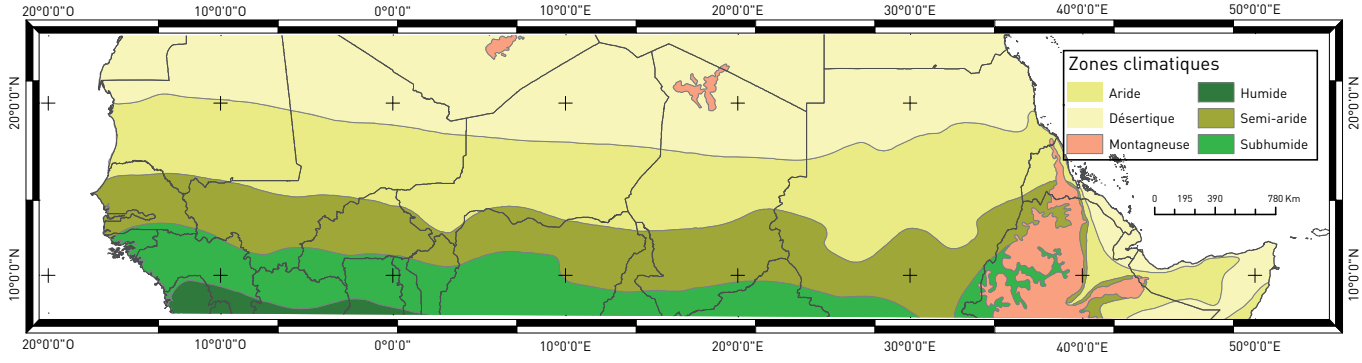
Si l'on passe en revue les différents pastoralismes du monde, on est surpris par la grande diversité des milieux où ils s'exercent, des zones pré-arctiques aux tropiques, des montagnes aux plaines, des terres arides aux marécages *(voir par exemple Faye, 2008)*. Les contextes sociaux et économiques eux aussi sont très variés. Il existe néanmoins des caractéristiques comparables, tant dans l'organisation sociale et familiale que dans les techniques appliquées, dans l'esprit de la relation de l'homme avec l'animal que dans les relations des sociétés avec les autres groupes sociaux.

UNE LONGUE ÉVOLUTION DEPUIS LES TEMPS ANCIENS

Dès les temps néolithiques, des populations africaines se sont spécialisées dans l'élevage pastoral, comme en attestent certaines fresques pariétales du Sahara (Tassili). Ces peuples **pasteurs** régnaient sur d'immenses étendues couvertes de pâturages, même si celles-ci étaient impropres à la vie sédentaire agricole en raison de la rudesse du milieu et de la rareté de l'eau. En même temps, pour compléter la diversité de leur alimentation et disposer d'autres produits de première nécessité, les populations pastorales ont non seulement pratiqué la cueillette et la chasse, mais ont aussi et surtout développé les échanges avec les populations d'agriculteurs. Le climat du Sahara et de l'Afrique au sud du Sahara a changé ; les populations d'éleveurs se sont déplacées pour se trouver dans des milieux propices à leur activité, en adaptant à chaque fois leur mode de vie et de production.

Au cours du siècle passé, l'extraordinaire accroissement de la population au niveau mondial a également touché les milieux pastoraux. Les bouleversements politiques, économiques et sociaux qu'il a partout entraînés ont ajouté, dans le contexte pastoral, d'autres évolutions considérables s'ajoutant aux effets des variations climatiques, notamment un accroissement de la pression sur les milieux naturels et anthropisés. Ces changements n'ont pas empêché le pastoralisme de progresser et de s'étendre dans beaucoup de régions du monde. Même si les gestes des pasteurs semblent se répéter depuis les temps les plus anciens, le **système pastoral** a toujours été en constante évolution : le pasteur d'aujourd'hui puise ses connaissances dans les savoirs transmis, hérités de la tradition, mais il les applique en les transformant selon le contexte pour saisir rapidement les opportunités et faire face aux contraintes qu'il rencontre. C'est une condition de survie.

* Les termes définis par le lexique (page 59) apparaissent en bleu et sont soulignés dans le texte.



▲ Zonage climatique des régions sèches de l'Afrique subsaharienne entre le Sénégal et la Somalie

I. Touré © Cirad-Ppzs

Pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest : Mauritanie, Sénégal, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria • Pays sahéliens d'Afrique centrale : Tchad, Cameroun

Source : FAO

M-N. Favier © IRD

▲ Peintures rupestres de l'Akakus. Libye.

> ZOOM | Quelques chiffres...

Les estimations sont extraites de diverses sources nationales (statistiques des États) et internationales (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO) concernant le secteur de l'élevage et le pastoralisme. Mais les données sur le cheptel en Afrique de l'Ouest et centrale ne sont pas précises et sont souvent sous-estimées.

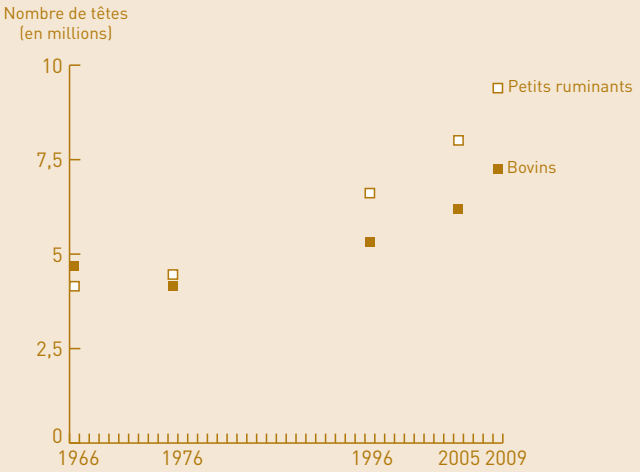
Rien que sur les 15 pays de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), c'est-à-dire sur l'ensemble des États du Cameroun au Sénégal (donc sans inclure la Mauritanie, le Tchad et la République centrafricaine, pays très pastoraux), la zone strictement pastorale couvre 25 % du territoire (Ly *et al.*, 2010). Dans les années 90, le pastoralisme faisait vivre directement 16 % des 35 millions d'habitants que comptaient alors les seuls pays sahéliens (Bonfiglioli et Watson, 1992).

Pour l'ensemble des pays sahéliens suivants : Mauritanie, Sénégal, Mali, Burkina, Niger, Tchad, les statistiques de la FAO indiquent les effectifs globaux suivants en 2009 :

- bovins : 39,7 millions de têtes ;
- ovins : 45,8 millions ;
- caprins : 52,4 millions ;
- dromadaires : 5,7 millions.

Sur cet ensemble, une proportion importante relève du strict pastoralisme. Le reste du cheptel est surtout agropastoral, donc relevant partiellement du pastoralisme, et un peu périurbain.

Le cheptel sahélien est en croissance, même s'il a marqué une inflexion au moment des grandes sécheresses de 1972 et 1973.



▲ Évolution du cheptel au Tchad de 1966 à 2009
(pour sa répartition géographique, *cf. figure page 29).*

Sources :
1966, 1996 : Ministère de l'Agriculture et de la Production animale du Tchad
1976 : Direction de l'Elevage du Tchad
2005 : Wane, 2006 d'après FAOSTAT 2005
2009 : FAOSTAT, 2011

© B. Toutain

▲ Petits ruminants venus s'abreuver, Ferlo, Sahel sénégalais.

QUEL PASTORALISME MAINTENANT ET À VENIR ?

Ce dossier cherche à répondre à certaines interrogations que se posent actuellement les décideurs politiques en charge tant de l'élevage que de l'environnement :

- Le pastoralisme, activité économique très extensive, a-t-il un avenir ?
- Que deviendra la part du pastoralisme dans l'évolution des pays du Sahel, alors que, parallèlement, l'essentiel des accroissements mondiaux des productions animales résultera du développement d'élevages intensifs ?
- Le développement de l'élevage pastoral est-il compatible avec les objectifs de préservation des ressources et les préoccupations environnementales actuelles des sociétés ?
- Quelles décisions, tant politiques que techniques, doit-on prendre pour que les populations pastorales maintiennent de façon durable, voire accroissent, les services que le pastoralisme offre aux sociétés humaines et à l'environnement ?
- Comment orienter et soutenir l'activité pastorale pour que les populations pastorales améliorent leurs conditions de vie ?

Avec un regard et des outils scientifiques, la réalité pastorale révèle peu à peu sa complexité. Pour offrir des pistes de réflexion, il est nécessaire d'entrer dans le détail des deux domaines que sont, d'une part, le système pastoral et, d'autre part, la dégradation des espaces pastoraux. Comprendre l'évolution historique récente et les dynamiques sous-jacentes en jeu, notamment les liens sociaux qui soutiennent le pastoralisme, ouvre des perspectives sur des voies d'intervention juridiques et politiques.

La première partie présente les systèmes pastoraux subsahariens, leurs motivations, leur histoire, leurs spécificités, leurs difficultés et les avantages qu'ils offrent aux populations des pays concernés.

La deuxième partie est consacrée aux interactions entre le pastoralisme et les ressources naturelles, notamment les impacts environnementaux, en tentant de dissocier les responsabilités réelles imputables aux activités d'élevage extensif des autres causes de dégradation.

Dans la troisième partie sont examinées de façon critique les dispositions prises ou à prendre pour permettre au pastoralisme d'être durable, et, pour cela, renforcer la viabilité pastorale en impliquant les politiques de développement, la société civile, la recherche et les soutiens internationaux.

Les auteurs de ce dossier souhaitent que les lecteurs puissent forger leurs propres jugements sur la pertinence pour les États de maintenir, défendre et appuyer le pastoralisme. L'objectif des auteurs est aussi de les éclairer sur les termes des débats à propos des liens existant entre pastoralisme et désertification, sujet qui reste controversé. De même, ils veulent les informer sur les voies possibles pour le pastoralisme d'une gestion efficiente des ressources fourragères peu denses, dispersées sur de vastes espaces souvent difficiles d'accès, et soumises aux variations du climat.

▼ Élevage de zébus, Sénégal.
Jeune berger et son troupeau de zébus.

J.-J. Lemasson © IRD

Le pastoralisme en Afrique subsaharienne

SPÉCIFICITÉS DES TECHNIQUES D'ÉLEVAGE EN RÉGIONS SÈCHES

La variabilité moyenne interannuelle du niveau de production de biomasse végétale en régions sèches est très forte, avec des variations potentielles supérieures à 60 % une année sur dix ; elle est deux, voire trois fois, plus faible en régions subhumides et humides. Dans ces régions sèches, s'ajoute une grande hétérogénéité de la répartition spatiale des pluies au niveau local. L'incertitude sur les ressources fourragères qui en découle impose aux éleveurs des techniques d'élevage particulières préservant leur capital de production : le bétail et les écosystèmes. En effet, le **pastoralisme** s'appuie sur une grande aptitude des éleveurs à valoriser des ressources fourragères spontanées dispersées dans des milieux hétérogènes.

La survie des animaux et la viabilité des **sociétés pastorales** dans ces milieux contraignants résultent d'une maîtrise technique fondée principalement sur :
- le choix et la combinaison de différentes espèces d'herbivores ;
- l'utilisation de ressources fourragères diverses : les plantes herbacées, et, en complément, les fourrages fournis par les arbres et arbustes ;
- la mobilité des troupeaux, parfois avec la famille des éleveurs.

Des espèces animales et des races adaptées

Les herbivores domestiques élevés sur **parcours** ont acquis un potentiel génétique particulièrement adapté aux milieux qu'ils exploitent et à ce mode d'élevage ; ce qui permet la **résilience** et la pérennité des **systèmes pastoraux**. Les éleveurs combinent quatre qualités majeures afin de constituer leur cheptel (Lhoste, 2007) :

- La diversité des espèces : selon les milieux exploités, les moyens des **pasteurs** et leurs objectifs, les cheptels pastoraux sont composés de bovins, de petits ruminants (caprins et ovins), de dromadaires, et, parfois, de quelques équidés (chevaux, ânes et hybrides).

- L'adaptation à l'environnement : il s'agit notamment de l'adaptation à la chaleur, à l'aridité et aux grands déplacements (les aptitudes du dromadaire sont, à ce sujet, extrêmes). Ce sont aussi les capacités à supporter des périodes de sous-alimentation ou des abreuvements espacés, même si cela n'est possible qu'au détriment de leur masse corporelle (par exemple, l'animal utilise, rien que pour se déplacer, une partie de l'énergie procurée par son alimentation).

- La rusticité, c'est-à-dire la capacité à résister aux variations de l'environnement et à des conditions difficiles (par exemple, la médiocre qualité de l'alimentation ou l'exposition à certaines maladies ou certains parasites) : cette rusticité résulte d'une longue sélection pour l'adaptation à ces environnements. Cependant, cela va de pair avec de faibles performances individuelles de production (fécondité, production laitière, conformation bouchère), compensées par le nombre d'animaux élevés.

- La polyvalence : la plupart des espèces élevées rendent de multiples services comme la fourniture d'aliments riches en protéines (lait, viande), la fumure et l'énergie (portage, transport, exhaure de l'eau, culture attelée).

Les associations d'espèces d'herbivores

Chaque éleveur élève une espèce animale ou en associe plusieurs ; ce qui lui permet dans ce dernier cas d'exploiter de façon plus équilibrée et plus complète les ressources du milieu, car chaque espèce utilise des « niches » alimentaires un peu différentes. L'éleveur diversifie les produits et les services rendus par ses animaux ; ce qui renforce ses capacités d'adaptation à des conditions environnementales et sociales diverses et variables.

La composition des troupeaux change aussi dans le temps. Beaucoup de pasteurs appauvris après les sécheresses ont privilégié les petits ruminants pour reconstituer plus vite un cheptel ; ce fut une tendance forte dans les années 80. Avec le retour d'années plus humides, les éleveurs sont revenus progressivement à l'élevage de bovins (ou de dromadaires en zones arides), plus rémunérateur, culturellement mieux enraciné et plus prestigieux.

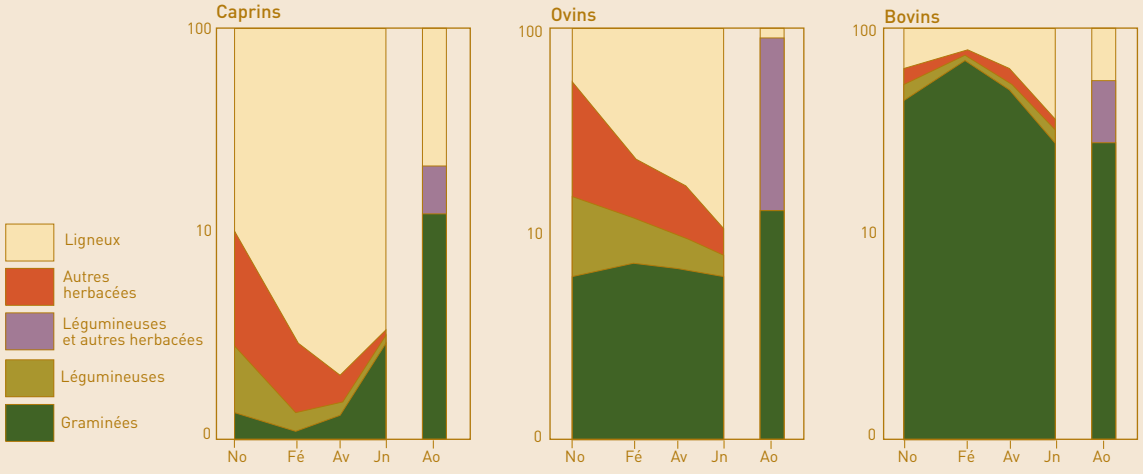
© A. Ickowicz

▲ Des mares artificielles pour sécuriser les grandes transhumances au Sahel, Tchad oriental.

> ZOOM | Préférences alimentaires du bétail

Les bovins sont préférentiellement des mangeurs d'herbe, mais complètent leur ration avec des feuillages d'arbre (près de 10%). Il faut chaque jour à un bovin adulte de 250 kg entre 6 et 6,5 kg d'herbe sèche (24 à 26 kg d'herbe verte). Les ovins consomment près de la moitié de leur régime en feuillages de ligneux mais leur capacité à brouter très ras et à revenir sur de précédents passages peut les amener à dégrader les pâturages. Les caprins sont préférentiellement brouteurs de feuillage (près de 80%) et complètent leur ration avec l'herbe.

Leur habileté à défeuiller les branches à leur portée et à manger jusqu'aux extrémités des rameaux ainsi que les tout jeunes plants, leur a conféré une réputation de destructeurs de la végétation. Cette réputation n'est pas usurpée mais largement exagérée dans les conditions du Sahel. Les dromadaires sont aussi des brouteurs préférentiels mais peuvent se sustenter avec des herbes dures comme celles qui subsistent au Sahara.



▲ Comparaison du régime alimentaire sur parcours en saison sèche et en saison des pluies des caprins, ovins et bovins à Vindou Tiengoli (Sénégal), année 1982-83 : de novembre à juin (du début à la fin de la saison sèche), et en août (pleine saison des pluies).
(d'après Guerin *et al.*, 1988)

Abscisses : mois
Ordonnées : proportion en % (échelle logarithmique)

▼ Troupeau peul venu en transhumance du Niger dans le sud du Burkina Faso.

© B. Toutain

▼ Le retour des troupeaux dans le Delta du fleuve Niger. Mali.

O. Barrière © IRD

La recherche des meilleurs fourrages

Un paysage pastoral est un espace hétérogène : les parcours sont des mosaïques complexes d'écosystèmes juxtaposés, plus ou moins en dépendance les uns des autres, soumis de plus à des climats saisonniers contrastés. Or chaque unité de cette mosaïque (de surface très variable) est un pâturage potentiel, fournissant des fourrages de différentes qualités selon la nature de la végétation et la saison.

Chaque espèce de ruminant domestique montre de nettes différences de comportement au pâturage, en particulier dans la composition du régime alimentaire, et selon les saisons *(voir la figure p.13)*.

La quantité d'aliments ingérée quotidiennement par l'animal au pâturage dépend de la hauteur et de la masse de fourrage disponible. Ce niveau d'ingestion détermine en grande partie les performances des ruminants. D'après plusieurs études, en deçà d'une biomasse minimum (environ 500 kg de matière sèche [MS] par ha) ou d'une hauteur d'herbe moyenne (environ 5 cm), avec des variantes selon le type de végétation, l'animal ne peut plus compenser la rareté des ressources par une activité accrue de prise alimentaire sans une dépense énergétique excessive. De même, lorsque l'herbe est haute et la biomasse importante, l'ingestion est gênée par la faible qualité du fourrage et aussi l'allongement du temps de pâture (herbe difficile à brouter) (Ickowicz et Mbaye, 2001). Tout l'art de l'éleveur consiste alors à mener son troupeau vers les meilleures ressources du moment ; ce qui l'oblige à se déplacer chaque jour et selon les saisons. Le principal moyen dont dispose l'éleveur, le **bouvier** ou le **berger** pour orienter le régime alimentaire de ses animaux, repose sur les pratiques de conduite des troupeaux au pâturage* (Diop *et al.*, 2010 ; Diop *et al.*, 2011).

▲ Les chèvres exploitent les feuillages d'arbustes (ici un acacia) aussi haut qu'elles peuvent. Burkina Faso, région de Tenkodogo.

© B. Toutain

L'apport aux animaux de fourrage récolté ailleurs et transporté (selon les disponibilités : pailles, foins) ou d'aliments complémentaires (tourteaux, graines de coton, céréales…) n'est guère pratiqué en Afrique subsaharienne, si ce n'est à petite échelle et avec des objectifs précis : lactation des femelles fournissant le lait à la famille, animaux au travail, bêtes affaiblies, embouche ou encore dans des stations expérimentales ou quelques ranchs**…

Le rythme d'abreuvement diffère aussi selon les espèces animales, la saison et les pratiques des éleveurs : en saison sèche, il est habituellement quotidien, et en saison des pluies, il peut être plus espacé car le fourrage est riche en eau. En pleine saison sèche, certains éleveurs de bovins ne font boire leurs animaux que tous les deux jours (voire même trois) pour atteindre des pâturages très éloignés. Quant aux dromadaires, ils peuvent rester sans boire une semaine durant, voire davantage. La présence au pâturage de certaines plantes plus ou moins aqueuses telles que les citrouilles sauvages *Citrullus colocynthis*, la crucifère *Schouwia thebaica* ou la chénopodiacée *Cornulaca monacantha*, atténue les besoins en eau.

* Sur ce sujet en France, voir l'ouvrage coordonné par M. Meuret, 2010. *Un savoir-faire de bergers.* Éditions Quae, France.

** En Afrique du Nord, les subventions sur les céréales ont permis aux éleveurs de complémenter les ovins pâturant dans les steppes. Il en est résulté une forte croissance du cheptel, sans commune mesure avec ce que permettait la ressource en herbe, et à la longue, une intense dégradation de la végétation, donc une nette désertification. En Afrique subsaharienne, où le bétail est surtout bovin, une telle pratique est généralement trop coûteuse.

La nécessaire mobilité des troupeaux

Partout dans le monde, les ruminants domestiques ont la faculté de digérer des végétaux relativement grossiers grâce à la physiologie particulière de leurs estomacs multiples. Ils peuvent ainsi utiliser des végétations diverses, même pauvres ou très saisonnières, pourvu qu'il y ait de l'herbe et des arbustes, qu'ils puissent choisir en broutant les meilleures plantes et parties de plantes et qu'ils aient un accès régulier, quasi quotidien, à l'eau.

Les variabilités des ressources naturelles, dans le temps et dans l'espace, peuvent entrainer des écarts de disponibilité fourragère en un lieu donné et d'une année sur l'autre du simple au quadruple (par exemple au Sahel de 500 kg MS/ha à 2 t MS/ha au même endroit selon l'année). Il suffit parfois de parcourir 10 ou 20 kilomètres seulement pour trouver une situation plus (ou moins) avantageuse. Cette variabilité est plus marquée en zones semi-arides qu'en zones subhumides. Pour le bétail, cela impose l'aptitude permanente à la mobilité, de façon à aller chercher le fourrage là où il se trouve. À noter que les herbivores sauvages pratiquent aussi des formes de **transhumance** pour se rendre sur les meilleures ressources en pâturage accessibles.

À l'échelle de la journée, les distances parcourues autour du campement (petite mobilité) varient beaucoup selon la saison et de la disponibilité des ressources en eau et en fourrages. Quant à la mobilité saisonnière, notamment la transhumance, particulière au pastoralisme, elle répond aux variations saisonnières des ressources en disponibilité et en qualité, différentes selon les régions. Cette mobilité conduit certains éleveurs à se déplacer chaque année à pied avec leurs troupeaux, sur des distances considérables (parfois plusieurs centaines de kilomètres). La mobilité est une stratégie de souplesse pour parer aux nombreuses éventualités liées aux risques que rencontrent les éleveurs.

Cette incertitude sur les ressources et cette mobilité vont de pair avec l'accès collectif aux terres de parcours ; ce qui permet, dans ces contextes difficiles, un partage des ressources sur de vastes espaces et, dans les cas de déficit localisé et momentané, une réciprocité d'accès.

La mobilité permet aussi aux groupes d'éleveurs vivant dans des régions de faible densité humaine de faciliter les échanges avec d'autres groupes sociaux : vente de produits, achats de céréales dans les zones agricoles et d'autres marchandises pour la famille, échanges de services contre fertilisation ou transports, rencontres sociales, etc.

> ZOOM | Les différentes formes de mobilité pastorale

Il existe différents degrés de mobilité :

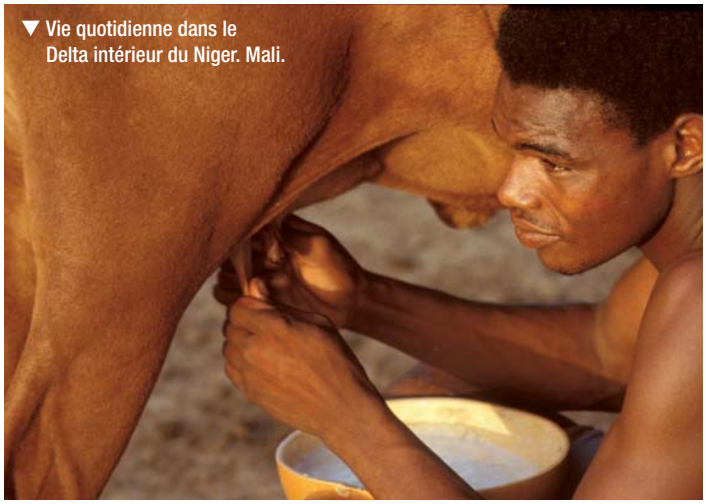
- Le déplacement quotidien contribue à disperser les animaux dans le pâturage avant les regroupements pour l'abreuvement puis dans des parcs de nuit. Pour des bovins, le rayon d'action le plus large est d'une dizaine de kilomètres, tout au plus quinze (il est moindre pour les petits ruminants).

- La transhumance, ou déplacement saisonnier, est un changement de région de pâture. Certaines transhumances s'éloignent du terroir d'attache de 800 km (est du Tchad, centre-est du Niger). Le « grand **nomadisme** » peut déplacer tout un **lignage** en compagnie de ses troupeaux. Le nomadisme existe en régions arides ; il s'appuie sur le déplacement des familles et de leur troupeau en fonction de l'existence de pâturages et d'accès à l'eau mais aussi parfois d'autres facteurs comme les marchés ou les réseaux sociaux.

Le degré de mobilité d'un groupe n'est jamais définitif : il est flexible et fluctue selon des variables conjoncturelles. Du point de vue de la mobilité, comme à beaucoup d'autres égards, les oppositions ne sont jamais tranchées et de multiples nuances peuvent s'exercer au sein d'un même groupe (tribu, lignage, groupe domestique).

On observe souvent au sein d'une même région une grande diversité des systèmes de mobilité, lesquels se combinent ou se concurrencent pour l'accès aux ressources. Voici les principaux facteurs permettant de caractériser ces systèmes de mobilité :

- l'amplitude géographique des déplacements (de quelques kilomètres à plusieurs centaines, voire près de 1 000 km) ;
- l'ampleur sociale de la mobilité (les bergers seuls ou les familles se déplacent) ;
- les points fixes ainsi que les ancrages territoriaux et fonciers des zones de repli habituels de saison sèche chaude ;
- la valorisation saisonnière des espèces fourragères et la **cure salée** ;
- les ressources en eau, dont l'accessibilité est centrale pour pouvoir utiliser les parcours une fois passée la période d'eau libre superficielle en saison des pluies. Elles se négocient entre communautés en saison sèche sur les puits ;
- les marchés car ils ont un rôle déterminant dans la valorisation des animaux et du lait ainsi que dans l'approvisionnement en céréales et produits de nécessité du ménage ;
- les liens sociaux, qui facilitent les déplacements et permettent de résoudre les divers problèmes rencontrés lors de la transhumance.



▼ Vie quotidienne dans le Delta intérieur du Niger. Mali.

O. Barrière © IRD

▼ Troupeau de zébus peuls dans un champ de mil après sa récolte, Burkina Faso, région de Dori.

© B. Toutain

DE NOMBREUX BIENS ET SERVICES SPÉCIFIQUES

Les systèmes pastoraux permettent non seulement aux sociétés pastorales de vivre selon leur culture et leur mode de vie, mais ils pourvoient aussi les réseaux commerciaux en produits de haute valeur commerciale, en particulier les aliments riches en protéines que sont le lait et la viande rouge. Ils contribuent à l'alimentation humaine et approvisionnent l'important marché d'exportation des pays sahéliens vers les pays côtiers plus peuplés. Souvent, l'animal est aussi une source d'énergie (traction et transport animal, utilisation éventuelle des déjections sèches comme combustible) et de fumure pour les cultures (Lhoste, 1987).

Des productions variées

Les principaux produits issus de l'élevage pastoral sont la viande et le lait ; les peaux sont aussi valorisées :

■ La production de viande d'un troupeau est sous la dépendance de plusieurs paramètres : le taux de fécondité des femelles, la croissance et la mortalité des jeunes, la mortalité des adultes. En système extensif, les bovins mâles sont souvent commercialisés entre cinq et sept ans. Le nombre d'animaux élevés et les étendues de pâturage utilisées compensent les faibles niveaux de productivité par animal. La production à l'hectare des systèmes pastoraux sur parcours collectifs est supérieure à celle des systèmes de *ranching* aux États-Unis ou en Australie (Breman et De Wit, 1983). Bille (*in* Daget et Godron, 1995) compare la production bovine par hectare de 10 kg vifs par an en pays Borana (Afrique de l'Est) avec celle de 5 kg vifs par an dans les ranchs du nord de l'Australie avec des coûts de productions huit fois plus élevés. Au niveau des marchés à bétail, les animaux provenant des zones pastorales sont plus prisés pour l'exportation que ceux des agro-pasteurs car ce sont les plus lourds. C'est en particulier le cas au Tchad pour l'exportation vers le Nigeria.

■ La production laitière des vaches se limite en moyenne à environ 1 litre par jour (entre 0,5 à 2 litres) pendant la période de traite. Ce faible niveau de production est dû à la rusticité des races sahéliennes. De plus, du lait est laissé au veau pour sa croissance. En milieu semi-aride, seule la moitié des femelles est en lactation à la fois ; cela est en rapport avec le taux moyen assez bas de fécondité (lié au niveau d'alimentation) qui est de 0,5 environ (soit un veau tous les deux ans). L'âge de la première mise-bas est moins souvent de trois que de quatre à cinq ans et, en général, les vaches font naître entre trois et quatre veaux au cours de leur carrière.

■ Les cuirs et peaux sont largement exploités par l'intermédiaire de filières spécifiques.

Ces productions animales sont complétées par la fourniture de nombreux services :

■ La fumure des champs : les éleveurs valorisent directement la fumure animale ou en font un élément d'échange avec des agriculteurs et maintiennent ainsi la fertilité des parcelles de culture près du village ou de leur campement. Les déjections sont produites sur place par des animaux séjournant sur le terrain de culture. Le fumier produit dans les parcs de nuit peut être transporté et épandu. Un transfert net de fertilité se fait donc depuis les parcours vers les zones cultivées.

■ La fourniture d'énergie animale sous différentes formes (monte, portage, transport, exhaure de l'eau, culture attelée) représente parfois aussi une production significative pour les sociétés pastorales. Certains pasteurs se sont spécialisés pour fournir des services de transport (**natron**, céréales, bois).

■ Un support à des relations sociales et économiques : comme, par exemple, l'emploi de la main d'œuvre disponible, des mécanismes d'échange et de transfert de biens et de services, un moyen d'entraide sociale ou d'entretien de réseaux sociaux.

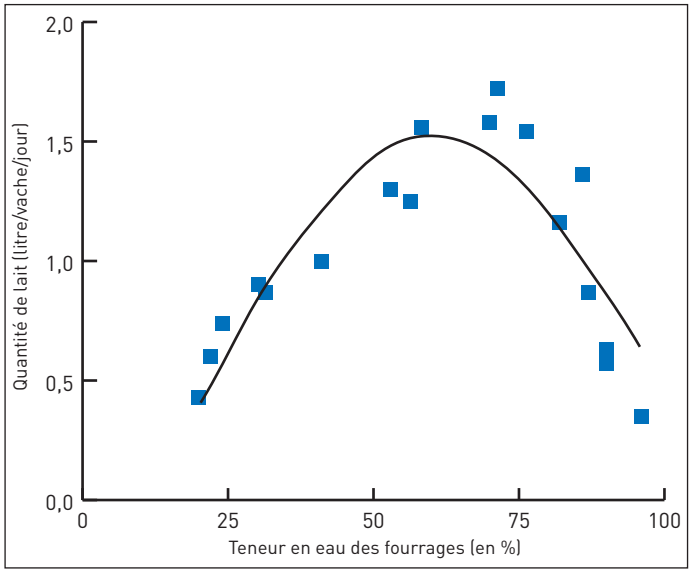
■ Un instrument d'épargne, de meilleur rapport que les produits bancaires peu disponibles dans les régions éloignées des villes : la vente d'animaux est un moyen de disposer rapidement de liquidités pour les dépenses en argent (produits alimentaires ou de consommation, services monétarisés).

Productivité numérique du cheptel

Le taux d'exploitation, ou nombre d'animaux exploités par an, est l'indicateur habituel utilisé pour caractériser la productivité numérique du troupeau. Mais le calcul de « rendement numérique » du troupeau tenant compte en plus de la variation de l'effectif (évolution numérique positive ou négative) est plus représentatif de la réalité. En système pastoral sahélien, le rendement numérique annuel des bovins varie en moyenne entre 10 et 15 %, mais il peut beaucoup osciller selon les conditions du milieu et l'habileté de l'éleveur.

Variabilité annuelle et interannuelle des productions

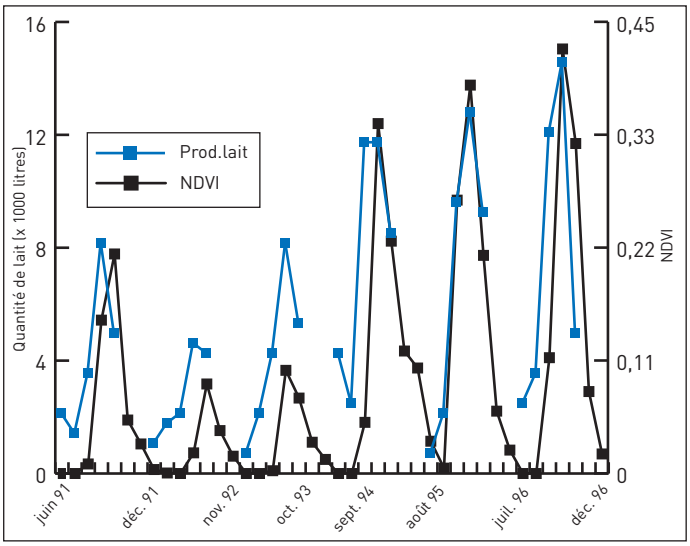
En Afrique subsaharienne, la qualité du fourrage et son abondance satisfont les besoins des ruminants en saison des pluies et en début de saison sèche, mais ne couvrent plus les besoins alimentaires en fin de saison sèche. Il en résulte de fortes variations saisonnières de la productivité des animaux. La production de lait, étroitement corrélée à l'alimentation, est un bon indicateur de la qualité moyenne du fourrage *(figure ci-contre)*.



▲ Production laitière par jour de vaches sahéliennes en fonction de la teneur en eau du fourrage. D'après Diop *et al.*, 2009.

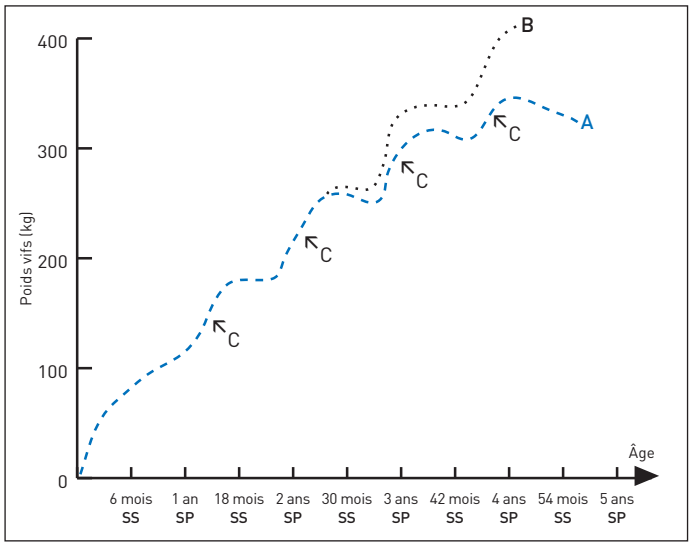
L'herbe qui permet la meilleure production de lait n'est ni trop aqueuse (très jeune) ni trop sèche (fin de cycle et paille).

La variabilité est aussi interannuelle, dépendant des conditions pluviométriques de l'année *(figure ci-dessous)*.



▲ Variation saisonnière et annuelle sur six ans consécutifs de la production laitière moyenne par vache au nord du Sénégal, comparée à l'indice de végétation normalisé NDVI. D'après Diop *et al.*, 2009.

On observe la forte saisonnalité de la production laitière sahélienne avec un pic centré sur le début de la saison sèche ainsi que les énormes différences d'une année à l'autre selon le niveau de production de l'herbe (évalué par l'indice NDVI).*



▲ Courbe de croissance générale de jeunes zébus mâles sahéliens élevés sur parcours. D'après Guerin, 1987.

Courbe A : mode d'élevage traditionnel sur parcours
Courbe B : avec une complémentation alimentaire à partir de 30 mois
C : périodes de croissance compensatrice
SP : saison des pluies • SS : saison sèche

Le poids vif des animaux varie aussi selon la saison, de sorte que la croissance pondérale est irrégulière au cours de leur existence *(figure ci-dessus)*. Mais par le phénomène de croissance compensatrice, les jeunes rattrapent en partie leur retard de gain de poids après une période de disette lorsque les fourrages redeviennent abondants et de bonne qualité nutritionnelle.

* Le NDVI, ou *Normalized Difference Vegetation Index*, calculé à partir de données fournies par des satellites, est proportionnel à la surface de végétation verte. En zones sèches, il est en relation avec la biomasse végétale active, elle-même étroitement dépendante des précipitations.

PERTINENCE ÉCONOMIQUE ET SOCIALE DU PASTORALISME

Un système adapté aux milieux à production naturelle faible ou variable

Le pastoralisme trouve naturellement sa place encore aujourd'hui partout où sont réunis les divers ingrédients qui lui sont favorables ou qui lui confèrent un avantage par rapport à d'autres formes de production : (i) des végétations non cultivées hétérogènes, peu productives, riches en plantes fourragères, (ii) des possibilités d'accès à l'eau pour l'abreuvement, (iii) un bétail adapté (espèces et races), (iv) des bergers (avec leurs rôles de conduite du troupeau et d'organisation pratique de la mobilité). Il s'accommode mieux que tout autre système de production (hormis la foresterie) à des conditions climatiques contrastées et des terrains impropres à l'agriculture parce que pauvres ou accidentés. C'est pourquoi le pastoralisme coïncide un peu partout dans le monde avec les végétations de steppes, d'alpages, de causses, voire même de savanes et de forêts sèches.

Ainsi, en Afrique tropicale sèche, et notamment en Afrique de l'Ouest et centrale, la récente augmentation des contraintes au pastoralisme ne l'a pas empêché de se développer et de s'étendre, en fonction de l'important accroissement actuel de la population, y compris dans les zones pastorales.

Un rôle économique irremplaçable

La valeur économique du pastoralisme doit être appréciée de façon large :

En premier lieu, la valeur économique directe prend en compte les productions mesurables et quantifiables telles que les animaux sur pied, la viande, le lait, les cuirs et peaux. Il conviendrait d'y ajouter, dans la mesure du possible, les poids économiques des transports à traction animale et des emplois dans le secteur de l'élevage.

Les statistiques existantes, malgré des degrés de précision assez variables, donnent de précieuses indications. Pour les seuls pays sahéliens, la contribution du secteur de l'élevage à la richesse nationale est significative *(cf. tableau ci-dessous)*, même si l'on constate au fil des années une lente diminution. Le pastoralisme proprement dit représente une partie importante de l'ensemble du secteur de l'élevage (jusqu'à la moitié).

▲ Agriculteurs et élevage. Mali.

Le contrat de fumure entre pasteurs et agriculteurs dans le terroir du village de Wuro Neema permet aux champs d'être amendés et au cheptel de brouter les résidus de récolte. Cette complémentarité peut dégénérer en conflit quand les animaux arrivent avant la fin des récoltes.

En second lieu, il faut aussi prendre en compte les valeurs économiques indirectes dont certaines ne sont pas toujours identifiables à des échanges monétaires :
- les produits annexes : produits artisanaux, substances de collecte (gomme arabique, miel, substances médicinales, etc.) ;
- le capital social représenté par leur savoir-faire technique, la richesse culturelle et les liens sociaux ;
- les divers services aux écosystèmes comme la biodiversité, les transferts hydriques, le stockage du carbone (Hartfield et Davies, 2006), qui commencent à être évalués et parfois payés aux éleveurs dans certaines régions du monde ; rien de tel n'est encore pratiqué dans les pays sahéliens.

Malgré leur rôle économique important de valorisation de zones difficiles, les pasteurs sahéliens continuent à faire face à des obstacles et des **coûts de transaction** particulièrement élevés : grandes distances pour commercialiser les produits, nombre de marchés à bétail encore insuffisant dans certaines régions, poids des négociations des droits d'accès aux ressources, asymétrie de l'information pour les transactions, présence balbutiante, voire absence, de services financiers aux pasteurs (microcrédit et assurance p. ex.). Les investissements sur les infrastructures d'élevage (marchés, postes vétérinaires, ouvrages d'hydraulique pastorale, routes) et la modernisation des pratiques (transports d'animaux en camions, usage du téléphone et d'internet) permettent de diminuer ces coûts de transaction.

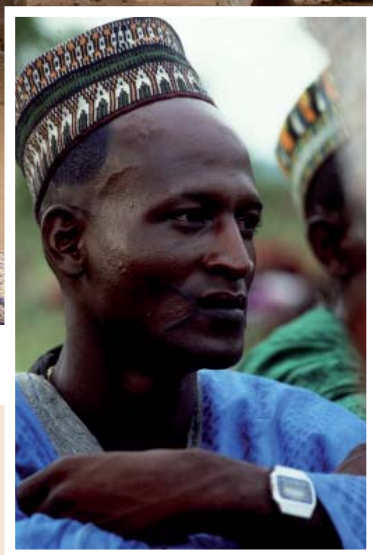
▼ Part de l'élevage dans le produit brut agricole des pays sahéliens

Pays	Part de l'élevage (%)	Pays	Part de l'élevage (%)
Burkina Faso	30	Mauritanie	83
Cameroun	18	Niger	36
Guinée	15	Sénégal	23
Mali	32	Tchad	32

Source : FAOSTAT, 2009, selon la valeur des produits sur le marché international.

▼ Campement fixe peul. Les jeunes hommes sont partis avec les animaux. Nord du Sénégal.

© B. Toutain



J.-J. Lemasson © IRD

▶ Peul M'Bororo. Nord-Cameroun.

> ZOOM | Quelques préjugés et idées fausses concernant les pasteurs

Des préjugés survalorisants

L'idéalisation « bucolique » des modes d'existence vécus par les pasteurs relève d'occidentaux en mal d'exotisme, d'espace et de liberté, loin des contingences et des difficultés réellement vécues par les pasteurs. Certains peuples portent ainsi des réputations idéalisées : tels les Touaregs (les « hommes bleus »), avec leur fierté et leur maîtrise du désert, ou encore les Peuls *Wodaabe*, symboles de liberté, de simplicité des conditions de vie, de mobilité. Ces formes de survalorisation reflètent une méconnaissance de la réalité et des contraintes vécues par les pasteurs.

Des préjugés dévalorisants

L'origine de certains d'entre eux remonte à l'époque coloniale, mais ils restent parfois encore vivaces :

- L'inefficience et l'inutilité : les pasteurs seraient de simples cueilleurs, producteurs inefficaces, ou pire, destructeurs de la nature. L'élevage pastoral serait « contemplatif », le pasteur un « *boomaniaque* » surtout préoccupé d'accumuler du bétail pour son prestige. Il serait peu réceptif au progrès.
- L'absence d'avenir : le pastoralisme serait une activité archaïque fruit de traditions dépassées, et serait appelé à disparaître avec la modernisation et la rationalisation de l'élevage. Les pasteurs seraient tolérés parce que résiduels.
- L'indiscipline : pour les administrateurs, les pasteurs seraient difficiles à contrôler, « vagabonds par plaisir », « en errance perpétuelle», insaisissables. Ils seraient réfractaires à l'intégration nationale, à l'impôt, à la conscription.
- Une concurrence incontrôlable : pour les populations sédentaires, les transhumants respecteraient mal les règles locales et les règlements, ou seraient perçus comme des envahisseurs et des concurrents.

Quelle attitude tenir ?

Ces préjugés infondés, humiliants, assénés depuis longtemps, ont conduit nombre de pasteurs à se mésestimer, voire se marginaliser. Il faut reconnaître la spécificité du mode de vie de ces peuples, ainsi que de leur importance numérique, économique et culturelle.

Des fonctions sociales essentielles

Le système d'élevage pastoral et sa composante majeure, la transhumance, reposent sur de solides rationalités internes aux communautés pastorales. Pastoralisme et mobilité assurent en effet aux sociétés pastorales les fonctions principales suivantes :

- Le soutien de base des familles de pasteurs grâce à la production de nourriture (lait, viande), d'énergie (transport, traction animale), de produits échangeables ou commercialisables (animaux sur pied, lait, produits transformés). Cette fonction repose sur la santé et la reproduction des troupeaux. Tous les éléments techniques qui favorisent la productivité des animaux (progrès vétérinaires, réseaux de puits et forages, actions contre les feux de brousse, amélioration des races animales, etc.) contribuent à améliorer cette fonction.

- L'accumulation de capital bétail : un nombre minimum d'animaux est nécessaire pour permettre à une famille de vivre et d'assurer sa transmission (une vingtaine d'**UBT** [unité bovin tropical] par famille selon Faye, 2001, ou le minimum de 3 UBT par personne considéré au Sahel comme le seuil de pauvreté). Le cheptel supplémentaire contribue à la viabilité face aux différents risques et aléas liés au système pastoral, réduit ainsi la vulnérabilité des pasteurs et permet des dépenses et des investissements pour le ménage.

- Les liens et échanges sociaux entre membres des communautés de pasteurs : ils sont matérialisés par des dons en nature (animaux et produits) en signes d'allégeance ou pour des services rendus, les dots lors des mariages, les héritages, des prêts aux familles dans le besoin (notamment de femelles laitières), des dotations pour l'établissement des jeunes et des bergers en vue de leur émancipation. Le nombre et la qualité des animaux assoient le prestige social du propriétaire.

- Les relations sociales avec les autres communautés, principalement agropastorales : elles concernent, notamment l'accès à des ressources comme l'eau, les pâturages, les résidus de culture, ainsi que les dons et les échanges pour des denrées alimentaires et des céréales, du bétail, du travail, etc.

- L'entretien et la transmission de savoirs, tant techniques que culturels : ces savoirs variés concernent les animaux domestiques, les techniques d'élevage, la mobilité, les autres communautés, les propriétés et les cycles des plantes sauvages, les animaux sauvages, les milieux, le climat, les ressources non biologiques (eau, cures salées, etc.), ainsi que les mythes, l'histoire, les contes, la poésie, etc. Le souvenir des ancêtres et le respect à leur égard sont maintenus par la présence dans le troupeau, de vaches qu'ils ont offertes.

> ZOOM | Les femmes, piliers des familles pastorales

Les femmes jouent un rôle central au sein des familles de pasteurs. Elles assurent bien souvent une partie essentielle des tâches domestiques telles que la cuisine, l'approvisionnement en eau et en combustible, des travaux d'artisanat, le montage et démontage de la tente et des bagages. Elles participent aussi aux activités d'élevage en s'occupant de la traite, de l'entretien des animaux fragiles et des petits ruminants, de la fabrication du beurre et du fromage, des déplacements et transhumance. Il est fréquent qu'elles partent troquer ou vendre leurs produits contre des céréales ou d'autres marchandises. Ainsi, leurs enfants sont généralement moins carencés au plan nutritionnel que ceux des agriculteurs dépourvus d'animaux laitiers. En effet, chez les pasteurs, l'alimentation est jugée prioritaire pour les enfants et les femmes enceintes ou en charge de nourrissons en cas de pénurie.

Quand les hommes sont absents, ce qui est fréquent en situation de crise, elles assurent la responsabilité de la famille et du troupeau. En période normale, elles ont du poids dans les décisions du ménage, à la fois selon leur expérience et leur personnalité, mais aussi parce qu'elles possèdent une partie des animaux ainsi que la tente familiale. Elles sont au cœur des alliances matrimoniales et des liens sociaux.

© B. Toutain

▲ Femmes peules du Ferlo, Nord-Sénégal.

Bien que peu scolarisées, elles n'en ont pas moins la réputation d'être de meilleures gestionnaires que les hommes, notamment dans les activités de type associatif : elles occupent fréquemment le poste de trésorière au sein des groupements mixtes. Bien intégrées dans le présent, et malgré les mutations des sociétés pastorales, elles transmettent l'éducation et la culture auprès des jeunes générations. Il est à souhaiter qu'elles garderont toujours leur rôle et leur place dans la vie pastorale, car, comme l'exprime ce dicton tamasheq, *« la femme, comme le pâturage, ne s'entoure pas de clôture »*.

> EXEMPLE | Une famille de pasteurs au Niger

Ardo Bandé Orodji est Peul *Oudah*, chef de tribu du groupement Brézoua *(photo 1).* Il considère que son terroir d'attache se trouve à Maja, à 19 km au nord de Gouré. Son troupeau est principalement constitué de bovins zébus de race mbororo et d'ovins, ainsi que de quelques caprins *(photo 2).* Familles et troupeaux se déplacent tout au long de l'année selon un itinéraire de transhumance de grande amplitude (près de 500 km). Il part avec les différents groupes des familles dont il a la responsabilité d'organiser la transhumance. Il traverse dix-huit communes de la région de Zinder au cours du périple, tandis qu'une autre partie de la tribu suit un itinéraire annuel plus au sud, dans six États du Nord-Nigeria.

En saison des pluies, les familles de ce groupe dispersent les troupeaux dans leur terroir d'attache. Ce sont des pâturages dunaires de type sahélien sur lesquels se sont développées en quelques semaines des petites graminées particulièrement appréciées par le bétail. Au cours de cette période, les pluies alimentent une multitude de points d'eau de surface qui permettent aux animaux de s'abreuver facilement, évitant aux bergers un pénible travail d'exhaure sur les puits plus ou moins profonds comme ils sont obligés de le faire en saison sèche chaude.

Quand l'année est bonne, à la fin de cette période de dispersion et de relative abondance des pâturages, les familles dispersées en petits groupes organisent leur rassemblement annuel autour des chefs de tribus. C'est le rassemblement annuel du *gerewol**, occasion de fêtes traditionnelles dans le calendrier annuel des *Oudah*. C'est le moment des mariages, quand l'année pastorale a été bonne et que les animaux ont bien profité. De tels rassemblements à dimension interculturelle et festive resserrent les liens sociaux et renforcent la cohésion au sein du groupe et aussi entre les groupes. Chaque communauté pastorale profite de cette opportunité pour affirmer et faire reconnaître son identité culturelle à travers des chants et des danses rythmées *(photo 3).*

▼ Photo 1. Le chef des Peuls Brezoua au Niger.

© B. Bonnet

En marge des festivités, le chef de tribu et ses éclaireurs font un bilan de la saison des pluies écoulée pour préparer la période plus difficile de la saison sèche. Selon la configuration de la saison, plusieurs itinéraires sont évalués et la prise de décision peut prendre plusieurs journées si les risques paraissent importants. Débute alors une longue série d'étapes de saison sèche, conduisant d'abord à travers la zone agricole pour rejoindre les abords de la capitale régionale Zinder. Le groupe séjourne là une quinzaine de jours pour profiter des divers services, notamment pour les soins aux enfants et aux personnes âgées qui le nécessitent et pour qui les déplacements seront particulièrement éprouvants. Au sortir de cette étape, suivant l'évaluation de la saison, les différents groupes de la tribu se scindent en deux itinéraires de manière à préserver une bonne capacité d'adaptation :

- Les uns (dix ménages) poursuivent leur route vers l'est pour remonter ensuite vers la commune de Gangara, dans le département de Tanout *(voir carte page suivante),* et rejoignent Gouré en début de saison des pluies.

- Les autres vont au sud et traversent six États du Nigeria (Katsina, Kano, Kaduna, Bauchi, Jigawa et Yobé), puis rentrent au Niger par le sud de Bouné au fur et à mesure des mises en cultures et des pluies.

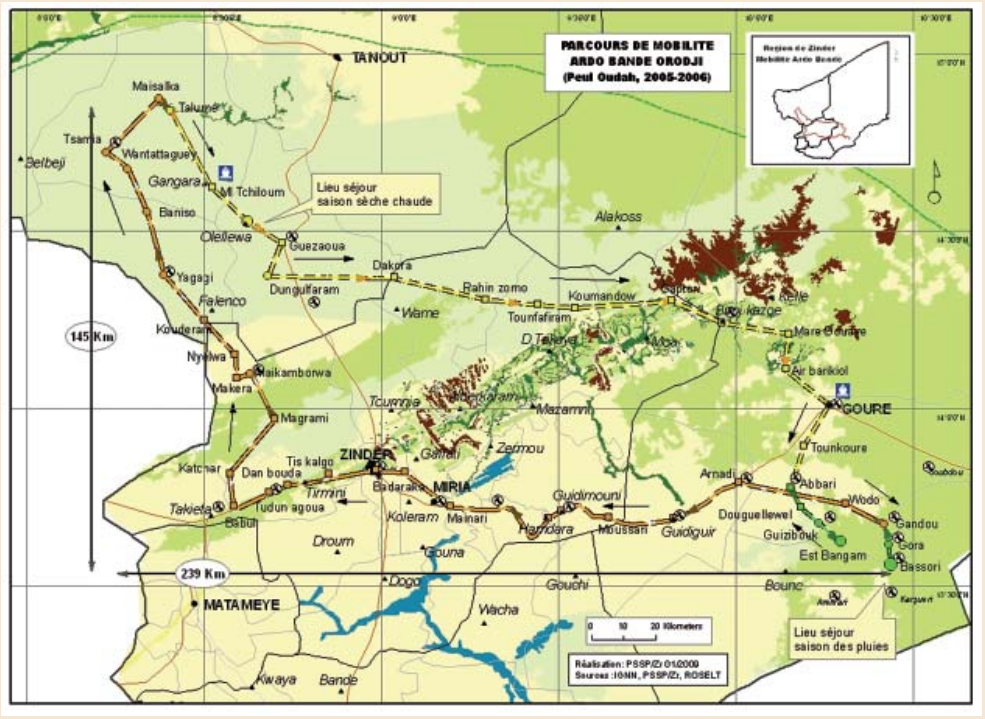
Suite page suivante...

▼ Photo 2. Troupeau de zébus mbororo et de petits ruminants.

© B. Bonnet

▼ Photo 3. Transe de jeunes filles et jeunes hommes peuls *Oudah* à Filin Jirgi, Niger.

© D. Hérault Iram-PSSP

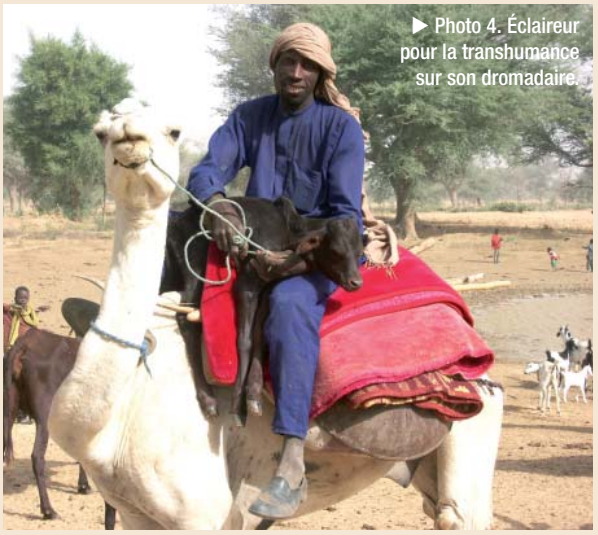


© Iram

◀ Parcours annuel de la transhumance du pasteur peul Oudah du Niger Ardo Bande Orodji en 2005-2006 (régions de Gouré, Zinder et Tanout).

Se déplacer en famille tout au long de l'année sur des distances importantes exige toute une organisation de la communauté. Pour cela, Ardo Bandé s'appuie sur des éclaireurs à cheval ou à dromadaire, munis de téléphone cellulaire, qui ont pour fonction de préparer les déplacements de chaque nouvelle étape *(photo 4)*. En déplacement, les familles disposent d'animaux de bât, ânes et quelques bœufs porteurs, pour transporter les tentes et tous les effets personnels *(photo 5)*. Ce sont aussi sur les ânes que voyagent les jeunes enfants et les agneaux encore trop jeunes pour marcher sous le soleil. En temps ordinaire, les ânes, conduits par les femmes, sont employés pour le transport de l'eau.

Les itinéraires de transhumance pratiqués par ce groupe ne sont pas dénués de difficultés : les éleveurs doivent faire face à des pressions de certaines collectivités et à la mauvaise disposition de forces de sécurité pour traverser les communes. Les champs récoltés (épis récoltés) mais non libérés (tiges sur pied) et l'absence de couloirs et d'aires de repos, compliquent les mouvements de transhumance.



▶ Photo 4. Éclaireur pour la transhumance sur son dromadaire.

© B. Bonnet

© B. Bonnet

▲ Photo 5. Ânes porteurs lors d'une transhumance.

Les accès aux puits sont difficiles et de plus en plus soumis à des paiements ; les relais d'abreuvement les plus commodes sont les mares temporaires. Ce sont les liens sociaux maintenus avec les pasteurs résidents qui facilitent la transhumance.

La mobilité pastorale n'est possible qu'à travers des réseaux sociaux sans cesse renouvelés, entretenus et développés, notamment avec les pasteurs résidents. Cela exige des capacités d'adaptation et de négociation avec les autres communautés.

À l'inverse, la sédentarisation peut entrainer un certain isolement social et augmenter ainsi la vulnérabilité devant les risques liés aux variations des ressources et du climat, sans pour autant apporter une plus grande sécurité foncière.

* D'autres groupes de pasteurs pratiquent leurs propres fêtes : c'est le cas du *sharo* (la bastonnade) chez certains groupes peuls *(Uda'en* et *Katsinanko'en)* ou encore le *tende* des Touaregs (les femmes chantent autour d'un mortier servant de tam-tam, les hommes tournent autour et paradent à dos de chameau). Ajoutons qu'au Niger, la transhumance de cure salée après l'hivernage est devenue l'occasion de rassemblements festifs auxquels participent les autorités.

DIFFICULTÉS ACTUELLES ET MENACES POUR L'AVENIR

Les sécheresses et le changement climatique

Le défi le plus connu réside sans aucun doute dans les aléas climatiques. Les périodes de sécheresse survenues dans les années 70 et 80 étaient inattendues car elles suivaient une longue période marquée par une certaine constance et un bon niveau des précipitations, bien au-delà de la variabilité interannuelle propre aux climats arides.

Un indice pluviométrique standardisé (IPS), qui représente par année la moyenne des cumuls pluviométriques de 600 stations sahéliennes retenues, a été calculé sur plus d'un demi-siècle, de 1950 à 2006 (AGRHYMET, 2009).

La figure ci-contre met en évidence trois périodes bien distinctes :

❶ 1950-1969 : période caractérisée par une succession d'années humides bien arrosées (et inhabituellement humide par rapport aux données antérieures disponibles) ;

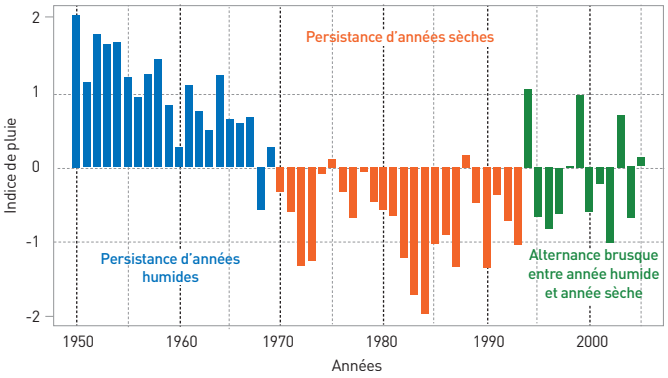
❷ 1970-1993 : période de plus de vingt années sèches et marquée par deux sécheresses catastrophiques (1973-1974 et 1983-1984) ;

❸ après 1993 : période marquée par une alternance brutale entre années très humides (1994, 1999, 2003) et années très sèches (en 2009-2010, jusqu'à 60 % de pertes en bétail ont été rapportés au Niger, Tchad et Mali) ; elle est plutôt comparable dans sa variabilité aux années antérieures à 1950. Cette rupture climatique des années 70 a frappé simultanément tout le Sahel et n'a pas été observée dans d'autres régions du monde.

Autre évolution, la partie ouest de cette région sahélienne, entre le Sénégal et le Tchad, est restée marquée par des précipitations réduites tandis que l'est bénéficie d'un retour progressif à des conditions plus humides ; ce qu'attestent de nettes reprises de végétations arbustives dans plusieurs régions, notamment au Mali (Bégué et *al.*, 2011).

La persistance de la sécheresse sur une partie du Sahel est expliquée par les effets conjugués d'un réchauffement de la partie intertropicale des océans, en particulier la zone équatoriale de l'Océan indien, un réchauffement relatif de l'Atlantique Sud et un refroidissement de l'Atlantique Nord. Le lien avec le réchauffement climatique n'est pas établi.

Pour le Sahel, au-delà de l'accroissement de la température, les modèles de prévision à long terme des effets du changement climatique sont contradictoires : certains avancent une tendance à l'aridification, d'autres au contraire à davantage de pluies. Dans les zones soudaniennes, les effets du changement climatique sont peu apparents ou tendraient plutôt à accroître les précipitations.



▲ Indice de pluies standardisé de l'ensemble des stations sahéliennes des pays du CILSS (Comité inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel, période 1950-2006). *D'après AGRHYMET, 2009.*

Les valeurs positives indiquent les années de pluviométrie supérieure à la moyenne sur la totalité de la période ; celles négatives sont celles inférieures à cette moyenne.

On observe et on prévoit cependant une augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes : sécheresses, pluies diluviennes, périodes de fortes ou basses températures. Cette augmentation de la variabilité interannuelle et des extrêmes climatiques en zones sahéliennes est très déstabilisante pour les pasteurs et affecte gravement les plus exposés*, même si le système pastoral dispose de beaucoup de souplesse et de mécanismes d'adaptation.

* Cette situation fut un déclencheur d'exode rural avec près de 65 % de mortalité du cheptel sahélien en 1973-1974 et un afflux de « réfugiés climatiques » dans les villes. La famine menace les populations de pasteurs pendant les sécheresses.

> EXEMPLE | Sécheresses et pluies diluviennes au Niger

L'histoire du Sahel est ponctuée d'années de sécheresse à l'origine d'une forte mortalité du bétail (1914, 1973, 1984, 2005), quand ce ne fut pas la famine, mais aussi de pluies diluviennes. À elle seule, la campagne 2009-2010 a connu les deux phénomènes. La faiblesse de l'hivernage 2009 a obligé les éleveurs à se renseigner, à se concerter et à opter pour des stratégies de mobilité fort diverses.

Ainsi au Niger, à Tanout, une partie du groupe *Wodaabé Suudu Suka'el* a renoncé à son habituelle descente vers le sud et a préféré se diriger vers le nord exceptionnellement mieux pourvu en pâturages et disposant de puits dont il a fallu négocier l'accès. Mais c'était sans compter au retour sur les inondations provoquées par les pluies exceptionnelles de 2010 : les animaux affaiblis ont été piégés par l'eau et la boue. Le bilan final est sans appel : la mortalité par inondation a été plus élevée que celle liée à la sécheresse proprement dite.

L'évolution des sociétés pastorales : pauvreté, vulnérabilité et inégalités

La pauvreté est une notion complexe qui fait référence à la vulnérabilité physique (risque d'incapacité matérielle), économique (perte de revenus) et sociale (risque d'exclusion). Si l'on se réfère à d'autres critères plus conformes aux contextes nationaux que ceux de la Banque Mondiale (qui définit le seuil de pauvreté à un dollar par jour et par personne), les pasteurs tchadiens ou burkinabè, avec en moyenne 60 têtes de gros bétail par famille, sont loin d'être pauvres (Clanet *in* Duteurtre et Faye, 2009) grâce aux différents biens et services fournis. Cependant, la pauvreté menace les pasteurs de diverses façons :

- Les pertes brutales de bétail suite à des épizooties, des sécheresses ou autres accidents climatiques, des vols ou des faits de guerre : le pasteur se trouve dépouillé de tout ou partie de son capital productif, qu'il va devoir reconstituer.

- Une capacité de production et d'accumulation insuffisante pour faire vivre la famille et accroître en même temps le troupeau, pouvant obliger les plus démunis à dépendre de différentes formes d'aide (solidarité locale, transferts familiaux, interventions humanitaires), à s'endetter ou à diversifier leurs activités locales ou éloignées, alimentant les flux de l'exode rural ou des migrations régionales. Des membres des familles d'éleveurs vont dans des zones urbaines ou des régions agricoles, à la recherche d'emplois salariés saisonniers ou d'un nouveau métier définitif. Une partie des revenus est alors parfois envoyée à la famille. Dans les cas observés au Niger (Ancey, 2006) et au Sénégal (Azoulay et Ancey, 2011), ces subsides sont majoritairement utilisés pour les besoins quotidiens mais ne permettent pas d'enclencher de processus d'accumulation ou d'investissement.

En milieu pastoral, de nombreux mécanismes de partage collectif des risques reposent sur la mobilité, la diversification de l'élevage et des sources de revenu (travail salarié temporaire). Y contribue aussi des systèmes de sécurisation sociale à travers des dons (la *zaqat* ou aumône musulmane) ou le confiage de bétail (p. ex. le *habbanaae* des Peuls, la *tiyit* des Touaregs, l'*azum* des Toubous, le *wudah* des Arabes tchadiens). Les prêts d'animaux jouent un rôle important de solidarité (Duteurtre et Faye, 2009).

De nouvelles inégalités apparaissent dans le milieu des éleveurs : outre la persistance d'écarts entre les capitaux en bétail et les revenus au sein des sociétés pastorales, se développent les biens de « nouveaux éleveurs riches » issus du commerce ou de la fonction publique. En effet, ces derniers placent leurs économies sous forme de bétail et possèdent de gros troupeaux conduits par des bergers salariés. Certains ont tiré parti des ventes d'animaux à prix bradés lors des sécheresses des années 70 et 80. Bien que résidant souvent hors des zones d'élevage (« propriétaires absentéistes »), ils ont les moyens d'imposer leurs propres conditions de mobilité et d'accès aux ressources, et même parfois d'en obtenir l'usage exclusif.

> ZOOM | Un mécanisme d'entraide : le *habbanaae*

Pour affronter les besoins monétaires croissants liés au paiement des services, les ménages d'éleveurs comme les Peuls *Oudah* ont recours à un système de solidarité propre aux groupes peuls, le *habbanaae*. Il consiste à prêter un animal femelle, généralement une vache, à une personne démunie pour un nombre déterminé de mises-bas, dont les produits lui reviennent pendant ce temps. C'est une sorte d'assurance communautaire contre la misère en cas de perte de ses animaux.

Comme le décrivait Maliki (1982) chez les *Wodaabe*, le bétail circule énormément d'un troupeau à l'autre, à travers des systèmes complexes de prêts temporaires, de donations et de gardiennage. D'un point de vue social, cette circulation de bêtes permet la reproduction même de la société ; elle crée les amitiés et des interdépendances ; elle est à la base de mariages et permet la formation de nouvelles familles.

Le *habbanaae* s'étend de plus en plus au-delà de la communauté peule pour être pratiqué par d'autres groupes d'éleveurs transhumants et avec d'autres communautés, y compris sédentaires comme élément de stratégie d'intégration et d'aide à la mobilité. C'est un moyen pour renforcer des alliances établies avec des familles sédentaires tout le long des parcours de transhumance. Les bénéficiaires deviennent ainsi des sortes de « tuteurs » des transhumants.

▶ Travaux agricoles dans un village peul aux alentours de Djenné. Mali.

M-N. Favier © IRD

▲ Vie de l'ethnie peule, Burkina Faso.
J.-F. Molez © IRD

Des droits complexes sur la terre

Les droits fonciers définissent les règles d'accès, d'exploitation et de contrôle s'exerçant sur les terres et les ressources renouvelables. Ils ne décrivent pas une relation entre l'homme et la terre mais bien les rapports entre les hommes à propos de la terre et de ses ressources. Mettant en jeu des rapports sociaux et des relations de pouvoir, ils relèvent, comme leur mise en œuvre juridique, de décisions politiques au plus haut niveau.

En Afrique de l'Ouest et centrale, l'accès à la terre est régi communément par des règles traditionnelles d'allocation aux agriculteurs qui en font la demande auprès des responsables des villages. L'élevage se contente d'exploiter les terres non cultivées ou celles autorisées (les bois sacrés ou les espaces protégés sont, par contre, interdits d'accès). Les éleveurs mobiles doivent demander l'autorisation de pâture s'ils se trouvent dans des zones avec des cultures et celle d'utiliser les puits qui ne sont pas publics ou dont ils n'ont pas le contrôle. Dans les régions strictement pastorales, les points d'eau déterminent l'accès aux pâturages environnants, mais leur statut est variable, tantôt libres d'accès, tantôt sous l'autorité d'une entité ou d'un clan. Faire pâturer du bétail ne confère aucun droit sur la terre, contrairement à l'agriculture qui produit grâce au travail du sol, d'où une dissymétrie des droits d'usage souvent source de conflits (Ickowicz *et al.*, 2010).

Plusieurs types de droit foncier coexistent : le droit coutumier, le droit islamique et le droit dit « moderne » appliqué par les administrations. Quels qu'ils soient, le droit foncier ou les règles foncières mettent en jeu :
- des modes d'appropriation, des règles d'exploitation, des pratiques de transmission ;
- des autorités en charge d'affecter ces droits, de faire appliquer ces règles, de les modifier, ainsi que le pouvoir d'arbitrer et de trancher les conflits.

Les droits coutumiers sur la terre ont rencontré des changements considérables depuis le XIXe siècle et sont entrés peu à peu en compétition avec des politiques nationales ou des initiatives privées ; ce qui les a affaiblis. Et pourtant, ils continuent à jouer un rôle important. Les évolutions respectant les besoins de souplesse de l'élevage pastoral tiennent compte des droits traditionnels en introduisant des modifications appropriées et en conférant davantage de pouvoir de négociation et de décision aux communautés locales (Swift, 1995 ; Lane et Moorehead, 1995).

Des rapports avec les autres sociétés rurales en rapide mutation

Les relations entre pasteurs et agriculteurs évoluent beaucoup depuis plusieurs décennies en raison de l'accroissement rapide des populations.

Traditionnellement, de véritables complémentarités existent. Elles se manifestent sous des formes variées : échanges, sous formes monétaires ou non, de produits comme le lait et les céréales ; gardiennage des animaux des sédentaires par les pasteurs en transhumance ; stockage de vivres des pasteurs au niveau de leurs alliés agriculteurs ; contrats de fumure des champs par les troupeaux des éleveurs une fois les récoltes faites ; transport des récoltes des cultivateurs du champ au grenier par les animaux des transhumants ; surveillance des parcelles des éleveurs par les villageois pendant la transhumance ; fourniture d'animaux aux agriculteurs pour le développement de la culture attelée en milieu agricole. Les droits traditionnels de **vaine pâture** des champs après les récoltes étaient le plus souvent respectés.

Au-delà de ces pratiques, il existe localement des alliances plus ou moins anciennes entre les fractions ou familles nomades et les villages (notions d'*arkawal* au Mali et Niger [Grémont *et al.*, 2004] ou d'*ahalié* au Tchad [Marty *et al.*, 2009]). S'établissaient parfois aussi des liens matrimoniaux. Quant aux liens de servitude qui ont parfois existé, ils tendent à disparaître.

Ces coutumes n'éludaient pas les compétitions d'intérêt. Les concurrences apparaissaient sous diverses formes, par exemple : défrichement et mise en culture de parcours pastoraux et même de pistes à bétail ; transformation en rizières de **bourgoutières** (pâturages très importants de saison sèche) ; accaparement de points d'eau pastoraux par des groupes d'agriculteurs, voire même d'autres pasteurs, récemment installés sur le site ; non-respect par l'une ou l'autre des parties des calendriers agro-pastoraux (conçus en principe pour limiter les compétitions entre agriculteurs et éleveurs aux périodes les plus critiques) ; dégâts commis par les animaux dans les champs non encore récoltés. Les conflits ne se produisaient pas seulement entre agriculteurs et éleveurs mais aussi parfois entre éleveurs (accès et contrôle des points

> ZOOM | À propos de la commercialisation des productions d'élevage...

Depuis une quinzaine d'années, le Sahel connaît un véritable boom des échanges commerciaux avec une multiplication des marchés et une augmentation des prix du bétail. C'est seulement lors des années de sécheresse qu'on assiste à une chute drastique de ces derniers et à un renchérissement de ceux des céréales. Les éleveurs sont conscients que ce sont les taxes de bétail sur les marchés qui sont généralement les plus en mesure d'alimenter les budgets communaux.

Ainsi, dans certaines zones où des villageois avaient montré leur rejet à l'égard des animaux qui pâturaient aux alentours, des pasteurs se sont mis à organiser un véritable boycott (*dangol* en fulfulde), refusant d'acheminer le lait ou les animaux au marché.

▼ Marché au bétail d'Oursi fréquenté par les Peuls et les Touaregs. Burkina Faso.

D. Rechner © IRD

Les villageois se sentirent vite pénalisés et demandèrent aux éleveurs de revenir à leurs pratiques d'antan. Notons toutefois que, dans plusieurs pays, des pans entiers de zones pastorales restent encore sans marchés.

d'eau, accès aux bourgoutières, dans un contexte de rareté de la ressource). Notons que classiquement de tels litiges étaient gérés localement, souvent à l'amiable. C'est seulement s'ils étaient graves qu'ils étaient traités au niveau des autorités coutumières et administratives.

Dans la période récente, en lien avec une forte démographie, on observe une nette diminution des complémentarités car de nombreux agriculteurs possèdent dorénavant du bétail et n'ont plus besoin des pasteurs. Dans nombre de régions agro-pastorales, des pasteurs se sont mis à faire de l'agriculture tandis que la plus grande partie du cheptel se trouve désormais sédentaire aux mains des agriculteurs. Le cheminement convergent des systèmes de production vers l'agro-pastoralisme n'a pas estompé les concurrences (Thébaud, 2002). Il en résulte que les agriculteurs se réservent désormais les résidus de culture pour leurs propres animaux ; les formes de troc disparaissent, remplacées par les échanges marchands ; les anciennes alliances s'effritent. Par exemple, il est arrivé que les parcelles d'agro-pasteurs peuls particulièrement enrichies en fumier par leur bétail, aient été convoitées par des agriculteurs autochtones, contraignant ces pasteurs à déménager leur campement malgré des décennies de présence (Sud-Burkina Faso, Nord-Côte d'Ivoire, Nord-Cameroun, Sud-Niger).

Les pertes d'accès à des ressources pastorales

Le défi le plus ancien et le plus constant est sans doute celui de la densification agricole dans un contexte de forte croissance démographique sans augmentation substantielle des rendements des sols. Le besoin de nouvelles terres à cultiver s'exerce avant tout en prenant sur les espaces pastoraux. Même les pistes de transhumance, en principe réservées à l'élevage, sont parfois restreintes, voire barrées, par des champs. Les alentours des puits riches en fumure tendent eux aussi à être grignotés. On signale même des champs « pièges », intentionnellement établis par des agriculteurs dans des zones de parcours pour provoquer des dégâts de bétail aux cultures, pouvoir exiger des compensations financières auprès des pasteurs et les inciter à quitter la zone.

Les grands périmètres irrigués qui ont été établis le long des fleuves et en bord de lacs, ainsi que le développement des cultures de décrue, ont non seulement réduit l'accès du bétail à l'eau mais aussi transformé des pâturages naturels souvent de très bonne qualité en terres de culture, chassant ainsi les pasteurs au profit des agriculteurs (pour des productions plus intensives). De telles situations sont nombreuses dans les régions sèches : aménagement du fleuve Sénégal, développement agricole autour du lac Fitri (Tchad) ou du lac de Guier (Sénégal), développement agricole du delta intérieur du Niger (Mali), extension des cultures de sorgho de décrue (Tchad, Nigeria, Nord-Cameroun).

Quant aux opérations d'accaparement des terres *(land grabbing)*, c'est-à-dire les droits d'exploitation agricole accordés à des entreprises et des États étrangers sur de grandes surfaces, elles peuvent représenter des spoliations de ressources et créer des zones infranchissables faisant obstacle aux déplacements des éleveurs. Le pastoralisme se trouve alors profondément modifié, réduit dans sa mobilité, et doit adapter complètement ses circuits et son calendrier de déplacements.

▲ Marché à bétail au Bénin. M. Donnat © IRD

Dans les milieux dégradés, la collecte de produits naturels devient difficile et oblige à des substitutions coûteuses : bois pour les usages domestiques, ramassage de branches d'épineux pour les clôtures, cueillette de plantes médicinales et de gommes, récolte de grandes graminées pour confectionner des nattes et des toitures, etc. Les prélèvements, de plus en plus fréquents par des personnes étrangères à la région, d'herbe sèche et de bois emportés pour être vendus dans des centres urbains comme fourrage et combustible de cuisine, sont vécus par les pasteurs comme des formes de spoliation et fragilisent les écosystèmes.

Ces phénomènes doivent aussi être reliés à l'augmentation continue du cheptel depuis les fortes pertes durant les périodes de sécheresse, qu'il soit pastoral ou agro-pastoral. Les concurrences entre éleveurs pour les pâturages et entre éleveurs et agriculteurs accroissent les occasions de conflits. Cette augmentation des tensions pour l'accès aux ressources a déjà conduit à des rixes graves avec des blessés et des morts*. Citons un éleveur peul du Sud du Niger : *« le métier de berger est devenu le plus risqué de tous : quand tu pars le matin de chez toi, tu n'es pas sûr de revenir le soir ».*

* Les massacres comme à Toda (Niger, octobre 1991) et à Moïto (Tchad, janvier 2003) sont heureusement rares.

> ZOOM | Conflits et insécurité

Pendant longtemps, les conflits concernaient surtout les relations agriculteurs-éleveurs (dégâts des champs, blessures commises sur des animaux) avec des formes de gravité diverses selon les pays, les zones, les périodes. Depuis, des projets ont mené des campagnes de prévention qui ont permis une nette atténuation : ils préconisent généralement que les litiges soient traités à travers le dialogue à l'échelle locale plutôt que d'être portés à des niveaux supérieurs, beaucoup plus coûteux et aux jugements souvent reçus comme arbitraires.

L'insécurité s'est considérablement développée, comme au Tchad, avec les guerres civiles et les bandes armées qui rackettent les campements et s'emparent d'animaux. On sait qu'autour du foyer centrafricain, des rapts d'enfants d'éleveurs sont opérés en vue d'obtenir d'importantes rançons, provoquant de nouvelles migrations pour fuir de tels dangers. Quant aux trafics illicites (armes, drogues, cigarettes), sans oublier le transport lucratif de migrants à la recherche d'emplois en Afrique du Nord ou en Europe, ils véhiculent le mirage de l'enrichissement rapide auprès d'une partie de la jeunesse locale souffrant de désœuvrement et d'une certaine forme de malaise social par absence de perspectives. De plus, ils ne vont pas sans règlements de compte meurtriers entre bandes mafieuses rivales, avec d'inévitables effets collatéraux.

Enfin, depuis que le terrorisme islamiste s'est installé au Nord-Sahel, il convient de rappeler que ce sont d'abord les populations locales et spécialement les pasteurs qui paient le prix le plus élevé du fait que leurs zones de parcours tendent à devenir des aires de non-droit et de non-développement ; les prises d'otages étrangers aggravent encore le phénomène.

▲ Troupeau dans un couloir de la réserve d'Arly. Burkina Faso. © B. Toutain

Interactions avec les espaces protégés

L'appellation « espaces protégés » recouvre diverses catégories, avec des dénominations et des statuts différents : citons, par exemple, dans la région africaine considérée, des parcs nationaux (p. ex. Zakouma au Tchad, le Djoudj au Sénégal), des parcs régionaux (le W au Niger, Burkina Faso et Bénin), certains étant classifiés réserves de la biosphère par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO, p. ex. le Niokolo-Koba au Sénégal, la Pendjari au Bénin, le W), des réserves partielles ou totales de faune (p. ex. le Dosso au Niger, l'Arli au Burkina Faso), des réserves de chasse, des réserves forestières, des forêts classées, etc.

La plupart des aires protégées situées dans ou à proximité des zones pastorales recèlent des ressources pour le bétail (herbe, points d'eau, arbustes, arbres fourragers), et procurent l'ombrage et la quiétude loin des terres cultivées et des villages. Elles sont donc très attractives pour les pasteurs. Certaines de ces aires sont restées longtemps non fréquentées car insalubres pour les hommes (simulies/onchocercose, moustiques/paludisme) et le bétail (mouches tsé-tsé/trypanosomose), mais les évolutions climatiques, les défrichements, les progrès des campagnes de traitement des animaux vecteurs de parasites et des moyens préventifs de lutte médicale et vétérinaire ont en partie levé ces barrières.

En Afrique de l'Ouest, les gardiens officiels des aires protégées, y compris leurs **zones tampons**, sont les forestiers, fonctionnaires assermentés de l'État, parfois la population locale (dans certaines réserves de chasse). Dans les zones pastorales et agropastorales, ce sont aussi les forestiers qui gèrent, dans la mesure des moyens qui leur sont alloués, les arbres et la faune, ainsi que les rares plantations domaniales de bois.

En principe, aucune activité agricole ou d'élevage n'est autorisée dans ces aires. Dans la réalité, l'application de ce principe est plus ou moins respectée, selon les capacités des services forestiers à assurer la surveillance et selon l'importance environnementale ou forestière de ces espaces. Des pressions sociales se produisent aussi. Ces dernières décennies, les principaux parcs naturels et réserves de faune d'Afrique de l'Ouest et centrale ont bénéficié d'un regain d'attention internationale et de financements extérieurs, en réaction à l'inquiétante chute des populations sauvages de nombreuses espèces dans les milieux naturels. Dans le même temps, les espaces pastoraux traditionnels ont perdu de la surface, se sont trouvés fragmentés et les dégradations du milieu les ont rendus moins productifs. En conséquence, les aires protégées sont devenues convoitées par les pasteurs, du moins temporairement au cours de leurs circuits de transhumance. Les pénalités infligées aux contrevenants surpris avec du bétail dans les aires de conservation sont sévères, allant d'amendes fortes (la valeur de plusieurs vaches) jusqu'à l'abattage d'animaux (toujours traumatisant pour les éleveurs). L'intensification des mesures de surveillance réduit la fréquentation des aires protégées par les troupeaux, mais souvent sans les supprimer complètement, car les bénéfices techniques tirés de ces séjours en terrains interdits justifient les risques encourus.

L'ébranchage des arbres fourragers par les bergers dans les parcours pour nourrir leur troupeau est parfois aussi l'occasion de conflits avec les forestiers, car sa pratique est réglementée. Par contre, les cas de braconnage par des éleveurs sont rarement signalés, ou alors surtout par empoisonnement de carcasses pour limiter les fauves.

Les politiques actuelles portant sur les relations entre aires protégées et pastoralisme s'orientent vers des actions d'aménagement, de gestion de terroir et de sécurisation du pastoralisme hors de ces aires, principalement dans les zones tampons et les zones périphériques d'influence. Cette gestion de l'espace et de ses ressources relève de la responsabilité d'un ensemble d'acteurs (ou de « parties prenantes ») à qui il revient de régler les conflits d'intérêts. Certaines forêts classées seraient aussi ouvertes au bétail à la condition de respecter des règles de sylvo-pastoralisme à préciser et de paiement de droits d'accès ; ce qui permettrait de contrôler plus ou moins les périodes d'utilisation et le nombre d'animaux.

CAPACITÉS D'ADAPTATION ET VITALITÉ DU PASTORALISME

Alors qu'il y a quelques décennies seulement on prévoyait le déclin et l'extinction progressive du pastoralisme, force est de constater qu'il subsiste toujours et s'adapte bon an mal an aux contextes actuels de développement, d'évolution de l'usage des terres, de modes et de qualité de vie, d'urbanisation, de marchandisation des activités, de monétarisation des échanges et de mondialisation. On observe en particulier chez de nombreux pasteurs une diversification des stratégies de mobilité, la multiplication des activités et des revenus et de nombreux changements dans les techniques de production.

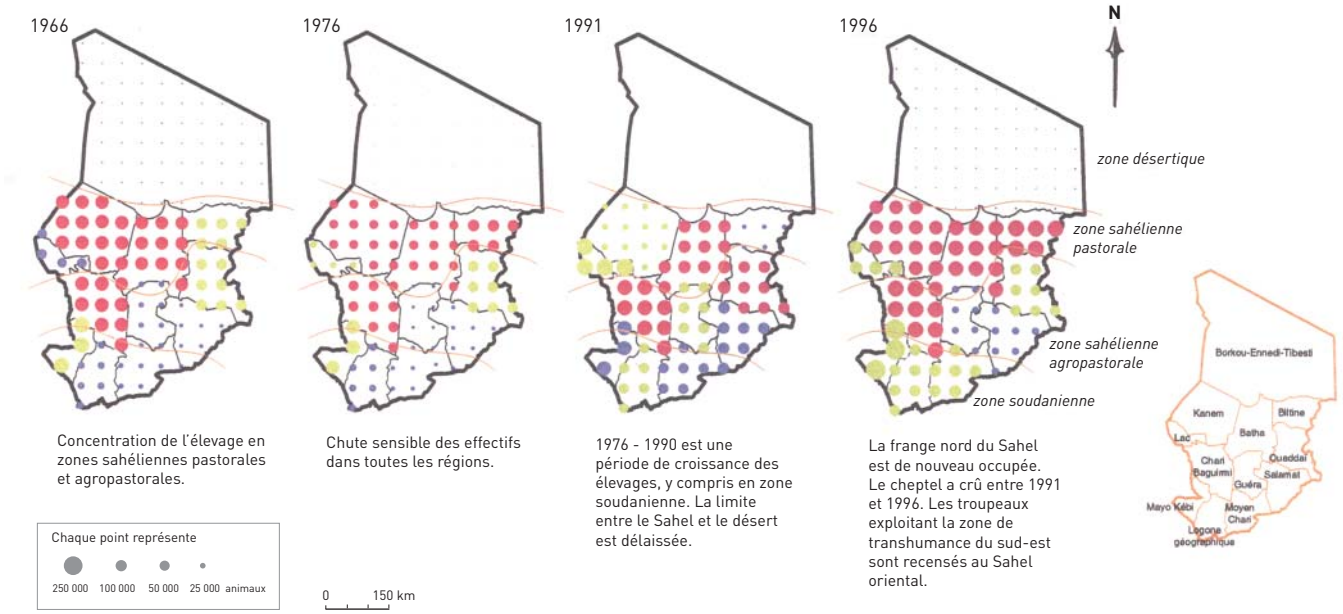
Évolution des stratégies de mobilité

Les circuits de transhumance ont été adaptés aux nouveaux contextes et aux nouveaux risques. Certains groupes de pasteurs ont abandonné des déplacements opérés jadis vers le nord en saison des pluies, où se trouvent des fourrages nutritifs et des lieux de **cure salée**, pour des transhumances de saison des pluies vers le sud plus humide et verdoyant. Cela permet en outre de disposer de toute la main-d'œuvre dans le terroir d'attache au moment des travaux culturaux. D'autres groupes pratiquent les deux transhumances.

Les transhumances s'allongent vers des régions méridionales plus humides, souvent en proximité de régions très cultivées. C'est le cas par exemple au Tchad oriental où certains troupeaux sont conduits à plus de 700 km du terroir d'attache. Les pasteurs passent alors l'essentiel de la saison sèche au sud avant de remonter au nord pendant la saison des pluies ou hivernage (Clanet, 1994). Le phénomène s'est accentué en particulier depuis les années de sécheresse des décennies 70 et 80.

Un mouvement lent, mais déjà ancien, de migrations de pasteurs vers de nouvelles régions ou de nouveaux pays affecte nombre de sociétés pastorales. Celles-ci répondent à la nécessité de laisser les endroits devenus moins productifs, trop peuplés ou peu sûrs. Les Peuls sahéliens du Tchad et du Soudan se sont dirigés vers la République centrafricaine dès les années 20, ceux du Mali et du Burkina Faso vers la Côte d'Ivoire dans les années 50, ou encore tout récemment les Arabes chameliers du Tchad central vers l'ouest du pays et le Niger oriental. Ces transhumances et ces migrations ont été fortement facilitées par les progrès en santé et en prophylaxie vétérinaire et grâce aux investissements en hydraulique pastorale.

Il est de plus en plus fréquent que la famille se sédentarise sans pour autant modifier la mobilité des troupeaux. Ceux-ci sont conduits par des bergers et seules quelques femelles laitières sont élevées auprès de la famille pour la nourrir. Cette forme de sédentarisation partielle facilite l'accès aux soins médicaux, à l'école, au ravitaillement et aussi la participation à la vie politique du pays. Ainsi chez de nombreux Touaregs et Maures, la maison en banco (mélange de terre crue et de paille utilisé comme matériau de construction) cohabite avec la tente.



▲ Répartition du cheptel par région au Tchad entre 1966 et 1996.

Il existe des déplacements massifs du cheptel au gré des conditions climatiques et le redéploiement partiel en zone agropastorale. D'après Toutain et al.*, 2000.*

Évolution et diversification des systèmes de production

La diversification des activités et des revenus s'est largement répandue en réaction aux années de crise climatique ou en raison de la baisse de productivité du pastoralisme. Il peut s'agir de commerce, d'artisanat, ou de travaux salariés dans l'agriculture, l'élevage ou dans tout autre domaine, y compris en ville, de façon saisonnière ou par certains membres de la famille qui envoient alors des fonds à leur famille depuis leur pays de migration.

La pratique de l'agriculture ajoutée à celle de l'élevage pastoral est la forme de sécurisation la plus commune dans les zones semi-arides et subhumides. La production céréalière obtenue assure une partie de l'alimentation de la famille et réduit les dépenses pour l'achat de céréales. La semi-sédentarisation des nomades résulte parfois de politiques nationales, notamment pour l'aménagement du territoire, ce qui favorise ou aboutit à une relative réduction de la mobilité des populations.

La recherche d'un ancrage foncier est devenue un objectif très répandu. Elle implique une fixation géographique plus forte des familles sur les lieux où sont établis les champs ou les biens immobiliers et la présence permanente d'une partie de la famille. Citons l'exemple de Peuls transhumants *Wodaabe* qui cherchent des droits de forer un puits avec l'intention de se l'approprier, ou des pasteurs tchadiens qui obtiennent le droit de cultiver dans les zones méridionales atteintes en transhumance.

La propriété privée de la terre ou même du puits a fait son apparition dans des zones pastorales habituellement régies par des droits d'usage collectifs. Les propriétaires ne sont pas forcément éleveurs ; cette soustraction de ressources collectives contribue à la fragmentation des pâturages et à la réduction des surfaces pastorales.

Changements des techniques de production

L'une des adaptations de l'éleveur aux fluctuations de ses capacités économiques ou des conditions environnementales consiste à changer la composition des troupeaux et les espèces animales élevées. Ainsi, on a constaté au Sahel, dans les régions les plus arides, le retour à l'élevage des dromadaires et des petits ruminants au lieu des bovins, plus sensibles aux aléas et plus exigeants en fourrage. Pour réduire les risques de mortalité lors des transhumances vers le sud, certains pasteurs ont progressivement croisé (ou laissé se croiser) leurs animaux avec des races de savane trypanotolérantes. Citons l'exemple des bovins *méré* du Sud-Mali, produits du croisement de zébus peuls, sensibles à la trypanosomose, avec des taurins n'dama*.

Le recours croissant des pasteurs à de la main d'œuvre salariée est une stratégie répondant aux incertitudes, tant de la disponibilité en bergers au sein de la famille que de la rareté des ressources naturelles (Wane *et al.*, 2010b). Des *pick-up* et des camions servent à transporter les animaux (surtout les petits ruminants) ou de l'eau en saison chaude dans les parcours sahéliens, qui autrement seraient inaccessibles.

La commercialisation du bétail et de ses produits a fait un bond considérable, notamment après la dévaluation du Franc de la Communauté Financière Africaine (FCFA) en 1994. Le contexte de risques et d'incertitudes dans lequel vivent les pasteurs les amène, encore aujourd'hui, à exploiter toutes les opportunités, y compris celles des marchés (Wane *et al.*, 2010a). Ils exploitent les possibilités offertes par les marchés, même s'ils ne s'y réfèrent pas forcément pour prendre leurs décisions de production. Un tel constat remet en question l'opinion selon laquelle les pasteurs pratiqueraient un élevage purement contemplatif.

* Cette tendance est même une menace pour la préservation de ces races trypanotolérantes.

> EXEMPLE | **Au nord-est du Mali...**

Alors que les pronostics étaient très pessimistes sur la capacité des pâturages à tenir le cheptel, les pasteurs et même agro-pasteurs (Touaregs, Arabes et Songhay) ont pris l'initiative de vendre des animaux en vue de se procurer des stocks de céréales, de fourrage, de bourgou et d'aliments pour le bétail. La séparation des familles et des troupeaux a apporté plus de sécurité alimentaire aux premières (basées dans des centres) et plus de liberté de mouvement pour les seconds et leurs bergers. Certains ont engagé des transhumances précoces et inédites quant à la distance parcourue et à la destination. Enfin le recours à la téléphonie mobile a incontestablement amélioré l'information et la communication sur les ressources et les marchés, de même que le transport automobile (vivres, eau, fourrage, animaux) a permis de limiter les pertes. Ces nouvelles technologies ont bel et bien été intégrées, même si le bilan final varie selon les familles et les situations locales...

▲ Puisage de l'eau avec traction bovine sur un puits cimenté moderne au sud Kanem, Tchad. © A. Ickowicz

Évolution des infrastructures

Diverses infrastructures, collectives ou plus spécifiquement pastorales, se sont développées. Les espaces pastoraux aménagés sont devenus plus accueillants pour le bétail et pour les éleveurs, ce qui a facilité le développement de toutes sortes d'activités annexes :

- Le réseau des voies de communication s'est densifié et amélioré : des routes carrossables pénètrent dans les zones pastorales, des pistes à bétail ont été aménagées, des couloirs de transhumance ont été balisés.
- Le réseau d'ouvrages hydrauliques pour les pasteurs s'est densifié : des puits, parfois profonds (60 mètres ou plus), des forages profonds, et en surface des mares artificielles et des petits barrages avec la retenue d'eau en amont. Les mouvements du bétail, les emplacements des campements et de villages, les densités animales et humaines en ont découlé. Les programmes d'hydraulique pastorale et la répartition des ouvrages sont devenus des leviers considérables pour soutenir l'élevage pastoral et la gestion des ressources naturelles.
- Des bulletins nationaux d'information sur le pastoralisme se mettent en place (réseau régional SIPSA « Système d'information sur le pastoralisme au Sahel »). L'accès au téléphone et à internet commence à couvrir certains villages pastoraux et les téléphones satellites sont acquis par certains éleveurs dans des régions éloignées. Les chaînes de radio sont audibles dans la plupart des étendues pastorales. Par ces canaux transitent diverses informations d'ordre professionnel (état des ressources, cours des marchés, etc.), de nature sociale ou technique. Ce peut être aussi le support de diffusion des alertes précoces.

En somme, l'innovation technique, l'adaptation des systèmes de production, l'évolution institutionnelle, les processus de négociation, la diffusion de l'information et l'évolution des idées sur les droits fonciers et des droits à la mobilité, sont autant de dynamiques modernes visant à préserver l'essence même du pastoralisme.

> ZOOM | Adaptation à un contexte politique en mutation

Au cours des deux dernières décennies, les pasteurs sahéliens ont eu à s'adapter à de vastes changements politiques et institutionnels tels que l'instauration du multipartisme et la mise en place de la décentralisation avec souvent de nouveaux découpages territoriaux. Certains craignaient au départ que, du fait de leur mobilité et de leurs occupations, ils ne s'y intéressent qu'à la marge. En fait, là où des efforts conséquents ont été menés à l'aide de réunions d'information et de formation, de nets progrès dans leur implication effective dans les instances locales de décision ont été constatés même si les processus de concertation entre allochtones et autochtones restent difficiles.

Un autre risque redouté était que chacune des communes n'en vienne à taxer à sa guise les déplacements des troupeaux chaque fois que de nouveaux transhumants se présenteraient : heureusement cela a pu être désamorcé grâce au recours rendu possible par la loi favorisant l'intercommunalité, laquelle permet d'organiser les relations entre communes voisines sans pénaliser la mobilité pastorale.

Au Niger, les instances communales ont eu aussi la possibilité de sécuriser l'accès des pasteurs aux nouveaux puits grâce à des accords sociaux passés entre les divers groupes concernés.

Désertification et élevage pastoral sahélien

La désertification au Sahel se repère à certains indices observables de façon généralisée : la disparition des ligneux, la dénudation du sol, des formes spectaculaires d'érosion, la raréfaction des animaux sauvages et, en définitive, les mauvaises performances du bétail et l'appauvrissement des terres.

Si le changement est brutal, rapide, déclenché par un phénomène extérieur tel qu'une sécheresse, il marque l'opinion mais, avec le temps, les effets ne s'avèrent pas toujours durables. Le processus se produit souvent lentement, de façon insidieuse, et échappe alors à la perception de nos sens. Pour mettre en évidence la progression de la désertification, il faut opérer par des comparaisons à des dates suffisamment éloignées afin d'éviter les effets de variabilité annuelle. On peut se référer aux propos des anciens ou à des récits, ou travailler sur la base de photographies, d'images obtenues par télédétection, de relevés précis de végétation.

Pour apprécier parmi les changements environnementaux la part spécifiquement pastorale, on se réfère à des éléments d'observation différents selon l'échelle prise en compte. Certains sont visibles sur le terrain, tels les impacts sur le sol et sur la végétation ; d'autres concernent des ressources moins apparentes, comme l'eau ou la biodiversité. À l'échelle régionale, on examine plutôt l'évolution de l'utilisation des terres, celle du paysage et, plus globalement les conséquences sur l'atmosphère et le changement climatique.

TRAITS GÉNÉRAUX DE LA DÉSERTIFICATION AU SAHEL

Dans les espaces sahéliens, qu'ils soient ou non parcourus par le bétail, les symptômes de dégradation se ressemblent partout. La désertification d'une région pastorale est bien résumée par P. Grimaud (2009) dans le cas du pays Karamoja dans le nord-est semi-aride de l'Ouganda : « *atteinte de la biodiversité par la disparition de toute faune sauvage, raréfaction des arbres, érosion, sédentarisation [des pasteurs Karamojong] pouvant être à l'origine de surpopulation localisée, sont autant de signaux alarmants* ». Ces critères généraux se retrouvent avec différents niveaux de gravité dans de nombreuses régions pastorales.

Les terres se dégradent

Du fait de l'exploitation répétée des végétaux ou des défrichements, le couvert végétal perd de sa capacité à protéger le terrain. Le ruissellement creuse des ravines ; les eaux de surface se chargent de particules solides qui sont ensuite entraînées vers les points bas au gré des écoulements. Les sédiments encombrent le lit des rivières, augmentant les risques de crues, ou se déposent fort loin dans les lacs et même les estuaires. Sous l'effet des vents, les particules les plus fines partent en poussières et se dispersent dans l'atmosphère, chargeant celui-ci d'aérosols. Les traces d'érosion se multiplient : en surface, certaines terres se compactent tandis que d'autres se creusent et perdent une partie de l'horizon superficiel (érosion en « coup de cuillère », déchaussement des arbres, remobilisation de dunes fixées). Les eaux de pluies peinent alors à s'infiltrer, ce qui réduit la fertilité hydrique du sol et diminue la recharge des nappes phréatiques. En conséquence, le couvert végétal s'éclaircit et des étendues de sol nu s'élargissent. La pression excessive sur le milieu entretient un cercle vicieux que les aléas climatiques peuvent aggraver.

Le milieu vivant s'appauvrit

L'ensemble de l'activité biologique diminue : la production annuelle de biomasse décroît, les capacités de régénération naturelle des peuplements se trouvent affectées, les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes changent. La diversité biologique semble se simplifier au profit de quelques espèces dominantes.

La végétation ligneuse est particulièrement touchée : certaines forêts sèches sont très dégradées ; certaines espèces vieillissent sans remplacement et se raréfient, laissant la dominance à un petit nombre d'arbustes bien adaptés à l'aridité. Leur production annuelle de bois et de feuillage baisse. La diversité génétique des populations, qui repose sur des effectifs de plus en plus restreints, s'amenuise en handicapant d'autant la capacité de ces espèces à s'adapter aux changements environnementaux sur le long terme.

Les symptômes sont moins apparents pour la végétation herbacée. Pourtant, certaines herbes pérennes

▼ Des pâturages très épars recherchés entre les pierres par les camelins sur un reg du Butana, Centre-Est Soudan.

© A. Ickowicz

se raréfient (par exemple l'acanthacée fourragère *Blepharis linariifolia* ou la graminée *Andropogon gayanus*) au profit d'espèces annuelles. D'autres, au contraire, deviennent localement envahissantes. Dans les terres temporairement immergées, les couvertures herbacées, qui abritent toute une activité faunistique naturelle, sont menacées de disparition.

Alors, la végétation dans son ensemble se contracte : les parties hautes et les pentes se dénudent tandis que les points bas bénéficient de l'accroissement des eaux de ruissellement et des sédiments, conduisant à une augmentation de la densité des arbustes et jeunes arbres.

La faune sauvage a beaucoup diminué ces dernières décennies sur l'ensemble de la région. La grande faune a été décimée par la chasse, dérangée par le bétail, affectée par la dégradation de leurs habitats et touchée par les sécheresses.

Les conséquences pour l'homme

La désertification devient perceptible par les populations locales lorsqu'elles constatent que certaines ressources habituelles du milieu se réduisent ou disparaissent. C'est le cas du bois de feu et du bois d'œuvre, des bonnes espèces fourragères, des produits de cueillette et autres produits non ligneux, du gibier, de la disponibilité et de la qualité de l'eau, voire des bonnes terres, de la qualité de l'air et de la salubrité des lieux.

Cette perception n'est pas claire si l'évolution est progressive, car on doit alors comparer des situations présentes avec des éléments mémorisés. Les régions sèches étant sujettes à de grandes variabilités climatiques, des écarts sans lendemain peuvent masquer des tendances évolutives à long terme. À l'opposé, une crise climatique subite et forte, avec les perturbations spectaculaires qu'elle cause sur le milieu, les ressources naturelles et les populations, alerte l'opinion, parfois à l'excès, mais n'est pas forcément assimilable à la désertification si elle n'est que temporaire. Cependant, les deux épisodes de grande sécheresse des années 70 et 80 au Sahel et les importantes mortalités de bétail qui en ont résulté, ont servi de révélateurs de la forte exploitation de la végétation et des sols survenue depuis quelques décennies dans de nombreuses régions.

La disponibilité en fourrage des **parcours** qui se dégradent tend à baisser au fil des années. À cela s'ajoutent deux évolutions qui accentuent cette tendance : (i) les surfaces des parcours se réduisent au fur et à mesure de l'extension des surfaces cultivées ; (ii) l'évolution climatique vers des irrégularités croissantes induit une tendance à la baisse des productions annuelles de biomasse. Pour les éleveurs, cela entraine l'augmentation des risques pour leur bétail en cas de crise et un surcroît de tâches au quotidien : déplacements plus longs, eau plus profonde à puiser, **transhumances** plus lointaines, besoin d'élever davantage d'animaux pour assurer un revenu suffisant.

▼ Attitude typique d'un groupe de moutons en train de pâturer, le museau près du sol. Ferlo, Sénégal.

© B. Toutain & S. Pédurthe

L'étude approfondie de la composition de la végétation et ses changements permet d'apprécier vraiment l'altération de la valeur pastorale des parcours. Le fait que les espèces dominantes des parcours très pâturés soient aussi fourragères et que la biomasse continue à suivre globalement les fluctuations de pluviosité, minimise la perception des changements à long terme.

En agriculture, de nombreux indices peuvent révéler les dégradations environnementales, mais ne seront pas détaillées dans ce dossier. Les niveaux de production dépendent en partie des précipitations. Les risques de maigres rendements des récoltes poussent les agriculteurs à défricher de nouvelles surfaces, même sur des sols peu aptes qui seront vite abandonnés. Sous un climat sec, le défrichement d'une terre est une agression brutale sur le milieu qui ouvre la voie à l'érosion ; il faut ensuite plusieurs années de jachère pour revenir à un fonctionnement écologique à peu près normal.

IMPACTS SPÉCIFIQUES DU BÉTAIL SUR L'ENVIRONNEMENT

Les traces que l'élevage pastoral imprime sur le milieu résultent de la lente accumulation dans le temps et de l'extension dans l'espace d'une multitude de petites atteintes apparemment insignifiantes mais qui se répètent et parfois se renforcent les unes les autres, comme, par exemple, le tassement du sol provoqué par le piétinement du bétail.

En pâturant, le bétail transforme la végétation

La végétation est l'élément du paysage qui porte les marques les plus nettes du séjour des troupeaux. L'exploitation répétée par le bétail modifie les densités, hauteurs et répartitions du tapis herbacé et des plantes ligneuses et, de ce fait, la structure de la végétation, c'est-à-dire la répartition entre plantes herbacées et ligneuses :

- Le couvert herbacé des régions sèches à base de plantes annuelles est d'autant plus bas qu'il a nourri davantage de bétail. En fin de saison, il n'est pas rare de ne plus trouver en surface que des débris de paille et les souches des plantes pérennes ou non fourragères. Une telle situation reflète juste une exploitation complète mais ne présente rien d'anormal ni *a priori* d'excessif puisque une fois mortes les espèces annuelles disparaissent tôt ou tard pour laisser place à la génération suivante née de graines (lesquelles sont en grande partie préservées lors de la pâture).

- Le couvert herbacé des régions subhumides (savanes) est riche en graminées pérennes : l'exploitation pastorale rabat en partie les touffes, de sorte que la hauteur du tapis herbacé devient hétérogène. Si le climat le permet, des repousses apparaissent à la base et parfois sur les tiges au niveau des nœuds. Dans les zones humides inondables, les graminées très pâturées ont même tendance à former un gazon ras.

- Les arbres fourragers sont défoliés dans leur partie basse, jusqu'à la hauteur maximum que l'animal peut atteindre ou maintenus rabougris par un broutage intense. En ce qui concerne la présence et la densité des plantes ligneuses dans les zones pâturées, on constate :

  • Dans les régions sèches, la baisse sensible de leur densité : le bétail détruit une partie des jeunes plants. Mais comme il contribue aussi à la dissémination de certaines semences d'arbres fourragers, la composition floristique tend à se spécialiser.

- Dans les régions subhumides, des conséquences diverses : le pâturage intense affaiblit la compétitivité des graminées au profit des ligneux (processus d'embroussaillement). En revanche, l'emploi des feux de végétation favorise le développement du couvert herbacé au détriment des arbres et des arbustes (effet de savanisation). Par conséquent, selon la nature des sols et l'intensité de l'exploitation pastorale, on voit tantôt des paysages de savane avec des arbres espacés, tantôt des fourrés ou des savanes arbustives denses peu propices au pâturage.

L'herbivore est-il en quelque sorte un prédateur des plantes ? La dent de l'animal coupe et déchire des organes végétaux et déracine les jeunes semis. Des branches sont cassées. Les sabots piétinent les plantes basses. Les surfaces foliaires ainsi soustraites réduisent d'autant l'activité photosynthétique, jusqu'à ce que le feuillage soit reconstitué. Les fruits et les graines mangées (par exemple les gousses d'acacias et les semences de graminées) sont en principe autant d'atteintes à la capacité de reproduction de ces plantes.

En fait, les plantes pâturées supportent ces prélèvements : beaucoup de végétaux présents dans les pâturages disposent de mécanismes biologiques permettant leur régénération. Pour citer quelques exemples, les graminées pérennes repoussent et produisent des talles latérales tant qu'il reste de l'humidité dans le sol. Les ligneux activent des bourgeons latéraux et reconstituent de nouveaux organes. Certaines graines enveloppées dans une cuticule épaisse ne sont pas digérées une fois consommée et peuvent même germer après avoir été rejetées dans les déjections *(Acacia, Balanites)*. Certaines espèces ligneuses des zones pastorales se multiplient par voie végétative à partir des racines, donc indépendamment des graines. Bien qu'habituellement la biomasse végétale produite sous effet de la pâture soit inférieure ou à peu près équivalente à celle que produirait la même végétation non pâturée, des cas ont été observés où l'écosystème pâturé produit davantage que l'écosystème préservé.

> ZOOM | La coévolution des plantes fourragères et des herbivores

Depuis les temps géologiques, le continent africain a porté d'immenses étendues de végétation herbeuse ; cet écosystème a été le berceau de nombreuses espèces animales herbivores. Plantes et animaux ont évolué simultanément, s'adaptant les uns aux autres : les animaux pour cueillir et digérer ces plantes et les plantes pour supporter les prédations animales. Ainsi, en Afrique, il existe beaucoup d'espèces de bonne qualité fourragère.

Les herbivores favorisent d'une certaine façon la dynamique de la végétation :

- Ils contribuent au « nettoyage » du tapis herbacé en débarrassant la strate herbeuse d'une partie de sa biomasse.
- En réduisant la masse de matière végétale morte présente en fin de saison (litière), les animaux participent indirectement à l'établissement de la génération d'herbe suivante.
- Par ce nettoyage même partiel des pailles et litières, ils réduisent indirectement les risques de feux accidentels non souhaités ou en atténuent au moins leur violence : une biomasse sèche sur pied inférieure à 1 t par ha ne permet pas à un feu de se propager beaucoup. On remarque qu'au Sahel les années de forte production d'herbe sont aussi celles où les feux de brousse sont les plus menaçants et peuvent s'étendre parfois fort loin (sur des dizaines de kilomètres).
- Ils transportent et enfouissent aussi les semences, tout comme ils restituent une partie de la matière organique et des minéraux en les restituant au sol sous forme biologiquement transformée par la digestion.

Le bétail imprime aussi sa marque sur les sols…

Lorsque la terre humide est plastique (sols limoneux et argileux), l'empreinte demeure et la répétition des pas conduit au tassement de la surface et diminue sa capacité de rétention de l'eau et de drainage. Les racines se trouvent moins bien alimentées en eau ; l'activité biologique est diminuée et l'humification ralentie. La formation d'une croûte superficielle constitue aussi un obstacle à la germination de certaines plantes et favorise parfois le développement d'une pellicule hydrophobe constituée de cyanophycées (algues bleues).

Là où le sol est sec et composé de particules fines, la désagrégation superficielle laisse aux vents, souvent forts en zones sèches, la possibilité d'emporter les éléments fins et les particules organiques, parfois à de grandes hauteurs et sur d'importantes distances. Outre la perte de matière que l'érosion éolienne occasionne, ces poussières en suspension sont irritantes pour le système respiratoire. La rugosité de la surface, les aspérités naturelles, les branchages et les pailles sont autant de pièges et de filtres pour retenir les poussières au sol. Sur une terre sableuse, le piétinement des animaux favorise l'incorporation de la litière (débris de végétaux morts gisant en surface), des déjections et des semences.

Sur certains sols fragilisés en surface ou tassés en profondeur, l'érosion hydrique parvient à les amputer de leur horizon superficiel le plus fertile et c'est l'horizon inférieur plus compact et plus pauvre en matière organique qui apparaît. La reconstitution naturelle d'un horizon humifère en surface est très lente. Les matières solides transportées sédimentent et s'accumulent dans les exutoires naturels (oueds, mares, lacs…). L'érosion éolienne déplace et emporte les matières fines du sol et crée des accumulations, voire des épandages de sable et des dunes.

> ZOOM | Consommation d'eau par le bétail

Un bovin tropical boit entre 15 et 25 litres d'eau par jour. Cela représente environ 7 à 9 m³ par an. Un troupeau de 200 têtes boit donc 1 400 m³ par an, tout au plus 1 800 m³. On peut comparer ces chiffres à la quantité d'eau de pluie reçue par le pâturage : pour une hauteur de pluie de 500 mm par an, un hectare reçoit 5 000 m³ d'eau.

La capacité moyenne de charge d'un pâturage sous un tel climat est de l'ordre de 0,4 bovin par hectare. La proportion théorique de la ressource annuelle en eau de pluie bue par le bétail dans une telle zone est donc inférieure à 1 %.

▲ L'abreuvement des troupeaux, Niger.

E. Bernus © IRD

Si l'érosion n'a pas emporté de terre, les traces de bétail s'effacent peu à peu sous l'effet de mécanismes naturels tels que le gonflement et la rétraction des argiles, le travail de la macrofaune du sol et les forces exercées par la croissance des racines.

À la surface du sol, les animaux laissent leurs déjections. Les fèces (bouses, crottes et crottins) finissent par être incorporés dans la terre par les insectes coprophages (principalement les bousiers). Les urines salissent l'herbe et la rendent temporairement inconsommable. En revanche, toutes ces déjections sont riches en matière organique en partie digérée et en minéraux, notamment l'azote et le phosphore. Le bétail participe de cette façon au cycle naturel de ces éléments. C'est ainsi que les emplacements des anciens parcs de nuit sont particulièrement fertiles.

… et sur les ressources en eau

Les quantités d'eau utilisées pour le bétail sont bien plus faibles que celles naturellement évaporées sur les surfaces d'eau libre (plusieurs millimètres de hauteur d'eau par jour) ou disparues par infiltration, voire puisées pour la petite irrigation. Mais, notons que :

- Les gisements superficiels d'eau sont les principales ressources pour l'abreuvement des herbivores. Si l'animal s'avance dans l'eau pour boire, il la trouble et la pollue en piétinant la boue et en y déféquant. Cette eau peut alors devenir un milieu susceptible de transmettre des maladies et des parasites.

- Extraite des nappes profondes par des puits ou des forages, l'eau à destination pastorale permet d'assurer aussi d'autres usages, domestiques ou agricoles. Certains gisements d'eau sont réalimentés naturellement chaque année (eaux de surface, nappes phréatiques, certaines nappes profondes). Seules les nappes d'eau fossile ne se reconstituent pas.

- Les écosystèmes autour de l'eau et dans l'eau sont favorables à des vecteurs de parasites comme les moustiques (paludisme), les mouches tsé-tsé (trypanosomoses animales et humaines), les simulies (onchocercose humaine) et les gastéropodes aquatiques (bilharziose humaine). Ces points d'eau sont donc des lieux de contamination potentiels importants, tant pour les animaux que pour les hommes.

- L'attraction particulière des points d'eau sur les animaux concentre leurs allées et venues. Pour accéder à l'eau, les animaux créent dans la végétation des couloirs de passage sans cesse réempruntés ; ils érodent et font ébouler les pentes d'accès et les berges ; ils piétinent la terre humide et l'eau libre de faible profondeur.

Des interrelations complexes avec la faune et la biodiversité

Les herbivores domestiques ou sauvages vivent en interaction avec les autres espèces animales. Pour tous les animaux, l'écosystème est à la fois habitat et refuge, source de nourriture, lieu de rencontres et donc de relations 'proie / prédateur' et 'hôte / parasite', ou d'interactions 'concurrence / complémentarité'. De ce fait, chaque animal favorise, perturbe ou détruit involontairement la vie ou l'habitat de certaines espèces, petites ou grandes. Voici quelques exemples : des parasites comme les tiques se multiplient dans les pâturages très fréquentés ; les bovins peuvent gêner des nidifications d'oiseaux ou troubler la quiétude nécessaire à certaines antilopes ; les herbivores, surtout les jeunes, sont des proies de choix pour les fauves. Des attractions existent aussi : des hérons garde-bœufs *(Ardeola ibis)* accompagnent souvent tant les bovins domestiques que les buffles sauvages au pâturage. En ce qui concerne certains microorganismes et parasites, le bétail contribue à leur portage et leur dissémination à partir de ou jusque vers les populations sauvages.

▼ Génisse et ses commensaux, les hérons garde-bœufs *(Ardeola ibis)*, Cameroun.

J. Bonvallot © IRD

▲ Berger peul et son troupeau. Mali.

H. Guillaume © IRD

La flore n'est pas sensiblement changée dans sa composition (espèces présentes) par le pâturage. Cependant, l'abondance propre à chaque espèce végétale et les proportions relatives entre elles diffèrent selon que la végétation est pâturée ou ne l'est pas. Par exemple, certaines espèces arborées comme le baobab *(Adansonia digitata)* ou *Anogeissus leiocarpa*, se régénèrent mal dans les espaces très pâturés. D'autres espèces, comme *Acacia tortilis* et *Balanites aegyptiaca,* se développent bien, malgré leur attractivité comme fourrage, en partie par la dissémination des semences par les animaux et le drageonnage par suite du piétinement. Le bétail participe aussi au brassage des espèces herbacées et à l'expansion de certaines d'entre elles. C'est le cas de plantes fourragères comme le cramcram *(Cenchrus biflorus)*, graminée aux semences barbelées ou de *Panicum turgidum* mais parfois aussi de plantes indésirables difficiles à contrôler. C'est par exemple le cas au Sahel de la Césalpiniacée non consommée *Cassia obtusifolia* sur les sols bien alimentés en eau ou des Mimosacées épineuses *Prosopis juliflora* et *Dichrostachys cinerea*.

Ces constats confirment les principes de fonctionnement des écosystèmes : les espèces qui vivent dans ces milieux pastoraux entretiennent entre elles des relations multiples. La prédation des plantes par les herbivores, à un niveau modéré, est l'une de ces interactions naturelles. Selon les dynamiques propres aux espèces constituantes, les systèmes écologiques tendent à compenser les effets des perturbations subies. Lorsqu'il y a des changements durables ou des perturbations répétées, les interactions entre espèces des écosystèmes se modifient et s'ajustent en permanence. Le concept de **climax**, sorte de référence immuable, n'est pas applicable dans ce contexte soumis à de forts changements et l'on préfère celui de successions : après une perturbation, un nouvel écosystème se constitue, ressemblant à l'ancien mais plus jamais identique, et de perturbation en perturbation, le système dans son ensemble évolue. Le paysage pastoral n'est donc pas un paysage dégradé, mais une expression particulière des écosystèmes qui le constituent et dans lesquels le bétail interagit de façon notable. De nombreux cas de mise en défens (clôture et exclusion du bétail sur plusieurs années) l'ont montré.

CONSÉQUENCES DES PRATIQUES PASTORALES SUR LE MILIEU

Les éleveurs et leurs **bergers** ont appris à connaître les ressources pour mieux les utiliser et placer leurs animaux dans les meilleures conditions. S'ils interviennent sur le milieu, c'est pour favoriser le bien-être de leurs troupeaux. Cependant, les parcours étant collectifs, ils n'ont pas les moyens à proprement parler d'entretenir ou de gérer ces ressources, leur principale préoccupation étant d'y accéder chaque jour.

L'accès aux pâturages et au fourrage

Selon leur mode de conduite des troupeaux, les éleveurs choisissent les lieux de pâturage, ou bien ils se contentent de laisser divaguer les bêtes pendant les heures de pâture. Leur rôle dans la conduite des animaux les amène tantôt à regrouper le troupeau, tantôt à le disperser dans le pâturage, tantôt à le déplacer dans des lieux différents. Le **pasteur** expérimenté et habile tient compte de la qualité du pâturage pour organiser ses circuits, incluant par exemple des ressources particulières comme des arbres fourragers ou des bas-fonds herbeux.

Au pâturage, les animaux se dispersent pour brouter, ce qui répartit les prélèvements. Les marques sur la végétation sont d'autant plus nettes que la charge tout au long de l'année aura été forte et permanente. Si cette charge reste modérée, les effets s'apparentent aux prédations qu'exercerait naturellement la faune sauvage* sans bétail.

* Il a été montré que les biomasses d'herbivores domestiques sur des parcours d'Afrique tropicale sont normalement du même ordre de grandeur que celles d'herbivores sauvages dans des aires protégées.

▲ *Acacia seyal* abattu par un berger en transhumance pour offrir le feuillage à ses animaux. Région du Salamat, Tchad.

© B. Toutain

▲ Feu de savane en décembre. Burkina Faso.

© B. Toutain

Les pasteurs se contentent parfois de rendre accessibles des feuillages en coupant des rameaux. L'émondage (coupe modérée de l'extrémité des branches d'arbres) est pratiqué par certains bergers lorsque l'herbe se fait rare pour fournir le feuillage encore vert à leurs bêtes ; il permet à l'arbre de repousser, voire de stimuler sa croissance. Par contre l'écimage (coupe d'une grande partie du houppier), plus fréquent, occasionne des blessures qui cicatrisent lentement et compromet la production de fleurs et de fruits. Si la coupe est excessive, l'arbre meurt. Quant à la coupe « en parapluie », c'est-à-dire celle des branches basses coupées à mi-longueur et toujours attachées au tronc par un lambeau d'écorce, elle est mortelle pour l'arbre dans les zones sujettes aux feux.

L'usage pastoral intentionnel du feu n'a d'intérêt qu'en savane : s'il est précoce, il permet d'éliminer les pailles dures non comestibles ainsi que les trop nombreux rejets ligneux, et de stimuler la croissance des repousses de graminées. Par contre, les feux tardifs sont violents et destructeurs, jusque dans les premiers centimètres du sol : non seulement ils brûlent du fourrage mais leur répétition appauvrit la flore, trouble la faune et réduit la teneur du sol en matière organique, donc la reconstitution de la fertilité. De tels feux n'ont pas d'objectif pastoral. Outre les pasteurs, d'autres personnes mettent le feu à la savane : les marcheurs pour élargir leur champ de vision dans les grandes herbes et réduire les risques de mauvaises rencontres avec des animaux sauvages, les chasseurs pour faire sortir le gibier et les agriculteurs pour préparer un nouveau champ.

La fréquentation continue des parcours par un trop grand nombre d'animaux et sur une assez longue période conduit indubitablement à la dégradation du milieu. Cette situation est constatée dans les régions où les densités humaine et animale se sont beaucoup accrues, au-delà des capacités productives du milieu. C'est le surpâturage.

> ZOOM | La notion de capacité de charge

Si l'on considère une prairie homogène de production connue, il est théoriquement possible d'en comparer l'offre fourragère avec les besoins des animaux : la capacité de charge est le nombre d'animaux standards qu'une surface donnée de cette prairie peut nourrir.

Voici un exemple : un pâturage produit 3 t MS par ha de fourrage et par an. On sait qu'une **UBT** mange chaque jour 6,25 kg de MS sous forme d'herbe, soit 2,3 t MS par an. Si l'on estime par expérience et observation que le bétail peut brouter jusqu'à 75 % de toute l'herbe produite sans crainte de dégrader ce type de pâturage, il faut 3 t de MS pour alimenter une UBT. La capacité de charge est de 1 UBT par ha (ou 1 ha par UBT).

On détermine donc la capacité de charge d'un pâturage en mesurant la production annuelle de biomasse fourragère et en estimant un taux d'utilisation maximum. Ce taux, supposé compatible avec l'équilibre écologique et la **résilience** du milieu, varie beaucoup selon le type de végétation : il est par exemple de 35 à 40 % dans les parcours sahéliens à base de graminées annuelles (Toutain et Lhoste, 1978) et dépasse 80 % dans les prairies des régions humides exploitées de façon intensive (Boudet, 1991).

Appliquée aux parcours et d'utilisation commode pour des évaluations approchées, cette notion a pourtant été critiquée et remise en cause quant à ses fondements théoriques *(voir plus loin la notion de parcours en non-équilibre page 42).*

▲ Parcours sahélien dégradé par le surpâturage dans la région de Markoy, Burkina Faso.

© B. Toutain

▲ Surpâturage et érosion sur granite du contrefort occidental du Fouta-Djalon au nord d'Hériko. Guinée.

Y. Boulvert © IRD

Le véritable moyen de gestion est la mobilité, c'est-à-dire le changement de pâturage dès que nécessaire. L'éleveur a tout intérêt à faire paître ses animaux juste le temps nécessaire pour qu'ils mangent facilement et récupèrent le meilleur du pâturage avant de changer pour un autre endroit. Dans un nouveau pâturage, l'animal choisit les plantes et les parties de plantes qui lui plaisent. Lorsque le pâturage est déjà exploité, il se contente du fourrage restant, de moins bonne qualité et plus difficile à brouter. Si la mobilité est contrariée ou empêchée, les pasteurs sont obligés de faire séjourner plus longtemps leur bétail au même endroit, au risque de créer du surpâturage.

La plupart des pasteurs vivent au quotidien du lait de la traite. Dès que le lait se fait moins abondant dans la calebasse, ils se déplacent bien avant qu'il y ait surpâturage. S'y ajoute une certaine conscience du partage d'un bien commun entre éleveurs dans le cadre de droits de réciprocité et du besoin qu'ils devront recourir de nouveau à ces mêmes terres ultérieurement *(cf. les travaux d'Ostrom, 1990)*. La bonne gestion du troupeau converge vers la bonne gestion des ressources végétales.

L'accès à l'eau

Les ressources en eau structurent géographiquement l'espace pastoral et les abreuvements, si possible quotidiens, rythment les mouvements du bétail. Les choix par le berger des points d'eau et des parcours sont interdépendants puisque les possibilités d'accès à l'eau conditionnent l'accès aux pâturages qu'ils desservent.

Les gisements superficiels d'eau sont les ressources les plus commodes à utiliser pour l'abreuvement des animaux : rivières, oueds (temporaires), lacs (permanents), mares (généralement temporaires), sources. Des ouvrages retiennent de l'eau en surface, qu'il s'agisse de mares pastorales, de retenues collinaires ou de petits barrages. Dans l'un ou l'autre cas, les animaux vont boire directement, à moins qu'il ne s'agisse de mares aménagées protégées du bétail et équipées d'abreuvoirs extérieurs.

Les eaux souterraines sont puisées par plusieurs types d'ouvrages. Les puits traditionnels et les puisards refaits chaque année desservent souvent un nombre relativement limité d'éleveurs ayant-droits, tandis que les puits busés sont d'usage plus collectif.

> EXEMPLE | **Mobilité du bétail et préservation des ressources au Niger**

Deux experts appelés en mission d'appui à un projet de gestion des ressources pastorales dans la région de Zinder ont examiné les résultats d'études spécifiques sur les impacts du bétail sur les écosystèmes de la région. Ils ont conclu que les effets du pâturage étaient d'autant moins marqués que les troupeaux étaient appelés à se déplacer plus souvent. La notion de surpâturage s'applique plutôt à une exploitation continue des ressources pastorales car les animaux, même peu nombreux, exploitent de manière sélective les espèces appétées et tendent à les faire disparaître.

La sédentarisation des troupeaux a des conséquences en matière de dégradation des écosystèmes : « *Globalement en zone pastorale, les risques environnementaux liés à l'élevage pastoral sont faibles en raison de la mobilité du bétail qui ajuste la pression de pâture aux disponibilités fourragères locales et saisonnières. Par contre, les mises en cultures en zone pastorale vulnérabilisent l'écosystème aride à l'érosion des sols, surtout éolienne, mais aussi hydrique et biochimique. En outre, l'extension de ces cultures contribue à réduire la mobilité locale et régionale du bétail ce qui pourrait, à terme, fragiliser la production animale de type pastoral et aggraver l'impact de l'élevage pastoral sur l'environnement* » (Hiernaux *et al.*, 2006).

▲ Les concentrations de bétail soulèvent beaucoup de poussière en saison sèche. Ici dans le nord du Sénégal.

© B. Toutain

L'exhaure manuelle ou à l'aide de la traction animale représente un travail considérable. En revanche, les forages à grand débit et exhaure mécanique concentrent de nombreux troupeaux. Les programmes d'hydraulique pastorale au Sahel (Tchad et Sénégal principalement) depuis les années 60 ont beaucoup amélioré les conditions d'abreuvement du bétail pastoral et considérablement étendu les aires de pâturage. Certains forages disposent d'antennes qui répartissent les abreuvoirs en plusieurs points distants de plusieurs kilomètres, ce qui répartit mieux les charges animales. Il est important que les programmes d'hydraulique pastorale tiennent compte des ressources en biomasse desservies par les ouvrages et créent un maillage hydraulique équilibré évitant des concentrations excessives d'animaux.

Sur les berges encaissées et sur la végétation boisée en bord de rivières, les cheminements répétés du bétail peuvent créer des départs d'érosion en griffes, des éboulements et des envasements irréversibles. Les alentours des lieux d'abreuvement sont piétinés et surpâturés, comme le sont d'autres lieux de rassemblement de troupeaux : aires de repos nocturnes, marchés à bétail, voies de passage des troupeaux. Cela se traduit par la dégradation de la strate graminéenne, la disparition d'une partie des ligneux, l'accumulation de déjections et parfois l'invasion par des **plantes nitrophiles**. Autour des grands puits pastoraux et des forages se forment des auréoles de dégradation dont la surface dépend de l'importance et de la durée de la fréquentation : leur rayon peut atteindre plusieurs kilomètres. Mais il a été vérifié que ces surfaces restent localisées et proportionnellement peu importantes au regard des pâturages desservis.

Les rapports avec la faune sauvage

Les éleveurs sont amenés à voir et à côtoyer des animaux sauvages dans les zones pastorales. Leur réaction dépend des dangers éventuels que ces animaux représentent : ils vont chercher à protéger le bétail des fauves et autres animaux dangereux comme les serpents et ils évitent autant que possible les endroits dangereux (zones infestées de mouches tsé-tsé par exemple). Ils éloignent aussi les herbivores sauvages s'ils représentent des concurrents pour les ressources. Mais les éleveurs sont rarement des chasseurs.

Les parcours restent des espaces naturels, avec leur diversité biologique. De nombreuses études scientifiques valident la complémentarité 'faune sauvage-bétail' sur la ressource pâturée et sur la diversité des espèces elle-même (de Haan *et al.*, 1997). Le cas de la horde d'éléphants du Sahel qui migre régulièrement entre le nord du Burkina Faso et le Gourma malien en bonne cohabitation avec les éleveurs peuls et touaregs et leurs troupeaux est un bon exemple (Blake *et al.*, 2003). Néanmoins certaines espèces, notamment parmi les grands herbivores ou parmi les oiseaux (lieux de nidification), supportent mal la présence de l'homme et du bétail et s'écartent des lieux où ils se trouvent, ce qui réduit leur espace vital.

Conséquences sur l'utilisation des terres

Les activités pastorales freinent parfois l'extension des zones de culture. La loi protège certaines zones pastorales de la pénétration agricole, pour des raisons d'aménagement de l'espace (zones pastorales du Burkina Faso, Réserve sylvo-pastorale du Sénégal) et aussi pour des raisons de protection de l'environnement (exemple de la limite nord des cultures au Niger de 1961). Les impacts de l'agriculture sur l'environnement en régions sèches sont plus forts et plus brutaux que ceux du **pastoralisme** : le défrichement agricole comprend la destruction de tout ou partie des ligneux, l'élimination du couvert herbacé, l'ouverture du sol et son exposition au soleil et à la dessiccation ; cela entraîne la destruction partielle de la microflore et de la macrofaune du sol, la dégradation de la matière organique et la libération d'éléments minéraux exportés dans les récolte ou entraînés par les eaux. Après les récoltes suivent des années de jachère où progressivement la végétation naturelle reprend ses droits.

Impacts sur l'atmosphère et le climat

La transparence de l'atmosphère est perturbée par les particules fines soulevées par le vent, parfois sur de grandes hauteurs, dans les régions soumises à la désertification. En réduisant la couverture végétale, le bétail facilite indirectement l'érosion éolienne. Ces aérosols modifient les rayonnements reçus du soleil ainsi que ceux de la terre renvoyés vers l'espace (albédo) ; les conséquences sur le climat sont encore mal évaluées.

Les émissions de gaz à effet de serre par l'élevage sur toute la planète représenteraient 18 % de l'ensemble des émissions, tant naturelles que produites par les activités humaines (Steinfeld *et al.*, 2006). Les ruminants domestiques produisent notamment du méthane (CH_4) au cours de leur digestion. Les systèmes d'élevage extensif sont de gros émetteurs de méthane proportionnellement aux productions animales obtenues car leur faible productivité est compensée par le nombre d'animaux. Pourtant, dans le cas des systèmes plus intensifs, la production agricole des aliments pour animaux et leur transport sont producteurs de dioxyde de carbone (CO_2) et de protoxyde d'azote (N_2O), autres gaz actifs qu'il faut ajouter au bilan des animaux (Blanfort et *al.*, 2011). La contribution au réchauffement climatique du pastoralisme mérite d'être plus précisément évaluée mais reste peut-être relativement modeste au regard de la faible densité animale (entre 0,1 et 0,4 UBT par ha) et de la quasi-absence d'intrants.

Le carbone est séquestré par les parcours dans les matières végétales vivantes et mortes et surtout la matière organique des sols. Il est libéré dans l'atmosphère au fur et à mesure de l'utilisation de la biomasse et de la dégradation de la matière organique, puis réintégré lors des processus de photosynthèse et d'incorporation au sol des matières mortes.

Au bilan, seules les dégradations de la végétation et du sol peuvent contribuer aux émissions durables de CO_2 (Blanfort, *ibid.*). Toute action de lutte contre la désertification participe au stockage du carbone, même si les quantités en jeu sont relativement faibles en régions sèches.

RÉVERSIBILITÉ OU IRRÉVERSIBILITÉ DES DÉGRADATIONS ?

La réversibilité signifie la possibilité de retour à des conditions biotiques comparables à celles qui régnaient avant la dégradation. Il est évident que la condition primordiale pour une remontée biologique commence par l'atténuation ou la disparition des contraintes et pressions qui ont causé la dégradation. La réversibilité peut être naturelle ou provoquée. Si la régénération naturelle part d'états très dégradés, le temps nécessaire pour reconstituer les écosystèmes est énorme et dépasse la perception humaine, soit une génération (environ 25 ans). On croit alors la situation irréversible, bien qu'elle ne le soit pas forcément de façon absolue. La réversibilité provoquée consiste en travaux de réhabilitation, ce qui suppose des investissements souvent considérables. Une fois les sols dépouillés de leurs éléments fins et de leur fertilité, une fois les nappes phréatiques desséchées, une fois les semences végétales disparues, une fois les sables redevenus mobiles, alors la réversibilité devient difficile, voire impossible.

La réversibilité (ou l'irréversibilité) des dégradations est difficile à apprécier. Cela dépend des zones climatiques considérées, les plus arides étant les plus menacées car biologiquement moins actives, ainsi que des types de sols : il faut du temps pour que des horizons compactés redeviennent perméables et aérés et que les horizons humifères se reconstituent.

La résilience est la capacité d'un écosystème à se reconstituer après une perturbation. De nombreux mécanismes biologiques propres aux espèces et aux communautés d'espèces y contribuent. Dans les parcours, les plantes pâturées repoussent ou reviennent grâce à la production abondante de semences (deux années de stock produites en moyenne chaque année), aux rejets sur des bourgeons latéraux, au tallage, ou à la multiplication végétative à partir des racines. La végétation des régions semi-arides a montré une forte résilience à l'occasion d'observations en différentes situations. Une fois la végétation revenue, une vie animale sauvage s'organise et les nouveaux écosystèmes redeviennent complexes.

QUEL ÉQUILIBRE ENTRE RESSOURCES ET BÉTAIL ?

La notion de capacité de charge, telle que décrite plus haut, n'a pas beaucoup de sens en **système pastoral**. Tout juste permet-elle d'apprécier grossièrement si une région supporte des effectifs raisonnables d'animaux ou si leur nombre paraît excessif. Encore faut-il pour cela avoir une bonne idée de la somme des biomasses appétibles, donc des ressources fourragères, dans l'espace considéré et connaître avec exactitude les effectifs de bétail. La mobilité rend ce genre d'évaluation très approximative.

Des études écologiques sur des parcours en zones sèches ont montré l'impossibilité de raisonner en termes de capacité de charge et de bilan 'ressources/besoins'. En effet la production primaire, dont dépend la biomasse fourragère, est étroitement dépendante des précipitations. D'un côté, la variabilité annuelle est grande. De l'autre, les populations d'herbivores, sauvages ou domestiques, croissent lentement au rythme du renouvellement des générations, donc leurs besoins alimentaires globaux également. Réguler les besoins en fonction des disponibilités de fourrage est difficile. Lors de sécheresses, les animaux n'ont d'autre issue que la migration ou alors une partie d'entre eux meurt sur place. Lorsque revient la végétation, les animaux restants disposent alors de ressources abondantes et leur population se reconstitue… jusqu'à la sécheresse suivante. La régulation entre production primaire (végétation pastorale) et production secondaire (biomasse animale) s'opère de façon naturelle, sans jamais se stabiliser sur un équilibre. On parle de parcours en non-équilibre (Behnke *et al.*, 1993).

De ce constat, on tire les leçons suivantes :

- **Tout ce qui favorise la mobilité du bétail permet de respecter ce mécanisme naturel de régulation entre ressources et besoins tout en évitant le drame des mortalités massives et leurs conséquences économiques, sociales et zootechniques.**
- **Contrevenir à ce mécanisme, par exemple en maintenant artificiellement une forte charge animale permanente, crée un risque de désertification à long terme.**

Faisant aussi partie de l'écosystème, l'homme non seulement utilise celui-ci mais en subit aussi les variations et les dérèglements. Quand la désertification tend à réduire la disponibilité et la qualité des ressources pastorales et de l'environnement, la vie des éleveurs devient plus difficile, ce qui les oblige à innover et prendre des dispositions inhabituelles. La résilience des **sociétés pastorales** repose sur les capacités d'adaptation technique et sociale qui ont été développées en première partie de ce document (voir page 12).

▲ Abreuvoir en terre modelée pour les bovins autour d'un puits traditionnel, Tchad oriental.

© A. Ickowicz

Vers un pastoralisme durable ?

Le **système pastoral** comportant des traits indéniables de pertinence et d'efficacité mais confronté à de redoutables difficultés ! Un tel contraste signifie-t-il que les difficultés vont finir par mettre fin à ce long héritage ? Ou au contraire a-t-on pris la mesure de tous les enjeux et va-t-on vers des décisions lui permettant de les dépasser et de conserver sa viabilité ?

L'originalité du terme de *viabilité* est son double sens selon son étymologie latine, *vita* « la vie » ou *via* « le chemin ». Appliquée au **pastoralisme**, la viabilité signifie d'abord l'aptitude à vivre et à durer, mais elle peut suggérer aussi le bon état du chemin, celui qui mène aux **parcours** et celui des **transhumances**. Elle incorpore des dimensions d'ordre politique, économique, social et écologique. Aider les systèmes pastoraux à renforcer leur viabilité suppose de respecter et comprendre les spécificités et les activités des **pasteurs** au-delà de nos propres représentations et modèles d'élevage (Krätli, 2010). C'est pourquoi ils doivent être impliqués et intégrés dans les décisions qui les concernent. Mais les parties prenantes se situent à la fois au niveau des gouvernements nationaux, de la société civile, des législations et des organisations internationales.

À l'échelle du continent africain, la Commission de l'Union Africaine a pris conscience de l'importance du pastoralisme et a engagé des réflexions pour protéger les moyens d'existence et les droits des communautés pastorales. Une succession de consultations et d'ateliers à Isiolo (Kenya) en 2007, Ouagadougou (Burkina Faso) puis Nairobi (Kenya) en 2010, a conduit à la définition d'un cadre pour une politique du pastoralisme en Afrique (Union Africaine, 2010).

LE RÔLE DES POLITIQUES PUBLIQUES NATIONALES

L'administration coloniale, rencontrant nombre de difficultés à asseoir son pouvoir sur les populations pastorales, avait cherché à les affaiblir en les séparant des autres composantes rurales. De là provient la division entre sédentaires et nomades, ou encore entre cantons et tribus. À défaut de pouvoir les sédentariser, sont apparus le contrôle de leurs déplacements et la tentative de les confiner le plus possible à l'intérieur des circonscriptions administratives. C'est seulement bien plus tard que l'administration s'est engagée dans des actions d'hydraulique pastorale, de protection vétérinaire et, dans une moindre mesure, de scolarisation et de santé.

Les États indépendants ont, à leur tour, poursuivi et amplifié, avec l'aide internationale, les programmes d'hydraulique et les campagnes de lutte contre les grandes épizooties (surtout la peste bovine et la péripneumonie). Les troupeaux se sont multipliés jusqu'à ce que les sécheresses des années 70 et 80 ne viennent les décimer, engendrant un réel appauvrissement des pasteurs atténué parfois par des opérations d'urgence ou d'aide à la reconstitution des troupeaux.

Ensuite, les plans d'ajustement structurel s'imposèrent avec le désengagement de l'État préconisé par les grandes institutions internationales (Fonds Monétaire International, Banque Mondiale). Des services techniques tels que ceux de l'Élevage tombèrent en déshérence et la stratégie de substitution à travers la privatisation des services vétérinaires fut souvent un échec, particulièrement dans les zones pastorales qui avaient précisément grand besoin de soutien du fait de l'éloignement des centres, des superficies à couvrir et des coûts de fonctionnement.

Vers une meilleure prise en compte du pastoralisme…

Cependant, depuis les années 90, souvent dans un contexte de démocratisation et de décentralisation, de nets changements se sont opérés qui ont convergé vers une meilleure prise en compte du pastoralisme (Marty, 2011). Deux domaines ont fait l'objet d'une attention particulière.

En premier lieu, celui des infrastructures, soutenu amplement par l'aide internationale : d'importants programmes d'hydraulique pastorale ont vu le jour, de même que des balisages de pistes de transhumance, des constructions de bâtiments d'intérêt général (écoles,

▲ Vie quotidienne dans le Delta Intérieur du Niger. Mali. Jeune fille peule au moment de la traite dans le village de Wuro Neema.

O. Barrière © IRD

centres de santé, banques de céréales, magasins associatifs, mairies, etc.). Ces investissements ont contribué à donner un nouveau visage aux anciennes zones pastorales avec la multiplication de pôles de regroupement accompagnant ainsi la tendance relativement récente de nombreux pasteurs à fixer une partie de leurs familles de façon plus ou moins permanente. Certains de ces programmes, tels ceux financés par l'Agence Française de Développement au Tchad et au Niger améliorant de manière concertée le maillage des points d'eau et des axes de transhumance, ont réussi à mieux sécuriser la mobilité des troupeaux et ont contribué à une meilleure acceptation locale des transhumants. Toutefois, on peut regretter que la construction de nombreux équipements (notamment des bâtiments destinés aux services sociaux) ne soit pas accompagnée des biens et des services de base nécessaires au développement (formation insuffisante, manque de personnel qualifié et de moyens de fonctionnement adéquats).

Le second domaine est celui des législations en matière de pastoralisme. Pratiquement, tous les pays du Sahel ont renouvelé leur appareillage juridique avec des avancées certaines en termes de reconnaissance des modes d'élevage mobiles. Seul le Tchad n'a pas encore modifié sa loi N°4 du 31 octobre 1959 « portant réglementation du **nomadisme** » mais il vient d'engager la préparation d'un code pastoral. Alors qu'auparavant la réglementation des ressources pastorales relevait de l'État, les pasteurs étant réduits à n'avoir que des droits d'usage précaires sur « des terres vacantes et sans maître », désormais des droits leur sont explicitement reconnus engendrant, au moins théoriquement, des responsabilités dans la gestion en liaison avec les organisations professionnelles et les collectivités locales décentralisées. Bien sûr, il reste encore des insuffisances : manque d'harmonisation avec d'autres textes officiels (visant l'eau, les forêts, les espaces protégés, etc.), persistance d'ambiguïtés (par exemple sur la notion-clé de mise en valeur pastorale donnant normalement droit à une reconnaissance juridique). Et surtout, persiste le problème bien connu du passage des textes à leur application concrète sur le terrain. Celui-ci ne peut légitimement réussir que dans un climat apaisé de concertation entre les parties concernées et de prévention partagée des conflits entre les différents usagers.

◀ Panneau d'une antenne opérationnelle d'un projet de développement nigérien. Tahoua au Niger.

© B. Toutain

…Mais des lacunes persistent

D'autres domaines essentiels relevant tout autant des politiques publiques demeurent, fréquemment encore, les parents pauvres du développement, particulièrement dans les zones pastorales : ceux de l'éducation (scolarisation des enfants, garçons et filles, alphabétisation fonctionnelle des adultes), de la santé humaine et de la protection vétérinaire. Alors que les besoins exprimés localement sont manifestes, l'enseignement manque de maîtres formés, motivés et suivis ainsi que de cantines (quand les familles sont éloignées) ; les centres de santé attirent peu ; les structures d'appui à l'élevage manquent de moyens adéquats pour assurer la couverture sanitaire des troupeaux et pour promouvoir les productions animales et leur commercialisation dans des conditions optimales.

En ce qui concerne la préservation des écosystèmes et la lutte contre la désertification, il est incontestable qu'elles occupent, et ce depuis les grandes sécheresses, une place importante dans le discours politique et dans les médias nationaux. Pour les zones pastorales et agro-pastorales, les actions concrètes restent cependant souvent limitées et plutôt ponctuelles. L'approche par les conventions locales entre les divers usagers semble la plus porteuse. De nets progrès durables seront sans doute facilités quand les deux convictions suivantes seront plus largement partagées par les différentes parties en présence : d'une part, la mobilité des troupeaux peut bel et bien être pertinente d'un point de vue écologique et, d'autre part, il importe de travailler à la mise en place d'autorités de gestion reconnues comme légitimes en même temps que légales.

Il faut dire aussi qu'au cours des dernières décennies, un grand nombre de travaux et d'études émanant de nombreuses disciplines a vu le jour sur des terrains fort différents, dans le cadre des centres de recherche nationaux mais aussi de projets de développement, voire d'organisations non gouvernementales (ONG). Incontestablement, ils apportent une vision de plus en plus affinée du pastoralisme, montrant sa spécificité, sa souplesse d'adaptation et son intérêt. Nul doute que de tels chantiers ont contribué aux progrès constatés dans la reconnaissance des systèmes d'élevage mobiles au niveau des pouvoirs publics et des autres partenaires.

La mondialisation n'est pas non plus sans influences sur le monde pastoral subsaharien : fluctuations des cours sur les marchés internationaux, spéculation internationale, apparition de nouvelles politiques de production (biocarburants), attributions de terres à des sociétés étrangères de type « libéral international » mais de fait encouragées par certains gouvernements, concessions de chasse attribuées à de riches étrangers. Mentionnons aussi la diffusion rapide des moyens modernes de communication comme la téléphonie mobile, notamment par satellite, la radio et la télévision (avec les chaînes internationales d'information). On constate aussi la pénétration en zones pastorales de nouveaux courants religieux, surtout en provenance du Moyen-Orient et du Pakistan, l'irruption de nouvelles manières de penser et de vivre rapportées par les migrants et, localement, l'établissement de larges concessions minières et pétrolières.

> ZOOM | Extraits des principaux textes législatifs au Sahel

■ **NIGER.** Principes d'orientation du code rural. Ordonnance N°93-015 du 2 mars 1993

Art. 5. Les droits qui s'exercent sur les ressources naturelles bénéficient d'une égale protection, qu'ils résultent de la coutume ou du droit écrit.

Art. 23. Les pasteurs, propriétaires ou gardiens du capital - bétail ont le droit d'accéder librement aux ressources naturelles. (Selon deux types de droits : le droit d'usage commun et le droit d'usage prioritaire, non exclusif, sur le terroir d'attache).

■ **MAURITANIE.** Loi N°2000-044 portant code pastoral

Art. 12. Aucun aménagement [...] ne sera entrepris s'il peut porter atteinte aux intérêts vitaux des pasteurs, ou limiter gravement l'accès de ces derniers aux ressources pastorales [...] ou produire une valeur inférieure à celle produite par le système d'exploitation antérieur. Seront pris en considération dans l'appréciation de la valeur, les aspects économiques, écologiques et sociaux.

Art. 14. Toute forme d'appropriation exclusive de l'espace pastoral est illégale.

■ **MALI.** Loi N°01-004 du 27 février 2001 portant Charte pastorale

Art. 1er. La présente loi consacre et précise les droits essentiels des pasteurs, notamment en matière de mobilité des animaux et d'accès aux ressources pastorales. Elle définit également les principales obligations qui leur incombent dans l'exercice des activités pastorales, notamment en ce qui concerne la préservation de l'environnement et le respect des biens d'autrui.

Art. 56. Les collectivités territoriales doivent gérer les ressources pastorales avec la participation des organisations de pasteurs et en concertation avec les autres utilisateurs des ressources naturelles.

■ **BURKINA FASO.** Loi N°034-2002/AN du 14 novembre 2002 portant loi d'orientation relative au pastoralisme.

Art. 6. Dans le cadre de la politique d'aménagement du territoire, l'État et les collectivités territoriales veillent à l'identification, à la protection et à l'aménagement des espaces à vocation pastorale.

En particulier, dans le cadre de l'aménagement des espaces périurbains, l'État et les collectivités territoriales réservent les espaces nécessaires à la poursuite et au développement des activités d'élevage.

L'État et les collectivités territoriales veillent également à la préservation et à la protection des espaces pastoraux traditionnels. En particulier, ils favorisent dans les régions à vocation pastorale, la préservation de la vocation pastorale des bas -fonds et des zones de bourgou.

Art. 45. Les pistes à bétail font l'objet d'un classement selon les cas, dans le domaine public de l'État ou des collectivités territoriales. Elles sont de ce fait inaliénables, imprescriptibles et insaisissables.

■ **SÉNÉGAL.** Loi N°2004-16 portant loi d'orientation agro-sylvo-pastorale

Art. 20. Les exploitations agricoles familiales, industrielles et commerciales doivent, à terme, moderniser leurs outils de production, mettre en œuvre des pratiques agricoles d'élevage améliorées et utiliser des techniques de gestion modernes pour être compétitives.

Art. 44. Le pastoralisme est reconnu comme constituant un mode de mise en valeur de l'espace rural et des ressources naturelles. Les activités pastorales doivent être exercées dans le respect de l'environnement et des autres activités agricoles, sylvicoles et rurales.

■ **NIGER.** Ordonnance 2010-029 du 20 mai 2010 relative au pastoralisme

Art. 3. La mobilité est un droit fondamental des éleveurs, pasteurs nomades et transhumants. Ce droit est reconnu et garanti par l'État et les collectivités territoriales.

La mobilité constitue un mode d'exploitation rationnelle et durable des ressources pastorales et ne peut être entravée que de manière temporaire et pour des raisons de sécurité des personnes, des animaux, des forêts et des cultures dans les conditions définies des lois et règlements en vigueur et des us et coutumes.

Les pasteurs doivent être légitimement représentés par des délégués librement mandatés par eux dans toutes les instances qui ont compétence dans le domaine de la gestion des ressources naturelles.

Dans tous les périmètres aménagés, des terres destinées au parcours et au passage du bétail doivent être réservées.

Art. 5. [...] Toute forme d'appropriation exclusive de l'espace pastoral relevant du domaine public de l'État ou des collectivités territoriales est interdite. En particulier aucune concession rurale ne peut y être accordée si elle a pour effet d'entraver la mobilité des pasteurs et leurs troupeaux ainsi que leur accès libre aux ressources pastorales.

Dans tous les cas, il sera fait recours à une étude d'impact environnemental et social assortie d'un plan de gestion environnemental et social approuvés par les autorités compétentes.

Art. 52. Lorsque les titres miniers et pétroliers couvrent en tout ou partie des espaces sur lesquels des pasteurs ont un droit d'usage prioritaire, l'occupation des terrains nécessaires aux activités minières et pétrolières ne peut être accordée qu'après une juste et préalable indemnisation de ces derniers.

L'estimation de l'indemnisation est basée sur le manque à gagner des pasteurs et est fixée par consensus entre le titulaire du droit minier et pétrolier et les pasteurs.

PASTEURS ET SOCIÉTÉ CIVILE

La notion de société civile, souvent peu ou mal définie, correspond ici aux organisations et aux individus qui œuvrent pour la dignité de chaque être humain et l'égalité des droits fondamentaux, notamment en faveur des groupes qui souffrent de marginalisation, voire de stigmatisation. Dans ce sens, la société civile se rencontre aussi bien parmi les pasteurs que parmi ceux qui cherchent à les soutenir au sein de la société globale (nationale ou internationale).

Rappelons, même brièvement, l'historique des organisations d'éleveurs et les difficultés que celles-ci ont éprouvées. Pendant très longtemps, le milieu pastoral n'a eu comme porte-parole que les seules chefferies traditionnelles servant d'intermédiaires entre leurs ressortissants et l'administration générale. Par la suite, l'État a mis en place des structures de type coopératif en vue d'assurer un certain nombre de fonctions économiques (telles que l'approvisionnement en biens de première nécessité...). Ainsi, au Mali, les coopératives correspondaient exactement au découpage des arrondissements et chaque chef de famille imposable était considéré comme membre coopérateur avec pour conséquence que la même entité coopérative regroupait une forte hétérogénéité d'intérêts. Malgré des efforts de réforme interne en vue d'obtenir une réelle appropriation de la structure par les coopérateurs eux-mêmes, ce modèle, à l'origine impulsé d'en haut, a disparu lorsque la liberté de s'associer a été pleinement reconnue. Ce fut ensuite l'époque des groupements (de l'ordre d'environ 30 familles) ou des associations de petite taille répondant mieux aux critères de solidarité locale ou de proximité.

Parallèlement, dans les années 80, des associations pastorales virent le jour dans plusieurs pays sous la pression de grands bailleurs, dont la Banque Mondiale, pour que leur soit « attribuée » la gestion des ressources pastorales et des équipements à l'intérieur « d'unités pastorales », lesquelles correspondaient à des espaces délimités reconnus à des groupes d'éleveurs préalablement identifiés. Mais ces associations ne sont guère parvenues à trouver un ancrage durable ni un consensus suffisant entre les divers usagers locaux. Il en a été de même pour les approches de type « périmètres pilotes pastoraux* » avec un système de rotation de parcelles impliquant une forte appropriation de l'espace par les bénéficiaires au détriment des transhumants.

À l'évidence, ces formules minimisaient la complexité des systèmes pastoraux en place faite de mobilité, de flexibilité, de droits acquis et de continuelles négociations. L'expérience la mieux suivie de ce type d'intervention dans la durée fut incontestablement celle de Widou Thiengoli au Ferlo sénégalais : une évaluation réalisée au Sénégal (Thébaud *et al.*, 1995) conclut à la nette supériorité de « l'efficacité pastorale traditionnelle ». De telles approches prétendant au départ favoriser des collectifs gestionnaires ont finalement encouragé en plusieurs endroits la tendance à l'appropriation privative de l'espace pastoral par de riches éleveurs et l'exclusion concomitante des tiers, aux antipodes d'une démarche de type société civile soucieuse de paix et d'équité.

C'est finalement depuis le tournant du siècle que des organisations de type autonome regroupant des cadres intellectuels et des pasteurs ont émergé, fonctionnant comme des embryons de société civile capables de se référer aux textes officiels (constitution, lois...), de revendiquer leur application, de défendre les éleveurs en mal de reconnaissance et aussi de conduire des opérations concrètes répondant à des besoins réels vécus par les familles de pasteurs. Cette nouvelle configuration a réussi, particulièrement au Niger, à engendrer une véritable dynamique de concertation, d'ateliers et de discussions à l'occasion de la préparation de la nouvelle loi pastorale (ordonnance du 20 mai 2010 relative au pastoralisme). Cette démarche s'est étalée sur presque une décennie à travers plusieurs va-et-vient entre terrain et sommet ; elle est représentative de ce que la société civile est capable de réaliser pour faire avancer des dossiers sensibles. On pourrait en dire autant sur les interpellations à l'endroit des autorités concernant les situations graves de sécheresse (en 2005 et de nouveau en 2009-2010).

* Selon les principes de gestion holistique mises au point par Savory et Butterfield (1999).

> ZOOM | À propos de la société civile...

Dans les pays en développement menacés par la désertification, c'est l'ensemble des hommes et des femmes—ruraux, citadins, agriculteurs et/ou éleveurs, entrepreneurs—ainsi que les organisations villageoises traditionnelles ou organisées juridiquement, les groupements professionnels et ceux particuliers, les syndicats, les ONG locales, nationales et internationales présentes sur place, les partis politiques et les entreprises.

Ses partenaires sont l'État et ses administrations centrales et décentralisées, les élus locaux et nationaux et leurs assemblées, conseils de ville, de région ainsi que les parlements. Une place particulière est faite à ceux qui produisent des connaissances et les diffusent : enseignants, chercheurs, formateurs, vulgarisateurs. Ils sont membres de la société civile et constituent des partenaires privilégiés dans le dialogue de celle-ci avec l'État. Leur activité est exercée grâce au soutien de l'État.

D'après Bied-Charreton et Requier-Desjardins, 2007.

▲ Réunion-débat organisée à Barani, ville peule du nord-ouest du Burkina Faso, à propos de la zone pastorale proche de ce village.

© B. Toutain

▲ Scolarisation des enfants, Niger.

E. Bernus © IRD

Sans atteindre un tel niveau de pression sur les politiques publiques, il est tout à fait possible de rencontrer des démarches de type société civile dans différents pays de la bande sahélienne. Ainsi, à la suite d'études ou de projets de développement, il n'est pas rare de rencontrer des opérations allant nettement dans le sens du renforcement des droits. C'est le cas au Tchad, pays qui a particulièrement souffert d'une succession de guerres civiles, où plusieurs projets, notamment d'hydraulique pastorale (sur financement de l'Agence Française de Développement), et différentes ONG ont fini par adopter une approche résolue en direction de la prévention des conflits entre agriculteurs et éleveurs ou entre éleveurs eux-mêmes pour une résolution non violente. Une nette atténuation des tensions a pu ainsi être obtenue dans plusieurs régions du pays.

La formation concernant le pastoralisme est, à ce titre, essentielle. L'expérience mise au point au Sénégal par l'Association pour la Recherche et l'Éducation pour le Développement*, et l'appui de l'*International Institute for Environment and Development,* a ensuite été diffusée dans les autres pays du Sahel. Elle intéresse en même temps les pasteurs (hommes, femmes, jeunes et vieux) et des intellectuels issus des services de l'État ou des structures de développement. Les premiers y découvrent combien le système qu'ils pratiquent est loin d'être dépassé ou inadapté ; les seconds éprouvent le besoin de revoir leurs analyses inadéquates condamnant ou mésestimant le système pastoral. Pour les uns, c'est l'occasion de retrouver leur dignité, et, pour les autres, c'est l'invitation à revoir leurs certitudes mal établies. Le fait que ces formations parviennent à réunir des publics aussi hétérogènes et à remettre en cause toute une palette de préjugés largement intériorisés, constitue un réel progrès dans le sens d'une société civile qui prend ainsi conscience de la nécessité de revoir sa façon de voir et d'appréhender autrement les réalités pastorales.

* Voir le site de l'ARED : www.ared-edu.org/fr/Pastoralisme/tabid/148/Default.aspx

LA LONGUE MARCHE DES DROITS

Dans un contexte en pleine mutation, à l'interface de groupes de pasteurs et d'autres acteurs de la société civile, de nouvelles voies sont en train d'être explorées. Elles vont dans le sens d'une meilleure reconnaissance des droits envers ces populations qui, en raison de leur mobilité, pouvaient apparaître bien dispersées et en marge de l'histoire. Cependant d'immenses lacunes largement connues persistent :

- Le droit à la mobilité pastorale fait de plus en plus l'objet de reconnaissance officielle mais son application sur le terrain fait encore souvent défaut. Les avancées concrètes passent par la concertation chaque fois renouvelée entre usagers et la prise en compte des mouvements de troupeaux dans les plans d'aménagement de l'espace rural à l'échelle locale, intercommunale et parfois même transfrontalière.

- L'accès aux ressources naturelles, que ce soit aux pâturages, points d'eau, terres salées, natron, pistes de transhumance, aires de stationnement, etc., demeure encore souvent problématique. Sur ce plan, les droits des pasteurs sont insuffisamment garantis. La tendance au grignotage des ressources pastorales et à leur appropriation privée est toujours présente.

- La pollution des nappes d'eau ou des sols émanant d'entreprises industrielles, de dépôts d'ordures ou même d'agriculture intensive, fait peser de nouvelles menaces sur la santé des habitants et des troupeaux. Tous les usagers de ces zones ne peuvent plus être tenus pour partie négligeable.

- Les pasteurs, en tant qu'usagers, sont à intégrer pleinement dans les actions de prévention de la dégradation des terres, de la biodiversité et du couvert végétal, notamment ligneux. Longtemps déresponsabilisés et peu pris en compte dans les suivis écologiques ou les actions de lutte contre la désertification, leur implication ne pourra réellement progresser que si des droits d'usage leur sont véritablement reconnus et garantis.

> ZOOM | **Le réseau régional *Billital Maroobé***

Ce réseau des organisations d'éleveurs et pasteurs en Afrique a réussi à organiser un forum au Bénin en avril 2010 sur le thème de la transhumance transfrontalière. Il réunissait à la fois des représentants des autorités publiques et des institutions régionales, des organisations faîtières d'éleveurs et des partenaires techniques et financiers. Les recommandations insistaient sur l'importance de maintenir la mobilité et sur l'amélioration de la réglementation et de l'équipement des circuits pratiqués.

Après un atelier tenu au Burkina Faso en octobre 2011 faisant l'état des lieux des textes qui régissent la transhumance, ce réseau soulignait la nécessité d'améliorer et d'harmoniser les cadres réglementaires nationaux et régionaux sur ce sujet et prônait en même temps le renforcement des alliances entre organisations socioprofessionnelles pour renforcer leur efficacité.

Pour plus d'informations : www.maroobe.org

■ L'accès effectif aux services sociaux, administratifs et techniques reste très insuffisant en dépit de certaines améliorations, ou ne touche qu'une partie des familles : meilleur accès à l'eau, meilleure qualité de l'eau avec les forages, meilleurs moyens de communication… Les droits à l'école, à la santé, à l'approvisionnement (quand les marchés sont éloignés) sont certes affirmés mais leur concrétisation laisse beaucoup à désirer. Il arrive même que les conditions de fonctionnement soient en voie de régression : manque de personnel qualifié et motivé, cantines scolaires peu fonctionnelles, absentéisme des maîtres, des élèves, garçons et filles. Les résultats scolaires sont bien en deçà des attentes. La plupart des fillettes n'atteignent pas la fin de leur cursus primaire. Dans le domaine de la santé, les insuffisances sont également manifestes en termes de personnel, de moyens, de soins, etc. Il arrive que des vendeurs ambulants profitent de la situation en proposant des produits pharmaceutiques de qualité douteuse, sinon dangereuse, auprès d'un public largement ignorant. Les services vétérinaires ont souvent perdu de leur présence depuis la privatisation de la profession.

■ La participation citoyenne à la vie politique locale et nationale est essentielle. Nombre de pasteurs sont loin de bénéficier d'une information de qualité sur les processus électoraux et les programmes de développement les concernant directement. Leur participation aux réunions d'information, de décision et de suivi des décisions reste limitée. Les mécanismes de la décentralisation demeurent amplement méconnus et ne peuvent être pleinement valorisés au niveau des campements de brousse. C'est pourquoi les élus sont peu incités à rendre compte de leurs activités et promesses.

D'une façon générale, les marges de progrès dans l'application des droits qui concernent le monde pastoral restent immenses : droits à l'intérieur des familles (entre hommes et femmes, entre jeunes et adultes, entre propriétaires et bergers), droits par rapport aux autres usagers (agriculteurs, chasseurs, cueilleurs…), avec les autres types d'éleveurs (y compris les nouveaux investisseurs qui tendent à l'accaparement exclusif des ressources). Il n'est pas inutile désormais de penser à l'établissement de services juridiques avec des conseillers spécialement formés pour travailler avec le monde des pasteurs.

Suite à la théorie de la « tragédie des communs » (Hardin, 1968), certains prévoyaient la dégradation inéluctable des biens communs. Pour les parcours collectifs, cela ne s'est pas produit. À l'inverse, Ostrom (1990) a déduit de ses analyses empiriques de situations réelles que les individus exploitant une ressource commune tentaient de résoudre leurs problèmes de façon efficace et que les communautés s'efforçaient de traiter de manière créative et constructive les problèmes des environnements complexes et incertains. Ces individus dans les communautés avaient besoin pour cela de disposer d'informations précises, d'une reconnaissance de leurs droits d'organisation et de mécanismes de résolution des conflits. Les dynamiques actuelles d'organisation des éleveurs, de négociation des droits et de décentralisation des responsabilités vont dans ce sens.

PLACE ET RÔLE DES INSTITUTIONS RÉGIONALES ET INTERNATIONALES

Deux autres domaines décisifs pour l'avenir du pastoralisme en Afrique subsaharienne paraissent devoir être améliorés : celui de la circulation transfrontalière du bétail à l'intérieur de l'espace régional et celui de la recherche scientifique et technique au niveau des institutions de recherche et de développement à tous les niveaux (local, national, régional et international).

Comment améliorer la circulation transfrontalière du bétail ?

Une partie des pays du Sahel est enserrée entre les frontières avec l'Afrique du Nord et celles des pays côtiers. Les données disponibles permettent de traiter surtout les secondes, notamment au sein de la CEDEAO

(300 millions d'habitants), vers les pays méridionaux où le cheptel est acheminé soit pour transhumer de façon saisonnière, soit pour être commercialisé.

La transhumance transfrontalière est vitale pour de nombreux éleveurs sahéliens car les ressources végétales, bien que de moindre qualité qu'en zone pastorale, sont généralement plus abondantes en allant vers le sud mieux arrosé. Cependant, elle se heurte à des difficultés plus ou moins similaires à celles rencontrées plus au nord : diminution des aires pâturables, calendriers agro-pastoraux contraignants, obstructions à la mobilité des troupeaux, maladies, conflits, insécurité. Le Certificat International de Transhumance est censé faciliter l'accès tout en le réglementant. Cependant, il est diversement interprété et appliqué ; ce qui pénalise les éleveurs obligés de pactiser aux conditions des responsables en place. Certains États comme le Bénin et le Nigeria, prennent des mesures contradictoires interdisant la transhumance transfrontalière alors même qu'ils alimentent une partie de leur marché à partir des animaux étrangers. Comme le soulignent les associations pastorales, de larges progrès dans la sécurisation des mouvements du bétail sont encore attendus.

Quant au commerce transfrontalier des animaux, il contribue incontestablement à répondre à une partie des immenses besoins d'une population en pleine croissance démographique et de plus en plus urbanisée. Ces produits sahéliens sont très appréciés, mais subissent une forte concurrence de la part de produits importés d'autres parties du monde (volailles, poissons et viandes bovines congelés notamment), pourtant souvent jugés de moindre qualité mais écoulés à des prix beaucoup plus bas. La figure ci-dessous montre les principaux circuits de commercialisation concernant l'Afrique de l'Ouest et centrale ; les grandes métropoles urbaines des pays côtiers, et particulièrement du Nigeria, constituent les principaux pôles d'attraction.

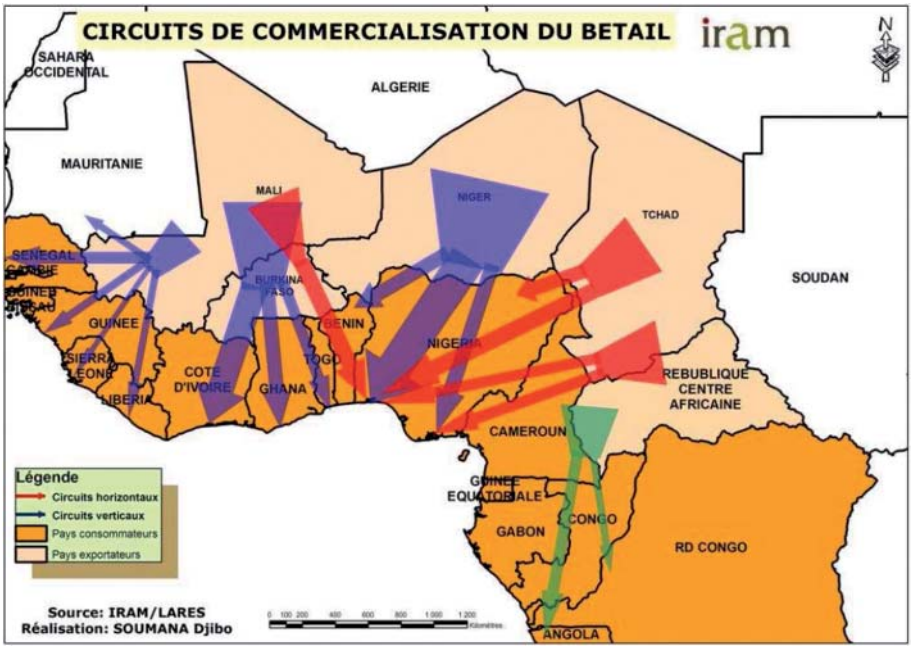
Face à ces questions, les travaux se multiplient en contribuant à affiner les données visant le pastoralisme et des organisations d'éleveurs cherchent de plus en plus à faire entendre leurs voix en vue de faire respecter les intérêts des producteurs.

La recherche scientifique et technique face à différents défis

Au-delà des premiers récits de voyageurs qui décrivaient la vie des populations rencontrées, les **sociétés pastorales** de l'Afrique subsaharienne ont attiré l'attention de nombreux observateurs de diverses disciplines, dont des anthropologues, pour en décrire les modes de fonctionnement et analyser les ressorts sociaux et techniques qui en assuraient la pérennité : les travaux d'E.E. Evans-Pritchard sur les *Nuer* soudanais (années 30), ceux de M. Dupire sur les *Wodaabe* nigériens (années 60), ceux de A.M. Bonfiglioli (années 80), P. Bonte, etc., en sont des illustrations*. Des géographes de renom (J. Gallais, E. Bernus, J. Boutrais, H. Barral, M. Benoit, C. Santoir, etc.), ont aussi contribué de façon substantielle à la connaissance des peuples pasteurs et des territoires qu'ils parcouraient.

Par ailleurs, les administrations coloniales ont chargé les vétérinaires de réduire les risques épizootiques qui pouvaient menacer la production alimentaire liée à l'élevage. De même, les études hydrogéologiques permettaient de préciser les ressources en eau, en particulier souterraines, tant pour les populations humaines que pour l'élevage.

* À la Maison des Sciences de l'Homme, l'équipe « Écologie et anthropologie des sociétés pastorales » avait notamment produit le bulletin *Production pastorale et sociétés* dans les années 70-80.



◀ Circuits de commercialisation du bétail en Afrique occidentale et centrale.

L'autre limitation à l'amélioration de l'élevage était l'alimentation du bétail : agronomes et spécialistes des plantes fourragères furent chargés, dans la seconde moitié du XXe siècle, d'étudier pâturages et parcours pour augmenter la productivité des élevages, y compris dans les régions pastorales qui étaient les plus productrices. La politique scientifique prônait alors « l'optimisation » de l'utilisation des ressources disponibles. Survinrent les fortes sécheresses des années 1969-1973 (causes de famine généralisée), puis de 1982-1984. On prit alors conscience de la fragilité de ces milieux semi-arides confrontés à l'accroissement permanent du nombre d'animaux ainsi que des limites à la production de ces immenses espaces pastoraux. De « productiviste », l'approche devint progressivement « écologique » (Toutain et Lhoste *in* Bourgeot, 1999).

Les parcours sont désormais considérés comme des milieux complexes composés d'une multitude d'écosystèmes en interaction, et dont on doit assurer la « durabilité ». La notion de capacité de charge, peu opérationnelle pour les parcours sahéliens dont la productivité est variable et imprévisible, a conduit des écologues, notamment britanniques et américains, à proposer une conception des parcours comme « systèmes en non-équilibre » *(voir page 42)*. Le concept « **d'intégrité fonctionnelle** » des écosystèmes a été développé en particulier pour les milieux pastoraux : on n'évalue plus seulement la capacité productrice des parcours et leur valeur pour l'alimentation animale mais on prend aussi en compte leur capacité naturelle à se renouveler (Kammili *et al.*, 2011). Bien d'autres disciplines de recherche s'intéressent à présent au pastoralisme et viennent enrichir les connaissances de ce monde complexe.

Constatant le faible niveau d'adoption dans la durée de leurs recommandations, les chercheurs et les organismes de développement ont porté leur attention sur un deuxième champ de réflexion, celui de l'économie, du social et du politique. Les résultats de ces travaux ont mis en évidence les interactions existantes et nécessaires entre le monde pastoral africain et l'ensemble de la société : non seulement les systèmes agro-pastoraux et les marchés des zones sèches, mais aussi, plus largement, les autres systèmes de production agricole et les marchés de consommation. Le thème 'politique de lutte contre la pauvreté' a complété les discours sur le développement des pays du Sud. La place du pastoralisme dans les économies nationales et dans les revenus ou l'économie des unités domestiques est devenue un objet d'étude. Cette activité pastorale est aussi source d'emplois et de stabilisation des sociétés qui vivent dans les zones marginales.

Mais devant le constat d'une inégalité grandissante dans l'attention portée par les politiques de développement entre les pasteurs et les autres catégories sociales rurales, il fallait trouver les moyens d'établir un meilleur équilibre. Plusieurs domaines sont entrés dans le champ de la recherche et du plaidoyer pour le développement : la formation et la scolarisation, la valorisation des savoirs autochtones, les organisations professionnelles, le renforcement juridique des droits des pasteurs, etc. L'un des grands enjeux est l'approfondissement du dialogue et des interactions entre les professionnels du pastoralisme et en premier lieu les producteurs ou leurs représentants, ainsi que les décideurs nationaux ou régionaux. Un autre enjeu essentiel pour soutenir les résultats des interventions extérieures dans les régions subsahariennes consiste à s'assurer que celles-ci cadrent avec les politiques sectorielles (agriculture, élevage, hydraulique, environnement) et à les relier aux autres secteurs de politiques (éducation, santé) en les intégrant dans un cadre stratégique cohérent à long terme.

Actuellement, les chercheurs et les responsables du développement en pastoralisme font face à plusieurs défis ou difficultés :

- D'abord le débat entre, d'une part, la conviction de beaucoup d'entre eux de l'opportunité environnementale et de l'utilité économique et sociale des systèmes pastoraux et, d'autre part, la vulnérabilité des familles de pasteurs face aux calamités naturelles, aux conflits, aux aléas du marché, à l'environnement politique et aux inégalités croissantes. On doit continuer à approfondir les questions pour lever cette apparente contradiction.

- Le constat que la traduction des résultats de la recherche en termes d'application pour l'évolution des politiques publiques se fait mal. Doit-on y voir une question liée aux objectifs de la recherche, les chercheurs étant valorisés avant tout par leurs publications lues essentiellement par des pairs, ou seulement des relais insuffisants entre des sphères qui utilisent des références et des vocabulaires différents ?

- Force est de constater aussi que le passage de la recommandation, de la décision même prise sur une base participative, ou du texte juridique, à la mise en pratique effective, est laborieux. Se pose alors la question de leur pertinence dans le contexte pastoral marqué par les aléas, la mobilité, la flexibilité ou encore par une diversité d'intérêts insuffisamment compris. La recherche ne peut éviter un tel sujet et doit pouvoir faire apparaître les choix, les blocages et les obstacles réels.

▲ Des chercheurs étudient la composition floristique d'un parcours et mesurent la biomasse présente. Région du Sine-Saloum au Sénégal. © B. Toutain

■ De quelle manière les résultats des scientifiques parviennent-ils jusqu'aux pasteurs eux-mêmes et dans quelle mesure ceux-ci les mettent-ils en pratique ? Si on tient compte de la lenteur du transfert et que l'on laisse « du temps au temps », bien des progrès ont été accomplis, même si beaucoup d'entre eux sont peu spectaculaires, par l'entremise notamment de la société civile, des organisations professionnelles et d'ONG. Mais sur ce point, des dysfonctionnements existent encore. Par exemple, des actions scientifiques et techniques ont porté sur l'amélioration des systèmes d'information, y compris pour les zones pastorales. Néanmoins, on a vu que les systèmes d'alerte précoce activés lors de la sécheresse de 2009-2010 n'ont pas suffisamment éclairé les différents responsables et les éleveurs eux-mêmes de la gravité de la situation ou ne l'ont pas fait assez tôt.

Un nouveau domaine de recherche se rapporte aux services environnementaux. Il est apparu souhaitable de faire bénéficier d'avantage ceux qui, par leurs pratiques, assurent des services à l'environnement. La recherche tente d'ores et déjà d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre et la séquestration du carbone dans les pays chauds liées aux diverses activités, y compris pastorales. Les bilans pourraient à terme servir de base à d'éventuels paiements pour services environnementaux. L'intégration de ces enjeux dans les politiques agricoles ne fait que commencer.

Enfin, la formation supérieure à la recherche dans les domaines qui touchent au pastoralisme existe désormais à l'université Abdou Moumouni de Niamey (jusqu'au master) et à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (jusqu'au doctorat). Ces universités spécialisent de jeunes scientifiques et vont pourvoir les pays de la région en cadres et chercheurs dans ce domaine particulier.

Ces nouveaux développements sont étroitement liés à ceux qui concernent les écosystèmes et leur viabilité. Le pastoralisme ne peut se développer dans de bonnes conditions s'il n'est pas durable. Le pastoralisme sera écologique ou ne sera pas.

Les points essentiels du dossier

▲ Scène pastorale au Niger.
M-N. Favier © IRD

Lutter contre la désertification et protéger l'environnement dans les zones actuellement exploitées par les **pasteurs** revient à renforcer la viabilité pastorale en laissant aux pasteurs le contrôle négocié de leurs ressources, en tirant parti de leurs savoirs techniques et en renforçant leurs connaissances et leurs capacités d'adaptation.

LE PASTORALISME REND DES SERVICES INESTIMABLES

Dans les pays d'Afrique subsaharienne, le pastoralisme reste toujours une activité rurale de grande importance. Une part significative des populations (jusqu'à une personne sur six dans certains pays) en vit de façon décente et une part plus importante encore en tire des revenus tout au long de la chaîne économique jusqu'aux consommateurs. Il permet la mise en valeur de vastes surfaces des territoires nationaux, en particulier dans les régions semi-arides, qui n'auraient guère d'autres vocations économiques.

Le pastoralisme permet de valoriser des ressources marginales qui, autrement, seraient inutilisées et improductives là où l'agriculture est aléatoire. Il permet de soutenir l'occupation humaine dans des espaces marginaux et d'y maintenir une organisation sociale et des échanges qui contribuent au contrôle national de ces espaces.

Le pastoralisme contribue à la sécurité alimentaire des pays producteurs et des pays voisins bénéficiaires des importations en fournissant des produits de haute valeur protéique. Il contribue ainsi de façon irremplaçable à la production de denrées alimentaires comme les viandes rouges et le lait.

À condition d'assurer un bon contrôle de l'état sanitaire, le **capital productif** représenté par le cheptel montre une capacité d'accroissement compétitif avec d'autres formes d'investissement ; les profits économiques qu'il génère sont même attractifs pour certains investisseurs. La vente de bétail alimente le commerce d'exportation vers d'autres pays de la sous-région. **Il contribue aussi au soutien économique et à la durabilité des systèmes agricoles** avec lesquels se sont établies des relations techniques.

LE PASTORALISME EST DYNAMIQUE

Le **pastoralisme** sahélien n'est pas une activité en voie de disparition. Au contraire, il s'appuie sur de fortes dynamiques internes, dont l'expression est sa **grande capacité d'adaptation et d'évolution.** Le cheptel pastoral participe à la croissance actuelle des effectifs nationaux de bétail et des productions animales. Le poids économique important du secteur pastoral et les besoins croissants du marché en viande et en lait contribuent au soutien du pastoralisme et lui assure un avenir.

Par contre, **ses conditions d'exercice sont de plus en plus difficiles et complexes.** L'avenir du pastoralisme dépend avant tout de la place que chaque société nationale accorde à ses pasteurs et des législations qui les concernent. S'il y a des menaces sur le pastoralisme sahélien, ce sera plus le résultat de l'opinion publique elle-même et des conditions économiques que des contraintes environnementales.

LE PASTORALISME LAISSE UNE EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE POSITIVE

Il est indéniable que **le bétail pastoral interfère nettement avec les dynamiques écologiques naturelles** et marque les écosystèmes pâturés de son empreinte. Les prélèvements des herbivores sur la végétation modifient les proportions entre les plantes herbacées et ligneuses, les espèces fourragères et non fourragères. La dispersion des déjections modifie la répartition des nutriments du sol, pollue les eaux, disperse des agents pathogènes. L'impact carbone et notamment les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas négligeables. La concurrence des animaux domestiques avec la faune sauvage et la dégradation de certains habitats jouent un rôle sur la biodiversité.

Mais en même temps, le pastoralisme offre des services écologiques fondamentaux (bien que peu visibles) qui contribuent à la durabilité des écosystèmes naturels et cultivés. Les parcours restent des milieux relativement naturels car ils se régénèrent spontanément. Ils sont riches de leur diversité biologique, davantage que les écosystèmes cultivés des zones agricoles. Les troupeaux contribuent significativement à la fumure des champs où ils séjournent ou qui reçoivent du fumier. Les animaux de trait apportent leur force de travail pour l'agriculture et les transports.

Dans de nombreux cas, **les dégradations significatives provoquées par l'élevage résultent de surexploitation ou de mauvaise gestion des ressources** dont on doit, pour y remédier, chercher les causes profondes : limitations à la mobilité du bétail, lieux d'abreuvement mal répartis, spoliation d'espaces pastoraux essentiels comme les zones basses essentielles pour l'affourragement en saison sèche…

QUELLES SONT LES CONDITIONS D'UN PASTORALISME DURABLE ?

Les États et l'aide internationale ont investi depuis longtemps dans le domaine de la santé animale (vaccinations, lutte contre les grandes épizooties, réseau de postes vétérinaires). On a également investi pour renforcer les infrastructures d'élevage, principalement les réseaux d'ouvrages hydrauliques, les marchés à bétail, la sécurisation de pistes à bétail, etc. **Cela a donné des résultats positifs** sur la production et les échanges de bétail.

Il faut poursuivre ces investissements qui ont permis jusqu'à présent une plus grande dispersion du cheptel pastoral dans les milieux naturels pâturables, l'extension dans les régions agro-pastorales, un accroissement régulier du nombre d'animaux et une augmentation des volumes produits et de leur qualité.

Il reste à les accompagner par des investissements et des progrès législatifs nécessaires à l'amélioration des conditions de vie des populations sahéliennes. L'activité pastorale devient de plus en plus difficile en raison de la raréfaction des ressources facilement accessibles, de la concurrence croissante entre éleveurs, agro-éleveurs, agriculteurs, des convoitises internationales qui bloquent de vastes espaces et des conflits qui en résultent.

Tandis que les investissements ont œuvré à renforcer la durabilité des **systèmes pastoraux**, les effets indirects sur les écosystèmes pâturés ont connu diverses fortunes. L'accroissement du cheptel a accru la pression globale du bétail sur les ressources et augmenté les risques de dégradation. Pourtant la plupart de **ces investissement ont eu des conséquences positives sur la durabilité de l'environnement en permettant notamment une meilleure répartition des charges animales, la réduction des pertes de production pour raisons sanitaires** et le renforcement des services mutuels entre l'agriculture et l'élevage. Cependant, certains investissements restent encore à développer, tels les mécanismes pour éviter ou atténuer les conséquences économiques et sociales des fluctuations climatiques sur le système pastoral.

Concernant les conditions de vie des populations pastorales, même si le niveau de vie semble s'être un peu amélioré, les progrès sont insuffisants notamment en matière d'éducation, de santé et de sécurité face aux nouveaux dangers régionaux (conflits politico-religieux et trafics de drogue). On rappelle néanmoins que **l'organisation sociale des sociétés pastorales, par ses structures et les liens qui en unissent les membres et leurs voisins, est un élément de stabilisation sociale et de paix dans les régions pastorales.**

Développer un contexte politique favorable est fondamental, tant pour soutenir la production d'aliments d'origine animale, le secteur pastoral et les producteurs ruraux des zones marginales que pour la gestion de l'environnement en général. Il peut s'avérer productif à long terme et soutenable du point de vue environnemental d'être à l'écoute des besoins et des revendications des éleveurs, d'arbitrer de façon équilibrée entre le pastoralisme et les autres domaines de production lorsqu'il y a des conflits d'intérêts, et de faire des investissements dans le domaine du pastoralisme. C'est en laissant aux acteurs du pastoralisme la possibilité de négocier leurs droits et les règles d'usage entre eux et avec les institutions concernées, que l'on peut espérer une gestion collective durable des ressources pastorales. Les autorités à tous les niveaux ont la capacité de soutenir le pastoralisme et de contribuer au maintien et au développement durable de cette activité économique irremplaçable dans les régions à vocation pastorale et agropastorale menacées de désertification.

Pour en savoir plus…

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFP, 1990. *Pastum*, n° 19, juillet 1990, Association Française de Pastoralisme, page 11.

AGRHYMET, 2009. *Le Sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable.* Niamey, CILSS/AGRHYMET, Bulletin mensuel, numéro spécial, 42 pp.

Ancey V., 2006. *Rapport du bureau d'évaluation du PAM sur la crise alimentaire du Niger en 2005. Evaluation Note 4 : Caractérisation de la crise pastorale*. Rome, OEDE/2006/8.

Azoulay G. & Ancey V., 2011. Migrations, Transferts et Développement Humain : Le Cas des Éleveurs Pastoraux du Sahel. *EADI / DSA Conference «Rethinking Development in an Age of Scarcity and Uncertainty»*, York (UK), 19-22 septembre 2011.

Bégué A., Vintrou E., Ruelland D., Claden M. & Dessay N., 2011. Can 25-year trend in vegetation dynamic (NOAA-AVHRR NDVI) be interpreted in terms of land use change? A case study of the Bani catchment in Mali. *Global Environmental Change*, 21:413-420.

Behnke R.H., Scoones I. & Kerven C. (eds.), 1993. *Range ecology at disequilibrium: new models of natural variability and pastoral adaptation in African savannas*. London, Overseas Development Institute.

Berte C.J., 2010. Lutte contre l'ensablement. L'exemple de la Mauritanie. *Étude FAO Forêts*. 158. FAO, Rome. 76 pp.

Bied-Charreton M. & Requier-Desjardins M., 2007. Sciences et société civile dans le cadre de la lutte contre la désertification. *Les dossiers thématiques du CSFD.* N° 6. Octobre 2007. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 40 pp.

Blake S., Bouché P., Rasmusen H., Orleando A. & Douglas-Hamilton I., 2003. *Les derniers éléphants du Sahel. Comportement migratoire, état de la population et histoire récente des éléphants du désert du Mali.* Save the Elephants, 50 pp.

Blanfort V., Doreau M., Huguenin J., Lazard J., Porphyre V., Soussana J.F. & Toutain B., 2011. Impacts et services environnementaux de l'élevage en régions chaudes. *INRA Productions animales.* 24(1): 89-112.

Bonfiglioli A.M. & Watson C., 1992. Pastoralists at a Crossroad: Survival and development issues in African pastoralism. *In:* UNICEF/UNSO Project for Nomadic Pastoralists in Africa (NOPA). UNICEF, New-York.

Bonte P., 1991. *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*. 561 pp.

Boudet G., 1991. *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. IEMVT, Ministère de la Coopération, République Française, 2e édition. 266 pp.

Bourgeot A. (éd.), 1999. *Horizons nomades en Afrique sahélienne. Sociétés, développement et démocratie.* Karthala, Paris. 491 pp.

Boyd C. & Slaymaker T., 2000. Re-examining the "more people less erosion" hypothesis: special case or wider trend? *ODI, Natural Resource perspectives*, N° 63, November 2000. 6 pp. www.odi.org.uk/resources/download/1703.pdf

Breman H. & De Wit C.T. 1983. Rangeland productivity and exploitation in the Sahel. *Science*. 221: 1341-1347.

Clanet J.C., 1994. *Géographie pastorale au Sahel central*. Thèse de doctorat d'État es lettres, octobre 1994, Paris-Sorbonne. 701 pp.

Daget P. & Godron M. 1995. *Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés*. Hatier-Aupelf-Uref. 510 pp.

De Haan, C., Steinfeld, H. & Blackburn, H. 1997. *Livestock and the Environment: Finding a Balance*. 186 pp.

Diop A.T., Ickowicz A., Nzimulinda J.C. & Schelling E. 2009. Production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal : étude des facteurs de variation et modes de gestion par les populations locales. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop*. 62(1): 39-47.

Diop A.T., Toutain B., Touré I. & Ickowicz A., 2010. Comportement et stratégies du berger dans la conduite du troupeau en zone sylvopastorale du Sénégal. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop*. 63.

Diop A.T., Toutain B., Wane A., Touré I. & Ickowicz A., 2011. L'élevage dans la zone sylvopastorale du Sénégal : situation actuelle. *Pastum*. 96-97: 41-45.

Dregne H. E. 1986. Desertification of arid lands. *In: Physics of desertification,* ed. F. El-Baz and M. H. A. Hassan. Dordrecht, The Netherlands: Martinus, Nijhoff.

Duteurtre G. & Faye B. (eds.), 2009. *L'élevage, richesse des pauvres*. Ed. Quae, France. 284 pp.

E.M. (Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire), 2005. *Écosystèmes et bien-être humain : Synthèse.* Island Press, Washington, DC. 23 pp.

Faye B., 2001. Le rôle de l'élevage dans la lutte contre la pauvreté. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays Trop.* 54(3-4): 231-238.

Faye B., 2008. *Bergers du monde*. Ed. Quae, France. 230 pp.

Grémont C., Marty A., Ag Mossa R.. & Touré Y.A., 2004. *Les liens sociaux au Nord-Mali. Entre fleuve et dunes*. Karthala / Iram, Paris. 257 pp.

Grimaud P., 2009. Vulnérabilité des populations pastorales dans le pays Karamoja en Ouganda. *Sécheresse*. 20(3): 271-278.

Guerin H., 1987. *Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et soudano-sahéliens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal*. Thèse de doctorat d'ingénieur de l'ENSA de Rennes, France. 211 pp.

▲ Danse peule un jour de transhumance au Mali.

G. Fédière © IRD

▲ Vie quotidienne dans un campement peul. Bénin.

M. Donnat © IRD

Guerin H., Friot D., Mbaye Nd., Richard D. & Dieng A. 1988. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire. Facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop*. 41(4): 427-440.

Hardin G., 1968. The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution. *Science*. 162: 1242-1248.

Hartfield R. & Davies J., 2006. *Revue mondiale de l'économie du pastoralisme*. WIPS – GEF – UICN, Nairobi. 51 pp. (existe aussi en anglais).

Herrmann S. M., Anyamba A. & Tucker C. J., 2005. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *In*: *Global Environmental Change*: 394-404.

Hiernaux P. & Bagoudou Maidaji, 2006. *Projet PSSP Zinder, évaluation des risques environnementaux liés à la gestion des ressources naturelles de la Région de Zinder*. Rapport de mission d'appui Iram au volet Gestion des ressources pastorales, 14 novembre – 2 décembre 2006. 63 pp.

Hubert B. & Ison R., 2011. Institutionalising understandings: from resource sufficiency to functional integrity. *In:* Kammili T., Hubert B. & J.F. Tourrand (eds.), 2011. *A paradigm shift in livestock management: from resource sufficiency to functional integrity.* 28th and 29th June 2008, Hohhot, China. Cardère éditeur Lirac, France: 11-16.

Ickowicz A. & Mbaye M., 2001. Forêts soudaniennes et alimentation des bovins au Sénégal : potentiel et limites. *Bois et Forêts des Tropiques*. 270(4): 47-61.

Ickowicz A., Bah A., Bommel P., Choisis J.P., Etienne M., Gibon A., Lasseur J., Morales H., Toure I. & Tourrand J.F., 2010. Facteurs de transformations des systèmes d'élevage extensifs des territoires : étude comparée des dynamiques locales sur trois continents. *Cah. Agric.* 19(2): 127-134.

Kammili T., Hubert B. & Tourrand J.F. (eds.), 2011. *A paradigm shift in livestock management: from resource sufficiency to functional integrity.* 28th and 29th June 2008, Hohhot, China. Cardère éditeur, Lirac, France. 272 pp.

Khazanov, 1984. *Nomads and the outside world*, Cambridge. 17 pp.

Krätli S., 2010. Réflexion sur le pastoralisme et sa viabilité. *AGRIDAP – Agriculture durable à faible apport externe*. 26(1): 6-8.

Landais E. (éd.), 1986. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale. Maisons-Alfort, coll. *Études et Synthèses de l'IEMVT*, n° 20. France.

Lane C. & Moorehead R., 1995. New directions in rangeland and resource tenure policy. *In:* Scoones I. (ed.), *Living with uncertainty – new directions in pastoral development in Africa.* Londres, IIED: 116-133.

Le Houérou H.N., 1968. La désertisation du Sahara Septentrional et des steppes limitrophes (Libye, Tunisie, Algérie). *Ann. Algér. Géogr.*

Lhoste P., 1987. *L'association agriculture-élevage : évolution du système pastoral au Sine-Saloum (Sénégal)*. Maisons-Alfort (France), IEMVT. 314 pp.

Lhoste P., 2007. Sociétés pastorales et désertification au Sahel. *Bois et forêts des tropiques*. 293(3): 49-59.

Ly C., Fall A. & Okike I., 2010. West Africa: the livestock sector in need of regional strategies. *In:* Gerber P., Mooney H.A., Dijkman J., Tarawali S., De Haan C. (eds.) *Livestock in a changing landscape: Experiences and regional perspectives.* Washington, Island Press, 189 pp.

Mainguet M., 1995. *L'homme et la sécheresse*. Masson, coll. Géographie. 335 pp.

Mainguet M. & Dumay F., 2006. Combattre l'érosion éolienne : un volet de la lutte contre la desertification. *Les dossiers thématiques du CSFD.* N° 3. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 44 pp.

Maliki A.B., 1982. *Ngaynaka: herding according to the Wodaabe*. USAID/NRL, Niamey, Niger.

Marty A., 2011. *Études sur le pastoralisme, droits, tenure et changement climatique*. UICN – Right Resources – Iram. 43 pp.

Marty A., Eberschweiler A. & Dangbet Z., 2009. *Au cœur de la transhumance. Un campement chamelier au Tchad central. Septembre 2006–avril 2007*. Karthala – Iram – ANTEA, Paris.

Morton J. & Meadows N., 2000. Pastoralism and Sustainable Livelihoods: an emerging agenda. Social Sciences Department, Natural Resources Institute - University of Greenwich, *Policy Series*. 11: 6-7.

Niamir-Fuller M., 1999. *Managing mobility in African rangelands. The legitimization of transhumance*. FAO & Beijer Int. Inst. of Ecological Economics, IT Publications.

ONU, 2007. www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=14375&Cr=d%E9sertification&Crl=UNU#

Ostrom E., 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press. –Edition en français : 2010. *Gouvernance des biens communs - Pour une nouvelle approche des ressources naturelles*. Révision : Laurent Baechler, Éd. de Boeck, Coll. Planète en jeu. 300 pp.

Savory A.L. & Butterfield J., 1999. *Holistic management: A new framework for decision making*. Washington, DC: Island Press.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., & De Haan C., 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. FAO, Rome. 390 pp.

Steinfeld H., Mooney H.A., Schneider F., & Neville L.E., (eds.), 2010. *Livestock in a Changing Landscape. Volume 1, Drivers, Consequences, and Responses*. Washington, DC: Island Press.

Swift J., 1988. *Les grands thèmes du développement pastoral et le cas de quelques pays africains*. FAO/ESH, Working Papers on Pastoral and Agro-pastoral Societies, Rome. 83 pp.

Swift J., 1995. Dynamic economical systems and the administration of the pastoral development. *In:* Scoones I. (ed.), *Living with uncertainty – new directions in pastoral development in Africa*. Londres, IIED: 116-133.

Thébaud B., Grell H. & Miehe S., 1995. *Recognising the effectiveness of traditional pastoral practices: Lessons from a controlled grazing experiment in Northern Senegal*. Drylands Issues Papers, IP 55. International Institute for Environment and Development, London.

Thébaud B., 2002. *Foncier pastoral et gestion de l'espace au Sahel. Peuls du Niger oriental et du Yagha burkinabé*. Paris, Karthala, 318 pp.

Tiffen M., Mortimore M. & Gichuki F., 1994. *More people, less erosion. Environmental recovery in Kenya*. Nairobi, Kenyan Edition, ACTS Press.

Toutain B. & Lhoste P., 1978. Essai d'estimation du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* 31(1): 95-101.

Toutain B., Touré O. & Réounodji F., 2000. *Étude prospective de la stratégie nationale de gestion des ressources pastorales au Tchad*. Ministère de l'élevage du Tchad – Ambassade de France au Tchad / Cirad. 102 pp.

Tucker, C. J., Dregne H. E. & Newcomb W.W., 1991. Expansion and contraction of the Sahara Desert between 1980 and 1990. *Science*. 253: 299-301.

UNDP, 2004. *Pastoralism and Mobility in the Drylands*. The Global Drylands Imperative, p. 4.

Union Africaine, 2010. *Cadre pour une politique du pastoralisme en Afrique – Sécuriser, protéger et améliorer les vies, les moyens d'existence et les droits des communautés pastorales*. Addis Ababa (Éthiopie), UA / GITPA, octobre 2010. 55 pp.

Wane A., 2006. *Review of the literature on pastoral economics and marketing: West Africa*. Nairobi, WIPS – GEF – IUCN. 21 pp.

Wane A., Ancey V. & Touré I., 2010a. Pastoralisme et recours au marché – Cas du Sahel sénégalais (Ferlo). *Cah. Agric.* 19(1): 14-20.

Wane A., Ancey V., Touré I., Kâ S.N. & Dio-Camara A., 2010b. L'économie pastorale face aux incertitudes – Le salariat au Ferlo (Sahel sénégalais). *Cah. Agric.* 19(5): 359-365.

SITES INTERNET

ARED, Association pour la Recherche et l'Éducation pour le Développement
www.ared-edu.org/fr/Pastoralisme/tabid/148/Default.aspx

CENESTA, *Centre for Sustainable Development & Environment*
www.cenesta.org

Festival et Rencontres internationales du pastoralisme
www.alpages38.org/-Festival-du-Film-Pastoralismes-et-.html

IIED, *International Institute for Environment and Development*
www.iied.org

League for Pastoral Peoples and Endogenous Livestock Development
www.pastoralpeoples.org

PPZS, Pôle Pastoral Zones Sèches
www.ppzs2-esp.ucad.sn

Réseau *Billital Maroobé*, Réseau des Organisations d'Éleveurs et Pasteurs de l'Afrique
www.maroobe.org

WISP, *World Initiative for Sustainable Pastoralism*
www.iucn.org/wisp

REVUES

Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
Éditeur : Cirad
Revue scientifique internationale à comité de lecture trimestrielle. ISSN 1951-6711
http://remvt.cirad.fr

***Pastoralism* (*a SpringerOpen journal*)**
Éditeur : Springer
Revue scientifique internationale à comité de lecture. ISSN: 2041-7136
www.pastoralismjournal.com

Lexique

Berger ou bouvier. C'est la personne chargée de veiller sur les animaux et d'œuvrer pour que toutes les conditions pratiques leur permettant de vivre, de produire et de se reproduire soient remplies. Il peut être propriétaire de son bétail, membre de sa famille ou simple salarié.

Bourgoutière. Excellent pâturage naturel des cuvettes inondables d'Afrique tropicale à base de la graminée *Echinochloa stagnina*. Par extension, cuvette inondée ou plaine d'inondation de la vallée et du delta intérieur du Niger. Ces pâturages sont exploités en saison sèche.

Climax. Stade évolutif final du peuplement végétal naturel d'un lieu.

Coûts de transaction. Ensemble des frais associés à l'exécution d'une opération.

Cure salée. En zone soudano-sahélienne d'Afrique, séjour périodique des troupeaux sur des sols riches en minéraux tels que le chlorure de sodium, les carbonate et phosphate de calcium, le carbonate de sodium ainsi que des oligoéléments. Les animaux lèchent ou mangent le sable salé.

Intégrité fonctionnelle des écosystèmes ou des agro-écosystèmes. Approche théorique qui prend en considération les interactions entre les pratiques de production et les processus de reproduction écologique et sociale. Cette façon de voir considère l'agriculture au sens large, donc aussi le pastoralisme, comme un système intégrant la valorisation de ressources aussi bien que le fonctionnement des écosystèmes (Hubert et Ison, 2011).

Lignage. Ensemble de personnes issues d'un ancêtre éponyme réel ou fictif.

Natron. Carbonate naturel de sodium dont il existe des gisements dans certaines zones arides d'Afrique tropicale. À noter que du sel gemme en plaques ou en barres venant des mines de Taoudeni au Mali fait l'objet d'un commerce caravanier traditionnel auprès des éleveurs depuis les temps anciens.

Nomadisme. Le terme fait référence à un mode de résidence fondé sur la mobilité. Il ne s'applique pas seulement à des éleveurs. Les éleveurs nomades se déplacent selon les opportunités qui se présentent et n'ont pas de circuits vraiment prédéfinis.

Parcours *(rangeland* en anglais). Tous les espaces où vont cheminer les troupeaux des pasteurs ; il est lié à la notion d'usage pastoral. Il regroupe des milieux divers, des végétations naturelles (prairies, savanes, steppes, forêts sèches, galeries forestières…) et des milieux anthropisés (jachères, terres cultivées après récolte, parcs arborés agroforestiers, friches…). Les divers parcours ont pour caractéristiques communes leur saisonnalité, leur disponibilité en fourrage, souvent faible, et la brièveté de la période où la valeur alimentaire des fourrages est élevée.

Pasteur. « Personne dont l'élevage constitue l'activité principale et dont le système de production se caractérise par sa mobilité spatiale et saisonnière » (ordonnance relative au pastoralisme, Niger, 2010). Le terme de pasteur est plus précis que celui d'éleveur, qui désigne d'une façon générale toute personne élevant des animaux, quels qu'ils soient. Une population de pasteurs peut dépendre plus ou moins exclusivement du bétail pour sa reproduction matérielle, familiale et sociale. Bien des populations de tradition pastorale peuvent combiner structurellement, ou d'une manière complémentaire et secondaire, le pastoralisme à d'autres activités qui occupent parfois une place non négligeable dans leur organisation culturelle ainsi que dans leur mode de vie.

Pastoralisme. « Toute activité d'élevage consistant à assurer l'alimentation et l'abreuvement des animaux par l'exploitation directe des ressources naturelles sur des espaces déterminés et impliquant la mobilité des animaux » (loi d'orientation du Burkina Faso relative au pastoralisme, décret du 13 décembre 2002). Le pastoralisme comprend également « les activités associant de manière complémentaire l'élevage, l'agriculture et la sylviculture » *(ibid.)*. En d'autres termes, le pastoralisme désigne une forme de production selon laquelle l'existence matérielle et la reproduction sociale d'un groupe humain s'organisent autour de la détention, de l'exploitation et de la mobilité du troupeau.

Pastoraliste. Expert ou chercheur en systèmes pastoraux. De ce fait, le pastoralisme désigne aussi la(les) discipline(s) correspondante(s). « Ce n'est pas une science mais une véritable orientation professionnelle faisant appel à de nombreuses sciences » (AFP, 1990). Dans les pays anglo-saxons, le terme *pastoralist* désigne uniquement les éleveurs pratiquant l'élevage pastoral.

Plante nitrophile. Espèce inféodée aux terrains riches en matière organique et en azote.

Résilience. Aptitude à récupérer une structure et un fonctionnement normaux après une perturbation. L'usage de ce mot a été étendu aux sociétés.

Sociétés pastorales. « Sociétés qui pratiquent l'élevage d'animaux herbivores vivant en troupeaux et se déplaçant à la recherche de leur nourriture. Il en résulte […] une mobilité des groupes humains associés aux troupeaux et des formes particulières d'organisation de l'espace » (Bonte, 1991). En d'autres termes, il s'agit de sociétés qui pratiquent « une forme spécifique d'économie de subsistance dans laquelle le pastoralisme mobile extensif est impliqué dans des migrations pastorales périodiques » (Khazanov, 1984).

Système d'élevage pastoral. C'est l'ensemble 'pasteur - troupeau - terrain de parcours' piloté par les pasteurs pour élever leur bétail en exploitant essentiellement des ressources naturelles (pâturages et points d'eau) (Landais, 1986). C'est une forme d'élevage extensif en raison de l'étendue des surfaces exploitées et du faible niveau d'intrants. Il doit sa viabilité à la mobilité, soutenue par une organisation sociale bien spécifique pour sécuriser familles et troupeaux dans les mouvements.

Système de production pastoral. Pour les économistes, c'est celui dans lequel l'élevage procure aux ménages plus de 50 % de leur revenu brut (calculé sur la valeur de la production commercialisée et la valeur estimée de la production autoconsommée, éventuellement sur celle de services liés et autres produits*). Ou encore lorsque la consommation d'énergie alimentaire des ménages provient pour plus de 15 % du lait et des produits laitiers de leurs animaux (Swift, 1988 ; Niamir-Fuller, 1999 ; Morton et Meadows, 2000 ; UNDP, 2004).

Transhumance (du latin *trans* : au-delà et *humus* : terre). Déplacement saisonnier du bétail s'appuyant en partie sur les principes de « vaine pâture ». Les pasteurs recherchent à chaque saison les meilleurs parcours pour leur bétail. Les transhumances sont reproduites chaque année selon des circuits qui généralement se ressemblent et sont réajustés à chaque fois.

UBT. Unité bovin tropical (en anglais TLU, *Tropical livestock unit)*, soit un bovin de 250 kg à l'entretien. Une tête de bovin au Sahel représente en moyenne 0,8 UBT, d'ovin et de caprin 0,10 UBT, de camelin 1 UBT (en incluant les jeunes générations).

Vaine pâture. La vaine pâture est couverte par un droit négociable qui régit l'usage rural conféré à des citoyens, agriculteurs, éleveurs ou pasteurs, de faire paître du bétail (à certaines conditions) sur des terres particulières non clôturées, une fois que les récoltes sont enlevées. Il se fonde sur un contrat coutumier existant ou peut être élaboré selon un mode contractuel entre usagers concernés.

Zone tampon. Zone s'intégrant entre un milieu fortement anthropisé et une ressource naturelle afin de limiter les effets néfastes d'un contact direct (concept introduit par l'UNESCO dès 1977 pour la Convention du patrimoine mondial).

* Par exemple le commerce caravanier ou la récolte et la commercialisation de produits naturels comme la gomme arabique, le miel, les médicaments traditionnels.

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

CEDEAO	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CESBIO	Centre d'Études Spatiales de la Biosphère
CILSS	Comité inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel
Cirad	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CNULD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
CSFD	Comité Scientifique Français de la Désertification
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FCFA	Franc de la Communauté Financière Africaine
IPS	Indice Pluviométrique Standardisé
Iram	Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement
IRD	Institut de recherche pour le développement
MS	Matière sèche
NDVI	*Normalized Difference Vegetation Index*
ONG	Organisation non gouvernementale
SIPSA	Système d'information sur le pastoralisme au Sahel
UBT	Unité bovin tropical
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

CSFD
Les dossiers thématiques

Résumé

L'élevage pastoral exploite directement des espaces naturels spécifiques souvent pauvres, les parcours. Il est obligatoirement mobile (transhumances). Il continue à progresser en Afrique subsaharienne et à faire vivre de très nombreux pasteurs, à pourvoir le marché en produits animaux et à soutenir des sociétés pastorales spécialisées.

Il s'avère particulièrement pertinent dans les régions tropicales sèches. Les techniques d'élevage s'adaptent en permanence aux conditions ambiantes extrêmement variables, qu'il s'agisse de la répartition spatiale des ressources (fourrage, eau) ou des contextes sanitaires, sociaux et économiques.

Le pastoralisme, pourvoyeur de viande, y compris pour l'exportation, joue un rôle important dans l'économie agricole des pays sahéliens. Comme mode de mise en valeur, il participe à la stabilisation sociale et à la paix dans les terres marginales sèches.

Malgré ses avantages, le pastoralisme subsaharien devient difficile à pratiquer. L'aggravation récente des crises climatiques lui a fait payer un lourd tribut. Les droits collectifs sur les parcours sont insuffisamment reconnus et protégés du point de vue légal face à l'extension de l'agriculture ou l'accaparement des terres par des investisseurs. Pour s'adapter, le pastoralisme subsaharien a beaucoup évolué : progression des transhumances vers de nouveaux espaces, sédentarisation partielle des familles et diversification des revenus.

Le bétail modifie à long terme l'évolution des écosystèmes pâturés (sol, végétation, biodiversité), mais ces impacts revêtent aussi certains avantages (transferts de fertilité au sol, dispersion de semences, maintien et entretien de milieux naturels). Les dégradations du milieu, qui à l'extrême mènent à la désertification, relèvent le plus souvent de surexploitations localisées ou de mauvaise gestion, défavorables à terme au pastoralisme et dont il convient de rechercher les causes.

Les conditions d'un pastoralisme durable dépendent pour beaucoup des politiques publiques de chaque pays et des législations adoptées. Le milieu professionnel pastoral s'organise et les organisations internationales commencent à prendre la mesure des enjeux économiques et écologiques que représente le pastoralisme pour le futur.

Mots clés : Pastoralisme, désertification, Afrique de l'Ouest, Afrique centrale, Sahel, élevage extensif, mobilité pastorale, durabilité

Abstract

Often barren natural rangelands are directly utilized for pastoral livestock farming, which is by nature mobile (transhumance). This activity is on the rise in sub-Saharan Africa, providing a living for a great number of herders, generating marketable animal products, while also supporting pastoral-oriented societies.

Pastoral livestock farming prevails especially in dry tropical regions. The livestock farming techniques are continuously adjusted to adapt to extremely variable local conditions, i.e. the spatial distribution of resources (fodder, water) or sanitary, social and economic situations.

Pastoralism is a source of meat, even for export, and has an important role in the agricultural economy of Sahelian countries. This activity enhances social stabilization and peace in marginal dryland areas.

Pastoralism is becoming difficult in sub-Saharan Africa despite these advantages, especially due to the recent worsening of climatic conditions. Collective rangeland grazing rights are not legally recognized and protected sufficiently to stave off the problem of crop farming expansion and land-grabbing by investors. Sub-Saharan pastoralism has considerably evolved to cope with this situation—increase in transhumance into new areas, partial settling of herding families and income diversification.

Cattle grazing modifies the long-term evolution of rangeland ecosystems (soil, vegetation, biodiversity), but these impacts also have some advantages (soil fertility transfer, seed dispersal, maintenance of natural environments). Environmental degradation, which in extreme cases leads to desertification, is usually the result of localized overtapping of resources or poor management. The causes of this degradation must be assessed since it is ultimately detrimental to pastoralism.

The conditions required for sustainable pastoralism generally depend on the public policies of each concerned country and current legislation. Professional pastoral farmers are getting organized and international organizations are beginning to take stock of the economic and ecological challenges concerning pastoralism for the future.

Keywords: Pastoralism, desertification, West Africa, Central Africa, Sahel, extensive livestock farming, pastoral mobility, sustainability

Dans la même collection

Numéros déjà parus

La lutte contre la désertification : un bien public mondial environnemental ? Des éléments de réponse...
(M. Requier-Desjardins et P. Caron, janv. 2005)
Disponible aussi en anglais

La télédétection : un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification
(G. Begni, R. Escadafal, D. Fontannaz et A.-T. Nguyen, mai 2005)
Disponible aussi en anglais

Combattre l'érosion éolienne : un volet de la lutte contre la désertification
(M. Mainguet et F. Dumay, avril 2006)
Disponible aussi en anglais

Lutte contre la désertification : l'apport d'une agriculture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV)
(M. Raunet et K. Naudin, septembre 2006)
Disponible aussi en anglais

Pourquoi faut-il investir en zones arides ?
(M. Requier-Desjardins, juin 2007)
Disponible aussi en anglais

Sciences et société civile dans le cadre de la lutte contre la désertification
(M. Bied-Charreton et M. Requier-Desjardins, septembre 2007)
Disponible aussi en anglais

La restauration du capital naturel en zones arides et semi-arides Allier santé des écosystèmes et bien-être des populations
(M. Lacombe et J. Aronson, mars 2008)
Disponible aussi en anglais

Une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres. Proposition de directives normalisées
(P. Brabant, août 2010)
Disponible aussi en anglais

Pastoralisme en zone sèche. Le cas de l'Afrique subsaharienne
(B. Toutain, A. Marty, A. Bourgeot, A. Ickowicz & P. Lhoste, février 2012)
Disponible aussi en anglais

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
1 rue Descartes
75231 Paris CEDEX 05
France
Tél. +33 (0)1 55 55 90 90
www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Ministère des Affaires étrangères et européennes
27, rue de la Convention
CS 91533
75732 Paris CEDEX 15
France
Tél. +33 (0)1 43 17 53 53
www.diplomatie.gouv.fr

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
20 avenue de Ségur
75302 Paris 07 SP
France
Tél. +33 (0)1 42 19 20 21
www.ecologie.gouv.fr

Agence Française de Développement
5 rue Roland Barthes
75598 Paris CEDEX 12
France
Tél. +33 (0)1 53 44 31 31
www.afd.fr

Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification
P.O. Box 260129
Haus Carstanjen
D-53153 Bonn
Allemagne
Tél. +49 228 815-2800
www.unccd.int

Agropolis International
Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél. +33 (0)4 67 04 75 75
www.agropolis.fr

NOUS CONTACTER

CSFD
Comité Scientifique
Français de la Désertification
Agropolis International
Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél.: +33 (0)4 67 04 75 44
Fax: +33 (0)4 67 04 75 99
csfd@agropolis.fr
www.csf-desertification.org

Suivez-nous sur
facebook
twitter
twitter.com/csfd_fr

Photos de couverture
1 : Troupeau de zébus peuls dans un champ de mil après sa récolte, Burkina Faso, région de Dori.
© B. Toutain

2 : Ânes porteurs lors d'une transhumance.
© B. Bonnet

3 : Des mares artificielles pour sécuriser les grandes transhumances au Sahel, Tchad oriental.
© A. Ickowicz

Conclusion

Sommaire

Conclusion

Abdoulaye DIA
Secrétaire exécutif de l'Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte,
BP 395, Bololo, N'Djamena, Tchad

Robin DUPONNOIS
Direction des programmes et de la formation pour le Sud (DPF),
Agence inter-établissements de recherche pour le développement (AIRD).
Institut de recherche pour le développement (IRD).
Le Sextant, 44, bd de Dunkerque - CS 90009 13572 Marseille Cedex 02
UMR 113 Cirad/Inra/IRD/Agro-M/UM2.
Laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (LSTM).
Campus international de Baillarguet, Montpellier, France.

La lutte contre la désertification, les changements climatiques, la conservation des ressources naturelles et la diversité biologique dans les milieux arides et sub-arides constituent une des priorités majeures des États sahélo-sahariens du Circum-Sahara. Ces types de milieux font l'objet d'une attention toute particulière du fait que : (1) 1,2 milliard de personnes vivent dans des zones où l'eau est une ressource rare ; (2) les zones arides représentent 41 % de la surface du globe ; (3) 2,6 milliards de personnes sont affectées par la désertification ; (4) la croissance démographique des pays des zones arides a connu une augmentation de 18 % au cours des années 1990 ; (5) le PIB des pays des zones arides est inférieur de 50 % en moyenne par rapport aux autres nations ; (6) la régénération naturelle de la strate végétale et du sol des zones arides est beaucoup plus lente que celle observée dans des environnements bénéficiant d'une pluviométrie régulière et plus abondante (WOCAT, 2009). Dans ce contexte alarmant, des politiques opérationnelles nationales à différentes échelles institutionnelles ont été engagées au cours des cinq dernières décennies sur le continent africain. Elles se sont traduites par des programmes multisectoriels ainsi que par des recherches thématiques de caractérisation, de prévention, de lutte et de restauration. Ces actions nombreuses et diverses, mises en place dans un environnement aux caractéristiques variées, ont permis d'acquérir un capital important d'expériences, de pratiques, de données scientifiques et de techniques pertinentes. À cela s'ajoute un important savoir traditionnel des populations locales, qui leur a permis de lutter et de développer à travers des décennies une forme de résilience face aux perturbations environnementales.

L'Initiative africaine Grande Muraille Verte, « IAGMV », traduit la vision, marque l'engagement et concrétise l'approche stratégique des États sahéliens fortement soumis aux effets de la désertification et des changements climatiques. L'IAGMV intègre ainsi dans sa stratégie et ses objectifs les préoccupations des conventions des Nations unies sur la désertification, les changements climatiques et la biodiversité. Elle affirme et concrétise l'émergence d'un leadership de l'Afrique dans la prise en charge de ses défis environnementaux, à travers une gestion durable et une valorisation judicieuse de l'important potentiel de développement que recèlent ces milieux arides. Ce potentiel, essentiellement localisé dans les zones rurales, représente le plus souvent plus de 60 % de la superficie du pays dans la bande sahélienne et demeure insuffisamment valorisé par les stratégies et politiques nationales de développement.

Les objectifs stratégiques principaux de ce projet s'organisent autour des points focaux suivants :

– lutter contre les effets et l'avancée de la désertification *via* des opérations concrètes de restauration et de conservation des sols, des ressources végétales et des ressources hydriques ;

– mettre en valeur et gérer durablement les potentialités de développement des zones arides essentiellement rurales ;

– améliorer les services socio-économiques de base et les capacités techniques et de gestion et de gouvernance locale des populations des zones arides.

Les résultats attendus de ces engagements résolument interventionnistes et opérationnels permettront à terme de contribuer à l'amélioration des opérations : (1) de lutte contre l'avancée du désert du Sahara ; (2) de mise en valeur des zones arides et sub-arides rurales sahéliennes ; (3) de gestion durable des terres et des ressources naturelles ; (4) d'éradication de la pauvreté, afin d'atteindre les seuils de la sécurité alimentaire ; (5) de création de Pôles ruraux de développement (PRD), puissants vecteurs de développement et d'intégration.

Ce document fait suite à un précédent ouvrage, intitulé *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre* (Dia et Duponnois, 2010), et révèle à travers les différentes contributions présentées le potentiel technique et scientifique immédiatement disponible pour remédier concrètement et rapidement aux perturbations des cycles naturels (eau, biomasse et éléments nutritifs) qui conduisent à une baisse de la productivité agricole et à une dégradation de l'environnement à l'échelle mondiale (changements climatiques, perte de surface agricole utile). Cet ouvrage de synthèse pluridisciplinaire présente l'état des lieux des connaissances et des initiatives portant sur la gestion des problématiques de la désertification ainsi que des changements climatiques et leurs impacts. Il capitalise les résultats, les expériences, les techniques et autres données pertinentes issues de la recherche scientifique, ainsi que des pratiques et des savoirs traditionnels acquis dans ces différents domaines au cours des cinquante dernières années. L'événement majeur que constitue le lancement de la première série de programmes de recherche tripartite Afrique-Brésil-France, « Lutte contre la désertification en Afrique », et spécifiquement sur les zones arides de la Grande Muraille Verte, dans le cadre

de l'Accord tripartite France (Agence inter-établissements de recherche pour le développement, AIRD) – Afrique (Agence panafricaine de la Grande Muraille Verte, APGMV) – Brésil (Centre de gestion et d'études stratégiques du Brésil, CGEE, et Conseil national de développement scientifique et technologique, CNPq) lors de la Conférence de Rio+20 démontre également la place importante de la recherche scientifique et de la valorisation des savoirs locaux dans la stratégie d'opérationnalisation de l'IAGMV. La série de programmes a pour objectif de structurer une communauté scientifique Afrique-Brésil-France d'appui à la lutte contre la désertification sur le continent africain. Les contributions scientifiques importantes figurant dans cet ouvrage de référence, portant notamment sur le pastoralisme, l'agriculture et la caractérisation des zones arides, constitueront des bases de référence dans la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de l'IAGMV.

Enfin, cet ouvrage sera fort utile à la réalisation du volet « Recherche d'accompagnement et développement » (RA&D) du Plan d'action quinquennal 2011-2015 intégrant la recherche scientifique et la valorisation des savoirs locaux.

Références

Dia, A. et Duponnois, R. (2010). *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : concepts et mise en œuvre*. IRD Éditions, 432 p.

WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies) (2009). *Les bénéfices de la gestion durable des terres.* 15 p.