

Éditeurs scientifiques

Benjamin Sultan, Richard Lalou, Mouftaou Amadou Sanni, Amadou Oumarou, Mame Arame Soumaré

Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest



IRD Éditions

Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest

Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest

Éditeurs scientifiques
Benjamin Sultan, Richard Lalou, Mouftaou Amadou Sanni,
Amadou Oumarou, Mame Arame Soumaré

IRD Éditions
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Collection Synthèses

Marseille, 2015

Coordination éditoriale, fabrication
Corinne Lavagne

Relecture
Yolande Cavallazzi

Mise en page
Aline Lugand – Gris Souris

Maquette de couverture
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure
Pierre Lopez

Photo de couverture
© IRD/M. Oï – Jardins irrigués au Niger

p. 4 de couverture
en haut : © IRD/L. Descroix – Ligne de grain au Niger
à gauche : © IRD/ B. Sultan – Semences de mil sanio (Sénégal)

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, 2015

ISBN : 978-2-7099-2146-6

Sommaire

Introduction générale 9
B. Sultan, R. Lalou, A. Oumarou, M. Amadou Sanni, M. A. Soumaré

Partie I
Évolutions récentes et futures du climat en Afrique de l'Ouest. Évidences, incertitudes et perceptions 17

Introduction 19
T. Vischel

Chapitre 1
Le réchauffement climatique observé depuis 1950 au Sahel 23
F. Guichard, L. Kergoat, F. Hourdin, C. Léauthaud, J. Barbier, E. Mougin, B. Diarra

Chapitre 2
Le retour d'une période humide au Sahel ? Observations et perspectives 43
T. Vischel, T. Lebel, G. Panthou, G. Quantin, A. Rossi, M. Martinet

Chapitre 3
Les projections du climat en Afrique de l'Ouest. Évidences et incertitudes 61
A. Deme, A. T. Gaye, F. Hourdin

Chapitre 4
Observations et perceptions des changements climatiques. Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest 89
F. Kosmowski, R. Lalou, B. Sultan, O. Ndiaye, B. Muller, S. Galle, L. Seguis

Chapitre 5
Quand la nature nous parle. Une analyse comparée des représentations des changements climatiques et environnementaux 111
A. Attané, A. Oumarou, M. A. Soumaré

Partie II
Impacts du climat et transformations environnementales 129

Introduction 131
L. Kergoat

Chapitre 6
Entre désertification et reverdissement du Sahel. Que se passe-t-il vraiment ? 135
C. Dardel, L. Kergoat, P. Hiernaux, M. Grippa, E. Mougin

Chapitre 7
Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel 153
L. Descroix, G. Mahé, J.-C. Olivry, J. Albergel, B. Tanimoun, I. Amadou, B. Coulibaly, I. Bouzou Moussa, O. Faran Maiga, M. Malam Abdou, K. Souley Yéro, I. Mamadou, J.-P. Vandervaere, E. Gautier, A. Diongue-Niang, H. Dacosta, A. Diedhiou

Chapitre 8
La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agropastoraux du Sahel. Adaptations et perspectives 171
P. Hiernaux, M. O. Diawara, L. Kergoat, E. Mougin

Chapitre 9
Évolutions paradoxales des mares en Sahel non cultivé. Diagnostic, causes et conséquences 193
L. Kergoat, M. Grippa, P. Hiernaux, J. Ramarohetra, J. Gardelle, C. Dardel, F. Gangneron, L. Gal, L. Descroix

Chapitre 10
Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest 209
B. Sultan, P. Roudier, S. Traoré

Partie III
Transformations sociétales des populations rurales 227

Introduction 229
B. Gastineau

Chapitre 11
Populations rurales face aux aléas environnementaux. Expériences africaines 233
B. Gastineau, M. Gibigaye, F. Kosmowski, A. Adjamagbo, T. Houngbégnon

Chapitre 12
Droits au sol et gestion de la fertilité. Deux perspectives différentes : Djougou (Bénin) et Niakhar (Sénégal) 249
F. Gangneron, E. Robert

Chapitre 13
Rôle des migrations saisonnières et pluriannuelles dans la réduction de la vulnérabilité. Les communes de Hombori et Djougou 269
A. Bonnassieux, F. Gangneron

Chapitre 14
Migrations saisonnières et changement climatique en milieu rural sénégalais. Forme ou échec de l'adaptation ? 287
R. Lalou, V. Delaunay

Chapitre 15
La migration féminine, une stratégie extra-agricole d'adaptation aux changements climatiques et environnementaux dans l'Imanan (Niger) 315
A. Oumarou

Chapitre 16
Changements politiques, dynamiques foncières et recompositions socio-économiques. La commune de l'Imanan (Niger) 335
A. Mohamadou, H. Abdoutan

Partie IV
Adaptation des systèmes de production et innovations 349

Introduction 351
R. Lalou

Chapitre 17
Innover en milieu rural ouest-africain. Quels changements dans les pratiques agricoles des exploitants ? 359
F. Kosmowski, M. Gibigaye, B. Muller, R. Lalou

Chapitre 18
Le retour du mil sanio dans le Sine. Une adaptation raisonnée à l'évolution climatique 377
B. Muller, R. Lalou, P. Kouakou, M. A. Soumaré, J. Bourgoin, S. Dorégo, B. Sine

Chapitre 19
Réintroduire l'élevage pour accroître la durabilité des terroirs villageois d'Afrique de l'Ouest. Le cas du bassin arachidier au Sénégal 403
E. Audouin, J. Vayssières, M. Odru, D. Masse, S. Dorégo, V. Delaunay, P. Lecomte

Chapitre 20
Un exemple de stratégie adaptée à l'insécurité alimentaire. La culture de la pomme de terre dans l'Imanan (Niger) 429
R. Hassane

Conclusion 449
B. Sultan, R. Lalou, M. Amadou Sanni, A. Oumarou, M. A. Soumaré

Liste des auteurs 459

Introduction générale

Benjamin Sultan, *Richard* Lalou,
Amadou Oumarou, *Mouftaou* Amadou Sanni,
Mame Arame Soumaré

Un lien étroit entre le climat et la production agricole

Les populations du Sahel, majoritairement rurales, sont particulièrement concernées par la variabilité climatique dans la mesure où celle-ci conditionne les ressources alimentaires, hydriques et financières, avec des retombées directes sur la santé publique. Leur économie et leur sécurité alimentaire sont étroitement dépendantes de l'agriculture pluviale, qui représente près de 93 % des terres cultivées. Le secteur agricole africain, qui emploie 70 % de la totalité de la main-d'œuvre (FAO 2003), représente entre 15 et 20 % du PIB et produit 80 % des céréales consommées en Afrique subsaharienne. Outre cette dépendance, la croissance rapide de ces populations et un accès réduit aux adaptations technologiques (mécanisation, engrais, irrigation) constituent des facteurs aggravants des impacts socio-économiques du climat (Pnud, 2004). Cette situation de vulnérabilité face au climat s'est amplifiée à la fin du xx^{e} siècle sous l'effet d'une réduction de près de 30 % des précipitations au Sahel en quarante ans (Brown et Crawford, 2008), alors que la population y a doublé. Depuis les années 1970, les plus grandes famines ayant nécessité un recours à l'aide alimentaire internationale sont dues en partie aux variations du climat (Dilley *et al.*, 2005). Dans ce contexte, comprendre et anticiper les fluctuations et changements climatiques ainsi que leurs conséquences sur l'agriculture constitue un enjeu majeur pour le développement socio-économique et la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne.

À ces fluctuations climatiques récentes s'ajoutent les conséquences attendues du changement climatique. Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2014) confirme avec toujours plus de certitude le réchauffement climatique global causé par l'augmentation des gaz à effet de serre et ses conséquences probables sur l'environnement et les sociétés. En particulier, il alerte à nouveau la communauté internationale d'une augmentation de la température partout dans le monde ainsi que d'une probable augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas météorologiques majeurs comme les sécheresses, citant l'Afrique comme l'une des régions les plus vulnérables aux changements climatiques. Même s'il existe encore de nombreuses incertitudes sur les conséquences du réchauffement global sur le climat africain, un tel bouleversement climatique aura assurément des répercussions sur les ressources hydriques et sur la production agricole (CGIAR, 2009). Ces impacts attendus représentent une contrainte supplémentaire sur un système de production en équilibre déjà précaire avec la variabilité climatique actuelle, surtout face au défi majeur pour le secteur agricole que représente la croissance démographique. En effet, l'Afrique subsaharienne verra sa population doubler en 2050.

La nécessité de l'approche interdisciplinaire

C'est dans le contexte de cette forte vulnérabilité face au climat qu'il est apparu essentiel à la communauté scientifique de décrire et de comprendre les modes de variabilité du climat en Afrique de l'Ouest, pour améliorer la prévision et fournir une aide à la décision aux utilisateurs, qu'il s'agisse d'orienter la stratégie agricole ou bien de faire face aux risques sanitaires pouvant être liés au climat (vague de chaleur ou paludisme par exemple). Les applications et études d'impacts portant sur les ressources en eau, l'agronomie, la santé publique dont l'enjeu est de répondre au besoin sociétal de développer des stratégies qui réduisent les impacts socio-économiques de la variabilité et du changement climatiques ont ainsi été l'une des composantes majeures du programme de recherche Amma (Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine ; Redelsperger *et al.,* 2006), qui a débuté en 2002. Ce programme s'appuie sur une forte coordination internationale de différentes activités, incluant des recherches fondamentales et des campagnes de mesures réalisées sur plusieurs années (notamment une campagne intensive en 2006) ainsi que sur une réelle impulsion multidisciplinaire de la recherche pour répondre à trois objectifs : 1) améliorer la compréhension de la mousson africaine ; 2) relier la variabilité climatique aux problèmes de santé, de ressources en eau et de sécurité alimentaire ; 3) s'assurer que les résultats des recherches multidisciplinaires soient effectivement intégrés dans les activités de prévision et de décision. Le projet Amma, à travers la mobilisation multidisciplinaire qu'il suscite (réunissant notamment autour d'objectifs communs climatologues, hydrologues, agronomes, biologistes,

médecins), a été un cadre idéal pour amorcer un réel dialogue entre les communautés des scientifiques et les utilisateurs afin de répondre aux besoins prioritaires des populations. Il a également montré les limites d'une approche de type « impacts », qui implique une vision linéaire, univoque entre l'aléa climatique et ses conséquences sur les sociétés. En effet, les relations de l'homme à son environnement s'inscrivent dans des configurations économiques, sociales et politiques complexes qu'il est nécessaire d'interroger et de mettre en dialogue avec les phénomènes climatiques et environnementaux à travers une approche interdisciplinaire. Cette approche interdisciplinaire est cruciale lorsque l'on aborde la problématique de l'adaptation aux changements environnementaux, dans laquelle la réponse des sociétés est enchâssée dans des transformations sociales globales.

Si ces enjeux prennent une résonance toute particulière en Afrique subsaharienne compte tenu de la vulnérabilité des populations face au climat, cette approche interdisciplinaire autour des interactions entre le climat et les sociétés n'est pas le seul fait de la problématique africaine, mais correspond à une inflexion de la recherche du début du siècle, liée à la perspective du changement global et de ses conséquences. Évaluer les conséquences des fluctuations et du changement du climat sur l'environnement et la société nécessite une approche interdisciplinaire intégrant à la fois la dimension biophysique et la dimension humaine. De fait, on a constaté ces dix dernières années la place de plus en plus prépondérante de l'interdisciplinarité dans les enjeux sur le changement global portés par le programme « Future Earth » de l'ICSU (Earth System Science Partnership de l'International Council for Science), qui réunit des grands programmes sur l'environnement (Diversitas, IGBP, IHDP, WCRP et ESSP) pour créer une communauté scientifique mieux à même de répondre aux défis sociétaux que pose le changement environnemental global. Autre exemple de cette inflexion, à l'échelle nationale cette fois, le programme « Vulnérabilité, Milieux et Climats » de l'ANR (Agence nationale de la recherche), initié en 2006, s'est progressivement transformé en « Vulnérabilité, Milieux, Climats et Sociétés » en 2008 pour devenir « Changements environnementaux planétaires et sociétaux » en 2010, puis « Sociétés & Changements environnementaux » en 2013.

Le projet Escape

La mise en dialogue des sciences biophysiques (climat, hydrologie, agronomie) et des sciences humaines (démographie, histoire, anthropologie, géographie) est le défi qu'a voulu relever le projet Escape (« Environmental and Social Changes in Africa : Past, present and future »). Ce projet a réuni entre 2011 et 2015 huit partenaires français (Locean, GET, Cirad, LPED, OMP, CNRM, LTHE, HSM) et dix partenaires africains (Agrhymet, Ceforp, Ucad, LPAOSF, Lasdel, IER, DNM Mali, Africarice, Icrisat) autour de deux objectifs principaux : 1) caractériser la vulnérabilité passée et future des sociétés rurales en Afrique aux changements environnementaux et

climatiques ; 2) explorer des pistes d'adaptation pour atténuer cette vulnérabilité. Les forces du projet reposent sur un consortium très pluridisciplinaire, sur un lien étroit entre les partenaires du Nord et du Sud, sur la capitalisation de connaissances et de données de programmes préexistants et sur une volonté de valorisation des résultats auprès des sociétés.

Tout en menant une recherche spécifique sur l'évolution récente et les projections futures du climat, de l'environnement et de ses impacts sur les ressources, le projet a intégré la dimension humaine dans la problématique de la variabilité et des changements environnementaux. Cette intégration a été mise en œuvre à travers des études de cas au Sénégal, au Mali, au Niger et au Bénin pour :

– établir le rôle des changements climatiques et environnementaux dans l'évolution passée et actuelle des pratiques agropastorales, et plus largement des sociétés rurales ;

– interroger la manière dont les individus et les groupes perçoivent et appréhendent la variabilité de leur environnement, et comment ils intègrent cet aléa et s'y adaptent.

Démêler cette complexité des systèmes couplés humain – nature aura nécessité une approche capable de répondre à des enjeux majeurs de l'interdisciplinarité : 1) maîtriser les notions de base de plusieurs disciplines pour pouvoir construire, au sein d'équipes interdisciplinaires, une réflexion commune à partir de concepts et de questions partagés ; 2) recueillir des données tant disciplinaires qu'intégratives à plusieurs échelles et sur plusieurs régions géo-climatiques ; 3) développer des méthodes analytiques pour relier des facteurs sociaux et écologiques sans cesse en mouvement. Le projet Escape s'est efforcé de remplir ces trois objectifs du processus de recherche interdisciplinaire.

La mise en pratique de l'interdisciplinarité entre les sciences de la nature et les sciences sociales a commencé par le dialogue entre les disciplines et la construction partagée de questions de recherche. Des ateliers participatifs de diagnostic, organisés sur trois sites différents, Bankoukou (Niger), Niakhar (Sénégal) et Djougou (Bénin), ont constitué ces espaces de dialogue interdisciplinaire. Partout, le principe a été le même : réunir en un même lieu une quinzaine de chercheurs pendant cinq jours, afin d'établir un diagnostic rapide à la fois sur les représentations et les perceptions des paysans et des éleveurs sur les changements climatiques et environnementaux, sur leurs vulnérabilités et leurs auto-adaptations agropastorales, et sur les évolutions des systèmes de production. Ces ateliers ont favorisé la confrontation, puis une première synthèse : 1) des connaissances issues de plusieurs disciplines scientifiques (agronomie, anthropologie, climatologie, démographie, écologie, géographie, histoire…) ; 2) entre les discours des scientifiques et les savoirs et pratiques des paysans. Au terme des ateliers, nous avions une description plus précise du système agraire et social, mais aussi une meilleure identification et analyse des interactions entre le système social et le milieu naturel. Ce travail a permis enfin de mieux définir de façon interdisciplinaire les objets, les questions et les protocoles de recherche, et de mieux appréhender ce faisant la complexité des systèmes couplés hommes – nature. Deux thématiques à l'interface de plusieurs champs disciplinaires ont finalement émergé : 1) comprendre les représentations et les perceptions paysannes du climat en les croisant avec les discours et les observations scientifiques ; 2) décrypter les adaptations – et

les capacités d'adaptation – des paysans à la variabilité pluviométrique interannuelle, en en restituant toutes les logiques écologiques, agronomiques et sociales. Parmi beaucoup d'autres, ces deux thématiques de recherche ont constitué les deux arènes principales à l'intérieur desquelles s'est forgé le travail interdisciplinaire.

D'un point de vue technique, l'interdisciplinarité a pris la forme, autant que possible, d'un système de données intégratives, élaboré de manière collaborative. Contrairement aux études strictement écologiques ou seulement sociales, qui ignorent chacune les impacts d'un système (naturel ou social) sur l'autre système, ces études interdisciplinaires considèrent les dimensions climatiques, écologiques, agronomiques et sociales du système et leurs interactions. Pour ce faire, plusieurs instruments de collecte ont été conçus de manière pluridisciplinaire, chacune des disciplines participant à la construction et à l'interprétation d'indicateurs nomades ou hybrides. Des chercheurs en sciences sociales, des agronomes, des écologues, des climatologues et des pédologues ont ainsi introduit, dans un outil de collecte partagé, des notions et des questions spécifiques à leurs disciplines. Quand l'échelle d'analyse l'a permis, les relevés biophysiques ont été jumelés aux déclarations des acteurs. Enfin, toutes les études ont couvert des contextes spécifiques, et sur des périodes de temps suffisamment longues (plus de cinquante ans d'observations au Sénégal) pour mettre en lumière les dynamiques temporelles et les spécificités locales des trajectoires agricoles et sociales. Le processus de recherche interdisciplinaire s'est poursuivi par la mise en regard des modèles d'analyse propres à chaque champ disciplinaire, afin de questionner les effets de seuil et d'actions réciproques entre les systèmes. Au travers de ces études particulièrement, le projet Escape a permis une plongée dans les complexités du système couplé humain – nature, bien plus que des recherches climatiques, écologiques, agronomiques et sociales menées de façon séparée. Ce sont finalement toutes les hétérogénéités de contexte, d'échelle et de système, toutes les dynamiques et tous les effets réciproques et de seuils qui réunissent le climat, les écosystèmes et les sociétés que cet ouvrage tente d'identifier, d'analyser et d'interpréter.

Présentation de l'ouvrage

À travers vingt chapitres écrits par des chercheurs de France et d'Afrique participant au projet Escape, cet ouvrage propose un regard croisé interdisciplinaire sur les changements passés et à l'œuvre ainsi que sur les scénarios futurs des systèmes de production ruraux, en examinant comment les effets induits par le climat interagissent avec les autres changements globaux en Afrique (changements démographiques, changements dans l'utilisation des terres, urbanisation croissante, reconfigurations sociales, pauvreté accrue…). Les systèmes ruraux et les changements environnementaux devant être vus comme adaptatifs et co-évolutifs, l'ouvrage documente la capacité d'adaptation des acteurs ruraux (modes d'accès aux ressources, usage et gestion des ressources, capacité d'adaptation aux aléas naturels) dans une diversité

de situations, au Niger, au Sénégal et au Bénin. Le choix des situations tente de refléter la diversité des systèmes de production et la variété des environnements naturels et sociaux qui la contraignent, en prenant en compte les aspects sociaux, économiques, politiques et techniques.

L'ouvrage s'articule selon quatre grands axes.

Axe 1
Évolutions récentes et futures du climat en Afrique de l'Ouest : évidences, incertitudes et perceptions

Cet axe revisite le climat en Afrique de l'Ouest en s'intéressant à la fois à l'évolution récente du climat mais aussi à la façon dont le climat pourrait évoluer dans le futur sous l'effet des émissions de gaz à effet de serre. En s'appuyant sur des observations et sur de la modélisation, il met en évidence des changements importants à l'œuvre, avec notamment un réchauffement très marqué et une intensification du régime des précipitations. Enfin, cet axe montre la façon dont les populations qui vivent et ressentent cette variabilité climatique se représentent et perçoivent l'évolution récente du climat.

Axe 2
Transformations environnementales et impacts du climat

En réponse ou non aux changements climatiques, on observe et anticipe de grands changements des ressources environnementales en Afrique de l'Ouest. À partir de séries historiques issues de données de terrain ou de l'imagerie satellitaire, ou de modélisation, cet axe aborde les changements de végétation, de productivité agricole et du cycle hydrologique, qui ont parfois des conséquences tragiques avec la recrudescence des inondations.

Axe 3
Transformations sociétales des populations rurales

Pour analyser les interactions entre les sociétés rurales et leur environnement, une réflexion a été menée entre démographes, anthropologues, sociologues, géographes et historiens pour intégrer les différentes échelles temporelles et spatiales et les unités d'observation (exploitation, parcelle, village, famille ou même individu). Cet axe souligne la complexité de la relation entre changements environnementaux et changements sociaux qui interfèrent souvent avec les modes de production ou de consommation.

Axe 4
Adaptations des systèmes de production et innovations

Cet axe analyse les stratégies d'adaptation développées par les populations rurales en réponse aux changements qu'elles perçoivent. Ces stratégies s'inscrivent dans un ensemble de transformations socio-économiques pour lequel le climat est un facteur parmi d'autres. Les enquêtes de terrain montrent une grande réactivité des populations, capables de se remettre d'événements extrêmement graves comme la sécheresse des

années 1970-1980, mais aussi de tirer parti de conditions climatiques plus favorables. Cette capacité d'adaptation est guidée par la mémoire des populations et par un grand nombre de facteurs socio-économiques qui aboutissent à des trajectoires diverses d'adaptation pour un même changement climatique mesuré.

Références

FAO, 2003
The state of food insecurity in the world.
Rome, Food and Agricultural Organisation.

Pnud, 2004
Reducing disaster risk:
a challenge for development.
UNDP global report (M. Pelling, ed.).

CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), 2009
Climate, agriculture and food security:
A strategy for change.
Alliance of the CGIAR Centers.

Dilley M., Chen R. S., Deichmann U., Lerner-Lam A. L., Arnold M., 2005
Natural disaster hotspots:
a global risk analysis.
Disaster Risk Management Series, 5,
Washington DC, The World Bank.

Brown O., Crawford A., 2008
Climate change: a new threat to stability in West Africa ?
Evidence for Ghana and Burkina Faso.
African Security Review, 17 (3) : 39-57.

IPCC, 2014
Climate Change 2014:
Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
Part B: Regional Aspects.
Contribution of Working Group II
to the Fifth Assessment Report
of the Intergovernmental Panel
on Climate Change (Barros V. R.,
Field C. B., Dokken D. J., Mastrandrea M. D.,
Mach K. J., Bilir T. E., Chatterjee M.,
Ebi K. L., Estrada Y.O., Genova R. C.,
Girma B., Kissel E. S., Levy A. N.,
MacCracken S., Mastrandrea P. R.,
White L. L., eds).
Cambridge University Press, Cambridge,
United Kingdom and New York, NY, USA,
688 p.

Redelsperger J.-L., Thorncroft C. D., Diedhiou A., Lebel T., Parker D. J., Polcher J., 2006
African Monsoon Multidisciplinary
Analysis: An International Research
Project and Field Campaign.
Bulletin of the American Meteorological
Society, 87 : 1739-1746.

Partie I

Évolutions récentes et futures du climat en Afrique de l'Ouest

Évidences, incertitudes et perceptions



© IRD/L. Descroix
Début de la mousson sur le site de Boubon, près de Niamey (Niger, 2007).

Introduction

Théo Vischel

Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC, 2014) confirme avec toujours plus de certitude le réchauffement climatique global causé par l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) et ses conséquences probables sur l'environnement et les sociétés. En particulier, il alerte à nouveau la communauté internationale sur l'évolution vers un climat plus extrême, accompagné d'une augmentation des vagues de chaleur et des épisodes de précipitations abondantes. Mais de fortes incertitudes demeurent encore sur la manière dont ces changements vont se décliner dans les différentes régions du globe, limitant de fait la possibilité d'aborder de façon fiable les problématiques d'impacts, de vulnérabilité et d'adaptation des populations, et les stratégies à mettre en place pour y faire face.

L'étude du climat régional de l'Afrique de l'Ouest participe donc aux grands enjeux internationaux, à l'articulation entre la compréhension de l'évolution du climat de notre planète et les défis sociétaux qui se présentent aux populations et aux décideurs pour faire face aux changements globaux. D'une part, le climat de la région est régi par un système de mousson qui, au même titre que les moussons indienne et sud-américaine, joue un rôle clé dans la redistribution de l'eau et de l'énergie au sein de la ceinture intertropicale, et contribue donc à la dynamique du climat global. D'autre part, les sociétés ouest-africaines sont notoirement vulnérables aux variabilités du climat, l'activité économique reposant majoritairement sur une agriculture non irriguée, fragilisée par des politiques de gestion et de mitigations des risques climatiques encore balbutiantes et peu coordonnées. La grande sécheresse qui a touché la région à la fin des années 1960 et perduré pendant près de trente ans est une dramatique illustration de l'impact que peut avoir une modification substantielle du climat sur

les populations. Indépendamment de son lien avec le réchauffement global, qui reste une question non encore élucidée, cet événement climatique majeur a pointé la nécessité d'étudier le système climat-environnement-société dans son ensemble.

C'est sur une telle démarche intégratrice qu'ont reposé les recherches menées dans le projet Escape, et notamment celles présentées dans cette première partie. On fait ici état du climat en Afrique de l'Ouest, de ses évolutions passées et futures, à l'aune des observations et simulations climatiques, ainsi que du ressenti des populations qui font face aux aléas du climat.

Au début du projet, quatre grandes questions se sont posées aux scientifiques, qui font chacune l'objet d'un chapitre. Quelle est la signature du réchauffement global sur l'évolution des températures en Afrique de l'Ouest ? Depuis la grande sécheresse, que sait-on réellement des évolutions des précipitations dans la région, notamment aux échelles des impacts hydrologiques ou agronomiques? Peut-on, à partir des scénarios globaux d'émission de GES, dessiner les grandes lignes des évolutions du climat dans la région à l'horizon du prochain siècle ? Enfin, comment les populations qui subissent la variabilité du climat en perçoivent-elles les évolutions récentes?

Pour fournir des éléments de réponse à ces questions, les chercheurs du projet Escape, qu'ils soient issus des sciences physiques ou humaines, ont dû intégrer la complexité et les contrastes du système climat-société d'Afrique de l'Ouest. D'une part, parce que la mousson est le produit de nombreux mécanismes (océaniques, atmosphériques et continentaux) qui interagissent à plusieurs échelles de temps et d'espace. La climatologie est ainsi marquée par une forte saisonnalité et une grande variabilité temporelle des échelles décennales, interannuelles à intra-saisonnières, et par une variabilité spatiale des échelles régionales à locales. D'autre part, parce qu'à cette variabilité s'ajoute une diversité sociologique, économique et culturelle des populations, qui vont dès lors vivre, ressentir et relater différemment les effets du climat et de ses évolutions.

Le chapitre 1 rend compte de l'évolution des températures depuis 1950. Cette variable est centrale pour l'étude des bilans d'eau et d'énergie, elle a des conséquences sur les rendements agricoles et peut menacer très directement la santé des populations. La climatologie des températures n'est pourtant que très peu documentée en Afrique de l'Ouest. Le chapitre montre que le réchauffement est d'ores et déjà visible sur la région, mais qu'il n'est pas homogène. Il est plus fort au Sahel que sur les régions soudanienne et guinéenne. Les périodes les plus chaudes de l'année sont celles qui ont connu le plus fort réchauffement, notamment le printemps, où les températures, en constante augmentation, sont de 2 °C plus élevées qu'il y a soixante ans. Cette amplification du cycle annuel des températures se traduit principalement par une augmentation des températures nocturnes, les températures diurnes restant plus stables, sans qu'on puisse encore en expliquer les causes.

Le chapitre 2 fait le point sur l'évolution des précipitations au Sahel depuis les années 1950. Il fournit notamment des indications sur les deux dernières décennies, avec en toile de fond un débat sur un retour présumé à des conditions humides au Sahel. Les analyses menées à partir de données de pluie *in situ* révèlent en réalité des disparités régionales sur l'évolution des tendances des cumuls annuels de pluie.

Une reprise des précipitations est effectivement visible sur le Sahel central (sans pour autant revenir aux conditions des années pré-sécheresse), mais elle semble tarder à l'ouest du Sahel, où la sécheresse a continué à sévir jusqu'à la fin des années 2000. En considérant l'échelle plus fine des événements pluvieux, ce chapitre montre que la reprise des pluies sur le Sahel central est caractérisée par un déficit persistant d'occurrence des pluies proche des années de sécheresse, compensé par une plus grande occurrence de pluies intenses, jusqu'à un niveau jamais atteint depuis les années 1950. Plutôt qu'un retour à des conditions humides, c'est donc une intensification du régime des précipitations qui caractérise le mieux l'évolution récente des pluies au Sahel.

Avec des températures en hausse et un cycle hydrologique plus intense, le Sahel porte sur les deux dernières décennies tous les signes attendus du réchauffement climatique à l'échelle globale. Pour étudier si cette évolution singulière peut présager d'un changement à plus long terme, le chapitre 3 analyse sur l'Afrique de l'Ouest les simulations des modèles de circulation générale (MCG) de l'expérience CMIP5, sur laquelle se basent les conclusions du cinquième rapport du Giec (IPCC, 2014). Le chapitre souligne quelques progrès des MCG réalisés depuis la dernière expérience similaire, CMIP3, en particulier sur leur capacité à retrouver la structure spatiale des précipitations et températures moyennes. En revanche, la variabilité intra-saisonnière reste encore mal simulée par de nombreux modèles. En réponse à l'augmentation de la concentration de GES, les modèles convergent tous vers une hausse des températures dans la région au cours du prochain siècle, sans pour autant trouver de consensus sur l'amplitude du réchauffement. Les projections de précipitations semblent quant à elles s'accorder sur une différence de comportement entre le Sahel est, qui tendrait à être plus humide, et le Sahel ouest, qui deviendrait plus sec. La très forte disparité des simulations empêche cependant de poser un diagnostic quantitatif fiable sur ces tendances.

Au-delà des incertitudes qui subsistent encore sur le climat futur, la capacité des populations à percevoir les changements récents est très instructive sur la manière dont peuvent s'établir les démarches d'adaptation. Le chapitre 4 aborde cette problématique en évaluant sur trois pays d'Afrique de l'Ouest au climat contrasté (Niger, Bénin et Sénégal) comment les populations perçoivent les évolutions du climat en comparaison avec les observations météorologiques. Malgré la forte variabilité locale du climat et les nombreux facteurs qui peuvent interférer entre la réalité de la mesure et l'expérience cognitive, les enquêtes réalisées montrent que les perceptions des populations reflètent très bien les changements climatiques récents mesurés. La perception est d'autant plus précise que les changements sont courts et de forte amplitude, comme c'est le cas pour les changements du régime des précipitations observés au Sahel. La perception est moins proche des observations météorologiques lorsque les changements s'opèrent graduellement, comme l'augmentation des températures, ou qu'ils n'affectent pas directement le mode de vie. Il est également noté que l'accès à une information météorologique améliore la capacité des populations à détecter les changements.

Enfin, le chapitre 5 témoigne que cette perception des changements climatiques et environnementaux est extraordinairement riche et diverse au sein des populations

enquêtées, tout comme les représentations qui expliquent ces changements et la multiplicité des pratiques qui tentent d'y répondre. Au-delà de cette diversité, les acteurs rencontrés sur les principaux sites au Niger, au Sénégal et au Bénin perçoivent très clairement les changements qui se manifestent sur la pluie, la température, les vents, mais aussi les changements environnementaux : des éléments nouveaux apparaissent, comme la poussière, certaines espèces d'herbacées ; et des éléments connus disparaissent, comme les mares, une partie de la faune, ou des espèces arbustives et herbacées.

Les résultats présentés dans cette première partie sont assurément d'une grande valeur pour la communauté scientifique, tant par les éléments de réponse qu'ils apportent que par les nouvelles questions qu'ils soulèvent. Ils démontrent surtout que les défis posés par la complexité des climats régionaux, en particulier en Afrique de l'Ouest, ne peuvent être relevés que sur la base d'observations de long terme du système climat-société. La pérennisation des observations météorologiques et sociologiques est cruciale pour détecter les changements, en comprendre les mécanismes, améliorer les modélisations et fournir *in fine* aux populations et aux décideurs des informations climatiques fiables et bénéfiques pour leurs stratégies d'adaptation et de développement.

Chapitre 1

Le réchauffement climatique observé depuis 1950 au Sahel

Françoise Guichard, Laurent Kergoat, Frédéric Hourdin, Crystèle Léauthaud, Jessica Barbier, Éric Mougin, Birama Diarra

Introduction

Depuis une trentaine d'années, le réchauffement climatique fait l'objet de travaux de plus en plus nombreux. Cependant, en Afrique de l'Ouest, les études existantes se sont principalement intéressées aux évolutions des précipitations, très peu à celles des températures. Le réchauffement climatique observé au cours des soixante dernières années se décline de manière contrastée suivant les régions du globe. Il est plus marqué sur les zones continentales, et plus important la nuit que le jour (IPCC, 2013). Jusqu'à présent, l'attention s'est surtout portée sur les zones boréales et tempérées, délaissant quelque peu les zones tropicales et semi-arides. En ce qui concerne l'Afrique de l'Ouest, les quelques travaux, pour la plupart récents, qui abordent cette question ne se basent pas directement sur les observations, mais sur des produits satellitaires, des jeux de données spatialisées, c'est-à-dire interpolées sur une grille régulière, et des ré-analyses météorologiques (Collins, 2011 ; Fontaine *et al.*, 2013).

Or, les produits satellitaires ne renseignent pas directement sur l'évolution de la température près de la surface, qui est celle qui nous intéresse ici, mais sur celle de toute une couche atmosphérique. Le lien entre ces deux températures est loin d'être trivial. De plus, l'archive satellitaire ne permet de renseigner cette question qu'à partir de 1980, ce qui est court au regard des échelles de fluctuations climatiques : une moyenne climatique est typiquement réalisée sur 30 ans. De même, les ré-analyses météorologiques correspondent à des résultats de modèles physiques contraints par des observations ; la qualité des résultats fournis est dont fortement dépendante du

nombre et de la qualité des observations utilisées. C'est une question particulièrement cruciale en Afrique de l'Ouest, car les données collectées au cours des dernières décennies y sont peu nombreuses. Il s'y ajoute les imperfections de ces modèles, qui peinent à simuler correctement les températures près de la surface, notamment la nuit (Sandu *et al*., 2013). Les rares comparaisons de température à la surface fournies par les ré-analyses météorologiques montrent d'ailleurs qu'il existe des différences notables d'une ré-analyse à l'autre, en particulier sur le Sahel et le Sahara (Roehrig *et al*., 2013).

Via l'utilisation de plusieurs jeux de données, nous présentons ici comment ce réchauffement multi-décennal affecte considérablement l'Afrique de l'Ouest, et comment en particulier les températures les plus élevées, susceptibles d'avoir le plus fort impact environnemental, ont évolué. Pour ce faire, nous analysons comment ces tendances se superposent au cycle annuel et aussi, comment elles se manifestent sur les températures minimales et maximales. Nous présentons aussi brièvement les évolutions et tendances fournies par les ré-analyses météorologiques et les modèles de climat.

Un réchauffement multi-décennal fort et contrasté suivant les saisons

Notre analyse se base sur des jeux de données, incluant des observations locales disponibles au pas de temps journalier et des données spatialisées disponibles au pas de temps mensuel. Nous utilisons en particulier, pour illustrer notre propos, les résultats fournis par les données locales de la station météorologique d'Hombori au Mali (données dites « SYNOP » dans le vocabulaire météorologique, fournies par la Direction nationale de la météorologie du Mali).

La figure 1a illustre avec ces données la tendance observée sur les soixante dernières années, mois par mois au Sahel (elle est proche des tendances estimées avec les autres types de données disponibles sur cette région, comme on le verra par la suite). Cette figure montre effectivement une augmentation forte des températures, mais surtout elle indique que le réchauffement observé n'est pas homogène sur toute l'année, il est particulièrement important au printemps et en automne, supérieur à 1 °C de mars à octobre (contre environ 0,5 °C en moyenne globale).

La figure 1b montre avec les données spatialisées du CRU (CRU TS3.10 ; Mitchell et Jones, 2005 ; Harris *et al*., 2013) que ce réchauffement concerne toute la bande sahélienne. Il est plus modéré lorsqu'on se rapproche de l'équateur et plus fort au Sahara et sur le Sahel ouest.

Dans la suite ce chapitre, nous analysons plus en détail cette tendance, en particulier sa structure annuelle complexe qui émerge d'un cycle annuel de la température lui-même bimodal, caractéristique des régions continentales tropicales.

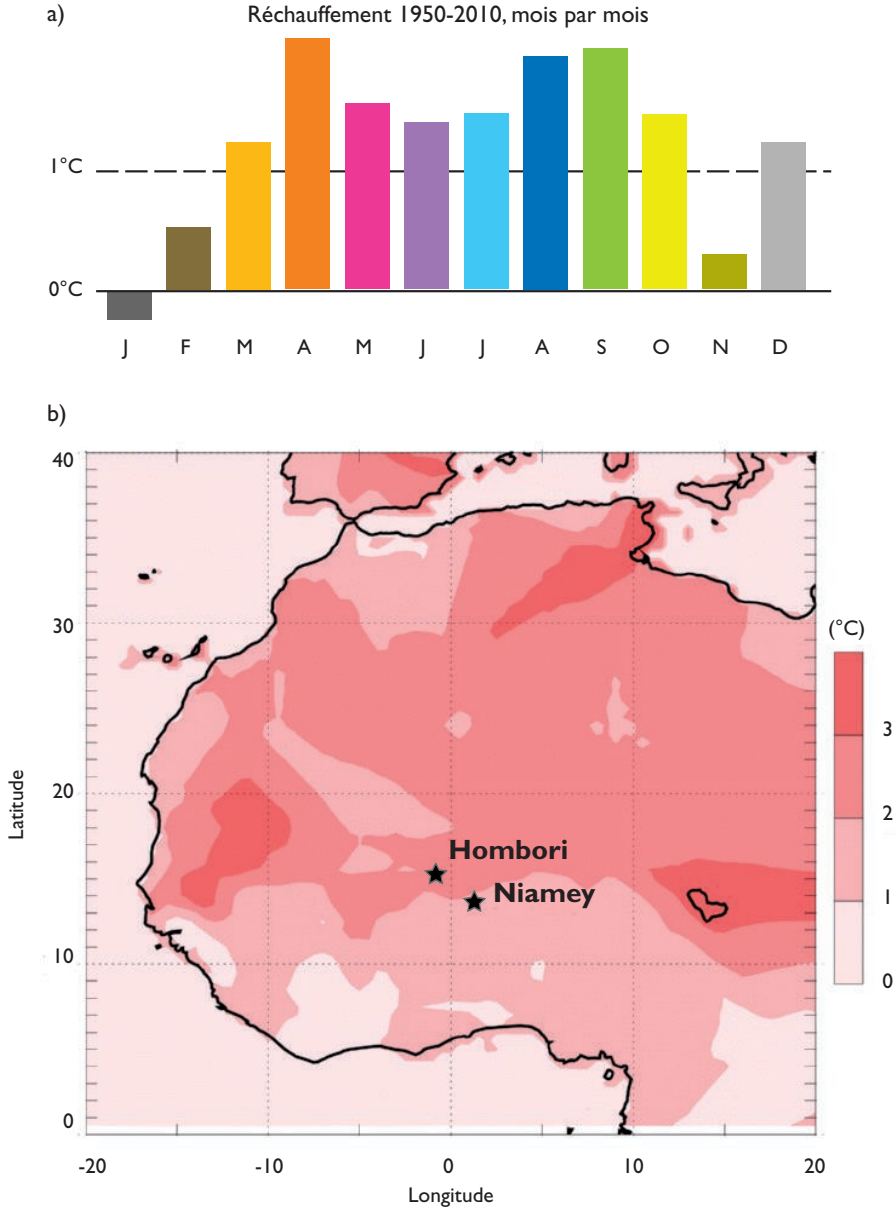


Figure 1.
Réchauffement multi-décennal au Sahel, structure annuelle et spatiale :
(a) augmentation de la température mensuelle de 1950 à 2010,
calculée avec les données de la station météorologique d'Hombori au Sahel,
en utilisant une régression linéaire ;
(b) augmentation maximum de la température mensuelle de 1950 à 2010
en utilisant les données CRU
(on considère ici le mois pour lequel la tendance est maximale).

Le climat sahélien : température, humidité et pluies de mousson

Le climat sahélien, tropical semi-aride, est très chaud. La figure 2 en montre un exemple, avec les données de la station météo automatique d'Agoufou (MOUGIN *et al.*, 2009), en plein cœur du Sahel, située à quelques dizaines de kilomètres de la station SYNOP d'Hombori. Les données de plusieurs années sont superposées et lissées pour présenter le cycle annuel de la température et de l'humidité spécifique de l'air à la surface, et des précipitations.

En moyenne sur 10 jours, la température oscille entre 20 °C en hiver et 35 °C au printemps. Cette période chaude du printemps est particulièrement marquée et longue, avec des températures qui évoluent relativement peu au cours du mois de mai. Ce maximum se situe un peu après le premier maximum de l'ensoleillement au sommet de l'atmosphère (fig. 2), et coïncide avec les premières incursions du flux de mousson, tracées ici par les fluctuations de l'humidité spécifique, qui précèdent l'arrivée des pluies de plusieurs semaines. Le sol est alors sec et chaud. La température de l'air

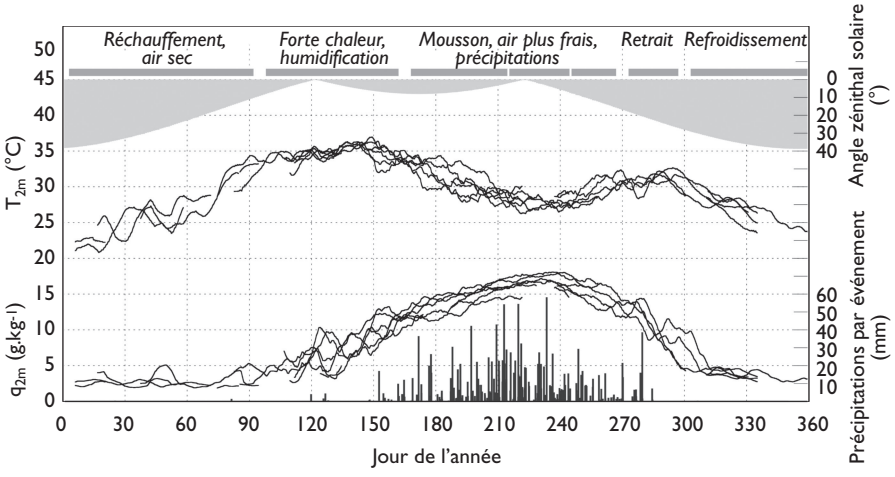


Figure 2.
Cycle annuel de la température (courbes du haut)
et de l'humidité spécifique (courbe du milieu) à 2 m au-dessus de la surface mesurée
par la station météorologique installée à Agoufou (données du service d'observations Amma-Catch).
Les observations de plusieurs années sont superposées
et présentées en moyenne glissante sur 10 jours.
Chacune des barres noires (en bas du graphe) correspond à la pluie cumulée
au cours d'un événement de pluie (de 2002 à 2007).
Leur ensemble permet de délimiter la période de la saison des pluies (de juin à septembre).
La succession des saisons est indiquée par les segments gris foncé en haut du graphe ;
les plages plus claires en dessous montrent les variations de l'angle zénithal solaire ;
ce dernier explique la majeure partie des fluctuations de l'insolation
au sommet de l'atmosphère à cette latitude (15,3° N).

diminue ensuite progressivement tout au long de la saison des pluies, de juin à août, pour atteindre un minimum en août, autour du second maximum de l'ensoleillement au sommet de l'atmosphère. Cette chute de la température pendant la mousson fait notamment intervenir un fort refroidissement de la surface causé par les précipitations et leur évaporation. La température remonte à nouveau lors du retrait du flux de mousson après l'arrêt des pluies pour atteindre son second maximum annuel, moins marqué, typiquement en octobre plusieurs semaines après le second maximum de l'ensoleillement au sommet de l'atmosphère. Elle commence à redescendre en novembre seulement, suivant en cela la baisse de l'ensoleillement.

Ce cycle annuel de la température au Sahel est bien plus complexe que celui observé dans les latitudes tempérées qui est monomodal. Il ne peut s'expliquer que si l'on considère ensemble la position géographique du Sahel, les circulations atmosphériques de grande échelle, mousson et Harmattan, et toute la série de processus physiques et biologiques distincts qui se succèdent au cours de l'année. Il s'agit des précipitations, mais aussi du transfert radiatif et de sa forte sensibilité à l'humidité de l'atmosphère, de la croissance de la végétation… Chacun de ces phénomènes imprime tour à tour sa marque sur le bilan énergétique de la surface, bilan qui exerce une influence majeure et directe sur la température de l'air à la surface (pour plus de détails, voir GUICHARD *et al*., 2009).

Cycle annuel du réchauffement observé sur les soixante dernières années

Les informations précédentes indiquent donc que le réchauffement climatique est maximum au printemps (fig. 1 et 2), soit le moment de l'année pendant lequel les températures sont déjà excessivement élevées. Ce résultat est discuté ci-dessous en s'appuyant sur la figure 3 qui montre comment les évolutions de la température au cours des soixante dernières années se superposent sur le cycle annuel moyen. On utilise ici encore les données de la station SYNOP d'Hombori, mais les conclusions restent les mêmes lorsqu'on analyse les autres stations SYNOP existantes au Sahel, dès lors qu'elles sont suffisamment éloignées de l'océan Atlantique. À Dakar, par exemple, ville située sur le littoral, le cycle annuel de la température se différencie de celui discuté ici, car il ne présente pas un maximum au printemps.

La figure 3 montre les séries temporelles de température moyenne mensuelle pour tous les mois de l'année. On peut voir que non seulement la tendance, mais aussi la dispersion de ces séries sur les soixante dernières années varient pour les différents mois. Pendant la saison sèche et froide, de novembre à mars, on n'observe pas de tendances nettes sur 60 ans. En revanche, durant les mois de janvier et février en particulier, les fluctuations interannuelles courtes sont prédominantes, avec des températures mensuelles qui varient de plus de 5 °C d'une année à l'autre. Au

printemps (avril, mai), ces fluctuations interannuelles courtes diminuent et une tendance climatique plus marquée, linéaire apparaît (les courbes superposées aux séries de point correspondent à un ajustement à l'ordre 2). Le réchauffement multi-décennal reste important pendant les quatre mois de mousson qui suivent. Cependant, il est de moins en moins linéaire et l'ajustement devient concave. On distingue notamment aux mois d'août et septembre la signature des sècheresses des décennies de 1970 et 1980 qui sont associées à une augmentation de la température. L'inverse prévaut pour les années 1950, qui correspondent à la décennie la plus pluvieuse, et la plus fraîche pendant la mousson. Précipitations et températures sont fortement corrélées pendant cette période de l'année, et leurs cofluctuations multi-décennales expliquent une grande part des variations de température observées depuis 60 ans au mois d'août et septembre, un résultat en accord avec l'analyse à plus grande échelle de Douville (2006). Finalement, la tendance devient à nouveau plus linéaire au moment du retrait de la mousson, après la fin des pluies, en octobre.

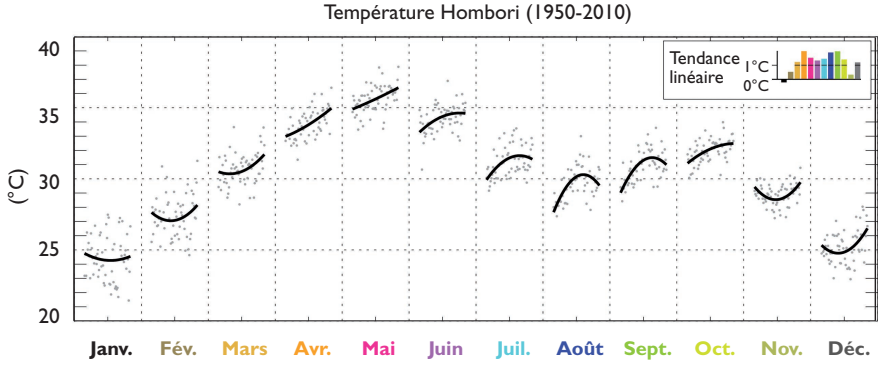


Figure 3.
Réchauffement observé au cours des soixante dernières années (1950 à 2010) à Hombori (données SYNOP) en fonction du mois de l'année.
Pour chacun des mois, la série de points gris correspond à la série temporelle des valeurs moyennes mensuelles.
Un ajustement quadratique est surajouté (lignes noires).
La tendance linéaire par mois est indiquée en haut à droite du graphe avec des barres colorées.

Le réchauffement observé ne concerne que très peu les mois d'hiver, plus frais, mais affecte le printemps, l'été et l'automne. L'augmentation est particulièrement forte au printemps, sans relation apparente avec les fluctuations des précipitations, puisqu'il ne pleut pas à cette période de l'année au Sahel. On observe donc une augmentation de l'amplitude du cycle annuel de la température, les périodes fraîches varient peu, tandis que les périodes chaudes se réchauffent.

Les données CRU, un jeu de données interpolées sur une grille régulière, communément utilisé pour les études climatiques, n'intègrent qu'une partie des données de la

station d'Hombori utilisées ici. Cependant, lorsqu'on considère le point du CRU le plus proche de cette station, les résultats obtenus sont semblables, même si la tendance est alors un peu plus forte, de quelques dixièmes de degrés, avec un réchauffement sur 60 ans qui dépasse 2 °C pendant un tiers de l'année. Plus généralement, on observe que les différents jeux de données que nous avons comparés sur le Sahel fournissent des résultats concordants. La figure 4 montre le même graphique construit avec les données CRU pour une zone plus large du Sahel. Là encore, les conclusions sont assez similaires. Cependant, la tendance est maintenant dominée par le réchauffement au printemps et le second pic de réchauffement observé à l'automne n'apparaît plus.

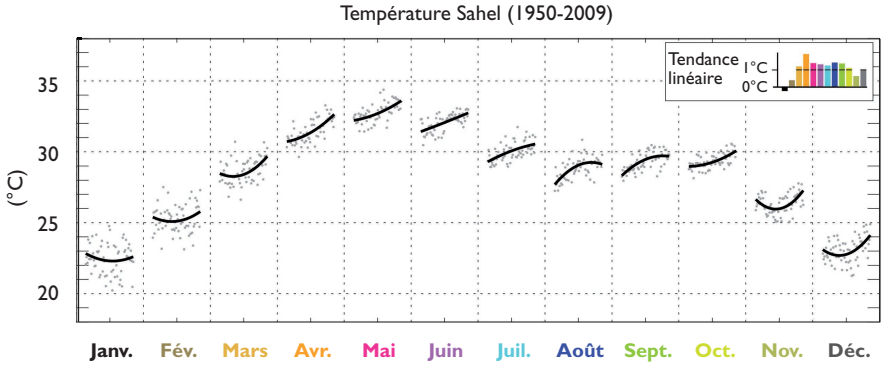


Figure 4.
Réchauffement observé en fonction du mois de l'année avec les données CRU, en moyenne sur (10° W-10° E, 10° N-20° N) de 1950 à 2009 (on utilise ici une représentation graphique semblable à celle de la fig. 3).

Comment ont évolué les températures journalières minimales et maximales ?

À grande échelle, de nombreux travaux ont montré que le réchauffement climatique est généralement plus fort la nuit que le jour (Karl *et al.*, 1991, 1993 ; Easterling *et al.*, 1997). On utilise généralement les températures journalières maximales (*Tmax*) et minimales (*Tmin*) pour étudier ce cycle diurne, ainsi que leur différence, *Tmax-Tmin*, notée DTR (pour *Diurnal Temperature Range*). Le DTR est une variable importante, qui soulève de nombreuses questions quant aux mécanismes responsables de ces différences jour-nuit. Elle importe aussi au regard de ses répercussions sociétales : des températures minimales excessivement élevées ont notamment des conséquences sur la santé, car elles empêchent le corps de se reposer et de récupérer ; elles sont aussi potentiellement néfastes pour l'agriculture *via* la respiration de maintenance qui augmente lors des nuits plus chaudes (Peng *et al.*, 2004).

La figure 5 montre, suivant le même principe que la figure 3, l'évolution de ces températures journalières maximales (*Tmax*) et minimales (*Tmin*), ainsi que celle du DTR, de 1950 à 2010. La tendance de *Tmax* est nettement moins forte que celle de la température moyenne journalière discutée ci-dessus. De plus, cette augmentation de *Tmax* concerne surtout les deux derniers mois de mousson (août et septembre), beaucoup moins le printemps. Pendant la mousson, on retrouve cette forme concave de

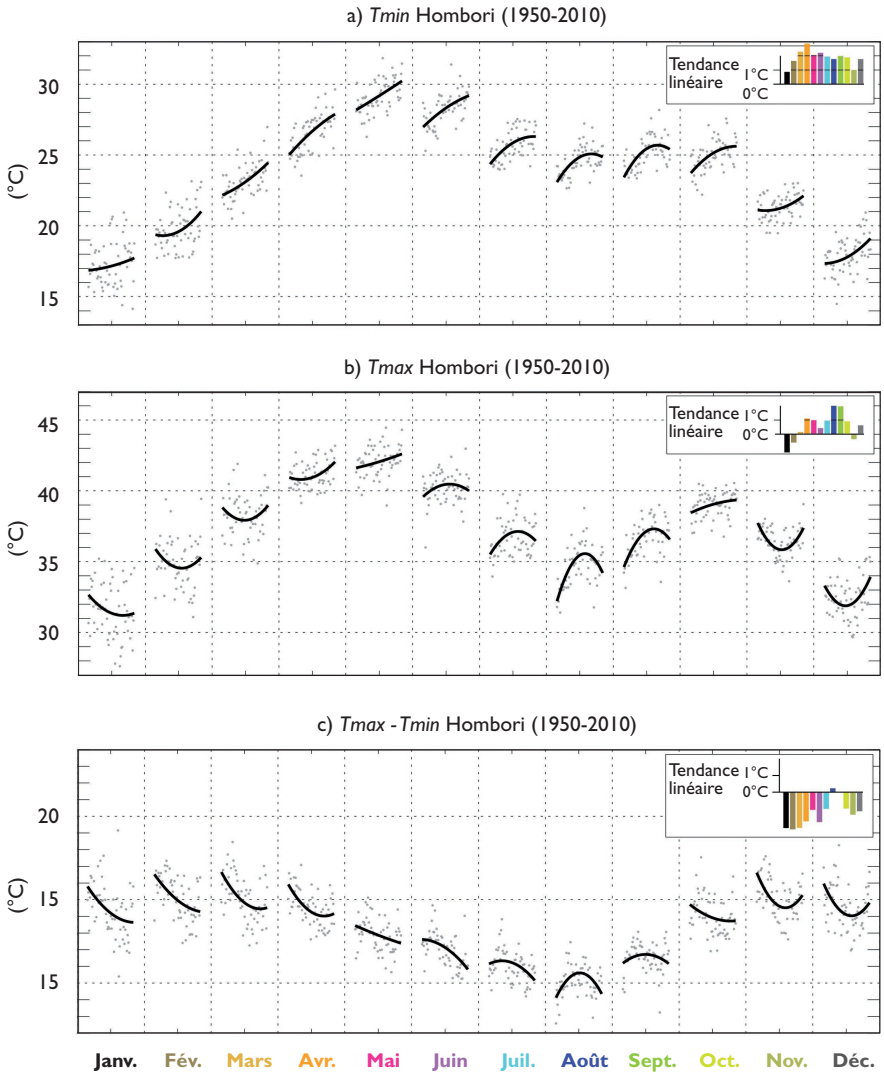


Figure 5.
Fluctuations multidécennales observées en fonction du mois de l'année de la température journalière minimale Tmin *(a), la température journalière maximale* Tmax *(b) et* Tmax-Tmin*, à savoir le "diurnal temperature range" DTR (c) à Hombori (données SYNOP) (on utilise ici une représentation graphique semblable à celle de la fig. 3).*

l'ajustement, encore plus prononcée, qui souligne l'importance des couplages entre température et pluie pendant la mousson. La tendance est plus linéaire au printemps, mais presque deux fois plus faible. La tendance forte au printemps résulte principalement d'une augmentation des températures minimales, *Tmin*, qui dépasse 2 °C d'avril à juin. La tendance de *Tmin* est positive pour chacun des mois de l'année ; elle est maximale au printemps, et généralement plus bruitée, moins significative, pendant les mois d'hiver. La signature des fluctuations multi-décennales des précipitations est aussi nettement moins marquée sur *Tmin* que sur *Tmax*.

Cette structure différente des cycles annuels du réchauffement diurne et nocturne conduit à une tendance de DTR qui diminue pendant la mousson. Elle reste cependant forte, en hiver comme au printemps. Les évolutions multi-décennales du DTR sont significatives et plusieurs interprétations de cette signature du réchauffement climatique ont été proposées. Dai *et al*. (1999) ont analysé les corrélations entre l'évolution du DTR et les changements d'humidité du sol, la vapeur d'eau et les nuages. Au Sahel, il est possible que les changements d'humidité du sol participent à l'évolution du DTR. On observe notamment une augmentation du DTR pendant les décennies plus sèches 1970 et 1980, qui serait cohérente avec une diminution de l'humidité du sol accompagnant des pluies plus rares, et peut-être aussi avec une diminution de la couverture nuageuse, qui renforcerait l'augmentation des *Tmax*. Cependant, c'est justement à ce moment de l'année que la tendance du DTR est la plus faible, ce qui suggère que cet effet n'est pas dominant (fig. 5). Au printemps, il semble très peu probable que l'humidité du sol, contrairement à la vapeur d'eau et aux nuages, joue un quelconque rôle, dans la mesure où le sol superficiel est alors généralement sec. Finalement, au Sahel, il est possible que les aérosols désertiques, dont le contenu semble avoir évolué au cours des dernières décennies (Prospero et Lamb, 2003) participent au même titre que la vapeur d'eau et les nuages à cette tendance du DTR, en particulier pendant la saison sèche, lorsque l'effet de serre de l'eau atmosphérique (sous forme de vapeur d'eau et de nuages) est minimal. Cependant, la connaissance des évolutions multi-décennales de la vapeur d'eau, des nuages et des aérosols est encore trop partielle au Sahel pour déterminer précisément les mécanismes responsables de la diminution du DTR observée sur les soixante dernières années.

L'importance des différences entre températures diurnes et nocturnes

Des cycles annuels de Tmin et Tmax distincts

Nous avons vu que les évolutions climatiques observées de la température s'expriment très différemment suivant les saisons, et suivant la période de la journée (jour/nuit). Elles s'inscrivent aussi dans un cycle annuel complexe, dont l'analyse, présentée ici, permet de mieux comprendre pourquoi la signature observée au printemps est particulièrement marquée.

La comparaison des figures 5a et 5b montre que les cycles annuels de *Tmax* et *Tmin* sont distincts au Sahel. Ces différences entre *Tmin* et *Tmax* sont encore plus évidentes lorsqu'on analyse des données à plus haute fréquence temporelle (par exemple, les données SYNOP journalières), comme illustré avec la figure 6. En particulier, l'augmentation de *Tmin* de l'hiver au printemps est plus marquée que celle de *Tmax*, et le minimum de *Tmin* pendant la mousson est moins prononcé que celui de *Tmax*. Finalement, le maximum annuel de *Tmin* ne coïncide pas avec celui de *Tmax*, il est observé un peu plus tard, typiquement quelques semaines après. Inversement, le second

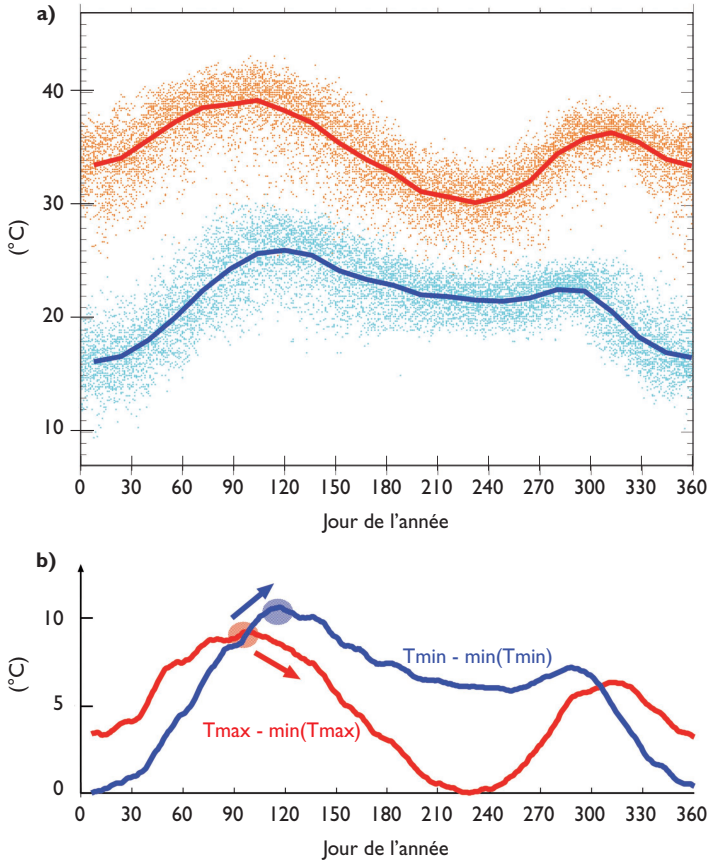


Figure 6.
Cycles annuels de Tmin *et* Tmax, *l'exemple de Ouagadougou (utilisation de 30 ans de données SYNOP).*
(a) Cycle annuel de Tmin *(bleu) et* Tmax *(orange).*
Les points correspondent aux données journalières, les courbes à des moyennes glissantes sur 15 jours, intégrant les données de toute la période.
(b) Cycle annuel de Tmin *et* Tmax *après soustraction du minimum annuel afin de montrer plus précisément les différences d'amplitude des cycles de* Tmin *et* Tmax.
Le disque rouge (bleu) indique le maximum annuel de Tmax (Tmin).

maximum de *Tmin*, au moment du retrait de la mousson, vers septembre-octobre, est observé plus tôt que celui de *Tmax*, en octobre-novembre. La figure 5c montre aussi que le DTR atteint son maximum en hiver et diminue pendant la mousson. L'ensoleillement au sommet de l'atmosphère est moindre en hiver, ce qui tend à limiter *Tmax*, cependant, son opacité (qui augmente avec le contenu en vapeur d'eau et en aérosols) est aussi généralement plus faible, car l'air est alors sec, et donc plus propice à la chute des températures nocturnes.

Zoom sur le printemps

La conséquence directe de ces différences des cycles annuels de *Tmin* et *Tmax* est qu'il existe une période au printemps au cours de laquelle *Tmax* commence à diminuer alors que *Tmin* augmente encore (fig. 6b). Cette période dure typiquement quelques semaines. L'augmentation des températures minimales est la plupart du temps causée par les premières incursions du flux de mousson. Plus généralement, les arrivées de masses d'air plus humides sont la plupart du temps associées à une forte augmentation de la température nocturne en dehors de la saison de pleine mousson (Guichard *et al.*, 2009).

La figure 7 montre un exemple de ces événements récurrents au printemps. Les températures nocturnes (*Tmin*) augmentent brusquement de 5 à 10 °C et on observe une augmentation simultanée du flux infrarouge descendant cohérent avec le passage d'un air sec à humide. Ces événements s'accompagnent souvent d'une diminution des températures diurnes (*Tmax*), car l'humidité, les nuages et les soulèvements de poussières qui les accompagnent limitent le rayonnement solaire à la surface.

Ainsi, les effets opposés des processus diurnes et nocturnes ont tendance à réduire considérablement l'influence des circulations atmosphériques sur la température moyenne journalière au printemps, même si elles s'accompagnent de variations importantes des températures diurnes et nocturnes, puisqu'elles ont tendance à se

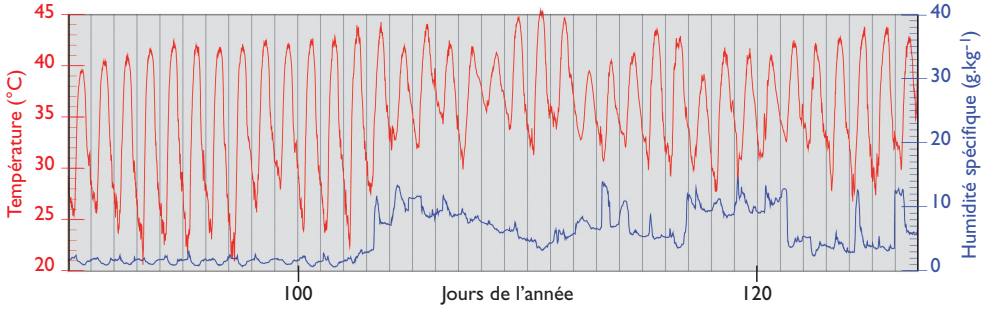


Figure 7.
Série temporelle à haute résolution (15 minutes) de la température (courbe rouge) et de l'humidité spécifique (courbe bleue) de l'air à la surface pendant le printemps 2010. Les jours sont séparés par des traits verticaux. Données de la station météorologique d'Agoufou.

compenser. Le maximum de température observé au printemps est ainsi relativement « plat », avec des températures moyennes journalières qui restent élevées pendant plusieurs semaines (fig. 2).

Gradient méridional

Les conclusions précédentes sont corroborées par une analyse systématique des données SYNOP issues de plusieurs dizaines de stations météorologiques (fig. 8).

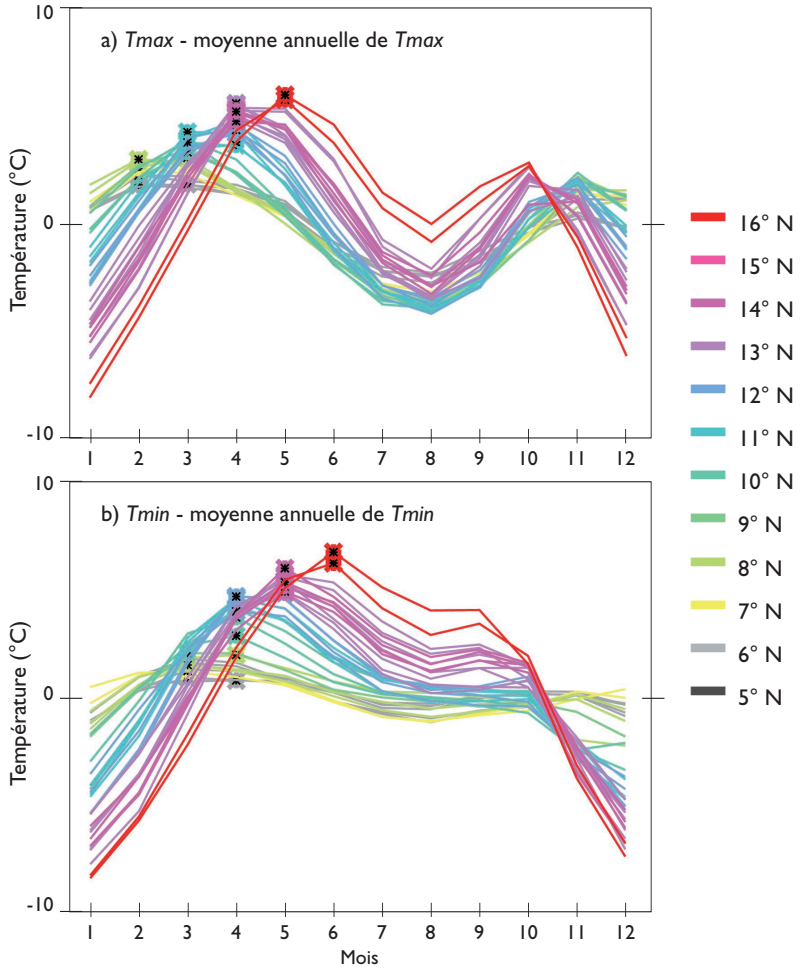


Figure 8.
Fluctuations annuelles de la température en fonction de la latitude (code couleur) à 12 h (a) et 6 h (b).
Les symboles indiquent les maxima annuels.
Les données SYNOP d'une vingtaine de stations sont utilisées ici sur la période 1980-2010.
Ces stations s'étagent de 5° N à 16° N et sont situées à l'est de 10° W,
excluant ainsi toutes les stations proches de l'Atlantique et dont le cycle annuel est distinct.
Les données sont présentées en anomalie par rapport à leur moyenne annuelle.

On montre ici le cycle annuel des températures relevées à 6 h et à 12 h. La première est un bon proxy de *Tmin*, tandis que la seconde est généralement légèrement inférieure à *Tmax*. Cette analyse permet aussi de renseigner les variations de la structure du cycle annuel avec la latitude. Les premiers maxima de température (*Tmin* et *Tmax*) sont atteints plus tard dans l'année au nord du Sahel, le refroidissement pendant la mousson est moins marqué. En revanche, le refroidissement hivernal y est plus marqué. Ces résultats montrent aussi qu'une analyse qui considère un « Sahel moyen » sans distinction des latitudes tend à gommer les extrema observés à plus petite échelle.

Conséquences sur les tendances au printemps

Finalement, cet équilibre particulier entre températures diurne et nocturne qui contraint les fluctuations des températures moyennes au printemps conduit à une sensibilité aux circulations atmosphériques d'échelle synoptique ou intra-saisonnière amoindrie. Il explique probablement en partie que la variabilité interannuelle courte (inférieure à 10 ans) soit relativement faible au printemps, en comparaison de l'hiver notamment (fig. 2). L'absence de précipitations pendant cette période conduit également à un signal plus linéaire au printemps que pendant la mousson, car la variabilité multi-décennale de la pluie affecte l'évolution climatique des températures en été. Par conséquent, les tendances à plus long terme apparaissent plus clairement, et conduisent au Sahel à une signature du réchauffement multi-décennal au printemps particulièrement nette.

Que peut-on attendre des ré-analyses météorologiques ?

Ces ré-analyses fournissent des jeux de données particulièrement utiles pour les études climatiques. Cependant, comme évoqué dans l'introduction, ce ne sont pas des observations. La comparaison des trois ré-analyses météorologiques récentes et beaucoup utilisées, ERA-Interim (Dee *et al.*, 2011), MERRA (Rienecker *et al.*, 2011) et NCEP-CFSR (Saha *et al.*, 2010) avec le jeu de données du CRU indiquent en effet des différences notables au Sahel (fig. 9). De plus, les ré-analyses retenues ici ne couvrent que les trente dernières années, ce qui est court pour calculer et identifier des tendances climatiques. Néanmoins, la comparaison reste instructive.

Les données du CRU indiquent en moyenne sur le cycle annuel un réchauffement sur les trente dernières années, mais moins important sur cette période deux fois plus courte. Elles indiquent également un léger refroidissement pendant les deux derniers mois de mousson (août et septembre). Ce refroidissement est probablement lié en partie à la transition des années 1980, caractérisées par des sécheresses récurrentes,

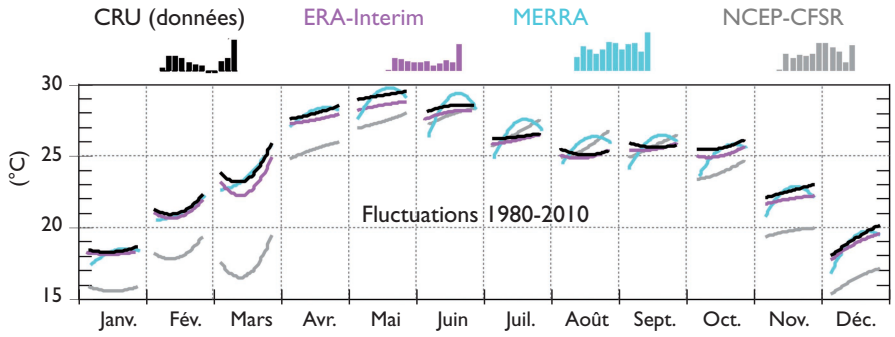


Figure 9.
Comparaison des évolutions de température entre 1980 et 2010 en moyenne sur (10° W-10° E, 10° N-20° N) fournies par le CRU (noir) et les ré-analyses ERA-Interim (violet), MERRA (cyan) et NCEP-CFSR (gris). On ne montre ici que l'ajustement quadratique pour des raisons de clarté. Les tendances obtenues via un ajustement linéaire sont indiquées en haut du graphe, pour comparaison. Elles ne peuvent pas être interprétées comme des tendances climatiques compte tenu de la courte durée de la période utilisée ici (30 ans).

aux années plus récentes, plus pluvieuses (fig. 9, encart du haut). On observe également un fort réchauffement au mois de décembre.

ERA-Interim est généralement en bon accord avec le CRU, en termes de cycle annuel moyen comme de tendances. Il est légèrement plus froid en moyenne (différence des courbes noires et violettes) et fournit une tendance non pas négative, mais positive pendant la mousson. La combinaison des ré-analyses ERA40 et ERA-Interim, qui permet de couvrir une période plus longue, est également en bon accord avec les données du CRU (Guichard *et al.*, 2012).

En revanche, MERRA et NCEP-CFSR s'écartent beaucoup plus du CRU qu'ERA-Interim. Elles surestiment toutes les deux le réchauffement, à toutes les saisons. De plus, les fluctuations de température sur les 30 ans fournies par MERRA ne correspondent pas aux observations, ce qui se traduit ici par une structure concave de l'ajustement quadratique irréaliste d'avril à janvier (courbes vertes). Dans NCEP-CFSR, cette évolution est dominée de mars à octobre par une tendance au réchauffement surestimée. Enfin, cette ré-analyse présente un biais froid de quelques degrés sur la majorité des mois, en particulier l'hiver. Ce résultat qui peut surprendre est cependant en accord avec ceux de Bao et Zhang (2012).

En conclusion, cette comparaison indique que l'utilisation des ré-analyses météorologiques pour étudier les évolutions de température est délicate. ERA-Interim semble fournir la meilleure chronologie des trois décennies passées sur le Sahel, mais il reste important de croiser les informations fournies par ce type de produits avec les différents jeux de données disponibles afin d'arriver à des conclusions plus robustes.

Comment les modèles de climat simulent-ils le réchauffement observé ?

La question mérite d'être posée, d'autant plus que les modèles de climat sont utilisés pour élaborer les projections climatiques. Comme indiqué en introduction, la modélisation climatique en Afrique de l'Ouest reste un défi (Hourdin *et al*., 2010 ; Roehrig *et al*., 2013), en particulier parce que les processus physiques y jouent un rôle important et qu'il est encore difficile de les modéliser avec suffisamment de précision (voir aussi chapitre 3 par Gaye *et al.*).

Nous utilisons ici les résultats des modèles de climat ayant participé à l'exercice du GIEC CMIP5, et plus précisément les simulations dites « historical » qui permettent d'évaluer les modèles sur la période 1950-2010. La figure 10 illustre les tendances simulées avec une comparaison aux données d'Hombori. Cinq des huit modèles utilisés ici indiquent un réchauffement moyen relativement proche des observations, au-delà de différences dans la structure annuelle générale. Les tendances de DTR varient, quant à elles, beaucoup plus d'un modèle à l'autre, ce qui traduit des tendances de *Tmin* et *Tmax* bien différentes. La comparaison d'autres variables telles que l'humidité indique également des différences notables entre modèles, ce qui suggère que les mécanismes à l'œuvre dans les réchauffements simulés ne sont pas forcément identiques (par exemple, un réchauffement diurne renforcé par une diminution des nuages pendant la journée *versus* un réchauffement nocturne faisant intervenir une augmentation de la vapeur d'eau). Il est cependant difficile d'interpréter trop directement ces résultats dans la mesure où le cycle annuel de la température est souvent approximativement simulé par ces modèles, comme illustré sur la figure 11, en moyenne (10° W-10° E, 10° N-20° N). La plupart des modèles reproduisent effectivement un cycle annuel bimodal, mais qui s'écarte considérablement de l'observation avec des décalages temporels atteignant parfois plus de 2 mois. Les biais de la température moyenne mensuelle atteignent plus de 5 °C pour certains modèles, et ceux de *Tmin* et *Tmax* sont généralement encore plus importants. L'intérêt de distinguer températures diurne et nocturne pour analyser le cycle annuel et les tendances observées suggère aussi qu'il est important de corriger ces biais. Des travaux récents montrent d'ailleurs que les différences des projections climatiques fournies par les modèles de climat sont reliées aux différences de leur simulation du climat moyen (Christensen et Boberg, 2012).

Conclusion

Les travaux présentés ici montrent que la température a beaucoup augmenté au Sahel depuis 1950. Le réchauffement observé est particulièrement marqué et régulier au printemps, alors que les températures sont déjà très élevées durant cette période de

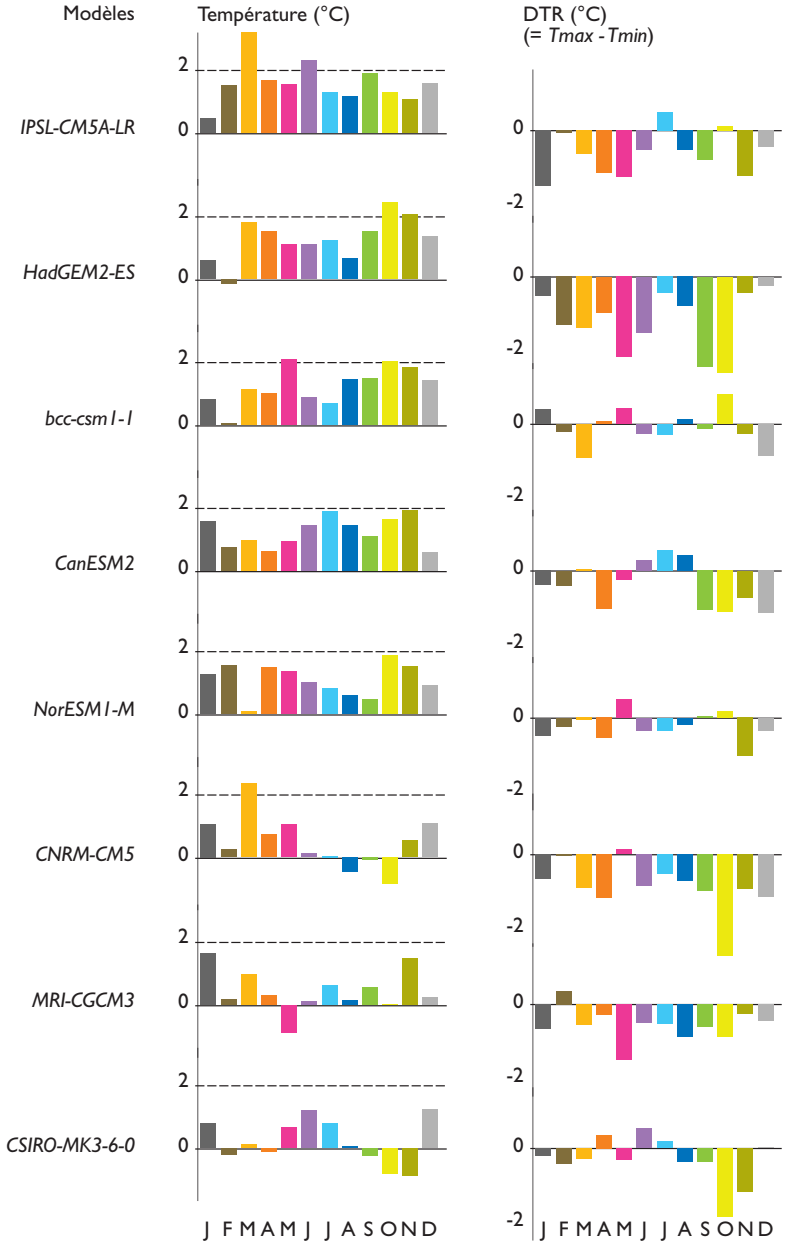


Figure 10.
Réchauffement (à gauche) et tendance de DTR (Tmax-Tmin) *(à droite)*
obtenus avec 8 modèles de climat sur la période 1950-2010.
Ces tendances linéaires sont calculées séparément pour chacun des mois de l'année.
On utilise ici les simulations de l'exercice CMIP5 du GIEC dites "historical"
et le point du modèle le plus proche d'Hombori (1° W, 15° N).
Le nom de chaque modèle est indiqué à gauche de la figure.
Les modèles sont ordonnés par réchauffement décroissant.

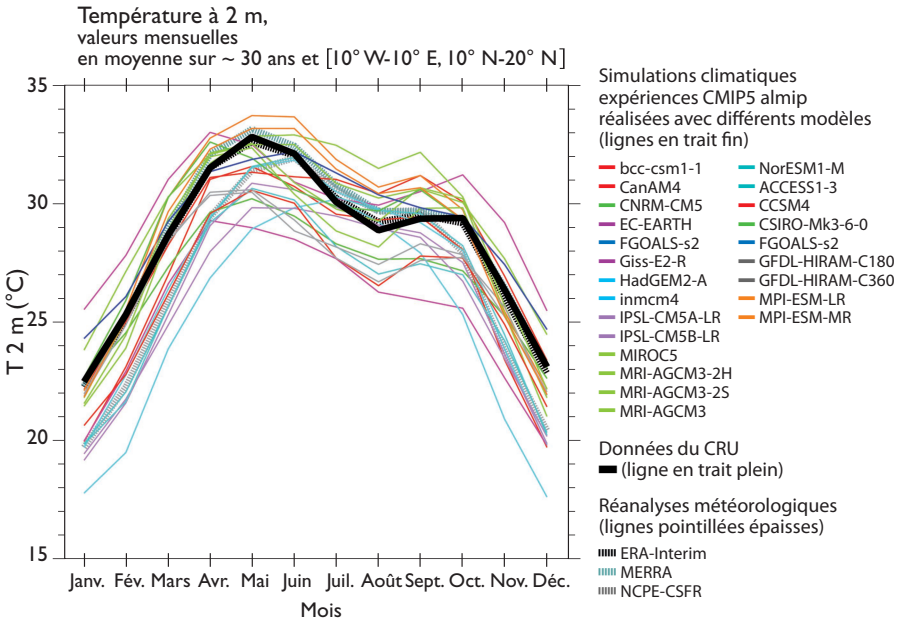


Figure 11.
Cycle annuel de la température simulée par plusieurs modèles de climat, présenté à partir de moyennes mensuelles sur 30 ans et moyennées sur (10° W-10° E, 10° N-20° N). Les couleurs correspondent à différents modèles. Les cycles annuels du CRU, d'ERA-Interim, MERRA et NCEP-CFSR sont également indiqués en traits épais (voir légende).

l'année. Il est aussi nettement plus fort la nuit que le jour (supérieur à 2 °C). Une telle régularité du réchauffement n'est pas observée en hiver, car l'évolution multi-décennale de la température est alors dominée par une forte variabilité interannuelle courte. Elle n'est pas observée non plus pendant la mousson, une période de l'année qui a été surtout affectée par un fort réchauffement lors des sécheresses des décennies 1970 et 1980 (réchauffement qui se manifeste principalement sur les températures diurnes). L'amplitude et la structure annuelle du réchauffement observé au Sahel sont aussi plus marquées que plus au sud, dans les zones soudaniennes et guinéennes.

Le cycle annuel de la température est la résultante de cycles annuels distincts des températures diurne et nocturne, qui sont régis par des mécanismes différents. Le réchauffement multi-décennal se caractérise lui aussi par des différences entre réchauffements diurne et nocturne. Cependant, les mécanismes responsables de ce réchauffement, et de sa signature diurne/nocturne, ne sont pas encore clairs. Au printemps, on s'attend à des mécanismes radicalement différents de ceux opérant pendant la mousson, en particulier du fait de l'absence de précipitations. Font-ils intervenir des changements du flux de mousson déjà présent au printemps, *via*

l'impact radiatif de la vapeur d'eau particulièrement fort à cette période de l'année ? Ou encore *via* celui des nuages et des aérosols ? De nouvelles études sont indispensables pour répondre à toutes les questions soulevées. Des travaux à plus fine échelle temporelle sont nécessaires pour déterminer si cette augmentation des températures mensuelles résulte d'un réchauffement réparti de manière homogène, ou bien s'il s'accompagne d'une augmentation des journées et/ou nuits plus chaudes. Des travaux récents indiquent une augmentation de la fréquence des vagues de chaleur au Sahel (Fontaine *et al*., 2013), faisant intervenir des circulations grande échelle entre tropiques et extra-tropiques. Des vagues de chaleurs sévères, telles que celle survenue au Sahel en 2010, vont-elles devenir plus fréquentes dans un climat plus chaud ? L'impact de l'augmentation des températures sur l'agriculture soulève aussi de nouvelles questions et inquiétudes (Sheehy *et al*., 2005, voir aussi Chapitre 9 par Sultan *et al*.).

Les ré-analyses météorologiques existantes ne semblent pas toutes capables de reproduire fidèlement les évolutions observées au cours des dernières décennies au Sahel. Les résultats fournis par les modèles de climat actuels sont entachés d'erreurs qui rendent leur utilisation délicate. Ils suggèrent cependant une forte augmentation des températures dans les régions semi-arides des tropiques (IPCC). Or, les répercussions sociétales potentielles du réchauffement climatique au Sahel sont nombreuses, notamment au printemps, en fin de saison sèche. Elles sont susceptibles de toucher tout autant la santé que l'agriculture pour ne citer qu'elles. Pour avancer sur ces questions, il est donc important de renouveler nos connaissances et notre compréhension des mécanismes pilotant les températures observées et leurs fluctuations à de multiples échelles, depuis le jour et la nuit, lors des épisodes de vagues de chaleur ou plus généralement au printemps, jusqu'à leurs évolutions sur quelques décennies, voire plus longtemps. Des travaux dédiés sur les données, les modèles de processus et les nouveaux développements des modèles de climat seront probablement des éléments clefs pour répondre aux nombreuses questions soulevées par le réchauffement observé au Sahel depuis 1950.

Références

Bao X., Zhang F., 2012
Evaluation of NCEP/CFSR, NCEP/NCAR, ERA-Interim and ERA-40 reanalysis datasets against independent sounding observations over the Tibetan Plateau.
J. Climate, 26 : 206-214.

Christensen J. H., Boberg F., 2012
Temperature-dependent climate projection deficiencies in CMIP5 models.
Geophysical Research Letters, 39 (24) : L24 705.

Collins J. M., 2011
Temperature Variability over Africa.
J. Climate, 24 : 3649-3666.

Dai A., Trenberth K.E., Karl T. R., 1999
Effects of clouds, soil moisture, precipitation, and water vapor on diurnal temperature range.
J. Climate, 12 : 2451-2473.

Dee D. P. *et al*., 2011
The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system.
Q. J.R. Meteorol. Soc., 137 : 553-597.

Douville H., 2006
Detection-attribution of global warming at the regional scale:
How to deal with precipitation variability?
Geophys. Res. Lett., 33 : L02701.

Easterling D. R. *et al*., 1997
Maximum and minimum temperature trends for the globe.
Science, 277 : 364-367.

Fontaine B., Janicot S., Monerie P.-A., 2013
Recent changes in air temperature, heat waves occurrences, and atmospheric circulation in Northern Africa.
J. Geophys. Res. Atmos., 118 : 8536-8552.

Guichard F., Kergoat L., Mougin E., Timouk F., Baup F., Hiernaux P., Lavenu F., 2009
Surface thermodynamics and radiative budget in the Sahelian Gourma: seasonal and diurnal cycles. *J. Hydrol*., 375 : 161-177.

Guichard F., Kergoat L., Mougin E., Hourdin F., 2012
The annual cycle of temperature in the Sahel and its climatic sensitivity.
AGU 2012. GC33A-1004.
(http://fallmeeting.agu.org/2012/eposters/eposter/gc33a-1004/)

Harris I., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H., 2013
Updated high-resolution grids of monthly climatic observations-the CRU TS3.10 Dataset.
Int. J. Climatol., 34 : 623-642.

IPCC, 2013
Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley eds).
Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 1 535 p., doi:10.1017/CBO9781107415324.

Hourdin F. *et al*., 2010
AMMA-Model Intercomparison Project.
Bull. Amer. Meteor. Soc., 91 : 95-104.

Karl T. R. *et al*., 1991
Global warming: evidence for asymmetric diurnal temperature change.
Geophys. Res. Lett., 18 : 2253-2256.

Karl T. R. *et al*., 1993
A New Perspective on Recent Global Warming: Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature.
Bull. Amer. Meteor. Soc., 74 : 1007-1023.

Mitchell T. D., Jones P. D., 2005
An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids.
International Journal of Climatology, 25 : 693-712.

Mougin E. *et al*., 2009
The AMMA-CATCH Gourma observatory site in Mali: Relating climatic variations to changes in vegetation, surface hydrology, fluxes and natural resources.
J. Hydrol., 375 : 14-33.

Peng S. B., Huang J. L., Sheehy J. E., Laza R. C., Visperas R. M., Zhong X. H., Centeno G. S., Khush G. S., Cassman K. G., 2004
Rice yields decline with higher night temperature from global warming.
Proc. Natl. Academy of Science, 101 : 9971-9975.

Prospero J. M., Lamb P. J., 2003
African Droughts and Dust Transport to the Caribbean:
Climate Change Implications.
Science, 302 : 1024-1027.

Rienecker M. M. *et al*., 2011
MERRA-NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications.
J. Climate, 24 : 3624-3648.

Roehrig R., Bouniol D., Guichard F., Hourdin F., Redelsperger J.-L., 2013
The present and future of the West African monsoon: a process-oriented assessment of CMIP5 simulations along the AMMA transect.
J. Climate, 26 : 6471-6505.

Saha S. *et al*., 2010
The NCEP Climate Forecast System Reanalysis.
Bull. Amer. Meteor. Soc., 91 : 1015-1057.

Sandu I., Beljaars A., Bechtold P., Mauritsen T., Balsamo G., 2003
Why is it so difficult to represent stably stratified conditions in numerical weather prediction (NWP) models?
J. Adv. Model. Earth Syst., 5 : 117-133.

Sheehy J. E., Elmido A., Centeno G., Pablico P., 2005
Searching for new plants for climate change.
International Rice Commission Newsletter (FAO) 0538-9550, v. 54 : 40-46.

Uppala S. M. *et al*., 2005
The ERA-40 re-analysis.
Q. J. R. Meteorol. Soc., 131 : 2961-3012.

Chapitre 2

Le retour d'une période humide au Sahel ?

Observations et perspectives

Théo Vischel, Thierry Lebel,
Gérémy Panthou, Guillaume Quantin,
Aurélien Rossi, Maxime Martinet

Introduction

La question de l'évolution des précipitations est de première importance au Sahel, région où les pluies sont au cœur des préoccupations sociétales. En déficit, elles affectent la disponibilité de la ressource en eau et les rendements d'une agriculture encore majoritairement pluviale. En excès, elles peuvent provoquer des événements hydrologiques extrêmes préjudiciables pour les populations de plus en plus exposées au risque inondation. Les précipitations sont par ailleurs la signature des processus atmosphériques et environnementaux qui régulent la mousson d'Afrique de l'Ouest, elle-même composante du système climatique global. L'évolution des précipitations se situe donc à l'articulation entre la variabilité du climat et son impact sur les populations. La caractériser est essentiel pour appréhender les risques liés à l'eau et anticiper leur devenir dans un climat global changeant.

Suite à la forte implication de la communauté scientifique internationale notamment à la fin des années 1970, des avancées majeures ont été réalisées sur la compréhension des mécanismes de la mousson ouest-africaine, notamment grâce à une étude approfondie du régime des pluies au Sahel. À la simple description qui a longtemps prévalu dans les atlas climatologiques de la saison des pluies, échelonnée de juin à septembre, et du cumul annuel réparti selon un gradient latitudinal allant de 200 mm au nord à 700 mm au sud (ces isohyètes étant souvent proposées comme délimitation climatologique du Sahel), s'ajoutent des connaissances approfondies sur l'évolution à long terme du régime des pluies, des échelles interannuelle à intra-saisonnière, montrant notamment des disparités au sein du Sahel.

L'évolution des cumuls annuels de pluie a été étudiée par de nombreux scientifiques alertés par les pics de sécheresse des années 1972-1973 et les famines dramatiques qui les ont accompagnés. Les premiers travaux sur l'évolution des pluies au Sahel ont cherché sans succès les signes d'une cyclicité dans la variabilité interannuelle (Bunting *et al*., 1976). Les questions se sont ensuite recentrées sur la mise en place de la sécheresse à la fin des années 1960, puis sur les signes et les causes de sa persistance (Lamb, 1982 ; Hulme, 1992 ; Fontaine et Janicot, 1996 ; Nicholson, 2001 ; Grist et Nicholson, 2001). L'actualisation des données de pluie à la décennie 1990 a confirmé un contraste fort entre une période relativement humide jusqu'à la fin des années 1960, immédiatement suivie d'une baisse abrupte et persistante de la pluviométrie (Le Barbé et Lebel, 1997). Ces études ont mis en évidence le caractère régional de la sécheresse à l'échelle du Sahel illustrée par un glissement vers le sud des isohyètes annuelles (baisse échelonnée de 20 % au sud du Sahel à 50 % au nord) (Lebel *et al.*,. 2003). Beaucoup de travaux ont montré la significativité statistique de cette baisse brutale de la pluviométrie sur différentes régions du Sahel (Hubert et Carbonnel, 1987 ; Demarée, 1990 ; Tarhule et Woo, 1998). La mise en perspective de cette évolution dans un contexte global (Rasmusson et Arkin, 1993) permet désormais de considérer la grande sécheresse sahélienne comme le changement climatique le plus étendu et le plus intense jamais mesuré au monde (Hulme, 2001).

À la fin des années 1990, la question d'un retour à des conditions plus humides a émergé et suscité la controverse (Nicholson, 2013). La mise en évidence d'un reverdissement généralisé de la couverture végétale sur la région sahélienne (cf. chap. 6, ce volume) semble également soutenir l'hypothèse d'un rétablissement des précipitations. Dès lors, un obstacle majeur pour documenter de façon quantitative et fiable l'évolution des pluies sur les deux dernières décennies est la difficulté d'accès aux données après 1990 : d'une part, car les réseaux météorologiques nationaux se sont dégradés (Panthou *et al*., 2012) ; d'autre part, car les pays d'Afrique de l'Ouest montrent une certaine réticence à partager leurs données (Tarhule et Woo, 1998). Nicholson (2013) considère que ce problème de données est à l'origine du faible nombre d'études sur l'évolution des pluies sur la période récente et contribue aux zones d'ombre qui pèsent encore sur notre connaissance de la climatologie au Sahel.

Ce chapitre fait une synthèse de résultats récents sur l'évolution des précipitations au Sahel, notamment sur les vingt dernières années. Dans une première partie, on montrera que des signes de reprise des pluies existent, mais qu'ils sont très relatifs et qu'ils présentent des disparités régionales. On verra dans une deuxième partie que la notion de reprise est très dépendante de l'échelle à laquelle on l'étudie, notamment dès lors que l'on considère les systèmes convectifs de méso-échelle, échelle clé du lien climat-impact. Dans la troisième partie, on se focalisera sur l'évolution des pluies à l'échelle des impacts hydrologiques et agronomiques. On fournira des éléments sur l'évolution des caractéristiques des événements pluvieux, en particulier les plus extrêmes longtemps ignorés dans la littérature et qui apportent un regard neuf sur le tournant pris par la climatologie des pluies sur les deux dernières décennies. Un bilan sera dressé dans une dernière partie, permettant de fournir quelques pistes de recherche à renforcer.

La reprise de la pluviométrie au Sahel : disparités régionales à l'échelle annuelle

Revue sur la variabilité décennale récente

Le cumul annuel des précipitations est l'indicateur le plus utilisé pour décrire l'évolution à long terme des pluies. Dans la plupart des études, les anomalies annuelles de pluie sont estimées en calculant un indice de précipitation standardisé (SPI) (Ali et Lebel, 2009). Le SPI permet de distinguer les années supérieures et inférieures à la moyenne climatologique et de dégager à partir de la variabilité interannuelle et décennale les grands traits de l'évolution des pluies (fig. 1).

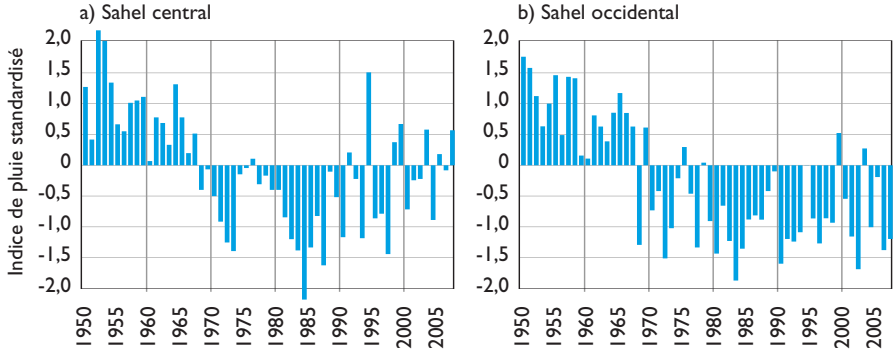


Figure 1.
Anomalies de précipitations (Indice standardisé de précipitations) calculées en référence à la période 1950-1989 sur le Sahel central (a) et sur le Sahel occidental (b). D'après Lebel et Ali (2009).

Au début des années 2000, la question de la persistance ou de la fin de la sécheresse a fait l'objet d'un débat. En analysant le SPI de la pluie annuelle à l'échelle du Sahel jusqu'en 2000, L'Hote *et al*. (2002) soutiennent que les conditions sèches sont encore prédominantes à la fin des années 1990. Ozer *et al*. (2003) réfutent ces conclusions affirmant au contraire que la sécheresse a pris fin au milieu des années 1990. En étendant la période d'étude jusqu'en 2003, Dai *et al*. (2004) et Nicholson (2005) constatent effectivement une tendance à l'augmentation de la pluie sur le Sahel, mais soulignent que la pluie moyenne sur la période récente reste largement inférieure au niveau de la période humide 1950-1970. À partir d'un réseau de pluviomètres regroupant un grand nombre des stations des services météorologiques nationaux des pays du Sahel sur la période 1950-2007, Ali et Lebel (2009) montrent que la sécheresse persiste après 1994, mais qu'il existe des différences dans l'évolution récente de la pluie au sein du Sahel. Sur la figure 1a extraite de Lebel et Ali (2009), on remarque ainsi que sur le Sahel central (défini sur la fenêtre 11° N-17° N ; 0° -5° E), s'il existe effectivement une atténuation des déficits de pluie

après 1990, celle-ci est teintée d'une forte variabilité interannuelle et que le niveau moyen des pluies reste bien inférieur à celui de la période humide 1950-1970. En revanche, sur le Sahel occidental (défini sur la fenêtre 11° N-17° N ; 15° W-10° W) (fig. 1b), la majorité des années reste déficitaire à un niveau moyen similaire à celui des deux décennies sèches précédentes.

Depuis, plusieurs études sont venues confirmer l'évolution constatée par Lebel et Ali (2009). Mahé et Paturel (2009) proposent également de distinguer l'évolution des pluies entre l'est du Sahel en reprise modérée, et l'ouest du Sahel qui reste sec. Au Burkina Faso, Ibrahim *et al*. (2012) et Lodoun *et al*. (2013) constatent une hausse progressive des pluies annuelles dès la fin des années 1980 sans que les conditions humides des décennies 1950 et 1960 ne soient retrouvées. Lodoun *et al*. (2013) font état d'une très forte variabilité interannuelle, signe d'une alternance rapprochée d'années sèches et humides qui se différencie des périodes précédentes. Ce comportement est également visible dans la région du Gourma malien (Frappart *et al*., 2009), et plus généralement sur la partie sahélienne du bassin du fleuve Niger (Tarhule *et al*., 2014).

Variabilité des caractéristiques de la saison

L'évolution décennale du cycle saisonnier des précipitations permet de mettre en évidence d'autres différences notables entre le Sahel central et occidental.

Sur le Sahel central, on différencie usuellement cinq phases dans le cycle saisonnier des précipitations (Lebel *et al*., 2003 ; Sultan *et al*., 2003) qui se dessinent distinctement sur la figure 2a pour la période 1950-1969 : (1) la mise en place de la mousson dans sa phase océanique produit une augmentation progressive de la pluie de début avril à fin mai ; (2) la pluie se stabilise au mois de juin ; (3) il y a une augmentation rapide des cumuls fin juin qui correspond au saut de mousson ; (4) la phase continentale de la mousson s'accompagne d'une augmentation régulière jusqu'à un maximum en août qui se produit après une légère stabilisation en juillet ; (5) la pluie diminue ensuite régulièrement jusqu'à fin octobre avec le retrait de la mousson. Au Sahel occidental (fig. 2b), le signal saisonnier n'est pas marqué par le saut de mousson et présente donc principalement trois phases avec une mise en place de la mousson suivie d'une augmentation régulière jusqu'à début septembre et d'une rapide diminution de la pluie.

L'analyse de l'évolution décennale du signal saisonnier (fig. 2) montre que ces phases restent visibles sur toutes les périodes sauf pour la période sèche (1970-1989) sur le Sahel central caractérisée par : (1) un lissage des pics en juin et juillet masquant ainsi l'influence du saut de mousson ; (2) un maximum des pluies bien inférieur à celui de la période humide (1950-1969) et positionné vingt jours plus tôt. Sur le Sahel occidental, la diminution de la pluie lors de la période sèche est en revanche répartie de façon beaucoup plus homogène tout au long de la saison.

La figure 2 permet de constater que le signal saisonnier sur la période récente (1990-2007) est plus proche de celui de la période sèche (1970-1989) que de celui de la période humide (1950-1969). En particulier sur le Sahel central, la forte baisse

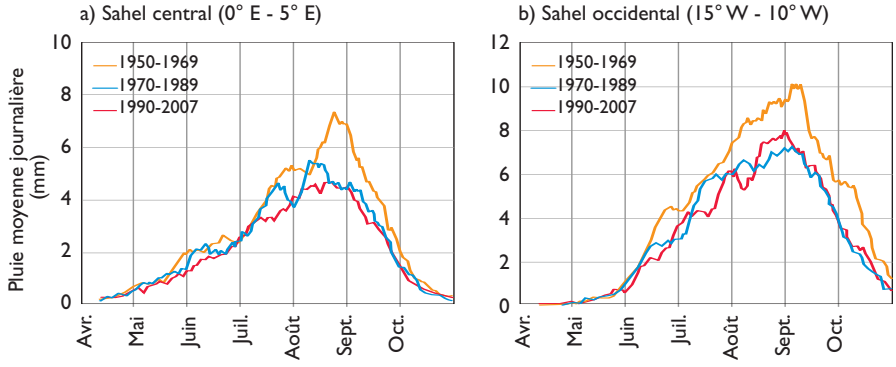


Figure 2.
Évolution décennale du signal saisonnier sur le Sahel central (a) et sur le Sahel occidental (b). D'après LEBEL *et* ALI *(2009).*

de la pluviométrie au mois d'août et le décalage du pic de la saison observé durant la période 1970-1989 perdurent dans les années les plus récentes. Ce comportement confirme les résultats de NICHOLSON (2005) et souligne à nouveau le caractère très relatif de la reprise.

Sur le Sahel central, on distingue trois pics sur la période la plus récente en juin, juillet et août qui atteignent le niveau du signal 1950-1969, sans pour autant se maintenir comme lors de la période humide. Un point intéressant est l'opposition de phase entre ces trois pics et ceux que l'on distingue sur la même période au Sahel occidental qui peut suggérer la mise en place d'un dipôle est-ouest durant la phase continentale de la mousson.

Enfin LEBEL et ALI (2009) notent que la durée de la saison des pluies (définie par les jours de pluies supérieures à 1 mm) est quasiment identique pour toutes les périodes. Ce constat est partagé par IBRAHIM *et al*. (2012) au Burkina Faso et confirme les résultats de BALME *et al*. (2005) au Niger qui montrent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre le cumul annuel et la durée de la saison des pluies.

La reprise de la pluviométrie au Sahel : une question d'échelle

Systèmes convectifs de méso-échelle : une échelle clé du lien climat-impact

Les pluies au Sahel sont produites par des systèmes orageux de grande extension spatiale se propageant d'est en ouest à quelques dizaines de kilomètres par heure, nommés systèmes convectifs de méso-échelle (SCM). Les SCM expliquent 80 % de

la pluie annuelle, les 20 % restant résultant d'orages plus localisés (MATHON *et al.*, 2002). Une saison des pluies au Sahel correspond au passage d'une quarantaine de ces systèmes, ce qui rend la pluie très intermittente et fortement variable dans le temps et l'espace. BALME *et al.* (2006 b) montrent ainsi que 50 % de la pluie annuelle tombent en moins de 4 heures.

La genèse et le cycle de vie des systèmes précipitants au Sahel résultent de l'interaction de processus atmosphériques dans un continuum d'échelles allant du synoptique à la méso-échelle (REDELSPERGER *et al.*, 2006). Par ailleurs, comme nous le verrons plus loin, l'occurrence, l'intensité et l'extension spatiale des SCM modulent sur le long terme la variabilité interannuelle des précipitations (LE BARBÉ *et al.*, 2002 ; LEBEL *et al.*, 2003 ; BELL et LAMB, 2006) et conditionnent directement la répartition de l'eau en surface, en particulier la partition ruissellement-infiltration qui contrôle le cycle de l'eau et le bilan hydrologique. La méso-échelle associée aux SCM est donc considérée comme une échelle clé pour décrire la variabilité hydro-climatique au Sahel, à l'interface entre l'échelle des structures régionales qui gouvernent la mousson et l'échelle plus locale des impacts hydrologiques ou agronomiques (PEUGEOT *et al.*, 2003 ; VISCHEL et LEBEL, 2007 ; VISCHEL *et al.*, 2009 ; MASSUEL *et al.*, 2011).

Impact de la pluie de méso-échelle sur la notion d'année sèche et humide

Un effort particulier a été mené au cours des quinze dernières années pour caractériser la variabilité de la pluie à méso-échelle. La plupart des études sur le sujet reposent sur les données de l'observatoire Amma-Catch (Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine-Couplage de l'atmosphère tropicale et du cycle hydrologique ; LEBEL *et al.*, 2009), seul observatoire en Afrique de l'Ouest fournissant des données pluviométrique à des pas de temps infra-journaliers densément réparties sur trois sites de méso-échelle (~ 10 000 km^2) au Mali, au Niger et au Bénin. Les réseaux de pluie Amma-Catch ont d'ores et déjà permis de documenter la variabilité de la distribution en occurrence et en intensité (BALME *et al.*, 2006 b), la structure spatiale (GUILLOT et LEBEL, 1999 ; ALI *et al.*, 2003) et la propagation (DEPRAETERE *et al.*, 2009 ; VISCHEL *et al.*, 2011) des événements pluvieux associés aux SCM.

On retiendra dans ce chapitre un résultat notoire concernant la contribution des SCM à la variabilité pluviométrique régionale, qui alimente assez directement la question de la reprise et des hétérogénéités spatiales associées. Dans une étude récente, BALME *et al.* (2006 a) remettent en cause la notion d'années sèches et humides en comparant des cartes d'isohyètes annuelles tracées : (1) à l'échelle régionale à partir des données des réseaux pluviométriques nationaux peu denses (1 à 2 pluviomètres pour 10 000 km^2) et (2) sur le réseau renforcé de l'observatoire Amma-Catch Niger (1 à 2 pluviomètres pour 500 km^2). La figure 3a montre pour l'année 1992 qu'à l'échelle du Sahel la structure spatiale du champ de pluie est dominée par le gradient latitudinal régional (~ 1 mm par km). En revanche à l'échelle de l'observatoire, les hétérogénéités locales dominent par rapport au

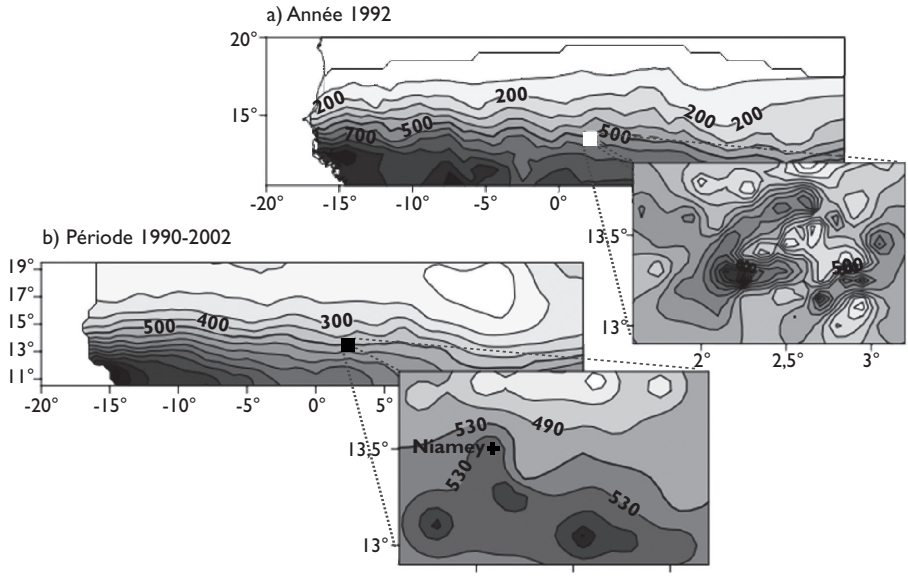


Figure 3.
Isohyètes sur le Sahel (isohyètes espacées de 100 mm)
(données du réseau du CILSS de l'Agrhymet)
et zoom à partir du réseau dense de l'observatoire Amma-Catch Niger.
(a) Cumul annuel pour l'année 1992 (extrait de Balme et al.*, 2006 a) ;*
(b) cumul annuel moyen sur la période 1990-2002 (extrait de Balme et al.*, 2006 b).*

gradient nord-sud, causées par le passage de quelques événements pluvieux dont la trace au sol détermine la répartition spatiale de la pluie, même à l'échelle annuelle. Balme *et al*. (2006 b) montrent que ce type d'organisation très contrastée se retrouve sur l'observatoire, quelle que soit l'année étudiée. Les forts gradients pluviométriques peuvent ainsi atteindre jusqu'à 275 mm pour des stations éloignées de 9 km (année 1998), ils se positionnent de façon aléatoire indépendamment de la configuration du réseau et sont présents aussi bien durant les années sèches que les années humides. Ces gradients sont tels qu'ils peuvent marquer l'organisation spatiale des champs de pluie à des échelles d'agrégation supérieurs à 10 ans, comme le montre la figure 3b où l'on notera, par exemple, la présence d'une anomalie pluviométrique centrée sur le point de coordonnées (2,2° E, 13,25° N) résultant du fort cumul identifié au même point en 1992.

Par conséquent, la catégorisation en « année sèche » ou « année humide » et même « période sèche » ou « période humide », souvent proposée à l'échelle du Sahel pour caractériser l'évolution des pluies, s'avère peu pertinente à l'échelle locale de la station ou du village. Cela justifie d'aborder de façon spécifique l'évolution du régime des pluies aux échelles convectives au sein desquelles se déclinent les problématiques d'impact de la variabilité de la pluie.

Évolution de la pluie aux échelles des impacts hydrologiques et agronomiques

Évolution des caractéristiques des systèmes convectifs de méso-échelle depuis 1950

Le manque de données sur le long terme à des résolutions spatiales et temporelles appropriées rend difficile l'évaluation des changements de régime de précipitations à méso-échelle au cours des soixante dernières années.

Sur la base de données journalières disponibles au Niger, Le Barbé et Lebel (1997) ont proposé une décomposition statistique des cumuls journaliers mesurés aux stations comme le produit de l'occurrence et de l'intensité des événements pluvieux. Ils ont ainsi montré que le déficit de la période 1970-1990 était plus lié à une baisse de l'occurrence des pluies, notamment au cœur de la saison, qu'à un changement de l'intensité moyenne des événements restée relativement stable au cours de la sécheresse. Ces résultats ont été généralisés à l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Le Barbé *et al*., 2002) et confirmés depuis sur le Sénégal (Moron *et al*., 2006), le Mali (Frappart *et al*., 2009) et le Burkina Faso (Ibrahim *et al*., 2012 ; Lodoun *et al*., 2013). Si ces études documentent utilement les événements pluvieux définis ponctuellement à l'échelle de la station pluviométrique, elles ne donnent en revanche pas d'indication sur de possibles modifications de la morphologie spatiale (taille ou organisation interne des intensités) des SCM. En définissant des critères spatiaux calibrés sur les réseaux de pluie journaliers à partir de données satellites infrarouges, Bell et Lamb (2006) essayent de détecter la trace au sol du passage des SCM non plus ponctuellement, mais de façon intégrée au sein des fenêtres de 5°x 5° réparties sur le Sahel. Bell et Lamb (2006) trouvent ainsi que sur la période de sécheresse les SCM sont caractérisés par une extension spatiale et une intensité bien inférieures à celles de la période humide. Si la diminution de l'extension spatiale des SCM est compatible avec la diminution locale (à l'échelle de la station) de l'occurrence des événements mise en évidence par Le Barbé *et al*. (2002), la baisse de leur intensité semble plutôt en contradiction avec les autres études menées sur la région.

Ce désaccord a conduit Rossi *et al*. (2012) à reprendre une méthodologie similaire à celle de Bell et Lamb (2006), en actualisant l'analyse des caractéristiques des SCM aux années les plus récentes. Rossi *et al*. (2012) détectent les « jours pluvieux de méso-échelle » (JPM) qui, comme dans Bell et Lamb (2006), correspondent à la trace des SCM mesurée au sol *via* les pluviomètres journaliers. En revanche contrairement à Bell et Lamb (2006), les critères de détection de Rossi *et al*. (2012) sont directement calibrés sur les données pluviométriques à haute résolution du réseau Amma-Catch Niger qui fournissent une référence fiable de détection de la trace au sol des SCM. Rossi *et al*. (2012) montrent notamment que l'évolution relative des caractéristiques des JPM sur la période 1990-2010 est similaire à celle des SCM, et donc que l'utilisation des JPM pour caractériser l'évolution à long terme de la pluie à méso-échelle est tout à fait pertinente.

On analyse ici à partir des critères de Rossi *et al*. (2012) l'évolution des JPM sur la période 1950-2010 sur une fenêtre du Sahel central, telle que définie par Lebel et Ali (2009). La figure 4 montre l'évolution des anomalies (variables standardisées) de quatre caractéristiques des JPM : l'occurrence moyenne, l'extension spatiale moyenne, l'intensité moyenne des valeurs de pluies positives au sein des JPM et l'intensité moyenne des JPM (intégrant valeurs de pluies positives et nulles). Il est à noter que les valeurs de pluie nulles correspondent à l'intermittence interne des SCM (Ali *et al*., 2003), leur fréquence au sein des systèmes pluvieux est utilisée pour décrire l'extension spatiale de JPM. Le tableau 1 fournit une synthèse des valeurs des caractéristiques des JPM moyennées par sous-périodes de 20 ans. On retrouve dans le tableau 1 le déficit bien connu des pluies totales annuelles lors de la période sèche 1970-1989 (P2), également visible sur le cumul annuel des JPM (représentant un peu plus de 80 % de la pluie totale). Ce déficit résulte au premier ordre d'une diminution forte de l'occurrence (- 19 %) qui s'installe dès les années 1970 et s'accentue de façon marquée au début des années 1980. L'intensité moyenne des pluies non nulles au sein des JPM semble avoir également contribué à la sécheresse, mais de façon moindre puisqu'elle ne baisse que de 8 %, notamment à cause de trois années (1968, 1973 et 1984) particulièrement déficitaires. Enfin, comme Bell et Lamb (2006), une diminution de l'extension spatiale moyenne des JPM est constatée (- 5 %), notamment sur la décennie 1980-1990. La contribution majoritaire de la baisse de l'occurrence des SCM au cours de la sécheresse est en accord avec les travaux de Le Barbé *et al*. (2002), d'autant plus que la diminution de l'occurrence combinée avec celle de l'extension spatiale des SCM implique *de facto* une baisse du nombre d'événements pluvieux mesurés à la station pluviométrique. Par ailleurs, la diminution de l'extension des SCM associée à la baisse relative des intensités de pluie positives, produit une diminution de la pluie moyenne globale des

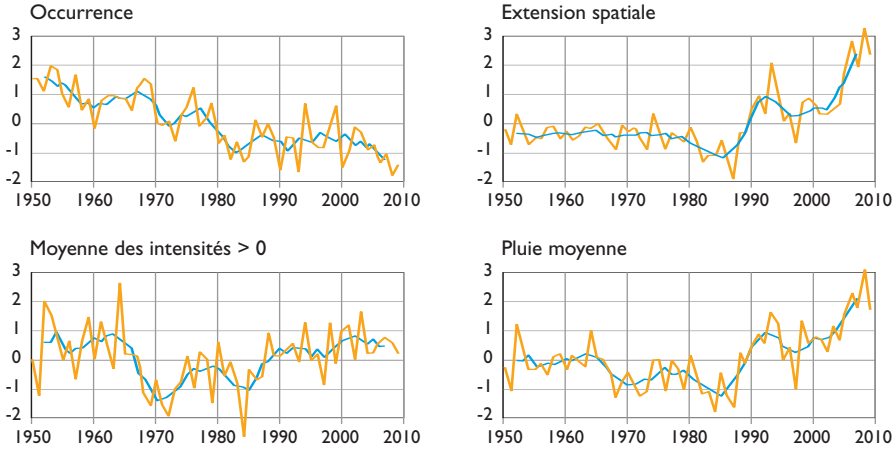


Figure 4.
Évolution des caractéristiques des systèmes convectifs de méso-échelle estimés à partir des jour pluvieux de méso-échelle (JPM) définis par Rossi et al. *(2012). Les lignes en bleu représentent une moyenne glissante sur 5 ans.*

SCM (- 12 %), mais celle-ci est secondaire par rapport aux effets d'occurrence, contrairement à ce que suggèrent Bell et Lamb (2006).

Sur les deux dernières décennies (période P3), la hausse relative des cumuls annuels (+ 13 % par rapport à P2) est confirmée mais, comme désormais bien documenté dans la littérature, le niveau atteint reste bien inférieur à celui de la période humide P1 (- 16 %). La nouveauté réside ici dans l'évolution des caractéristiques de systèmes pluvieux à méso-échelle. L'occurrence des JPM continue à décroître après la période sèche, en restant à un niveau faible équivalent à celui de la période sèche jusqu'en 2000, puis en déclinant à nouveau sur la dernière décennie. L'intensité des pluies non nulles reprend un niveau moyen stable proche de la période humide P1. Enfin, une hausse singulière de l'extension spatiale moyenne des JPM est constatée jusqu'à des valeurs jamais atteintes depuis 1950. L'augmentation de l'intensité et de la taille des systèmes se combine pour donner une valeur de pluie moyenne des JPM près de 14 % supérieure à ce qu'elle était en période humide. Par conséquent, alors que la variabilité décennale de la pluie sur la période 1950-1990 était principalement modulée par l'occurrence des systèmes pluvieux (la diminution du nombre d'événements expliquant plus de 70 % du déficit pluviométrique), les changements d'intensité et d'extension spatiale des systèmes sur les deux dernières décennies dominent sur la diminution de l'occurrence et expliquent l'augmentation des cumuls annuels de précipitation. Ce comportement marque de toute évidence un tournant dans la climatologie des précipitations au Sahel et pose la question d'une possible intensification des pluies à laquelle on ne peut répondre sans une analyse approfondie des événements extrêmes.

Tableau 1.
Caractéristiques moyennes des jours pluvieux de méso-échelle (JPM).

			P1 1950-1696	P2 1970-1989	P3 1990-2009
	Pluie tot. annuelle	(mm)	664,2	490,0 (- *21,6 %*)	553,7 (- *16,6 %*, *13 %*)
JPM	Cumul annuel	(mm)	537,8	404,2 (- *24,8 %*)	451,2 (- *16,1 %*, *11,6 %*)
	Occurrence	(nombre/an)	88,7	71,95 (- *18,9 %*)	60,4 (- *31,9 %*, - *16,0 %*)
	Intensités > 0	(mm)	14,8	13,6 (- *8,1 %*)	15,2 (*2,7 %*, *11,7 %*)
	Intensités ≥ 0	(mm)	6,5	5,7 (- *12,3 %*)	7,4 (*13,85 %*, *29,8 %*)
	Extension spatiale	(% intensités > 0)	43,2	41,2 (- *4,6 %*)	48,9 (*13,2%*, *18,7%*)

Les pourcentages entre parenthèses sur les colonnes P2 et P3 représentent les changements relatifs en référence à la période P1 (italique) et P2 (italique souligné).

Évolution du régime des précipitations extrêmes

Quelques études récentes menées principalement à l'échelle des pays du Sahel central viennent appuyer les résultats présentés précédemment et suggèrent une augmentation des pluies les plus fortes à partir de l'évolution de la moyenne des intensités pluvieuses qui augmente parfois de façon singulière (Lebel et Ali, 2009 ;

Frappart *et al.*, 2009 ; Lodoun *et al*., 2013) ou de l'évolution des valeurs de pluies maximales journalières annuelles (Ibrahim *et al*., 2012). Pour autant, il n'existe que très peu d'analyses spécifiques sur les pluies les plus intenses dans la région. La faible documentation disponible sur les extrêmes pluviométriques au Sahel contraste fortement avec le nombre d'études sur la variabilité pluviométrique en lien avec les épisodes secs qui touchent la région (Tschakert *et al*., 2010). Jusqu'à très récemment, on ne recensait que deux études sur l'analyse climatologique des précipitations extrêmes en Afrique de l'Ouest. Sur la période 1950-2006, New *et al*. (2006) ont analysé six stations journalières sur l'Afrique de l'Ouest (2 en Gambie et 4 au Nigeria) ne montrant de tendances significatives (à la hausse) des pluies maximales journalières annuelles que sur une station. Paeth *et al.* (2010) ont décrit en détail les précipitations de l'année 2007 qui ont causé des inondations généralisées sur l'Afrique de l'Ouest. À partir des estimations de précipitation du satellite TRMM, ils ont estimé que les événements de 2007 ont été exceptionnels (temps de retour de quelques dizaines d'années) sur des cumuls de 5 à 15 jours. La raison principale du faible nombre d'études sur le sujet est encore une fois liée au manque de données, mais aussi aux difficultés méthodologiques propres à l'étude des événements extrêmes. En effet, rares par définition, les pluies extrêmes sont particulièrement sujettes aux effets d'échantillonnage qui, ajoutés à la forte variabilité interannuelle et décennale de la pluie au Sahel, rendent difficile la détection robuste de tendances.

Compte tenu de ces contraintes, Panthou (2013) a pu réunir sur une fenêtre du Sahel central (10° N-15° N, 5° W-7° E) un ensemble de 43 séries pluviométriques journalières disponibles en continu sur la période 1950-2010. Une analyse statistique basée sur la théorie des valeurs extrêmes a permis de fournir une vision régionale intégrée de l'organisation spatiale des extrêmes (Panthou *et al*., 2012) et de développer des méthodes novatrices pour détecter de façon robuste les tendances dans les séries d'extrêmes (Panthou *et al*., 2013). Ces développements ont permis à Panthou *et al*. (2014) d'étudier l'évolution du régime des précipitations extrêmes en lien avec la variabilité décennale des cumuls pluviométriques annuels. La figure 5 met en évidence une différence nette dans l'évolution multi-décennale des totaux annuels et des maxima journaliers annuels sur le Sahel central depuis 1950. Alors que les totaux annuels restent largement déficitaires par rapport à la moyenne de la période humide 1950-1970, la moyenne glissante des maxima annuels affiche des valeurs supérieures à ce qu'elles étaient sur 1950-1970. Les deux courbes se différencient nettement à partir de la fin des années 1990. Ceci confirme qu'un changement important du régime pluviométrique s'est produit au tournant du siècle, les extrêmes pluviométriques devenant plus marqués.

Les courbes de la figure 5 sont obtenues à partir des données de 43 stations, soit pour chaque année un échantillon de 43 totaux annuels et de 43 maxima annuels. Pour étoffer l'échantillon des pluies fortes, Panthou *et al*. (2014) ont sélectionné sur la base d'un modèle statistique d'extrême régional, le seuil de pluie qui est dépassé en moyenne n fois chaque année sur la période 1950-2010 pour chacune des 43 stations (n variant de 2 à 15 correspondant à des valeurs de seuil de pluie variant avec le gradient nord-sud). Des distributions (loi de Pareto généralisée-GPD) sont ensuite ajustées chaque année à cet échantillon plus fourni (pour n = 10, l'échantillon

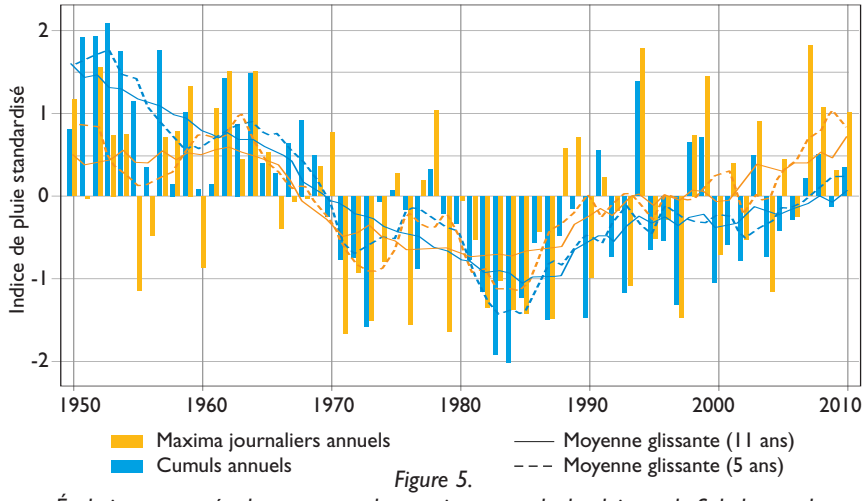


Figure 5.
Évolution comparée des totaux et des maxima annuels de pluie sur le Sahel central (fenêtre 9,5° N-15,5° N 5° W-7° E) entre 1950 et 2010.
D'après PANTHOU et al. *(2014).*

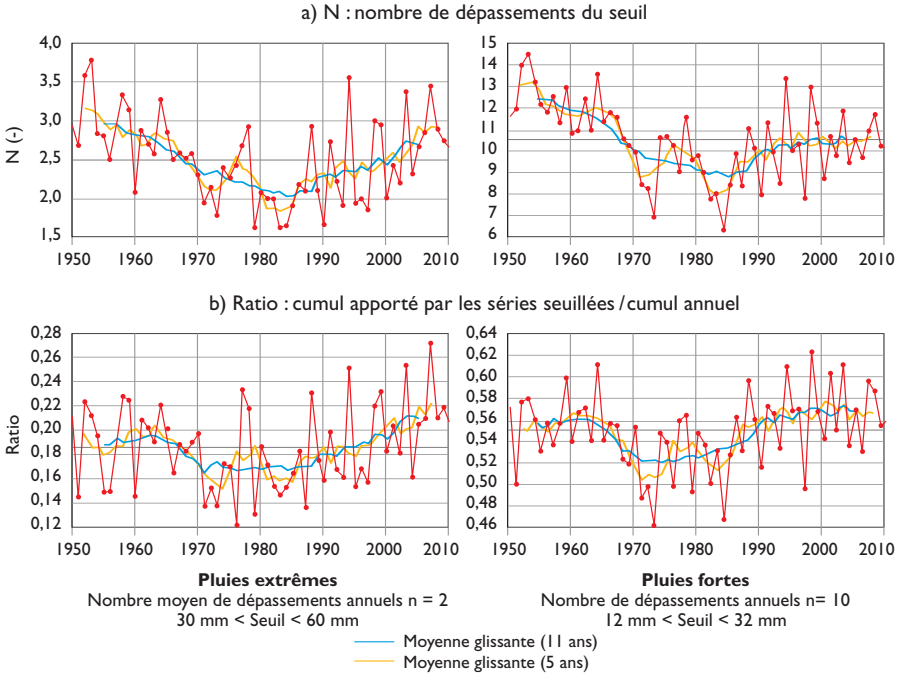


Figure 6.
(a) Évolution du nombre de pluies journalières dépassées en moyenne n fois par an, (b) Évolution du cumul pluies journalières dépassées en moyenne n *fois par an en pourcentage de la pluie totale.*
Avec n = *2 à gauche définissant les pluies extrêmes et* n = *10 à droite définissant les pluies fortes.*
D'après PANTHOU et al. *(2014).*

annuel est de 430 valeurs et correspond à des pluies comprise entre 12 mm au nord et 32 mm au sud de la zone d'étude). On peut alors étudier l'évolution des quantiles des distributions obtenues pour différentes valeurs de *n*. Deux résultats majeurs se dégagent, illustrés par la figure 6. Tout d'abord le nombre annuel d'événements dépassant le seuil de pluie reste inférieur à ce qu'il a été lors des années 1950 et 1960 sauf pour $n = 2$ (fig. 6a), où l'on atteint ces dernières années le même niveau que durant les années 1950. Par contre, la contribution de ces pluies en pourcentage du total annuel a augmenté significativement, d'autant plus que l'on considère des seuils élevés (fig. 6b). Alors que le nombre d'événements pluvieux reste déficitaire, ce qui caractérise la dernière décennie c'est donc l'occurrence de quelques pluies extrêmes plus intenses que par le passé.

On notera que sur le Sahel occidental une étude récente (Sarr *et al.,* 2013) semble également montrer une augmentation des pluies les plus intenses depuis les années 1990. Ces résultats doivent toutefois être confirmés par une approche régionale appropriée pour l'étude spécifique des pluies extrêmes.

Bilan, discussion et questions en suspens

Après la grande sécheresse qui a touché le Sahel à la fin des années 1960, la dernière décennie du XX^{e} siècle a vu une reprise de la pluviométrie notamment sur sa partie centrale – sans pour autant revenir aux conditions des années 1950-1969 – alors que la sécheresse a continué à sévir sur le Sahel ouest. Au-delà des disparités régionales, l'analyse de l'évolution de la pluie au Sahel est également une question d'échelle. Dès lors que l'on considère le régime des pluies à méso-échelle, échelle clé de la compréhension de l'impact de la variabilité pluviométrique sur les systèmes hydrologiques et agronomiques au Sahel, on constate que l'évolution des cumuls annuels résulte de modifications des caractéristiques de systèmes pluvieux qui diffèrent fortement d'une décennie à l'autre.

Ce chapitre a permis d'actualiser sur les vingt dernières années l'évolution du régime pluviométrique relativement bien documenté jusque dans les années 1990, en se concentrant sur l'évolution des caractéristiques de méso-échelle et sur les pluies les plus extrêmes très peu documentées dans la région. On retiendra surtout que le déficit du nombre de jours pluvieux a persisté lors de la dernière décennie, mais qu'il est compensé par une plus grande occurrence de pluies fortes associées aux systèmes pluvieux les plus étendus. Ce changement de régime des pluies a eu une double conséquence : 1) un retour vers une meilleure pluviométrie annuelle, la plus grande occurrence de pluies fortes faisant mieux que compenser le déficit persistant du nombre de jours pluvieux ; 2) une modulation inédite du signal pluviométrique décennal par l'intensité des pluies les plus fortes.

L'évolution du régime, telle que mise en évidence ici, invite à considérer avec précaution les termes de « reprise » (« recovery » en anglais) ou « retour à des

conditions humides » souvent employés pour caractériser la pluie sur les deux dernières décennies. Si la pluie moyenne annuelle est effectivement plus forte depuis les années 1990, son niveau reste inférieur à celui de la période humide de 1950-1969. En outre, le nombre d'événements pluvieux reste déficitaire sur les années récentes impliquant la persistance d'un risque élevé de séquences sèches, potentiellement préjudiciable pour les rendements agricoles et les ressources en eau. L'augmentation des pluies les plus fortes peut par ailleurs directement endommager certaines cultures et infrastructures, et accentuer le risque inondation. En combinant augmentation des extrêmes et des séquences sèches, le Sahel présente tous les signes de ce que Giorgi *et al*. (2011) définissent comme une « augmentation de l'intensité hydro-climatique ». On préférera donc ce terme ou celui d'« intensification du régime des pluies journalières » pour décrire le tournant pris par la pluviométrie au Sahel ces vingt dernières années.

Les résultats présentés dans ce chapitre suggèrent de renforcer certains axes de recherche parmi lesquels :

– l'analyse de l'évolution récente des pluies aux échelles intra-saisonnières et à la méso-échelle : l'évolution du régime des pluies reste au cœur de la compréhension des modifications de l'environnement climatique de la région. Les démarches décrites au cours de ce chapitre pour caractériser l'évolution du cycle saisonnier et des caractéristiques des événements pluvieux doivent être consolidés, d'une part en actualisant les jeux de données aux années les plus récentes et sur l'ensemble de la région (avec une priorité forte sur le Sahel occidental largement sous-documenté), et d'autre part en développant des méthodologies adaptées pour détecter les non-stationnarités dans les séries pluies et leurs contrastes régionaux ;

– l'étude du lien entre l'évolution des pluies et le fonctionnement de la mousson : les signes de l'intensification du régime des pluies sont en tout point ceux attendus dans le contexte du changement climatique qui doit s'accompagner d'une intensification du cycle hydrologique à l'échelle globale. Assiste-t-on alors sur les deux dernières décennies aux signes précurseurs d'un changement plus durable provoqué par le réchauffement climatique ou reste-t-on dans des conditions de variabilité naturelle du climat régional ? Les projections futures issues des modèles de climat sont encore trop incertaines pour pouvoir trancher (cf. chap. 3, ce volume). La réponse à cette question se trouve plus certainement dans la compréhension des mécanismes (atmosphériques, de surfaces et océaniques) qui ont modulé le fonctionnement de la mousson ouest-africaine et qui ont généré une intensité hydro-climatique plus forte. De nombreux travaux discutent d'ores et déjà cette question (Monerie *et al*., 2012 ; Giannini *et al*., 2013 ; Biasutti, 2013), mais ils souffrent souvent d'un manque de lien avec les observations au sol, seules références objectives permettant de documenter les évolutions de la pluie au Sahel ;

– l'attribution de l'augmentation du risque inondation au Sahel : le risque inondation combine des facteurs d'aléa et de vulnérabilité. Jusqu'à présent, son augmentation au Sahel était principalement attribuée à (1) l'augmentation de la vulnérabilité des populations de plus en plus exposées aux risque inondation (Di Baldassarre *et al*., 2010) et à (2) l'accentuation récente de l'aléa hydrologique observée dans la région

sahélienne provenant directement de la hausse des coefficients de ruissellement provoquée par la modification des états de surfaces (Descroix *et al*., 2009). Ces deux points ne sont pas contestables, et ils ont évidemment participé à l'augmentation du risque inondation dans la région. Mais l'intensification du régime des pluies peut également avoir joué un rôle (cf. chap. 7, ce volume). Il serait donc important de pouvoir quantifier la part de chacun des trois facteurs dans l'augmentation du risque inondation.

En tout état de cause, la possibilité de répondre aux grandes questions scientifiques et sociétales qui se posent aujourd'hui au Sahel est conditionnée par l'accès aux données météorologiques de long terme déployées sur la région. Le concours des services météorologiques nationaux doit être pour cela renforcé par une politique de collaboration claire et constructive, positionnée dans la démarche internationale en cours de partage de données pour une meilleure surveillance du changement climatique global qui menace notre planète. En complément aux données des réseaux nationaux, les initiatives d'observations densifiées dans la région doivent également être soutenues sur le long terme. Le service d'observation Amma-Catch s'inscrit dans une telle démarche : en fournissant à la communauté scientifique des jeux de données documentant à haute résolution le cycle hydrologique, il offre un support d'analyse privilégié de la variabilité hydro-climatique et se présente comme un laboratoire de développements de méthodologies essentielles pour mieux comprendre les grands changements environnementaux qui touchent la région ouest-africaine.

Références

Ali A., Lebel T., 2009
The Sahelian standardized rainfall index revisited. *Int. J. Climatol.*, 29 : 1705-1714, doi:10.1002/joc.1832.

Ali A., Lebel T., Amani A., 2003
Invariance in the Spatial Structure of Sahelian Rain Fields at Climatological Scales. *J. Hydrometeorol.*, 4 : 996-1011.

Balme M., Galle S., Lebel T., 2005
Analysis of the variability of the onset of the rainy season in the Sahel at hydrological and agronomical scales, based on EPSAT-Niger data. *Sécheresse*, 16 : 15-22.

Balme M., Lebel T., Amani A., 2006a
Années sèches et années humides au Sahel : quo vadimus ? *J. Sci. Hydrol.*, 51 (2) : 254-271.

Balme M., Vischel T., Lebel T., Peugeot C., Galle S., 2006b
Assessing the water balance in the Sahel: Impact of small-scale rainfall variability on runoff:
Part 1: Rainfall variability analysis. *J. Hydrol.*, 331 : 336-348.

Bell M. A., Lamb P. J., 2006
Integration of weather system variability to multidecadal regional climate change: The West African Sudan-Sahel zone, 1951-1998. *J. Clim.*, 19 : 5343-5365.

Biasutti M., 2013
Forced Sahel rainfall trends in the CMIP5 archive. *J. Geophys. Res. Atmospheres*, 118 : 1613-1623, doi:10.1002/jgrd.50206.

Bunting A. H., Dennett M. D., Elston J., Milford J. R., 1976
Rainfall trends in the West African Sahel.
Q. J. R. Meteorol. Soc., 102 : 59-64,
doi:10.1002/qj.49710243105.

Dai A., Lamb P. J., Trenberth K. E., Hulme M., Jones P. D., Xie P., 2004
The recent Sahel drought is real.
Int. J. Climatol., 24, 1323-1331,
doi:10.1002/joc.1083.

Dardel C., Kergoat L., Hiernaux P., Grippa M., Mougin E., 2015
« Entre désertification et reverdissement du Sahel : que se passe-t-il vraiment ? »
In : *Agricultures familiales et changements climatiques en Afrique de l'Ouest : entre opportunités, vulnérabilités et adaptations*, IRD.

Demarée G. R., 1990
An indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian station.
Theor. Appl. Climatol., 42 : 139-147,
doi:10.1007/BF00866869.

Deme A., Gaye A., Hourdin F., 2015
« Les projections du climat en Afrique de l'Ouest : évidences et incertitudes ».
In : Agricultures familiales et changements climatiques en Afrique de l'Ouest : entre opportunités, vulnérabilités et adaptations, IRD.

Depraetere C., Gosset M., Ploix S., Laurent H., 2009
The organization and kinematics of tropical rainfall systems ground-tracked at mesoscale with gages: First results from the campaigns 1999-2006 on the Upper Ouémé Valley (Benin).
J. Hydrol., 375 : 143-160,
doi:10.1016/j.jhydrol.2009.01.011.

Descroix L. *et al.*, 2009
Spatio-temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between Sahelian and Sudanian areas of West Africa: A synthesis. *J. Hydrol.*, 375 : 90-102.

Descroix L. *et al.*, 2015
« Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel ».
In : *Agricultures familiales et changements climatiques en Afrique de l'Ouest : entre opportunités, vulnérabilités et adaptations*, IRD.

Di Baldassarre G., Montanari A., Lins H., Koutsoyiannis D., Brandimarte L., Blöschl G., 2010
Flood fatalities in Africa:
From diagnosis to mitigation.
Geophys. Res. Lett., 37,
doi:10.1029/2010GL045467.

Fontaine B., Janicot S., 1996
Sea Surface Temperature Fields Associated with West African Rainfall Anomaly Types.
J. Clim., 9 : 2935-2940,
doi:10.1175/1520-0442(1996)009.

Frappart F. *et al.*, 2009
Rainfall regime across the Sahel band in the Gourma region, Mali.
J. Hydrol., 375 : 128-142.

Giannini A., Salack S., Lodoun T., Ali A., Gaye A. T., Ndiaye O., 2013
A unifying view of climate change in the Sahel linking intra-seasonal, interannual and longer time scales.
Environ. Res. Lett., 8 : 024010,
doi:10.1088/1748-9326/8/2/024010.

Giorgi F., Im E.-S., Coppola E., Diffenbaugh N. S., Gao X. J., Mariotti L., Shi Y., 2011
Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming.
J. Clim., 24 : 5309-5324,
doi:10.1175/2011JCLI3979.1.

Grist J. P., Nicholson S. E., 2001
A Study of the Dynamic Factors Influencing the Rainfall Variability in the West African Sahel.
J. Clim., 14 : 1337-1359.

Guillot G., Lebel T., 1999
Disaggregation of Sahelian mesoscale convective system rain fields further developments and validation.
J. Geophys. Res., 104 : 31533-31551.

Hubert P., Carbonnel J. P., 1987
Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest.
J. Hydrol., 95 : 165-183.

Hulme M., 1992 –
Rainfall changes in Africa:
1931-1960 to 1961-1990.
Int. J. Climatol., 12 : 685-699,
doi:10.1002/joc.3370120703.

Hulme M., 2001
Climatic perspectives on Sahelian desiccation: 1973-1998.
Glob. Environ. Change, 11 : 19-29, doi:10.1016/S0959-3780(00)00042-X.

Ibrahim B., Polcher J., Karambiri H., Rockel B., 2012
Characterization of the rainy season in Burkina Faso and it's representation by regional climate models.
Clim. Dyn., 39 : 1287-1302, doi:10.1007/s00382-011-1276-x.

Lamb P. J., 1982
Persistence of Subsaharan drought.
Nature, 299 : 46-48, doi:10.1038/299046a0.

Le Barbé L., Lebel T., 1997
Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950-1990.
J. Hydrol., 188-189 : 43-73.

Le Barbé L., Lebel T., Tapsoba D., 2002
Rainfall Variability in West Africa during the years 1950-1990.
J. Clim., 15 : 187-202.

Lebel T., Diedhiou A., Laurent H., 2003
Seasonal cycle and interannual variability of the Sahelian rainfall at hydrological scales.
J. Geophys. Res., 108.

Lebel T., Ali A., 2009
Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007).
J. Hydrol., 375 : 52-64.

Lebel T. *et al.*, 2009
Amma-Catch studies in the Sahelian region of West-Africa: An overview.
J. Hydrol., 375 : 3-13.

L'Hote Y., Mahé G., Some B., Triboulet J. P., 2002
Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues.
Hydrol. Sci., 47 (4) : 563-572.

Lodoun T., Giannini A., Traoré P. S., Somé L., Sanon M., Vaksmann M., Rasolodimby J. M., 2013
Changes in seasonal descriptors of precipitation in Burkina Faso associated with late 20th century drought and recovery in West Africa. *Environ. Dev.*, 5 : 96-108, doi:10.1016/j.envdev.2012.11.010.

Mahé G., Paturel J.-E., 2009
1896-2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers.
Surf. Geosci. Hydrol.-Hydrogeol., 341 : 538-546.

Massuel S., Cappelaere B., Favreau G., Leduc C., Lebel T., Vischel T., 2011
Integrated surface water-groundwater modelling in the context of increasing water reserves of a regional Sahelian aquifer.
Hydrol. Sci. J., 56 : 1242-1264, doi:10.1080/02626667.2011.609171.

Matho V., Laurent H., Lebel T., 2002
Mesoscale Convective System Rainfall in the Sahel.
J. Appl. Meteorol., 41 1081-1092.

Monerie P.-A., Fontaine B., Roucou P., 2012
Expected future changes in the African monsoon between 2030 and 2070 using some CMIP3 and CMIP5 models under a medium-low RCP scenario.
J. Geophys. Res. Atmospheres, 117, n/a – n/a, doi:10.1029/2012JD017510.

Moro V., Robertson A. W., Ward M. N., 2006
Seasonal Predictability and Spatial Coherence of Rainfall Characteristics in the Tropical Setting of Senegal.
Mon. Weather Rev., 134 : 3248-3262, doi:10.1175/MWR3252.1.

New M. *et al.*, 2006
Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa.
J. Geophys. Res., 111, D14102, doi:10.1029/2005JD006289

Nicholson S., 2005
On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel.
J. Arid Environ., 63 : 615-641.

Nicholson S. E., 2001
Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries.
Clim. Res., 17 : 123-144.

Nicholson S. E., 2013
The West African Sahel – A Review of Recent Studies on the Rainfall Regime and Its Interannual Variability.
ISRN Meteorol., 2013 : 1-32, doi:10.1155/2013/453521.

Ozer P., Erpicum M., Demarée G., Vandiepenbeeck M., 2003
The Sahelian drought may have ended during the 1990s. *Hydrol. Sci. J.*, 48 : 489-492, doi:10.1623/hysj.48.3.489.45285.

Paeth H., Fink A. H., Pohle S., Keis F., Mächel H., Samimi C., 2010
Meteorological characteristics and potential causes of the 2007 flood in sub-Saharan Africa. *Int. J. Climatol.*, 31 : 1908-1926, doi:10.1002/joc.2199

Panthou G., 2013
Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années. Université de Grenoble, 270 p.

Panthou G., Vischel T., Lebel T., Blanchet J., Quantin G., Ali A., 2012
Extreme rainfall in West Africa: A regional modeling. *Water Resour. Res.*, 48, W08501, doi:10.1029/2012WR012052.

Panthou G., Vischel T., Lebel T., Quantin G., Pugin A.-C. F., Blanchet J., Ali A., 2013
From pointwise testing to a regional vision: An integrated statistical approach to detect nonstationarity in extreme daily rainfall. Application to the Sahelian region. *J. Geophys. Res. Atmospheres*, 118 : 8222-8237, doi:10.1002/jgrd.50340.

Panthou G., Vischel T., Lebel T., 2014
Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel. *Int. J. Climatol.*, n/a – n/a, doi:10.1002/joc.3984.

Peugeot C., Cappelaere B., Vieux B. E., Séguis L., Maia A., 2003
Hydrologic process simulation of a semiarid, endoreic catchment in Sahelian West Niger. 1. Model-aided data analysis and screening. *J. Hydrol.*, 279 : 224-243.

Rasmusson E. M., Arkin P. A., 1993
A Global View of Large-Scale Precipitation Variability. *J. Clim.*, 6 : 1495-1522, doi:10.1175/1520-0442(1993)006<1495:AGVOLS>2.0.CO;2.

Redelsperger J. L. *et al.*, 2006
Amma, une étude multidisciplinaire de la mousson ouest-africaine. *Météorologie Trop.*, 54 : 22-32.

Rossi A., Vischel T., Lebel T., 2012
Analyse spatiale et temporelle de la variabilité à méso-échelle du régime pluviométrique sahélien depuis les années 1950. 25e colloque de l'Association internationale de climatologie, Grenoble (France).

Sarr M. A., Zoromé M., Seidou O., Bryant C. R., Gachon P., 2013
Recent trends in selected extreme precipitation indices in Senegal – A changepoint approach. *J. Hydrol.*, 505 : 326-334, doi:10.1016/j.jhydrol.2013.09.032.

Sultan B., Janicot S., Diedhiou A., 2003
The West African Monsoon Dynamics. Part I: Documentation of Intraseasonal Variability. *J. Clim.*, 16 : 3389-3406.

Tarhule A., Woo M.-K., 1998
Changes in rainfall characteristics in northern Nigeria. *Int. J. Climatol.*, 18 : 1261-1271, doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199809)18:11.

Tarhule A. *et al.*, 2014
Exploring temporal hydroclimatic variability in the Niger Basin (1901-2006) using observed and gridded data. *Int. J. Climatol.*, n/a – n/a, doi:10.1002/joc.3999.

Tschakert P., Sagoe R., Ofori-Darko G., Codjoe S. N., 2010
Floods in the Sahel: an analysis of anomalies, memory, and anticipatory learning. *Clim. Change*, 103 : 471-502, doi:10.1007/s10584-009-9776-y.

Vischel T., Lebel T., 2007
Assessing the water balance in the Sahel: Impact of small-scale rainfall variability on runoff. Part 2: Idealized modeling of runoff sensitivity. *J. Hydrol.*, 333 : 340-355.

Vischel T., Lebel T., Massuel S., Cappelaere B., 2009
Conditional simulation schemes of rain fields and their application to rainfall-runoff modeling studies in the Sahel. *J. Hydrol.*, 375 : 273-286, doi:10.1016/j.jhydrol.2009.02.028.

Vischel T., Quantin G., Lebel T., Viarre J., Gosset M., Cazenave F., Panthou G., 2011
Generation of high resolution rainfields in West Africa: evaluation of dynamical interpolation methods. *J. Hydrometeorol.*, 110426113802000, doi:10.1175/JHM-D-10-05015.1.

Chapitre 3

Les projections du climat en Afrique de l'Ouest

Évidences et incertitudes

Abdoulaye DEME
Amadou Thierno GAYE
Frédéric HOURDIN

Introduction

L'Afrique de l'Ouest a connu dans les années 1970 une grave sécheresse (NICHOLSON, 1980 ; HELD *et al*., 2005) dont les conséquences sur l'agriculture, principale activité des populations de cette région, ont largement contribué au retard de son développement. Depuis les années 2000, le Sahel semble retrouver une bonne pluviométrie, sans que l'on puisse affirmer que cette tendance va perdurer les prochaines décennies (PAETH et HENSE, 2004). Cette période a coïncidé aussi avec un réchauffement qui serait dû à l'augmentation des gaz à effet de serre (GES), rendant donc cruciale la connaissance de l'évolution de la pluviométrie. En effet, aux décennies de sécheresse ponctuées de famines, de déplacements de population et d'effondrement économique vont se substituer ou se superposer des épisodes de vagues de chaleur, souvent des inondations, une recrudescence de certaines maladies vectorielles avec de forts impacts sur la santé des populations.

De plus, dans le cadre du changement climatique en cours, le régime de pluie en Afrique de l'Ouest fait partie de ceux comportant plus d'incertitudes. Il suffit seulement de prendre les résultats des modèles du CNRM et de l'IPSL ayant participé à l'exercice CMIP3 (Climate Model Intercomparison Project 3) du GIEC et qui donnent une projection des précipitations de signes opposés sur l'Afrique de l'Ouest vers la fin du XXI^{e} siècle (JOUSSAUME *et al*., 2007). Ce résultat est en fait corroboré par l'ensemble des modèles ayant participé à CMIP3 (dont les résultats sont à la base du 4^{e} rapport du GIEC, AR4), qui, pour la moitié d'entre eux, montrent

une augmentation des précipitations sur le Sahel, et pour l'autre moitié, un scénario opposé (Christensen *et al*., 2007). De même, Cook et Vizy (2006) ont montré qu'un petit nombre seulement des modèles de circulation générale (MCGs) utilisés pour le 4e rapport du GIEC étaient capables de représenter, de manière satisfaisante, quelques-unes des principales caractéristiques de la mousson de l'Afrique de l'Ouest (MAO) : structure des précipitations, circulation atmosphérique méridienne, principaux modes de variabilité interannuelle, etc. Le 4e rapport du GIEC a donc conclu, en 2007, que les modèles couplés du climat n'étaient pas encore capables de simuler de manière précise le climat de l'Afrique de l'Ouest (Randal *et al*., 2007). Cependant, des modèles atmosphériques régionaux et globaux, forcés par des températures de surface de mer (TSM) observées, dans le cadre de projets tels que Amma-MIP (African Monsoon Multidisciplinary Analyses-Model Intercomparison Project ; Hourdin *et al*., 2010), Wamme (West African Monsoon Modeling and Evaluation ; Xue *et al.*, 2010) et Cordex-Africa (the Coordinated Regional climate Downscaling Experiment ; Jones *et al*., 2011, Nikulin *et al*., 2012), ont donné de meilleurs résultats sur la MAO, quoique des biais larges sur les précipitations et la circulation méridienne persistent encore. C'est ce défi que voulait relever le 5e exercice du CMIP, CMIP5, dont les travaux sont à la base du 5e rapport du GIEC AR5. Ainsi, une série d'expérimentations coordonnées et standardisées a été menée par une vingtaine de groupes de modélisations issus d'une dizaine de pays dans le cadre de CMIP5 (Taylor *et al*., 2012) dont les résultats soulèvent encore plusieurs questions. Les divergences sur les projections de pluie au Sahel persistent-elles encore entre les modèles ? Est-ce que les MCGs reproduisent le retour des pluies des dernières années ? Quelles sont les capacités des MCGs à reproduire les principales caractéristiques de la MAO ? Quelles sont les projections du climat en Afrique de l'Ouest, pour les prochaines années, le prochain siècle ? Quelles sont les évidences et les incertitudes observées dans les projections du climat en Afrique de l'Ouest ?

Ce sont à ces questions que veut tenter de répondre cet article, dans la philosophie des axes majeurs du projet Escape, c'est-à-dire faire un diagnostic de ce qui s'est passé, ce qui se passe actuellement et ce qui va se passer à travers les conséquences possibles de la variabilité et du changement climatiques sur les ressources et sur les secteurs économiques vulnérables. L'objectif serait donc de pouvoir fournir des informations les plus précises et objectives possibles aux pouvoirs politiques, aux populations, afin de leur permettre de mettre en œuvre des stratégies de mitigation face à une saison de pluie tardive, des événements climatiques extrêmes (canicules, inondations, etc.), et des stratégies d'adaptation des populations et des économies face au changement climatique.

Nous présentons d'abord dans ce texte les données utilisées pour l'évaluation de modèles CMIP5 disponibles pour cette étude. Dans la deuxième partie, la capacité des modèles CMIP5 à reproduire certaines caractéristiques essentielles de la MAO est analysée. La troisième partie discute les projections du climat (à travers les pluies et les températures) en Afrique de l'Ouest pour les prochaines décennies, en particulier celles de la fin du XXIe siècle. Les évidences et les incertitudes de ces projections sont l'objet du quatrième paragraphe ; le chapitre se termine par des conclusions et des perspectives.

Données et méthodes

Pour répondre aux trois questions de l'introduction, nous avons utilisé à la fois des simulations numériques, des données de ré-analyses et d'observations. Car pour étudier le climat et sa variabilité, il est indispensable d'avoir des séries temporelles longues, avec peu de valeurs manquantes dans la zone étudiée, avantages qu'ont les ré-analyses et les observations satellitales utilisées dans ce travail.

Simulations CMIP5

On se sert des simulations disponibles d'une douzaine de modèles ayant participé à CMIP5. Les scénarii de changement climatique (rcp2.6, rcp4.5 et rcp8.5), en comparaison avec les simulations du climat passé (appelées historical), sont utilisés pour étudier la réponse du climat de l'Afrique de l'Ouest à une augmentation de la concentration du CO_2 ans l'atmosphère. Pour évaluer l'état de l'art de la représentation de la MAO dans les MCGs, des simulations avec des TSM imposées, appelées amip, ont été aussi analysées. Les simulations utilisées (disponibles à cette adresse : http:/cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/index.html) sont résumées tableau 1.

Ré-analyses et observations

Les simulations climatiques CMIP5 sont comparées à plusieurs jeux de données comportant des ré-analyses et des observations : (1) le premier jeu comprend la pluie et la température du NCEP/NCAR (Kalnay *et al*., 1996) à la résolution d'environ 280 km. Cet ensemble de données, issu d'une ré-analyse de toutes les données d'observation disponibles (stations météo, bouée, radiosondes, observations aériennes, etc.) à l'aide d'un système très performant d'assimilation, couvre la période 1957-1996 ; (2) le deuxième jeu de données est issu des ré-analyses ERA-Interim (Simmons *et al*., 2008), du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme. Ces données sont construites selon une méthode analogue à celles du NCEP/NCAR et couvrent la période 1958-1997 à la résolution d'environ 160 km ; (3) le troisième jeu des données de validation correspond à la version 2 des précipitations GPCP (Global Precipitation Climatology Project ; Huffman *et al*., 2001). Les précipitations GPCP sont obtenues en combinant à la fois des données de pluviomètres au sol et des observations indirectes par satellite. Les données utilisées couvrent la période 1997-2006 et ont une résolution de 100 km pour les données journalières et une résolution de 280 km pour les données mensuelles ; (4) les précipitations CMAP (CPC Merged Analysis of Precipitation ; Xie et Arkin, 1997), constituent le quatrième jeu de données utilisées pour la validation des modèles CMIP5. Elles sont aussi obtenues en combinant des pluviomètres et des observations par satellite) ; (5) les données CRUTS2.1 (Climatic Research Unit TimeSeries ; Mitchell et Jones, 2005), basées sur des relevés de plus de 4 000 stations météorologiques, couvrent une période de 1901 à 2012 ; (6) les précipitations TRMM (Huffman *et al*., 2007) constituent le sixième jeu de données utilisées pour valider les simulations CMIP5.

Comment sont représentées quelques caractéristiques de la MAO dans les modèles CMIP5 ?

Les caractéristiques essentielles de la MAO pour lesquelles les modèles ont des faiblesses évidentes sont étudiées dans ce paragraphe. Cela, pour mieux évaluer la robustesse de leurs projections dans le futur, discutées dans les paragraphes suivants.

Le cycle saisonnier de la MAO

Le cycle saisonnier de la MAO est l'élément le plus important pour les populations locales, dont l'activité principale est l'agriculture pluviale. Il se caractérise par l'alternance entre une saison sèche et une saison humide pendant laquelle l'essentiel des précipitations arrose le Sahel. La structure de la pluie pendant la saison humide s'organise autour de la Zone de convergence intertropicale (ZCIT) avec trois maxima régionaux : un centré sur la partie ouest du continent vers 8° N sur les hauteurs du Fouta Djalon, un second vers 10° E près du Mont Cameroun et un troisième près des hauts plateaux éthiopiens vers 40° E (non montré sur les figures). Les deux maxima sont assez bien reproduits par les observations Era-Interim, CMAP et GPCP et leur moyenne (fig. 1a). GPCP donne des valeurs relativement plus faibles, tandis que les maxima d'Era-Interim sont généralement supérieurs à ceux du CMAP. Le modèle russe INMC4 se singularise en sous-estimant trop fortement les maxima du Fouta Djalon (fig. 1b), tandis que les modèles ACCESS1-0, ACCESS1-3, CMCC-CM, FGOALS-g2, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR trouvent le maximum à l'ouest plutôt sur l'océan. Ces deux derniers modèles français (IPSL-CM5A-LR/MR) retrouvent, par contre, bien le maximum sur le Mont Cameroun. Le modèle japonais MIROC5 exagère l'étendue spatiale du maximum à l'ouest qu'on trouve sur une zone allant de 20° W à 10° E. Cependant, les modèles BCC-CSM1-1, BNU-ESM (bien qu'ils sous-estiment le maximum sur le Mont Cameroun), CNRM-CM5, CSIRO-Mk3-6.0, IPSL-CM5B-LR reproduisent assez correctement les maxima du Fouta Djalon et du Mont Cameroun. On note, en définitive, que malgré la dispersion de ces 13 modèles pour la climatologie JAS des précipitations, leur moyenne d'ensemble reproduit, par contre, assez bien les maxima de l'ouest du continent et sur le Mont Cameroun.

La figure 2 présente la climatologie de la température de surface de la saison JAS, pour la période 1989-202, des observations (2a) et des modèles CMIP5 (2b). Les données d'observation du CRU montrent le gradient de température en Afrique de l'Ouest, avec des températures froides sur la partie sud (jusqu'à environ 13° N) et des températures chaudes au nord, marquées par un maximum sur le Sahara algérien entre 25-28° N. Les ré-analyses NCEP et Era-Interim reproduisent assez bien la zone des températures chaudes : le premier modèle trouvant un maximum plus faible et plus étendu que celui de CRU, alors que le deuxième trouve un maximum fort et plus étendu spatialement. La moitié des modèles CMIP5 sous-estime trop fortement le maximum de température sur le Sahara (ACCES1-3,

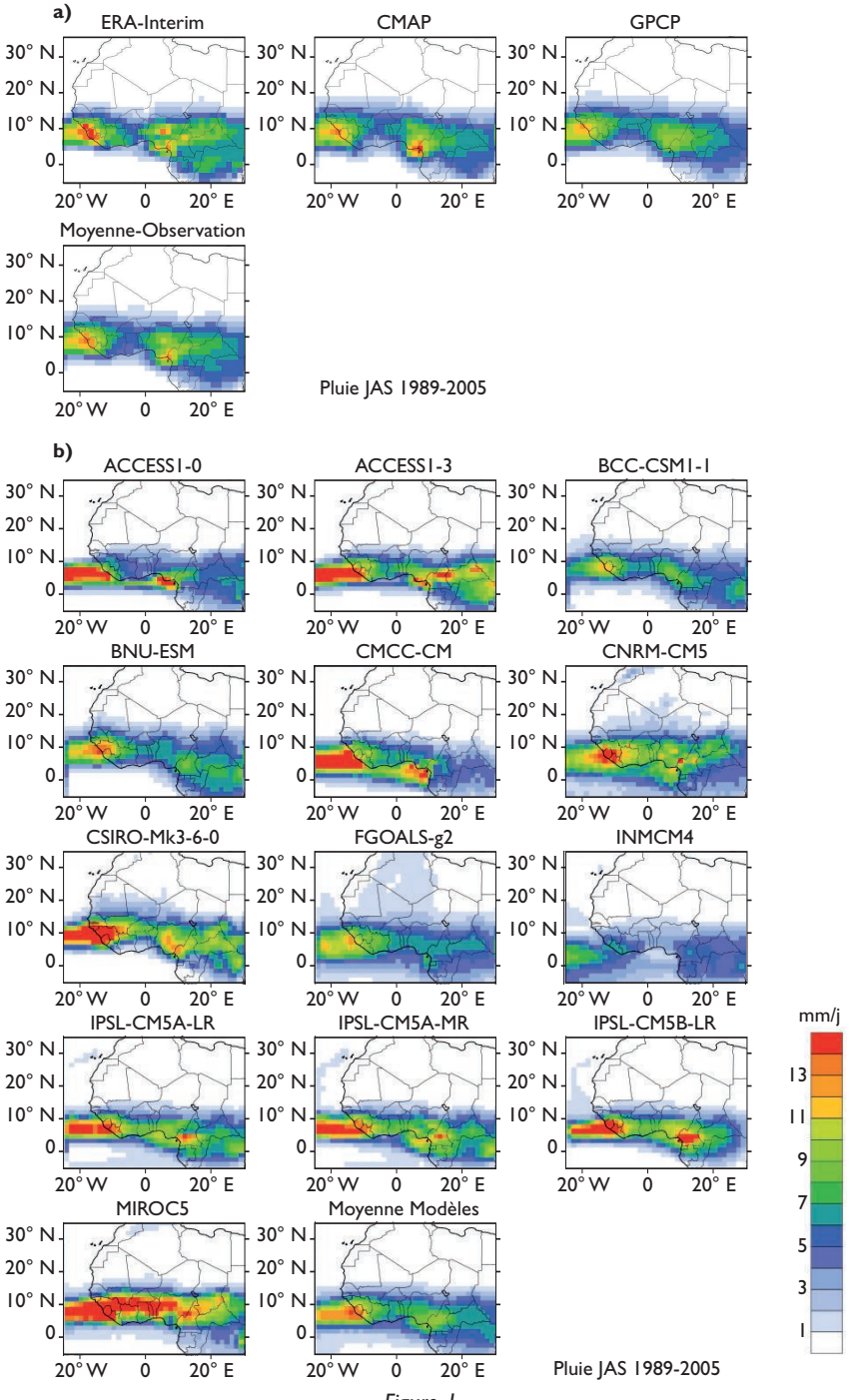


Figure 1.
Climatologie des précipitations établie sur la période 1989-2005 pour la saison humide JAS (juillet-août-septembre) : comparaison des observations (a) et des modèles CMIP5 (b).

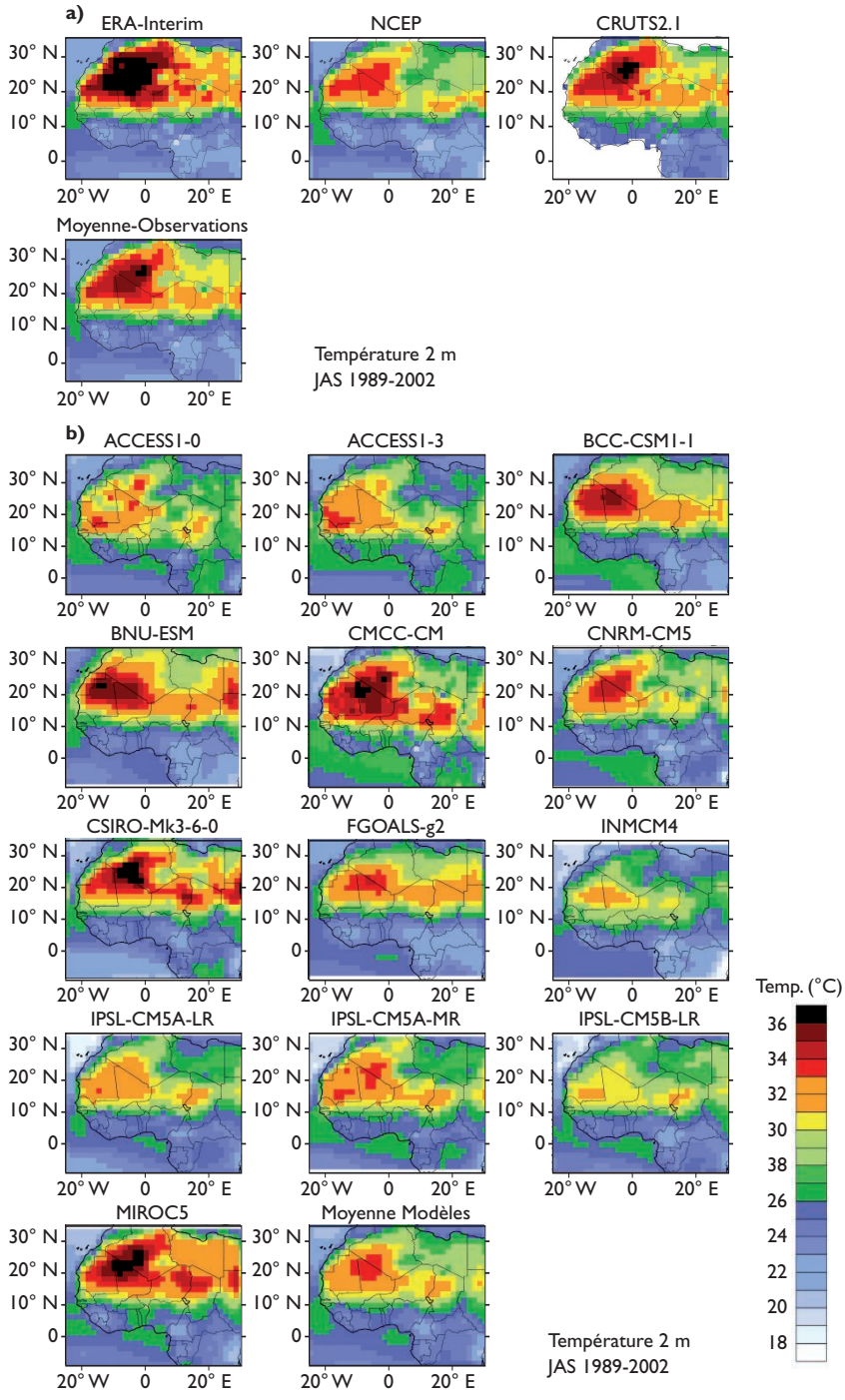


Figure 2.
Climatologie des températures établie sur la période 1989-2002 pour la saison humide JAS (juillet-août-septembre) : comparaison des observations (a) et des modèles CMIP5 (b).

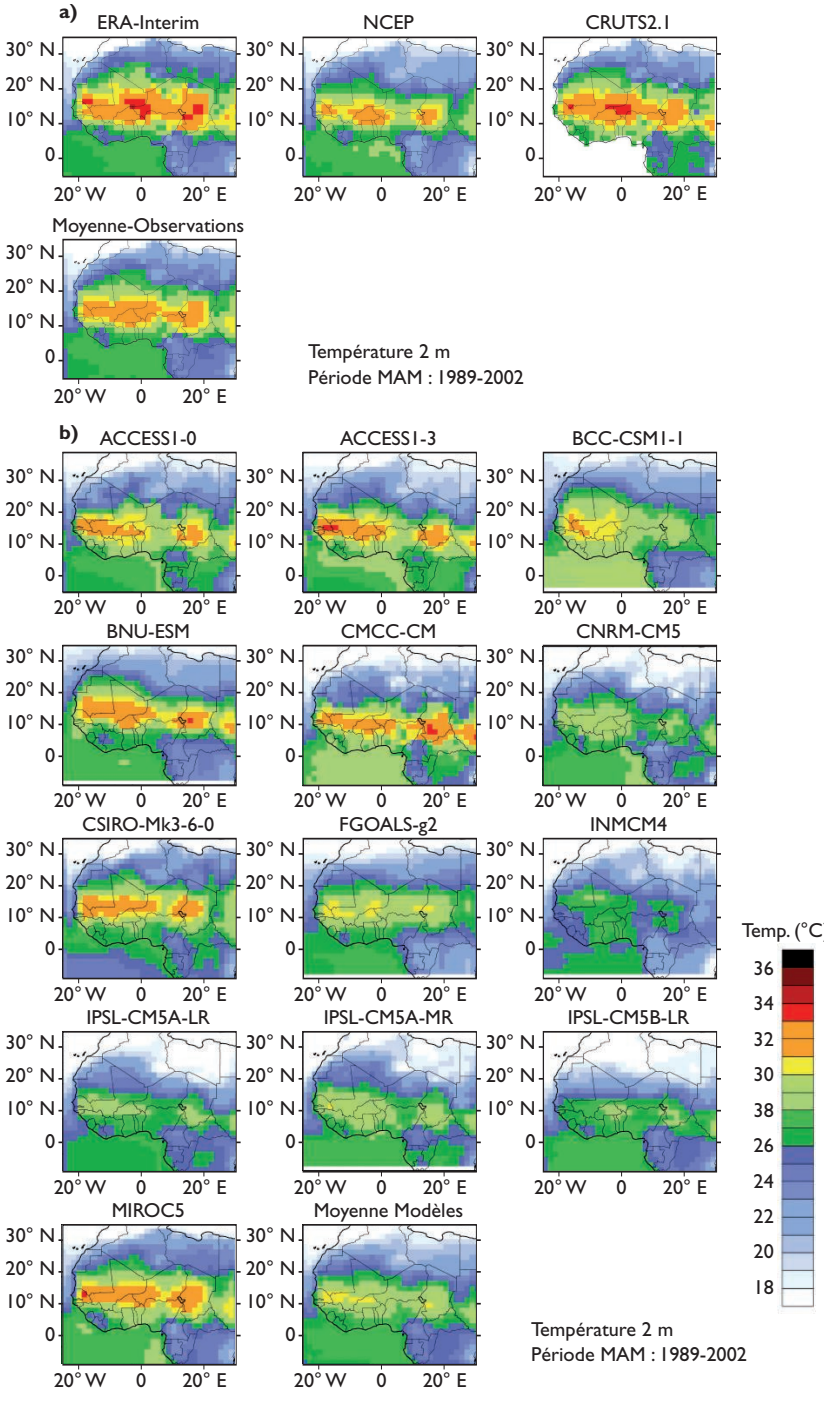


Figure 3.
Climatologie des températures établie sur la période 1989-2002 pour la saison sèche MAM (mars-avril-mai) : comparaison des observations (a) et des modèles CMIP5 (b).

INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5B-LR) ou le place plus au sud, sur la frontière mauritano-sénégalaise (ACCESS1-0, ACCESS1-3, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR). Un deuxième groupe de modèles (BCC-CSM1-1, BNU-ESM, CMCC-CM, FGOALS-g2) reproduit assez bien la valeur de ce maximum, mais plutôt sur le nord de la Mauritanie et du Mali. En définitive, seuls deux modèles (CSIRO-Mk3-6.0 et MIROC5) reproduisent bien le maximum sur le Sahara avec des valeurs comparables à celles du CRU, mais en surestimant le maximum à l'est du continent vers 20° E (entre Niger et Tchad), tandis que le modèle CNRM-CM5 sous-estime la valeur de ce maximum, mais localise bien la position. Comme pour les précipitations, on remarque que la moyenne d'ensemble des modèles CMIP5 reproduit assez bien le maximum de température sur le Sahara et celui à l'est du continent, vers 20° E, mais avec des valeurs légèrement plus faibles.

Dans l'optique des questionnements soulevés par le projet Acasis (Alerte canicules au Sahel et leurs impacts sur la santé) qui vient de démarrer, nous avons étudié le comportement des modèles pendant la saison sèche. La figure 3 présente la climatologie de la température de surface en MAM (mars-avril-mai) pendant la période 1989-2002, en comparant les observations (3a) et les modèles CMIP5 (3b). Les observations montrent, globalement, que les températures chaudes sont localisées sur le Sahel pendant la période sèche, avec trois maxima : un vers l'ouest (sur la frontière sénégalo-malienne), un deuxième dans les environs de Niamey au centre du Sahel et un troisième vers 20° E, au Tchad. Il y a une quasi-concordance entre CRU et Era-Interim, tandis que NCEP trouve bien la position de ces maxima, mais avec des valeurs nettement plus faibles. Certains modèles CMIP5 soit sous-estiment trop fortement ces maxima de températures (IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR), soit ne les reproduisent pas du tout (INMCM4). Un deuxième groupe de modèles (BCC-CSM1-1, CNRM-CM5, FGOALS-g2) représente très moyennement la structure de la climatologie des températures en MAM, en trouvant la bonne position du maximum à l'ouest, mais en ratant celui au centre du Sahel (BCC-CSM1-M1, FGOALS-g2) ou en sous-estimant les maxima de température (CNRM-CM5). Un troisième groupe de modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, BNU-ESM, CMCC-CM, CSIRO-Mk3-6.0, MIROC5) reproduit assez bien les trois maxima de températures en MAM, même s'ils en sous-estiment certains.

L'onset de la mousson

Nous avons présenté le rôle important du cycle saisonnier de la MAO pour les populations locales. En réalité, ce cycle saisonnier de la MAO qui s'accompagne de la migration de la ZCIT vers le nord ne s'effectue pas de manière continue, mais par un déplacement rapide, de l'ordre d'une dizaine de jours, appelé « saut de mousson » (Sultan et Janicot, 2000, 2003 ; Le Barbé *et al*., 2002). Ce « saut de mousson » est un élément très important pour les populations sahéliennes, parce qu'il traduit le signal du début de pluies « utiles » pour les agriculteurs (Ati *et al*., 2002). Cependant, Cook et Vizy (2006) ont montré que, pour le 4e rapport du GIEC, un tiers des modèles ne simulait pas bien la MAO et ne parvenait pas, en particulier, à faire migrer la ZCIT sur le continent pendant l'été boréal. D'autres auteurs

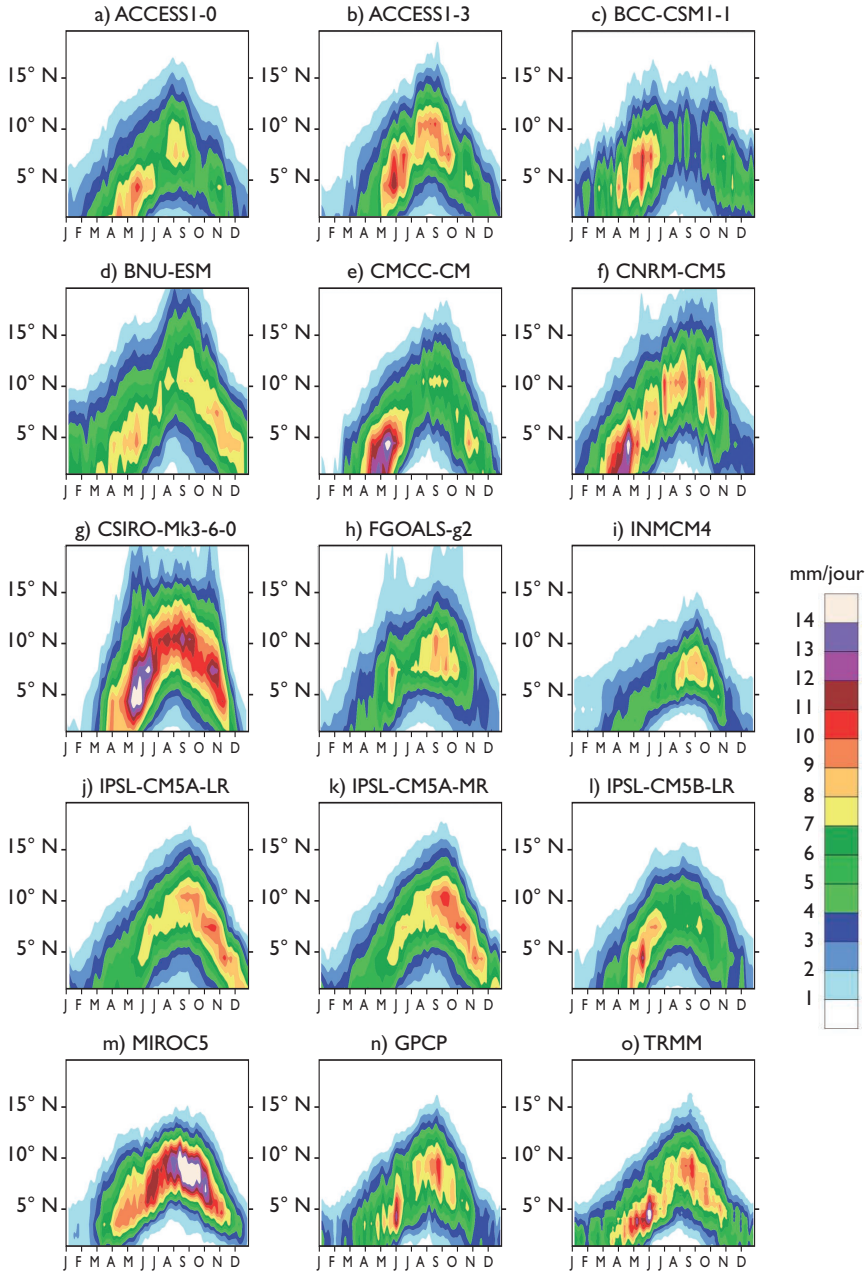


Figure 4.
Évolution saisonnière pour la période 1996-2008
des précipitations moyennées entre 10° W-10° E (mm/jour)
pour des modèles CMIP5 et les observations GPCP.
Le cycle saisonnier a été lissé à l'aide d'une moyenne glissante sur 10 jours.

(Hourdin *et al.*, 2010, Roehrig *et al.*, 2013) ont montré que, dans un mode amip (où les TSMs sont forcées par les observations), les modèles arrivent mieux à simuler la migration de la ZCIT sur le continent.

C'est pourquoi, nous représentons à la figure 4 l'évolution saisonnière des précipitations moyennées sur un domaine 10° W-10° E, pour des modèles CMIP5, dans une expérience amip, comparés à des observations de GPCP et TRMM. Les trois phases de la MAO sont clairement indiquées par les données GPCP. Dans la première phase, le maximum des précipitations reste centré au sud de 5° N jusqu'à la fin du mois de mai, puis le taux de précipitations diminue avant d'augmenter fortement près et au nord de 10° N, signifiant le début de la saison des pluies sur le Sahel (deuxième phase), pour atteindre son maximum au mois d'août. Dans la troisième phase, à partir d'août jusqu'en octobre, GPCP montre un retrait vers le sud du maximum de pluie correspondant à la deuxième saison des pluies sur la région guinéenne. Pour les modèles CMIP5 étudiés, on retrouve presque les résultats de Cook et Vizy (2006) : plus de la moitié ne représente pas bien le « saut de mousson ». En effet, neuf modèles sur les treize étudiés, soit ne reproduisent pas bien le saut (BCC-CSM1-1, CMCC-CM), soit ont une deuxième phase très décalée, c'est-à-dire la saison des pluies au Sahel (BNU-ESM), soit ont la première phase, c'est-à-dire le maximum des pluies sur la côte guinéenne trop au nord (FGOALS-g2, MIROC5) ou trop faible (INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR). En définitive, seuls les modèles ACCESS1-0, ACCESS1-3, CNRM-CM5 et CSIRO-Mk3-6.0 arrivent à reproduire plus ou moins les trois phases de la variabilité intrasaisonnière de la MAO, avec des performances moins bonnes pour ACCESS1-0 et CNRM-CM5.

Quelles sont les projections climatiques sur l'Afrique de l'Ouest pour le XXIe siècle ?

Le 4e rapport du GIEC (simulations CMIP3) avait conclu à un très probable réchauffement de la planète comme conséquence de l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Meehl *et al.*, 2007). Cependant, il y avait une divergence entre les modèles sur les précipitations dans certaines régions, en particulier au Sahel (Cook, 2008). La question est donc de savoir quelles sont les avancées apportées par les travaux de CMIP5, base du 5e rapport du GIEC ?

Projections des pluies sur l'Afrique de l'Ouest pour le XXIe siècle

La figure 5 présente un bref aperçu des changements des précipitations en Afrique de l'Ouest pour le XXIe siècle, dans le cas d'un scénario rcp4.5 dit « réaliste », pour la période 2011-2040. Pour les trente prochaines années, la majorité des modèles

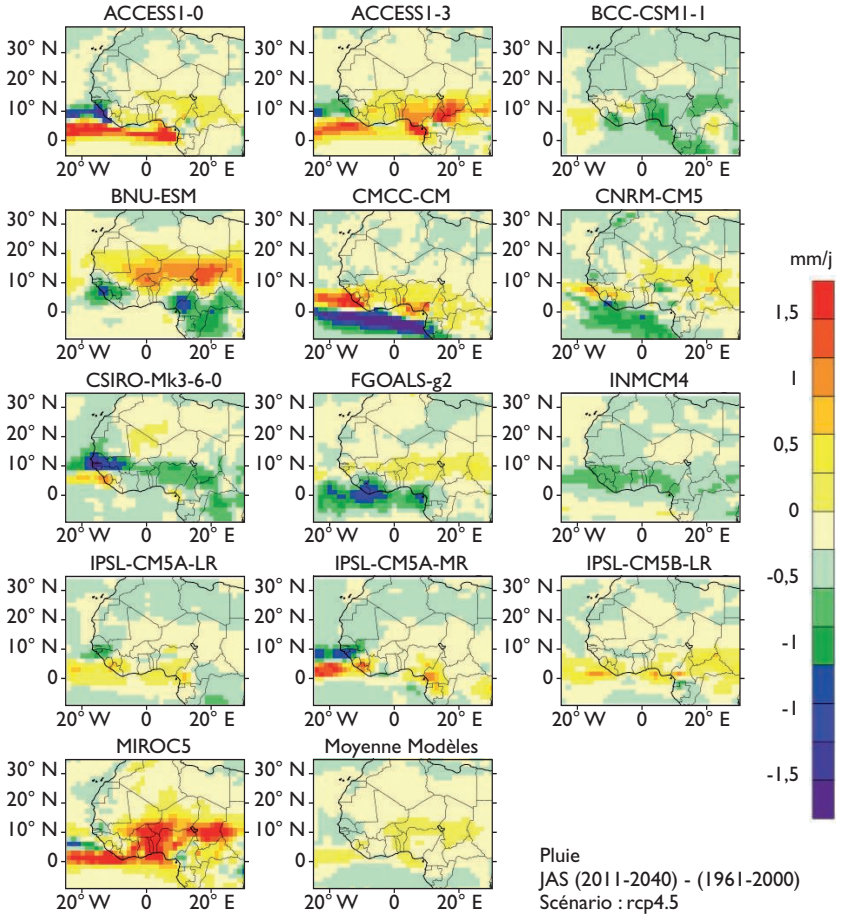


Figure 5.
Différence de pluie entre le futur (scénario rcp4.5) et le climat présent (historical) en Afrique de l'Ouest, en JAS (juillet-août-septembre), de 12 modèles CMIP5 et leur moyenne d'ensemble, pour la période 2011-2040.

CMIP5 étudiés (8-10 sur 13) montrent des projections de pluie à la hausse sur le Sahel à l'est de 10° W, à la baisse à l'ouest de 10° W (sauf pour BCC-CSM1-1 et INMCM4) et à la baisse sur le Maghreb (sauf pour ACCESS1-3, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6.0, FGOALS-g2, MIROC5). Durant cette même période, sur l'Afrique équatoriale, la majorité des modèles (9 sur 13) montre des projections à la hausse, tandis que les modèles BCC-CSM1-1, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6.0 et INMCM4 montrent plutôt le contraire. La moyenne d'ensemble des modèles étudiés montre des projections de pluie à la hausse au Sahel (à l'est de 10° W) et en Afrique équatoriale, à la baisse au Sahel (à l'ouest de 10° W) et au Maghreb.

La deuxième moitié du XXIe siècle (figure non montrée) voit confirmer, par une majorité de modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, BCC-CSM1-1, CNRM-CM5,

FGOALs-g2, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC5), une augmentation de la pluie au Sahel central et est, une augmentation de la pluie en Afrique équatoriale, une diminution de la pluie au Sahel ouest et au Maghreb (avec une divergence entre les modèles sur les régions du Maghreb concernées). Pour cette période, deux modèles (CSIRO-Mk3-6.0 et INMCM4) se singularisent, en projetant des diminutions de pluie sur pratiquement toute l'Afrique de l'Ouest ; deux autres modèles (BNU-ESM et CMCC-CM) donnent des résultats contraires sur le Sahel central/est et sur l'Afrique équatoriale. Les dernières trente années du XXIe siècle (2071-2100 ; figure non montrée) confirment (10 modèles sur 13) des projections à la hausse des pluies sur le Sahel est/central, sur une partie de l'Afrique équatoriale et à la baisse des pluies sur le Sahel ouest et le Maghreb. Le consensus n'est pas franc entre les modèles sur le Maghreb. Les modèles CSIRO-Mk3-6.0 et INMCM4 confirment aussi leur singularité en donnant des projections de pluie à la baisse sur toute l'Afrique de l'Ouest, tandis que le modèle BCC-CSM1-1 divise le continent pratiquement en deux : l'ouest avec des pluies à la baisse et l'est avec des pluies à la hausse.

Le scénario rcp4.5 montre, pour la majorité des modèles CMIP5 étudiés, des projections de pluies pour le XXIe siècle et pendant la saison humide juillet-août-septembre, comparées à la période 1961-2000 : (1) une augmentation sur le Sahel central et est, sur une partie de la zone équatoriale (0-10° N) et sur le Maghreb ; (2) une diminution des précipitations sur le Sahel ouest, sur le Gabon et le Congo (5° S-0°).

La figure 6 présente les changements des précipitations en Afrique de l'Ouest pour le XXIe siècle, comparées aux précipitations actuelles, dans le cas d'un scénario rcp8.5 dit « pessimiste », pour la période 2011-2040. Les projections des précipitations pour la première période de 30 ans donnent des résultats très contrastés. D'abord, une majorité des modèles étudiés (BNU-ESM, CNRM-CM5, FGOALS-g2, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, MIROC5) fait des projections de pluie à la hausse sur le Sahel central/est et à la baisse sur le Sahel ouest, tandis que deux modèles (BCC-CSM1-1 et CSIRO-Mk3-6.0) trouvent le contraire. Ensuite, trois modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-0 et CMCC-CM) font des projections de pluie à la hausse sur tout le Sahel, tandis que deux autres (INMCM4 et IPSL-CM5B-LR) trouvent plutôt une baisse. Sur l'Afrique équatoriale, plus de la moitié des modèles étudiés (BCC-CSM1-1, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6.0, FGOALS-g2, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR) montrent des projections de la pluie à la baisse, tandis que cinq modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, CMCC-CM, CNRM-CM5, MIROC5) indiquent le contraire. Enfin, presque tous les modèles étudiés (sauf MIROC5) donnent des projections de la pluie à la baisse sur le Maghreb, même s'ils ne s'accordent pas sur les zones concernées.

Pour la deuxième moitié du XXIe siècle (2041-2070 ; figure non montrée), un seul modèle (FGOALS-g2) fait des projections de pluie à la hausse sur tout le Sahel. Un seul modèle aussi (CSIRO-Mk3-6.0) se singularise en donnant des projections à la baisse sur tout le Sahel, avec des valeurs supérieures à 1,5 mm/jour. Une large majorité des modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, BCC-CSM1-1, BNU-ESM, CMCC-CM, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6.0, FGOALS-g2, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC5), soit 11 sur 13, montre des projections de

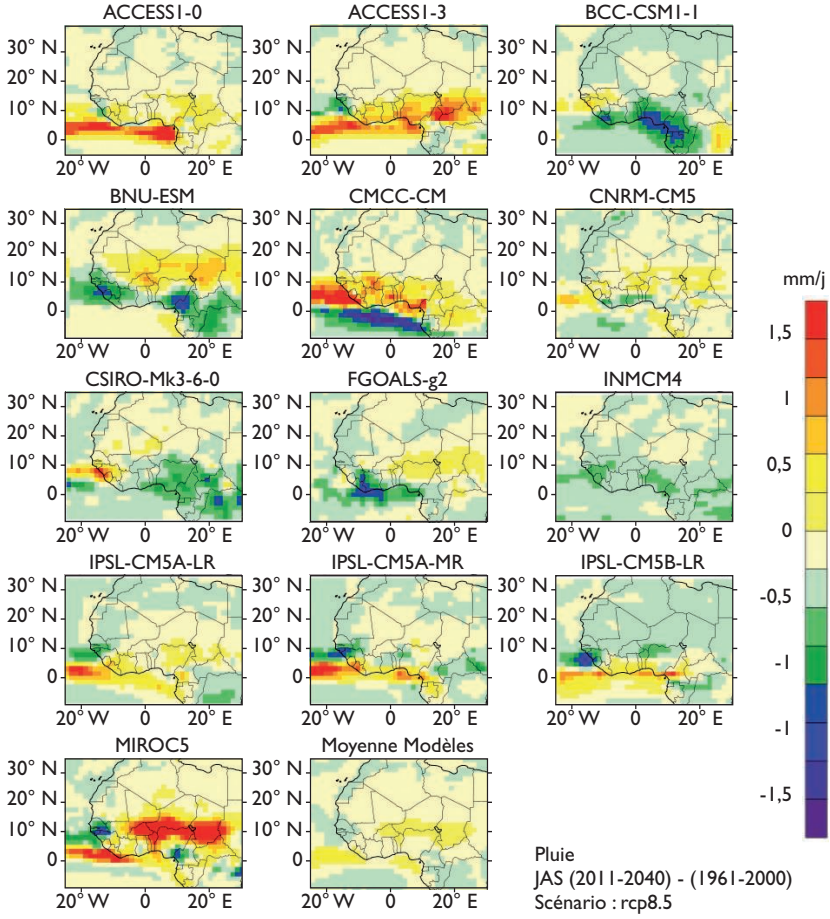


Figure 6.
Différence de pluie entre le futur (scénario rcp8.5) et le climat présent (historical) en Afrique de l'Ouest, en JAS (juillet-août-septembre), de 12 modèles CMIP5 et leur moyenne d'ensemble, pour la période 2011-2040.

pluie à la baisse sur le Sahel ouest et à la hausse sur le Sahel central/est. Dans cette catégorie, deux modèles (BCC-CSM1-1 et INMCM4) donnent une extension plus large du Sahel ouest, concerné par la baisse des précipitations : il englobe un domaine depuis Niamey (2,5° E) jusqu'au Sénégal. Presque tous les modèles étudiés donnent des projections de pluie à la baisse sur le Maghreb, même si certains parmi eux (ACCESS1-3, BNU-ESM, CNRM-CM5, FGOALS-g2) excluent l'Algérie et l'est du Maroc. Sur la partie sud de l'Afrique équatoriale (Gabon, Congo et République démocratique du Congo), une majorité des modèles (ACCESS1-0, BCC-CSM1-1, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6.0, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR), soit 8 sur 13, fait une projection de pluies à la baisse. Cependant, quelques modèles (ACCESS1-3, CMCC-CM, CNRM-CM5, FGOALS-g2, MIROC5) font plutôt une projection de pluie à la hausse sur cette même zone.

Les projections des modèles sur les dernières décennies du XXIe siècle (2071-2100 ; figure non montrée) montrent un large consensus sur une baisse des précipitations sur le Maghreb : seul le modèle BNU-ESM montre le contraire. Il est vrai que certains modèles (CNRM-CM5, FGOALS-g2, MIROCS) montrent aussi une baisse sur l'est du Maghreb et la Libye. Une large majorité des modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, CMCC-CM, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MIROC5) fait des projections de baisse des pluies sur le Sahel ouest et de hausse sur le Sahel central/est. On retrouve encore, dans cette période, des modèles (BNU-ESM, CNRM-CM5, FGOALS-g2) qui font des projections de pluie à la hausse sur tout le Sahel et deux modèles (BCC-CSM1-1 et CSIRO-Mk3-6.0) qui disent le contraire. Enfin, sur le sud de l'Afrique équatoriale (Gabon, Congo et République démocratique du Congo), une large majorité de modèles (ACCESS1-0, ACCESS1-3, BNU-ESM, CSIRO-Mk3-6.0, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR) fait des projections de pluie à la baisse, tandis que trois autres (CMCC-CM, CNRM-CM5, FGOALS-g2) soutiennent le contraire. Deux modèles (BCC-CSM1-1 et CSIRO-Mk3-6.0) se singularisent dans cette zone en donnant, en plus, des projections opposées sur la côte guinéenne et le sud de l'Afrique équatoriale.

Dans un scénario rcp8.5, les moyennes d'ensemble des modèles CMIP5 étudiés montrent des projections de pluie pour le XXIe siècle et pendant la saison humide juillet-août-septembre, comparées à la période 1961-2000 : (1) en augmentation sur le Sahel est, avec des taux très élevés sur le Burkina, le sud du Niger, le sud du Tchad et le Soudan, vers les dernières décennies du XXIe siècle ; (2) en diminution sur le Sahel ouest (Sénégal, Gambie, Guinée) avec des taux devenant très élevés vers les dernières décennies sur la Casamance, la Gambie et la Guinée dans sa totalité ; (3) en diminution sur le Gabon, le Congo et la République démocratique du Congo (partie sud de l'Afrique équatoriale) ; (4) en diminution sur le Maghreb, concernant le Maroc en entier pour la première période, et restant localisée sur le nord de cette zone (au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Libye) vers les dernières décennies.

Projections des températures sur l'Afrique de l'Ouest pour le XXIe siècle

Les projections de température pour le XXIe siècle et pendant la saison humide juillet-août-septembre, comparées à la période 1961-2000, dans un scénario rcp4.5 (figure non montrée), montrent des températures à la hausse sur l'Afrique de l'Ouest, quasiment pour tous les modèles. Un seul modèle (BNU-ESM) montre des projections de température à la baisse sur le Sahel central et durant tout le XXIe siècle. Ce modèle est rejoint par FGOALS-g2 pour la période 2071-2100. Cette hausse des projections de température divise l'Afrique de l'Ouest en deux zones : (1) au nord de 12,5° N où la différence de température est de 2 °C les trente premières années, pour atteindre 2,5 °C environ vers la fin du XXIe siècle ; (2) au sud de 12,5° N où la différence de température est de 1 °C pendant la période 2011-2040, pour atteindre 2 °C lors de la période 2071-2100.

Les projections de température comparées à celles du passé récent, dans un scénario pessimiste rcp8.5, sont représentées à la figure 7. Les projections de température de

la première période (2011-2040), donnent des hausses atteignant 2,5 °C-3 °C au nord de 15° N pour tous les modèles et 1 °C pour tous les modèles (sauf BNU-ESM qui montre plutôt des projections de température à la baisse sur le Sahel central/est) au sud de 15° N. Cette tendance du réchauffement dans les projections est confirmée par tous les modèles aussi bien au nord de 15° N (où elles atteignent 3,5 °C) qu'au sud de 15° N (où elles atteignent 2 °C), dans la période 2041-2070 (figure non montrée). Cependant, dans cette partie sud, toute la côte guinéenne montre un réchauffement nettement plus modéré. Enfin, les dernières décennies du XXIe siècle accentuent la tendance du réchauffement (figure non montrée) : celui-ci variant de 3 °C au sud de 15° N (sans exclure cette fois-ci les côtes guinéennes) jusqu'à 4-5 °C au nord.

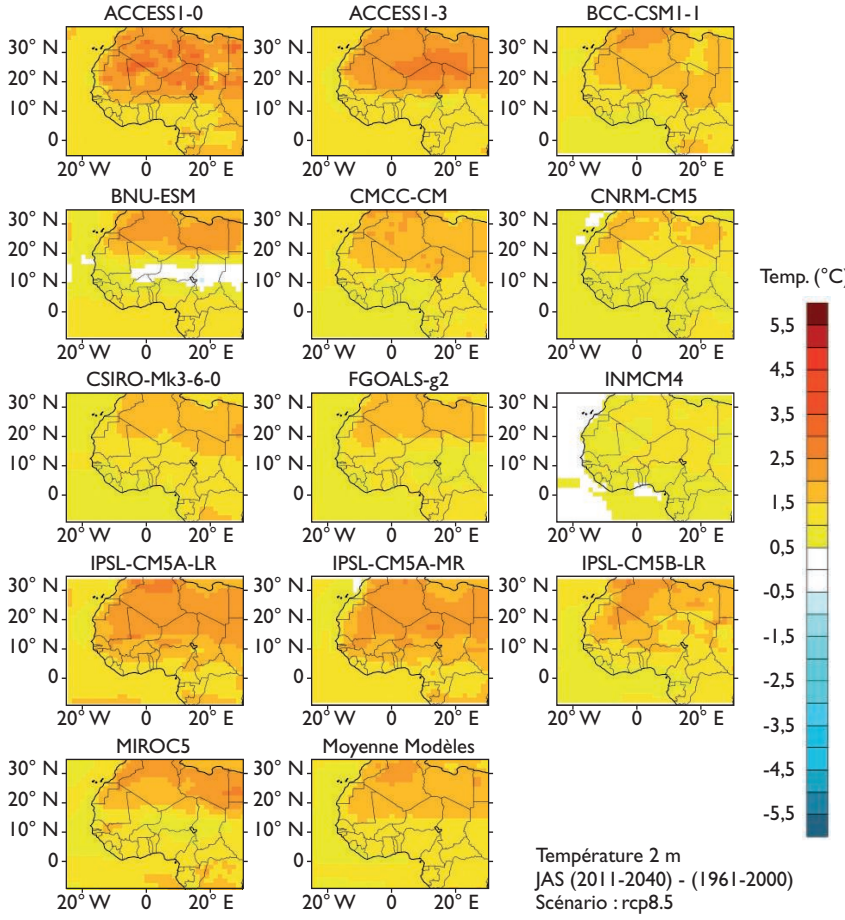


Figure 7.
Différence de température entre le futur (scénario rcp8.5) et le climat présent (historical) en Afrique de l'Ouest, en JAS (juillet-août-septembre), de 12 modèles CMIP5 et leur moyenne d'ensemble, pour la période 2011-2040.

Ce qui est remarquable sur les températures, c'est que même dans un scénario dit « irréaliste » rcp2.6, les projections montrent des hausses sur quasiment toute l'Afrique de l'Ouest (sauf la Libye et une partie du Nord-Niger-Mali-Tchad) pouvant atteindre 0,5 °C dans les décennies actuelles 2011-2040 (figure non montrée). De plus, cette tendance à la hausse atteindrait 1 °C pour la fin du XXIe siècle et concernerait toute l'Afrique de l'Ouest. Ce constat nous a amenés à nous intéresser à la saison sèche, puisque récemment FONTAINE *et al*. (2013) ont montré qu'une augmentation de vagues de chaleur pourrait survenir durant cette saison (voir aussi chap. 1, ce volume).

C'est pourquoi nous représentons sur la figure 8 les projections de température en mars-avril-mai, comparées aux températures actuelles (1961-2000) et pour un scénario considéré réaliste, c'est-à-dire rcp4.5. On observe des hausses atteignant 1,5 °C,

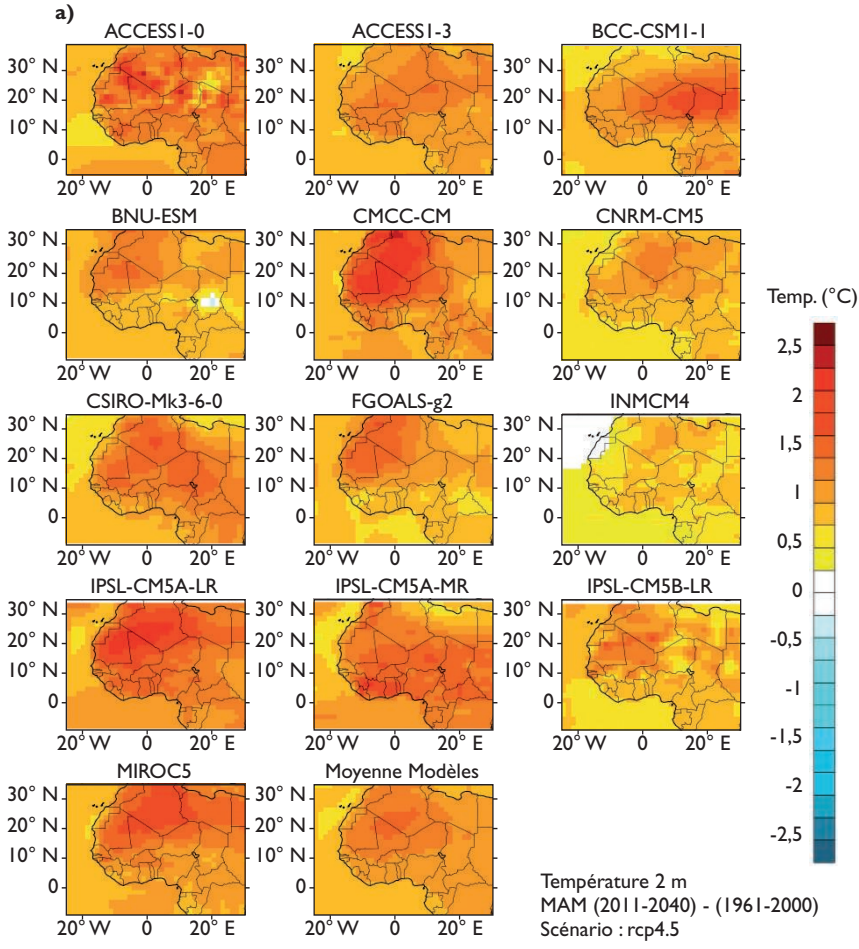


Figure 8a.
Différence de température entre le futur (scénario rcp4.5) et le climat présent (historical) en Afrique de l'Ouest, en MAM (mars-avril-mai), de 12 modèles CMIP5 et leur moyenne d'ensemble, pour la période 2011-2040.

pendant la période 2011-2040, sur une partie du centre et du nord du Sahel (Algérie, Niger, nord du Burkina, Mali et nord du Sénégal) avec un consensus des modèles étudiés (fig. 8a). Cette hausse s'accentue dans la moitié du XXIe siècle (figure non montrée) atteignant 2 °C partout en Afrique de l'Ouest et dépassant cette température sur l'Algérie, le Niger et le Mali. Enfin, la fin du XXIe siècle sera marquée par une accélération de cette tendance à la hausse (qui dépassera 2,5 °C partout au nord de l'Afrique de l'Ouest) et par sa propagation jusqu'au sud du continent, aux environs de 10° N, touchant ainsi la Guinée, la Côte-d'Ivoire, le Burkina en entier et même le Nord-Nigeria (fig. 8b). Ces résultats confirment la pertinence des questions soulevées par le projet Acasis, dans l'analyse des phénomènes de vagues de chaleur en période sèche sur l'Afrique de l'Ouest.

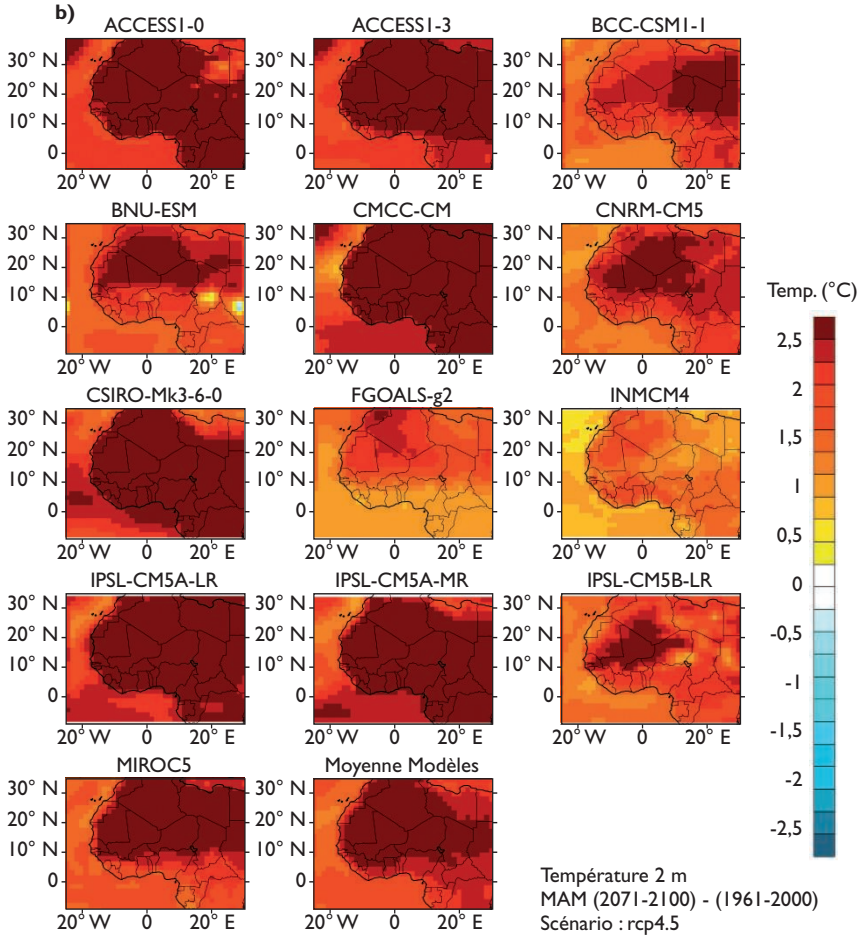


Figure 8b.
Différence de température entre le futur (scénario rcp4.5) et le climat présent (historical) en Afrique de l'Ouest, en MAM (mars-avril-mai), de 12 modèles CMIP5 et leur moyenne d'ensemble, pour la période 2071-2100.

Les projections sont différentes au Sahel sur les précipitations entre un Ouest (15° W-5° W) connaissant une baisse et un Est (10° E-35° E) connaissant une hausse ; avec une zone de transition (5° W-10° E) où les modèles divergent. Par contre, pour les températures, le réchauffement semble robuste et important en amplitude. De même, pour la saison sèche, ce réchauffement est si important que des situations de vagues de chaleur fréquentes sont très plausibles, comme le signale le 5e rapport du Giec (voir aussi chap. 1, ce volume).

Quelles sont les évidences et les incertitudes des projections climatiques pour le XXIe siècle sur l'Afrique de l'Ouest ?

Les résultats des modèles CMIP5 étudiés, analysés dans le premier paragraphe, montrent qu'ils reproduisent raisonnablement certaines caractéristiques clés de la MAO. On peut donc accorder à ces modèles une confiance en leurs capacités à fournir des projections du climat sur l'Afrique de l'Ouest plus ou moins fiables. Les résultats précédents semblent montrer que la confiance en les modèles serait plus élevée pour les températures que pour les précipitations. L'objectif, dans ce paragraphe, est de répondre à cette assertion, en évaluant pour ces deux paramètres, quels résultats sont robustes et pour les résultats qui ne le sont, quelles incertitudes y sont associées. Pour ce faire, nous avons d'abord élaboré des diagnostics simples, inspirés de Roehrig *et al.* (2013), permettant de comparer les moyennes d'ensemble des modèles, leurs dispersions et leur accord sur les signes de l'évolution de ces grandeurs. Ensuite, sur les régions caractéristiques de l'Afrique de l'Ouest où les résultats semblent diverger, nous avons déterminé l'évolution au cours du XXIe siècle des valeurs moyennes des anomalies des précipitations et des températures, associées à leurs dispersions.

Sur les précipitations

La figure 9 présente la moyenne d'ensemble, la dispersion inter-modèles et l'accord entre les modèles sur la variation du signe de la pluie en JAS, pour le scénario rcp4.5 et pour les périodes 2011-2040 (9a), 2041-2070 (9b), 2071-2100 (9c) ; pour le scénario rcp8.5 et respectivement pour les mêmes périodes (fig. 9d, 9e et 9f).

La moyenne d'ensemble des modèles, dans un scénario rcp4.5, montre globalement une hausse des précipitations, pendant la période 2011-2040, sur le Sahel est (du Tchad à Bamako, vers 10° W), une diminution sur le Sahel ouest (de Bamako au Sénégal) et une baisse sur le Maghreb (Maroc, Tunisie et Nord-Libye). On observe de très fortes variations de l'écart-type (fig. 9a), atteignant 2-2,5 mm/jour, surtout

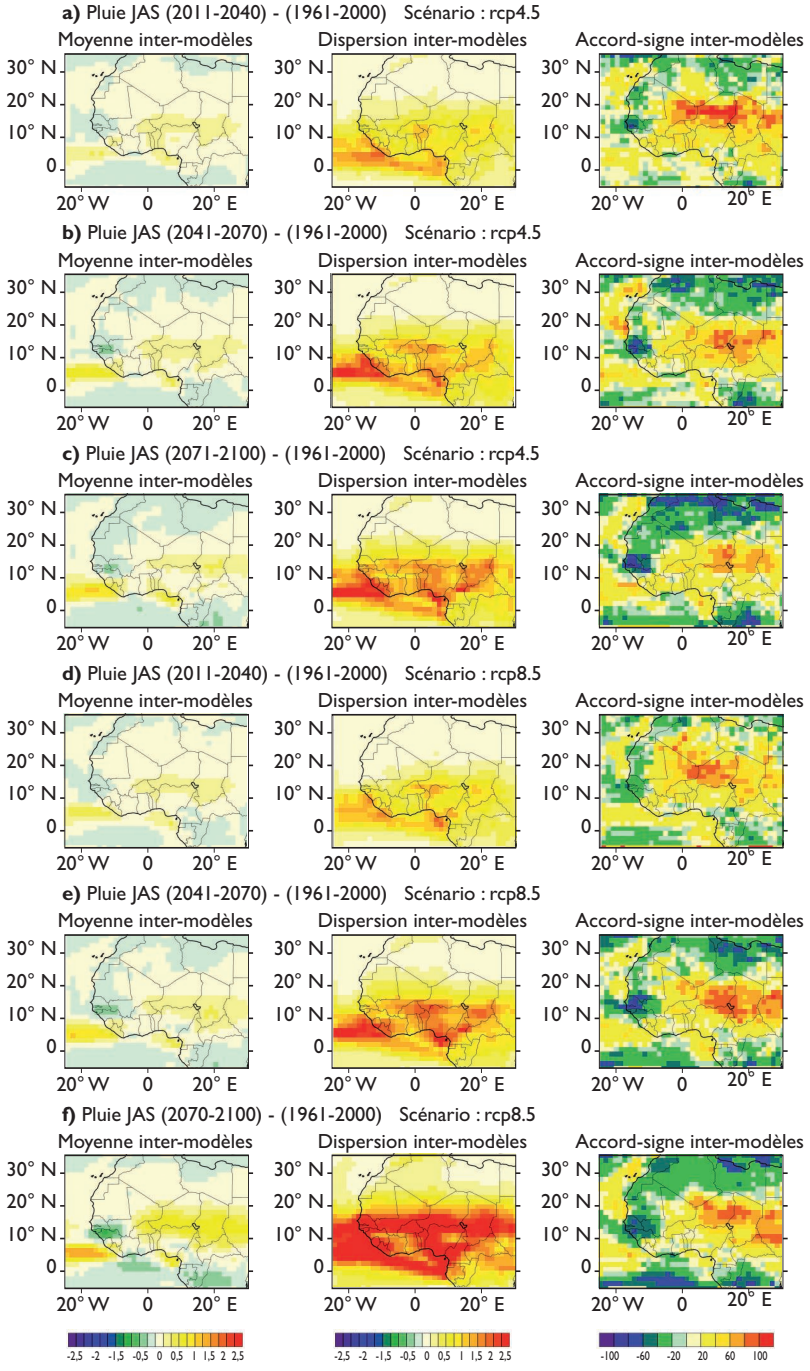


Figure 9.
Moyenne d'ensemble, dispersion et concordance des modèles CMIP5 sur le signe de l'évolution de la pluie en JAS, pour le scénario rcp4.5 et les périodes 2011-2040 (a), 2041-2070 (b) et 2071-2100 (c) (d-f pour le scénario rcp8.5).

sur le golfe de Guinée jusqu'au Liberia et la Sierra Leone, montrant par conséquent une large incertitude sur cette hausse des pluies. Le consensus entre les modèles sur la hausse au Sahel est atteint 80 %, tandis que pour la baisse sur le Sahel ouest, il varie de 60 % (Sud-Sénégal et Guinée-Bissau) à 40 % (Bamako-Sénégal). Sur le Maghreb aussi, le consensus sur la baisse des précipitations est faible (30-40 %). Dans le cas d'un scénario rcp8.5 (fig. 9d), on ne note pas de changement notable dans les moyennes d'ensemble et les dispersions des modèles sur le Sahel. Par contre, le consensus entre les modèles change sur le Sahel est : il reste à 80 % sur la partie plus à l'est (Niger-Tchad), mais diminue jusqu'à 40-60 % sur le Burkina et le Mali et 40 % sur le Sahel ouest.

Peu de changements sont observés sur la moyenne d'ensemble, dans la moitié du XXIe siècle et dans un scénario rcp4.5 (fig. 9b), sauf la propagation de la baisse sur le Maghreb (atteignant la Mauritanie, l'Algérie et toute la Libye pratiquement) et son accentuation sur la Casamance et la Guinée. On note cependant une augmentation de la dispersion sur le Sahel est et un changement sur le consensus entre les modèles dans cette zone. Le consensus reste fort (80 %) sur le Niger-Tchad, mais diminue fortement (40-60 %) sur Bamako-Niger ; par contre, il augmente sur le Sahel ouest pour atteindre 50-60 % sur une grande partie du Sénégal et 40-60 % sur le Nord-Maghreb. Le scénario rcp8.5 (fig. 9e) confirme l'augmentation du consensus sur le Sénégal (60 %) et sur une grande partie du Maghreb.

Les projections de la pluie, de la moyenne d'ensemble des modèles, montrent plutôt une extension de la baisse des précipitations sur le Maghreb, pour la fin du XXIe siècle dans un scénario rcp4.5 (fig. 9c), mais varient très peu sur le Sahel, comparativement au début et au milieu du XXIe siècle. Cependant, le consensus des modèles diminue sur le Sahel est (Niger-Tchad), mais reste relativement élevé (60 %). Par contre, il reste stable sur le Sahel ouest et le Maghreb, mais concerne entièrement ces domaines contrairement à la période précédente. La dispersion augmente considérablement sur le Sahel atteignant presque partout 2,5 mm/jour dans un scénario rcp8.5 (fig. 9.f). Cependant, le consensus sur le signe de la différence des pluies partage le Sahel en trois zones : l'ouest (15° W-5° W) avec 40-60 % des modèles, le centre (5° W-10° E) avec peu de modèles en accord, soit 20-30 % et l'extrême est (10° E-30° E) avec 60-80 % de modèles en accord.

Ce qui semble être des évidences dans ces résultats, pour les deux scénarii étudiés : (1) les différences sur le Sahel pour les projections de pluie au XXIe siècle, avec une partie ouest (Bamako-Sénégal) connaissant une diminution des précipitations et une partie est (10° E-30° E), du Niger au Soudan, connaissant plutôt le contraire ; (2) la particularité d'une zone de transition, comprise entre 5° W-10° E (Bamako jusqu'au centre du Niger), où la baisse des précipitations ne fait pas un consensus franc entre les modèles.

Sur les températures

La figure 10 présente la moyenne d'ensemble, la dispersion inter-modèles et l'accord entre les modèles sur la variation du signe de la température en JAS, pour le scénario rcp4.5 et pour les périodes 2011-2040 (10a), 2041-2070 (10b), 2071-2100 (10c) ;

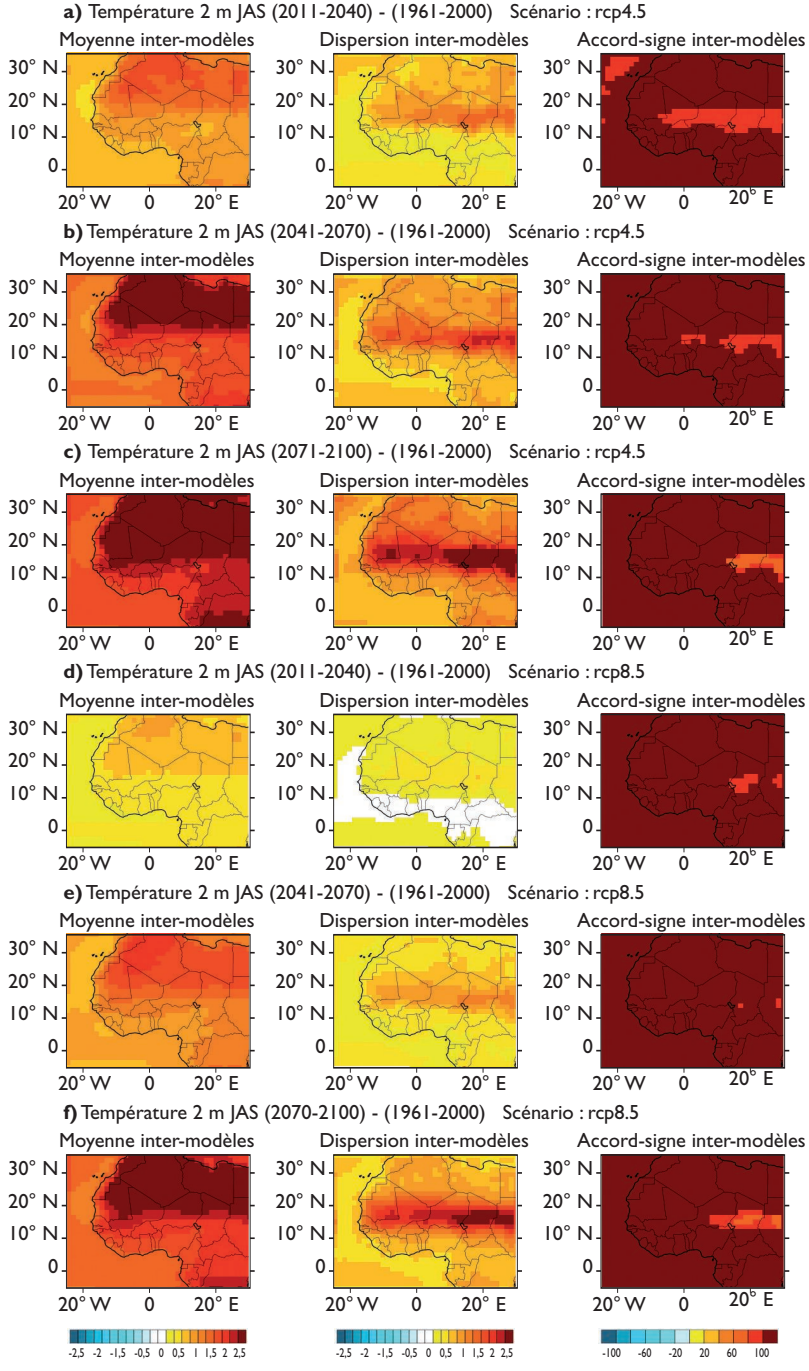


Figure 10.
Moyenne d'ensemble, dispersion et concordance des modèles CMIP5 sur le signe de l'évolution de la température en JAS, pour le scénario rcp4.5 et les périodes 2011-2040 (a), 2041-2070 (b) et 2071-2100 (c) (d-f pour le scénario rcp8.5).

pour le scénario rcp8.5 et respectivement pour les mêmes périodes (fig. 10d, 10e et 10f). Les résultats semblent robustes (pour rcp4.5 et les trois périodes considérées) et se caractérisent par un réchauffement partout, accentué au nord de 15° N dans la première période pour atteindre même 10° N au milieu et à la fin du XXIe siècle avec des valeurs toujours supérieures à 2 °C (fig. 10a-c). De même, on note une large dispersion des projections (de 1,5 °C dans les premières décennies à 2,5 °C en 2041-2071) sur une bande sahélienne comprise entre 10° N-20° N et 0°-30° E. Cette dispersion est moins importante dans cette bande sur la partie ouest du continent (15° W-0°). Le réchauffement constaté fait l'unanimité des modèles sauf sur les zones de large dispersion où le consensus entre les modèles dépasse quand même 80 %. Dans un scénario rcp8.5 (fig. 10d-f), les configurations restent similaires, seulement les valeurs du réchauffement doublent pratiquement, comparées à celles du scénario rcp4.5.

Pour discuter des incertitudes des projections, nous avons donc considéré les zones identifiées comme des zones de larges dispersions des modèles (plutôt que d'étudier l'Afrique de l'Ouest dans sa globalité) et y avons calculé les anomalies annuelles moyennes (par rapport au XXe siècle) des projections de pluie et de température avec leurs dispersions.

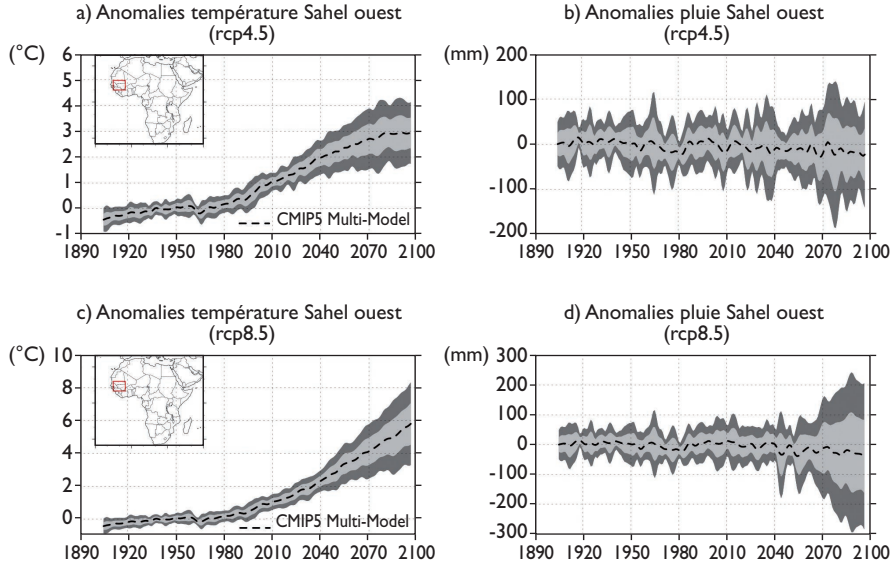


Figure 11.
Évolution de l'anomalie de température (a, c) et de l'anomalie de pluie (b, d) de la moyenne d'ensemble des modèles CMIP5 étudiés entre le XXe et le XXIe siècle en zone Sahel ouest (10-20° N, 15° W-5° W ; symbolisée par le rectangle rouge), pour les scénarii rcp4.5 et rcp8.5.
Les tirets représentent l'anomalie,
la couleur claire représente 1 sigma et la couleur sombre 2 sigma.

La figure 11 présente l'évolution temporelle, de 1900 à 2100, de l'anomalie annuelle de la température et des précipitations de la moyenne d'ensemble des douze modèles CMIP5 étudiés, dans la zone ouest du Sahel, pour les scénarii rcp4.5 et rcp8.5. Le réchauffement dans un scénario rcp4.5 semble franc depuis les années 1980, il atteint presque 1 °C en 2010, double pratiquement en 30 ans pour se stabiliser à 3 °C environ vers 2070 (fig. 11a). Les incertitudes de ce réchauffement (+/- 0,2 °C) sont relativement faibles dans les années 2010, augmentent très vite pour atteindre +/- 1,2 °C vers la fin du XXIe siècle. Dans un scénario rcp8.5 (fig. 11c), le réchauffement est quasi identique à celui du scénario rcp4.5 jusqu'en 2040 où il atteint 2,5 °C (2 °C pour rcp4.5), mais augmente très rapidement à partir de cette période : il vaut 4 °C en 2070, puis 6 °C à la fin du XXIe siècle. Les incertitudes de ce réchauffement sont sensiblement égales à celui du scénario rcp4.5 jusqu'en 2040, mais elles représentent plus que le double (+/- 2,8 °C) vers la fin du XXIe siècle. Une grande différence entre le réchauffement dans le scénario rcp4.5 ou rcp8.5 est sa stabilisation dans le premier cas à partir de 2070, alors qu'il continue de toujours croître assez vite dans le deuxième cas. L'anomalie des pluies dans un scénario rcp4.5 (fig. 11b), bien que variable, est généralement positive depuis le début du XXe siècle jusqu'aux années 1970 où elle devient négative, coïncidant avec la sécheresse au Sahel. Après un léger retour des anomalies positives vers 2010, c'est plutôt une tendance à la baisse des précipitations qui s'installe à partir de cette date jusqu'à la fin du XXIe siècle. Cette plage de variation de l'anomalie de pluie fluctue entre +/- 80 mm dans la période 2040-2070 pour atteindre +/- 120 mm vers la fin du XXIe siècle. Dans un scénario rcp8.5 (fig. 11d), l'anomalie des pluies est légèrement positive, mais avec une forte variabilité dans la période 1990-2010, puis redevient négative à partir de 2040 jusqu'à la fin du XXIe siècle. L'amplitude des variations est nettement supérieure à celle du scénario rcp4.5 : elle varie entre +/- 90 mm pour la période 2010-2040, entre +/- 120 mm pour la période 2040-2070 et entre +/- 230 mm pour la période 2070-2100.

Dans la zone est du Sahel, le réchauffement est aussi net, dans un scénario rcp4.5, à partir de 1980 (fig. 12a), en suivant pratiquement la même évolution que dans la zone ouest. Cependant, les amplitudes de variation sont légèrement supérieures : elles sont de +/- 0,8 °C vers 2040 (contre 0,6 °C pour l'ouest) et de +/- 1,4 °C à partir de 2070 (contre 1,2 °C). Dans un scénario rcp8.5 (fig. 12c), l'évolution de l'anomalie des températures est quasi similaire à celle de la zone ouest. Cependant, les amplitudes de variation sont légèrement supérieures. L'anomalie des pluies dans la zone est du Sahel, dans un scénario rcp4.5, suit une tendance à la hausse depuis les années 1990 jusqu'à 2040 (fig. 12b), avec une forte variabilité. À partir de 2040, tout en restant positive, l'anomalie des pluies oscille autour de 30 mm jusqu'à la fin du XXIe siècle. L'amplitude des variations augmente très rapidement à partir de 2000 : elle oscille autour de +/- 140 mm en 2040 (+/- 100 mm pour la zone ouest) pour atteindre +/- 160 mm vers 2100 (contre +/- 120 mm). Donc l'amplitude de variation de l'anomalie des pluies en zone est est nettement supérieure à celle de la zone ouest. Dans un scénario rcp8.5 (fig. 12d), la tendance de la hausse des pluies est plus nette et plus rapide à partir de 2040 (30 mm) pour atteindre 100 mm vers 2100. L'amplitude des variations (+/- 140-300 mm) est nettement supérieure à celle de la zone ouest pour les mêmes périodes.

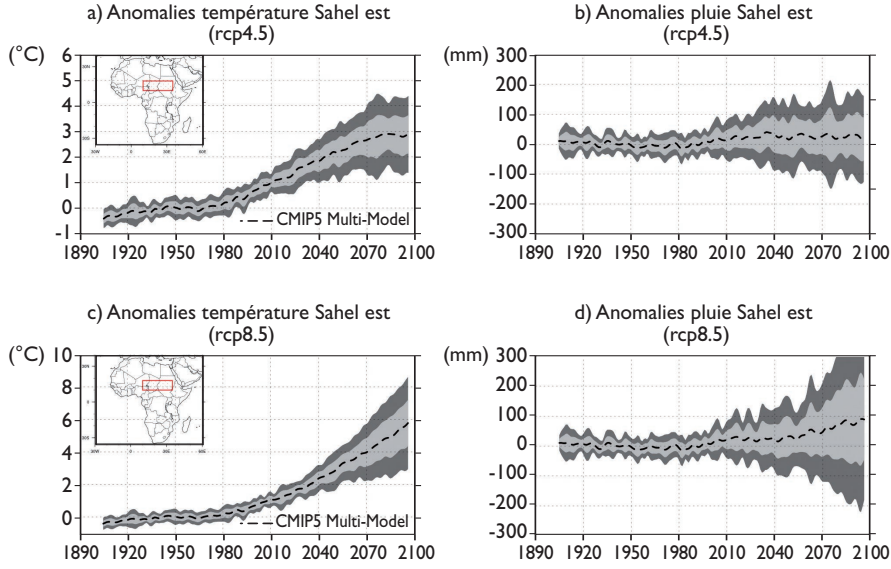


Figure 12.
Évolution de l'anomalie de température (a, c) et de l'anomalie de pluie (b, d) de la moyenne d'ensemble des modèles CMIP5 étudiés entre le XX^e^ et le XXI^e^ siècle en zone Sahel est (10-20° N, 10° E-35° E ; symbolisée par le rectangle rouge), pour les scénarii rcp4.5 et rcp8.5.
Les tirets représentent l'anomalie,
la couleur claire représente 1 sigma et la couleur sombre 2 sigma.

Conclusion

Les résultats des simulations de douze modèles ayant participé à l'expérience CMIP5 ont montré que, même si ces modèles ont beaucoup progressé dans la représentation des caractéristiques de la MAO, leurs projections climatiques sur l'Afrique de l'Ouest ont peu évolué, comparées à celles de CMIP3. Cependant, le signal du réchauffement sur l'Afrique de l'Ouest semble robuste, atteignant en moyenne 3 °C dans un scénario rcp4.5 et le double dans un scénario rcp8.5 ; soit un réchauffement supérieur de 10 à 60 % au réchauffement global moyen sur la Terre. La dispersion des projections des modèles, comme dans CMIP3, est toujours importante pour les températures, mais surtout pour les précipitations. Sur les températures, malgré une quasi-unanimité des modèles sur le réchauffement prévu, on atteint des amplitudes de variation de 1,8-4,2 °C dans un scénario rcp4.5 et de 3,5-8,5 °C dans l'ouest du Sahel (15° W-5° W) ; ces valeurs étant légèrement supérieures dans l'est du Sahel (10° E-35° E). Cette incertitude sur l'amplitude des variations du réchauffement reste un grand défi à relever pour les implications sur la santé que cela suppose.

Quant aux précipitations, les projections des modèles soulèvent plus de questions qu'elles n'apportent de réponses. Ce qui semble être une évidence, c'est la diminution des précipitations dans le Sahel ouest et leur augmentation dans le Sahel est. Ce constat sur l'ouest du Sahel fédère de plus en plus de modèles au fur et à mesure qu'on s'avance dans le XXIe siècle : 40 % pour la période 2011-2040, 60 % pour la période 2041-2070 et plus de 80 % dans la dernière période. *A contrario*, sur l'est du Sahel, même si le consensus des modèles est relativement élevé, il diminue de 80 % dans la première période à 70 % dans la dernière période. Le scénario rcp4.5 semble donner aussi bien à l'est qu'à l'ouest des oscillations autour d'une valeur moyenne (positive pour la première zone/négative pour la seconde) indiquant une grande variabilité interannuelle, tandis que le scénario rcp8.5 donne une tendance nette de hausse de l'anomalie des précipitations à l'est qui atteint 100 mm à la fin du XXIe siècle. Les amplitudes de variations des précipitations sont relativement grandes puisqu'elles varient, pour l'ouest du Sahel, entre 80-120 mm pour le scénario rcp4.5 et entre 90-230 mm pour le scénario rcp8.5. Ces amplitudes sont légèrement supérieures dans la zone est. On constate donc l'existence d'une zone comprise entre 5° W-10° E (englobant l'ouest du Mali, le Burkina, le nord du Nigeria et l'est du Niger) où le consensus entre les modèles est faible sur le changement des précipitations pour les deux scénarii.

En résumé, malgré une bonne capacité des modèles CMIP5 étudiés à reproduire des caractéristiques essentielles de la MAO, il paraît difficile, avec leurs projections des précipitations, de s'appuyer directement sur eux pour anticiper les changements climatiques et leurs impacts en ce qui concerne les pluies. Ce qui ne semble pas être le cas sur les températures, pour lesquelles, les signaux trouvés sont robustes.

Références

Ati O. F., Stigter C. J., Olapido E. O., 2002
A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria.
Int. J. Climatol., 22 (6) : 731-742.

Chou C., Neelin J. D., Chen C. A., Tu J. Y., 2009
Evaluating the rich-get-richer mechanism in tropical precipitation change under global warming.
J. Climate, 22 : 1982-2005.

Christensen J. H. *et al*., 2007
« Regional climate projection ».
In Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M. C., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds) :
Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (R), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996 p.

Cook K. H., 2008
Climate science: the mysteries of Sahel droughts. *Nat. Geosci*., 1 : 647-648.

Cook K. H., Vizy E. K., 2006
Coupled model simulations of the West African monsoon system: twentieth- and twenty-first-century simulations.
J. Climate, 19 : 3681-3703.

Fontaine B., Janicot S., Monerie P.-A., 2013
Recent changes in air temperature, heat waves occurrences, and atmospheric circulation in Northern Africa. *J. Geophys. Res. Atmos*., 118 : 1-17, doi :10.1002/jgrd.50667,2013.

Held I. M., Delworth T. L., Lu J., Findell K. L., Knutson T. R., 2005
Simulation of Sahel drought in the 20th and 21th centuries. *Proc. Natl. Acad. Sci*. U.S.A., 102 : 17891-17896.

Hourdin *et al*., 2010
Amma-Model Intercomparison Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc*., 91 (1) : 95-104.

Huffman G. J., Adler R. F., Morrissey M. M., Bolvin D. T., Curtis S., Jouyce R., Mc-Gavock B., Susskind J., 2001
Global precipitation of one-degree daily resolution from multisatellite observations. *J. Hydrometeor*., 2 : 36-50.

Huffman G. J., Bolvin D. T., Nelkin E. J., Wolff D. B., Gu G., Hong Y., Bowman K. P., Stocker E. F., 2007
The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *J. Hydrometeor*., 8 (1) : 38-55.

Jones C. G., Giorgi F., Asrar G., 2011
The Coordinated Regional Downscaling Experiment: Cordex. An international downscaling link to CMIP5. *CLIVAR Exchanges*, 56, 16 (2) : 34-400.

Joussaume S., Armand D., Delecluse P., Seguin B., Journé V., Delmas R., Gillet M. (eds), 2007
Les recherches françaises sur le changement climatique. Institut national des sciences de l'univers, 19 p., disponible sur http://www.insu.cnrs.fr/a2059,recherches-francaises-changement-climatique-2007.html

Kalnay E. *et al*., 1996
The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc*., 77 (3) : 437-471.

Le Barbé L., Lebel T., Tapsoba D., 2002
Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *J. Climate*, 15 : 187-202.

Meehl G. A., Covey C., Delworth T., Latif M., McAvaney B., Mitchell J. F. B., Stouffer R. J., Taylor K. E., 2007
The WCRP CMIP3 multimodel dataset: a new era in climate change research. *Bull. Amer. Meteor. Soc*., 88 : 13833-1394.

Mitchell T. D., Jones P. D., 2005
An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *Int. J. Climatol*., 25 (6) : 673-712, doi :10.1002/joc.1181.

Nicholson S., 1980
The nature of rainfall fluctuations in subtropical West Africa. *Mon. Wea. Rev*., 108 : 473-487.

Nikulin G. *et al*., 2012
Precipitation climatology in an ensemble of Cordex-Africa regional climate simulations. *J. Climate*, 25 (18) : 6057-6078.

Paeth H., Hense A., 2004
SST versus climate change signals in West Africa rainfall: 20th-century variations and future projections. *Climatic Change*, 65 : 179-208.

Randal D. A. *et al*., 2007
« Climate models and their evaluation ». *In* Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M. C., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds) : *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (R), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 996 p.

Roehrig R., Bouniol D., Guichard F., Hourdin F., Redelsperger J-L., 2013
The present and future of the West African Monsoon: a process-oriented assessment of CMIP5 simulations along the AMMA transect. *J. Climate*, 26 : 6471-6505.

Simmons A., Uppala S., Dee D., Kobayashi S., 2008
ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. ECMWF *Newsletter*, 110.

Sultan B., Janicot S., 2000
Abrupt shift of the ITCZ over West Africa and intra-seasonal variability. *Geophys. Res. Lett*., 27 : 3353-3356.

Sultan B., Janicot S., 2003
The West African monsoon dynamics.
Part II: The « preondet » and « onset »
of the summer monsoon.
J. Climate, 16 : 3407-3427.

**Taylor K. E., Stouffer R. J.,
Meehl G. A., 2012**
An overview of CMIP5
and the experiment design.
Bull. Amer. Meteor. Soc., 93 (4) : 485-498,
doi :10.1175/BAMS-D-11-00094.1.

Xie P., Arkin P. A., 1997
Global precipitation: a 17-year monthly
analysis based on gauge observations, satellite
estimates, and numerical model outputs.
Bull. Amer. Meteor. Soc., 78 : 2539-2558.

**Xue Y., De Sales F.,
Lau W. K.-M., Boone A.,
Feng J., Dirmeyer P.,
Guo Z., Kim K.M, Kitoh A.,
Kumar V., Poccard-Leclercq I.,
Mahowald N., Moufouma-Okia W.,
Pegion P., Rowell D. P.,
Schemm J., Schubert S. D.,
Sealy A., Thiaw W. M.,
Vintzileos A., Williams S. F.,
Wu M-Li C., 2010**
Intercomparison and analyses
of the climatology of the West African
Monsoon in the West African Monsoon
Modeling and Evaluation project (WAMME)
first model intercomparison experiment.
Clim. Dyn., doi :10.1007/s00382-010-0778-2

Chapitre 4

Observations et perceptions des changements climatiques

Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest

Frédéric Kosmowski, Richard Lalou, Benjamin Sultan, Ousmane Ndiaye, Bertrand Muller, Sylvie Galle, Luc Seguis

Introduction

Parallèlement aux mesures d'atténuation des gaz à effet de serre, l'adaptation aux changements climatiques s'est imposée ces dernières années comme thématique de recherche. Reposant sur des mécanismes d'anticipation et de résilience, l'adaptation cherche à « gérer l'inévitable ; lorsque l'atténuation cherche à éviter l'ingérable » (Tubiana *et al*., 2010). En milieu rural ouest-africain particulièrement, où l'adaptation est davantage susceptible d'être autonome, l'étude des perceptions représente un intérêt majeur. Il est en effet acquis que les facteurs cognitifs, *via* la perception des changements, la perception des risques et la perception des capacités d'adaptation, jouent un rôle dans le processus d'adaptation (Hansen *et al*., 2004 ; Grothmann et Patt, 2005 ; Weber, 2010). L'information normative en matière de climat est clairement donnée par l'expertise scientifique. Cependant, l'apprentissage au changement climatique à partir de l'expérience personnelle est un processus largement partagé, et les perceptions qui en découlent sont souvent une précondition à l'action (atténuation et adaptation), qu'il y ait ou non un accès à l'information scientifique.

Confronter perceptions et observations scientifiques reste pour l'heure un défi méthodologique. Qu'il s'agisse du savoir scientifique ou du savoir profane, ces formes de connaissance reposent toutes deux sur l'observation, mais elles mobilisent des outils d'appréhension du réel et des méthodes de généralisation très différentes. Ainsi que le souligne Weber (2010), la perception repose sur le temps qu'il fait à un moment donné et sur le souvenir que l'on en garde ; ce qui est bien entendu très

différent de la connaissance du climat, qui relève d'une distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée et pendant une période donnée. En outre, le public profane observe le temps à partir de ses sens et interprète la situation inhabituelle ou extrême par rapport à ses expériences, sa mémoire, ses croyances et ses attentes. Ses perceptions sont aussi souvent façonnées davantage par les impacts du climat que par le climat lui-même (Reckien *et al*., 2012 ; Leclerc *et al*., 2013). Plusieurs études ont montré que les pertes de récoltes ou la dégradation des sols sont des éléments pris en compte par les exploitants pour évaluer les changements (West *et al*., 2008 ; Osbahr *et al*., 2011). C'est sans doute ce qui explique qu'en partie, dans de nombreuses cultures, la quantification est considérée comme inutile (Berkes et Kislalioglu Berkes, 2008). En revanche, pour les scientifiques, l'anomalie climatique est un événement statistique objectivé, qui s'écarte de séries longues de mesure, moyennées et projetées.

Les processus cognitifs à l'œuvre dans l'assimilation d'une information perçue et dans celle d'une information apprise sont également différents. L'apprentissage du changement climatique par l'expérience personnelle et répétée repose sur des mécanismes qui font appel au sensible, au tangible et à l'immédiateté, et les interprétations qui en découlent relèvent de principes associatifs et affectifs (Weber, 2010). En se fondant sur l'aléa, plus que sur le risque – surtout quand il est faible –, la perception est aussi plus volatile, car susceptible de changer quand le danger se fait moins fréquent ou quand ses impacts sont moins importants. À l'inverse, l'apprentissage par la description statistique suppose une démarche analytique et intelligible, et nécessite un temps d'assimilation plus long.

À ce jour, relativement peu d'études ont tenté de confronter les perceptions du changement climatique avec les observations scientifiques. Dans divers contextes subsahariens, plusieurs études montrent une divergence entre la perception adéquate des changements et les précipitations observées (Meze-Hausken, 2004 ; Gbetibouo, 2009 ; Osbahr *et al*., 2011 ; Mertz *et al*., 2012). Au Burkina Faso, West *et al*. (2008) ont montré une perception adéquate de la baisse sur le long terme des précipitations observée depuis les années 1970, mais pas de la reprise pluviométrique qui a eu lieu à la fin 1990. La perception des changements liés à la date de début et de fin a été étudiée par Osbahr *et al*. (2011) et Simelton *et al*. (2013), mais sans que, là non plus, une convergence puisse être établie.

Plusieurs raisons sont mises en évidence par les auteurs pour expliquer ces divergences. La notion d'un « idéal pluviométrique » à travers lequel l'évolution des pluies est jugée par les exploitants est avancée par Meze-Hausken (2004) et Osbahr *et al*. (2011). Dans cette perspective, la perception des changements climatiques serait basée sur les besoins pluviométriques – nécessaires aux besoins du ménage – plutôt que sur la pluviométrie réelle, conduisant ainsi à un décalage avec les attentes. D'autres auteurs soulignent le fait que les événements récents peuvent influencer les perceptions sur la tendance des précipitations à long terme (West *et al*., 2008 ; Mertz *et al*., 2012.). Enfin, une troisième explication est liée à des changements dans les systèmes de production, qui sont difficiles à distinguer des modèles de précipitations (Simelton *et al*., 2013).

En s'appuyant sur ces différentes analyses, nous proposons d'interroger les perceptions des évolutions climatiques récentes par les populations d'Afrique de l'Ouest et de les confronter aux observations des scientifiques. Le climat et sa dynamique actuelle n'étant pas à l'évidence une réalité uniforme à l'échelle de la région continentale, nous avons considéré trois pays afin de couvrir un large éventail de zones géo-climatiques. Le Niger, traversé par trois strates de climat, qui vont des zones désertiques au nord, au début de la zone semi-aride du sud, est pris en compte dans sa totalité, et renseigne les perceptions climatiques dans tous les milieux d'habitat. Les deux autres pays portent sur des zones plus restreintes et toutes deux strictement rurales. Au Bénin, l'étude se situe dans la partie nord du pays, dans sa zone soudano-guinéenne. Quant au territoire étudié au Sénégal, il se positionne d'un point de vue pluviométrique entre les deux autres pays, dans une zone semi-aride de savane arborée.

C'est donc sous l'éclairage de ces trois contextes et de tous les milieux de résidence que nous évaluerons, à l'aune des observations scientifiques, les capacités des populations à détecter les changements récents du climat. Nous tenterons également de comprendre comment ces mêmes populations parviennent à percevoir les réalités du climat, en fonction notamment de leurs dispositions sociales et professionnelles et des déterminations de leur milieu. L'hypothèse centrale à cette étude est que les individus détectent d'autant mieux les évolutions du climat qu'ils sont fortement connectés à leur environnement naturel.

Les contextes d'étude

Au Bénin, la zone d'étude est située dans la commune de Djougou, à la frontière sud de la zone soudano-guinéenne, avec une pluviométrie moyenne de 1 100 mm/an (fig. 1a). L'agriculture représente environ 22 % de la superficie totale de la commune de Djougou, tandis que plus de 50 % des terres sont occupées par une végétation de savane. Le reste est occupé par de la forêt (Judex *et al*., 2008). Les zones d'étude s'étendent sur un total de 155 km^2. Dans ces deux transects, chaque ménage a été enquêté. Les ménages vivent de l'agriculture pluviale, qu'ils pratiquent sur de petites surfaces. La main-d'œuvre est essentiellement familiale et les ménages, en majorité polygames, sont de taille importante. La surface moyenne possédée par les ménages enquêtés est proche de 10 ha. La zone d'étude couvre une zone de 155 km^2 le long de la route nationale 6, de part et d'autre de la ville de Djougou (fig. 1a)

Au Sénégal, la zone étudiée est l'observatoire de suivi de population et de santé de Niakhar ; il se situe en zone sèche semi-aride (avec un cumul des pluies de 500 à 650 mm/an depuis le milieu des années 2000), entre les villes de Fatick, au sud, et de Bambey, au nord (fig. 1b). La zone d'étude appartient au bassin arachidier (centre-ouest du Sénégal) et couvre 30 villages, soit environ 45 000 habitants en 2013, sur une superficie de 200 km^2. La densité moyenne y est de 215 hab./km^2, avec des villages atteignant une densité proche ou supérieure à 400 hab./km^2 (Delaunay *et al*., 2013).



Figure 1.
a) Carte du nord de la commune de Djougou (Bénin) représentant les transects nord et sud ;
b) carte de la zone d'observation de l'arrondissement de Niakhar dans la région de Fatick au Sénégal. Cette zone d'observation couvre trente villages.

Les paysans de cette zone se consacrent totalement à l'agriculture et à l'élevage, associés en un système exceptionnel en Afrique de l'Ouest (PÉLISSIER, 1966 ; LERICOLLAIS, 1999). Les champs se situent le plus souvent sur les étendues plates à sols sableux, perméables et faciles à travailler et à ameublir. Ces sols sont toutefois à faible pouvoir de rétention d'eau et de fertilité médiocre, laissant en général à la périphérie des terroirs les zones déprimées (bas-fonds) de sols sablo-argileux (5 à 10 % d'argile), minoritaires, plus fertiles et plus capables de retenir l'eau. Ils sont cependant moins perméables et durcissent rapidement après les pluies. La presque totalité des exploitations agricoles (95 %) pratiquent des cultures pluviales dominées par le mil et l'arachide, sur de petites surfaces (un peu moins de 5 ha en moyenne). Les ménages sont de taille importante (13 personnes) et la main-d'œuvre est essentiellement familiale.

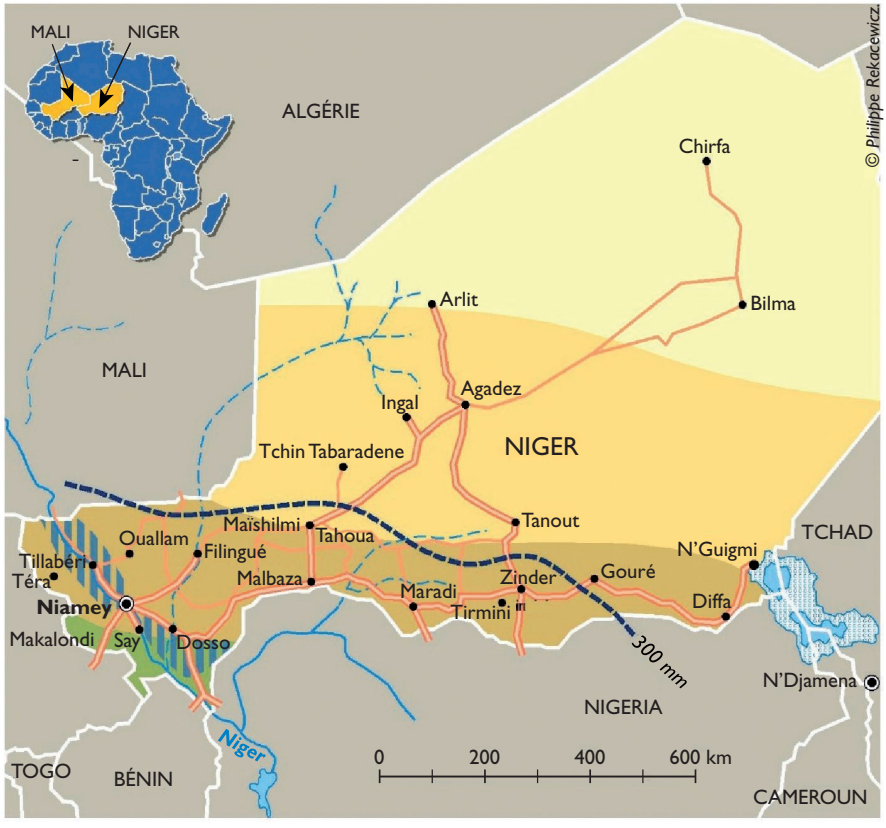


Figure 2.
Carte des zones bioclimatiques du Niger.

L'enquête nationale nigérienne, exploitée pour notre étude sur les perceptions du climat, couvre l'ensemble des strates bioclimatiques du pays, allant de la zone désertique au nord aux zones soudano-sahélienne et soudanienne, au sud (fig. 2). Le Niger est un pays enclavé avec une superficie de 1 267 000 km^2, désertique sur les 3/4 de son territoire. La frange sud du territoire, où vit plus de 90 % de la population, concentre l'essentiel des ressources naturelles non minières (sel-eau-végétation-faune). Le climat est globalement du type sahélien et permet de distinguer quatre zones climatiques. La zone saharienne (65 % du territoire national) qui reçoit moins de 100 mm de pluies par an ; la zone sahélo-saharienne (12,2 % du territoire national) qui reçoit entre 100 et 300 mm de pluies par an ; la zone sahélo-soudanienne (21,9 % du territoire national), où les précipitations varient de 300 à 600 mm, et la zone soudanienne (0,9 % du territoire national) est la zone la plus arrosée avec plus de 600 mm de pluies par an.

Le Niger est l'un des pays les plus pauvres du monde. Son économie repose essentiellement sur l'agriculture vivrière et sur l'élevage. Près de 84 % de la population vit en milieu rural en 2010, et le secteur primaire emploie près de 87 % de la population. L'élevage et l'agriculture constituent les deuxième et troisième sources de revenu du pays. L'agriculture se pratique dans la zone sud, qui correspond à 15 % du territoire national, mais regroupe près des trois quarts de la population totale. Dans sa grande majorité, l'agriculture nigérienne se pratique sur de petites exploitations sans recours à la mécanisation, parfois en traction attelée. La taille moyenne des exploitations agricoles est de 5 ha pour environ 12 personnes, dont 6 actifs agricoles. Le mil, le sorgho, le manioc, les haricots et le riz (ce dernier dans les zones de décrue du fleuve) sont destinés à la consommation locale. L'agriculture de rente (arachide, coton) est spécifique à la région méridionale, plus arrosée. L'élevage, qui se pratique dans les parties arides et semi-arides, s'étend sur toute la zone nord du pays. Il concerne essentiellement les bovins et les ovins qui sont élevés selon un mode transhumant sur de longues distances.

Matériel et méthodes

Notre confrontation des perceptions des populations aux observations scientifiques du climat repose globalement sur les déclarations recueillies par questionnaire auprès de populations enquêtées à des échelles locales ou nationales. Ces perceptions qualitatives du climat ancien et récent sont ensuite comparées aux informations chiffrées de température et de quantité de pluie obtenues à partir des stations météorologiques et synoptiques les plus proches du lieu de résidence des populations interrogées (réseaux nationaux). Pour les sites où le changement climatique est marqué, l'analyse du climat perçu s'est poursuivie par une modélisation des facteurs associés à une bonne perception par les enquêtés.

Afin d'évaluer les perceptions du climat et de définir les dispositions sociales et professionnelles des individus, et les caractéristiques du milieu qui en déterminent le niveau de convergence avec les données scientifiques observées, nous avons mené des enquêtes au Bénin et au Sénégal. Pour les deux sites (Niakhar au Sénégal et Djougou au Bénin), nous avons procédé selon un protocole identique. Les enquêtes ont été réalisées entre juillet 2013 et mars 2014, en milieu rural et sur des échantillons tirés de façon aléatoire, à partir de bases de sondage exhaustive : 1 102 ménages au Bénin et 1 065 au Sénégal. Dans chaque ménage enquêté, deux questionnaires ont été administrés, le premier au chef de ménage et le second à un cultivateur sélectionné au hasard parmi les paysans du ménage ayant cultivé un champ au cours des trois dernières années. Lorsqu'il était éligible, le chef de ménage était obligatoirement enquêté. Au Niger, les données utilisées sont celles de l'Enquête nationale sur les conditions de vie des ménages et sur l'agriculture (ECVM/A-2011) menée de juillet 2011 à janvier 2012. Accessibles gratuitement, les données sont issues du projet LSMS-ISA mis en œuvre par la Banque mondiale en collaboration avec l'Institut national de la statistique du Niger (http://go.worldbank.org/V0810DTAC0). L'échantillon a été conçu pour être représentatif aux niveaux national et régional et pour les zones agricoles, agropastorales et pastorales. L'enquête s'est déroulée à partir d'un échantillon aléatoire à deux degrés de 4 045 ménages, résidant en milieu rural comme en milieu urbain. L'enquête s'est faite en deux passages. Au premier passage, les questionnaires ménage et agriculture/élevage ont été remplis, ainsi que le questionnaire communautaire/prix. Les questionnaires ménage et agriculture/élevage (deuxième volet) ont été administrés au second passage.

Au Bénin et au Sénégal, le questionnaire « ménage », soumis au responsable de l'exploitation agricole, a notamment permis de reconstituer le système des cultures mis en œuvre au cours de la dernière saison des pluies. Il renseigne en outre sur le niveau économique du ménage, sur les activités extra-agricoles et sur les caractéristiques socioculturelles du chef de ménage. Un questionnaire « individuel » a ensuite été adressé à un agriculteur sélectionné au hasard parmi les paysans du ménage ayant cultivé au moins une parcelle au cours des trois années précédant l'enquête. Ce questionnaire portait sur certaines cultures destinées à la vente, comme l'arachide et la pastèque, ou encore la pratique de l'embouche bovine. Des questions – plus de 25 – portaient sur les perceptions du climat actuel (au cours des dix dernières années) et passé (il y a 20 ans) et sur les connaissances concernant le changement climatique. Ces questions documentaient les perceptions des niveaux, des calendriers et des évolutions des pluies, des températures et des vents. Au Niger, les questionnaires ménage et agriculture/élevage ont été subdivisés respectivement en 13 et 8 sections. Les sections du questionnaire agriculture/élevage portaient sur les questions d'accès à la terre, des systèmes culturaux (à l'hivernage et en saison sèche), de l'élevage, la foresterie, le matériel et les intrants agricoles, ainsi que le changement climatique. Cette dernière section comportait 11 questions sur le climat perçu au cours des cinq dernières années et 13 questions sur les stratégies agricoles mises en œuvre en raison des changements de température et de pluviosité ressentis. Le milieu de résidence et le type d'activité professionnelle serviront pour cette enquête à vérifier que la justesse

de la perception du climat dépend des liens que les individus entretiennent avec leur environnement.

Un modèle explicatif des perceptions du climat a été construit à partir des données de l'enquête par questionnaire du Sénégal, et complété avec les informations recueillies en routine sur le site d'observation de Niakhar. L'analyse des données s'est effectuée en deux étapes. La première étape a consisté à construire l'indicateur de perception et un certain nombre de prédicteurs. Une perception du climat était qualifiée de « bonne », si les réponses de l'enquêté sur le climat recoupaient les observations réalisées au cours des dix dernières années. Si la description du climat était juste pour au moins sept des huit critères suivants, on considérait que le paysan avait une bonne perception du climat. Au cours des dix dernières années, le climat devait avoir évolué ainsi :

– augmentation des pluies ;

– saison des pluies plus longue ;

– démarrage tardif des pluies ;

– fin des pluies tardive ;

– variation forte des pluies d'une année sur l'autre ;

– augmentation des épisodes de pluies violentes et abondantes ;

– augmentation de la température maximale ;

– augmentation de la température minimale.

La durée moyenne passée en migration saisonnière et la caste d'appartenance (guelwars, paysans, artisans et griots) sont deux indicateurs construits par traitement des données du suivi démographique (observatoire du site de Niakhar). Les autres variables proviennent de l'enquête par questionnaire (Escape-Sénégal).

Afin de vérifier que les paysans sereer du Sénégal ne perçoivent pas de manière identique les changements du climat (bien qu'ils soient globalement soumis aux mêmes conditions météorologiques et qu'ils soient tous des cultivateurs), nous avons évalué l'effet de leurs caractéristiques socioculturelles et économiques sur la justesse de leurs perceptions climatiques. Parmi les variables individuelles et de ménage, le modèle prend en compte 1) le sexe du répondant ; 2) le niveau d'instruction ; 3) le nombre d'année d'expérience dans l'agriculture ; 4) la durée cumulée des migrations saisonnières au cours des dix dernières années ; 5) l'exercice d'une activité rémunératrice extra-agricole ; 6) la caste du répondant ; 7) l'ethnie du répondant ; 8) l'appartenance à des associations agricoles ; 9) l'utilisation de l'information météorologique dans ses pratiques agricoles ; 10) le répondant réside dans un village au nord de la zone d'observation. Ce modèle a été testé à partir d'une régression logistique binaire sur le logiciel STATA® 13.1 (2014 ; Stata Corporation, College station, Texas, USA). Enfin, nous avons procédé à un apurement du modèle (analyse des résidus) en éliminant les observations qui s'écartent fortement des autres (*outliers*), et celles qui pèsent exagérément sur le modèle (points leviers et points influents). Le modèle global ainsi apuré explique 34 % de la variance et ajuste correctement les données (test d'ajustement Hosmer-Lemeshow).

Changements climatiques dans la région

Comme illustré dans les chapitres 1 et 2, l'Afrique de l'Ouest a connu de grands bouleversements climatiques depuis les années 1950. Au Sahel notamment, LEBEL et ALI (2009) ont montré que la grande sécheresse de la fin des années 1960 a déclenché une longue période sèche de près de trois décennies, qui a été suivie par une reprise de la pluviométrie au cours de la dernière décennie du XX^{e} siècle, avec néanmoins d'importantes disparités régionales (chap. 2, ce volume). Même si très peu d'études se sont intéressées aux changements de températures en Afrique de l'Ouest (FONTAINE *et al.*, 2013), il est pourtant manifeste que la température a beaucoup augmenté au Sahel depuis 1950 (chap. 1, ce volume). Ce réchauffement est nettement plus fort la nuit que le jour en réponse aux influences de la vapeur d'eau, des nuages et des aérosols (chap. 1, ce volume). Il est cependant important de décliner ces tendances régionales à l'échelle locale qui caractérise l'échelle du ressenti climatique

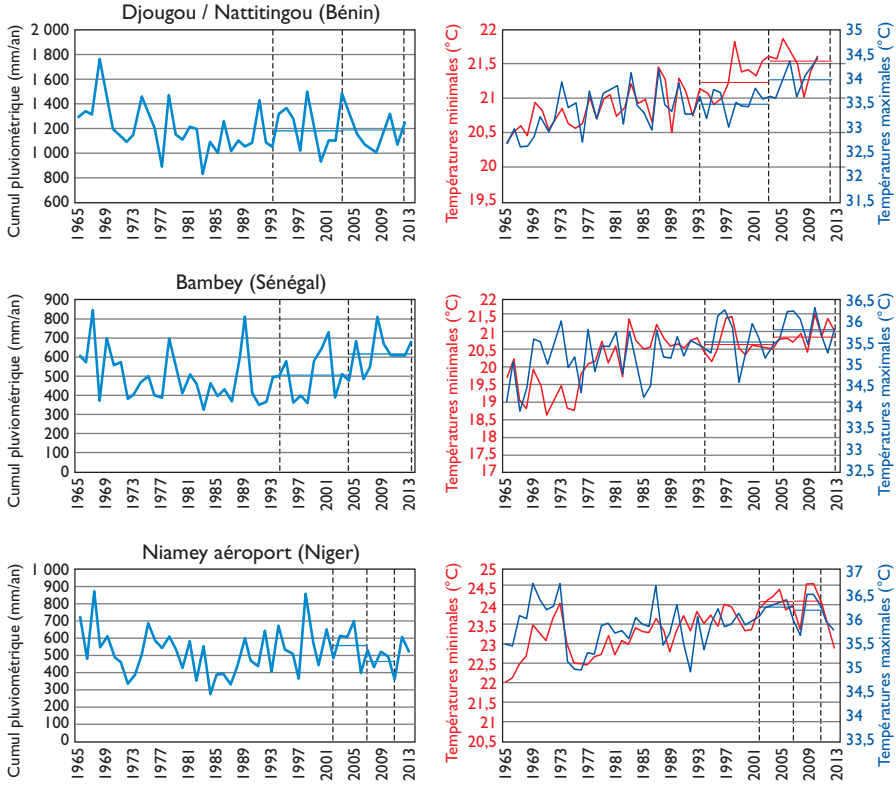


Figure 3.
Évolution des précipitations et des températures observées depuis 1965 sur les trois sites d'enquêtes au Bénin, au Sénégal et au Niger. Les barres verticales distinguent deux périodes : la période actuelle précédant l'enquête et la période historique de référence.

des populations africaines. La figure 3 présente l'évolution des précipitations et des températures observées depuis 1965 sur les trois sites d'enquêtes au Bénin, au Sénégal et au Niger.

Les températures minimales, en moyenne annuelle, ont beaucoup augmenté sur les trois sites avec des tendances linéaires positives très significatives sur la période 1965-2013. En l'espace de 50 ans, les températures minimales ont progressé de + 1,2 °C à Djougou, + 1,8 °C à Bambey et + 1,4 °C à Niamey, ce qui est considérable. La tendance est moins claire pour les températures maximales, même si l'on observe tout de même une augmentation de près de 1 °C à Djougou et à Bambey. Ces résultats sont très cohérents avec les observations sur l'ensemble du Sahel (chap. 1, ce volume).

Sur ces trois sites d'Afrique de l'Ouest, on retrouve les tendances d'échelle régionale avec des conditions anormalement sèches pendant les décennies 1970 et 1980 suivies d'une période plus humide. Néanmoins, il existe des différences notables dans ce schéma général qui ne manqueront pas d'influencer les perceptions des populations locales vis-à-vis du climat. Parmi ces différences, on constate que les années les plus sèches diffèrent d'un site à l'autre : 1972, 1982 et 1984 à Niamey et 1977 et 1983 à Djougou, même si dans le contexte soudano-sahélien de Djougou, on peut difficilement parler de sécheresse comme au Niger. On observe également que la reprise des pluies se traduit de façon très spécifique sur chacun des trois sites. À Djougou, après une baisse quasi linéaire entre 1965 et 1983, les pluies remontent rapidement et se stabilisent autour de 1 200 mm/an à partir du début des années 1990. Aucun changement notable de cumul pluviométrique annuel n'est enregistré depuis les vingt dernières années. À Bambey, la reprise apparaît tardivement puisque le cumul pluviométrique reste faible autour de 450 mm/an entre le début des années 1970 et la fin des années 1990, puis il augmente rapidement pour atteindre une moyenne de plus de 600 mm/an au cours des dix dernières années, soit une augmentation de près de 50 % en vingt ans. À Niamey, en revanche, si la pluviométrie a connu une reprise après la grande sécheresse jusqu'au début des années 2000, on observe une baisse significative des cumuls annuels ces dix dernières années, même si une forte variabilité interannuelle subsiste.

La seule analyse du cumul pluviométrique annuel est insuffisante pour traduire la réalité à laquelle sont confrontées les populations rurales au Sahel. Les travaux d'Ingram *et al*. (2002) ou de Klopper *et al*. (2006) ont mis en évidence que les variables les plus cruciales pour la stratégie agricole en Afrique sont le démarrage et la fin de la saison des pluies, ainsi que la distribution des pluies à l'intérieur de la saison de mousson (distribution intra-saisonnière). En effet, le choix de la date de semis est un élément crucial dans la stratégie de l'agriculteur qui doit s'assurer que le semis ne soit pas suivi d'une trop longue séquence sèche et que la plante arrive à maturation à la fin de la saison des pluies. De plus, l'occurrence de séquences sèches pendant les phases critiques de développement de la plante peut avoir des répercussions importantes sur le rendement et ce, même si le cumul saisonnier (total pluviométrique accumulé sur la saison de mousson) est important.

Une analyse de l'évolution des caractéristiques de la saison des pluies (début, fin, longueur, nombre de jours de pluies, pauses sèches) a été réalisée sur chacun des

trois sites afin de les croiser aux perceptions des populations (tabl. 1). Seule l'analyse du démarrage des pluies sera illustrée dans ce chapitre (fig. 4). De nombreuses méthodes existent pour déterminer la date de démarrage des pluies (Marteau *et al*., 2011 ; Sultan *et al*., 2005) pouvant aboutir à des dates moyennes différentes selon le critère choisi ou les seuils choisis. Nous choisirons ici la méthode de Liebmann et Marengo (2001), récemment utilisée pour la pluviométrie africaine par Boyard-Micheau *et al*. (2013). L'avantage de cette méthode est qu'elle est basée sur des anomalies pluviométriques et non sur des seuils, et elle peut donc être appliquée sur les trois régions, même si les conditions pluviométriques sont complètement différentes. Au Bénin où la saison des pluies démarre au 1er mai selon cette méthode, les données récentes manquent pour analyser des changements dans le début de la

Tableau 1.
Synthèse de l'évolution de la pluviométrie sur les trois sites pour les années récentes sur lesquelles ont porté les enquêtes de perception. Les données journalières des années récentes manquent pour le site du Bénin. Sur le Niger, où les enquêtes ont porté sur les tendances récentes sur l'ensemble du pays, nous avons obtenu des conclusions très similaires en utilisant les estimations satellitaires de pluies (FEWSNET) d'une résolution de 0,1 degré.

	Cumul annuel	**Démarrage**	**Fin**
Djougou (Bénin)	Stable	*NA*	*NA*
Bambey (Sénégal)	Augmentation depuis 1996	Démarrage précoce depuis 2008	Fin retardée depuis 2009
Niamey (Niger)	Baisse depuis 2005	Saisons de plus en plus tardives depuis 1991	Fin retardée depuis 2007

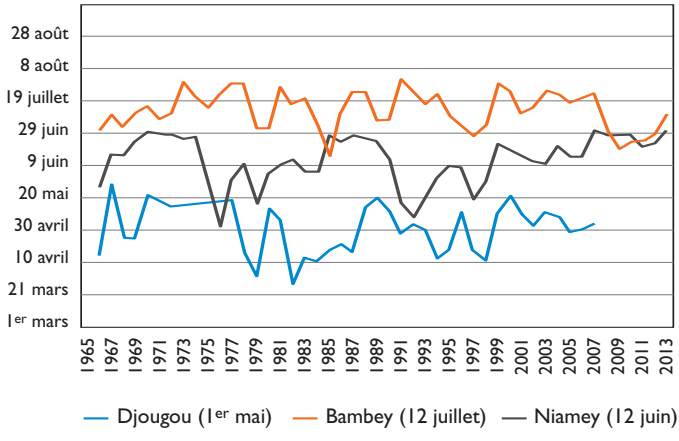


Figure 4.
Début de la saison des pluies dans les trois localités. Les valeurs sont données en moyenne mobile sur 3 jours. La date entre parenthèses représente la date moyenne de démarrage de la mousson sur la période 1965-2013.

saison des pluies. À Bambey, on note une corrélation significative entre le cumul pluviométrique et la date de démarrage des pluies (R = - 0,48) qui traduit que 25 % des variations de la pluviométrie annuelle sont expliqués par des fluctuations du démarrage de la saison des pluies. On observe également des démarrages particulièrement précoces depuis 2008 accompagnant les forts cumuls pluviométriques annuels enregistrés ces dernières années. Au Niger, même s'il n'y a pas de corrélation significative entre le cumul annuel et le démarrage de la saison des pluies, comme le montrent également MARTEAU *et al*. (2011), on observe une saison pluvieuse de plus en plus tardive depuis le début des années 1990.

Comment les populations perçoivent-elles ces changements ?

Lorsqu'on interroge les populations rurales sur les trois pays, quant à l'évolution récente du cumul pluviométrique (fig. 5), on note une très bonne adéquation entre les perceptions et les observations pluviométriques au moins sur le Niger et le Sénégal, où l'on enregistre des changements importants de pluviométrie. Au Niger, près de 80 % de la population enquêtée affirme avoir perçu une baisse des pluies conformément au déficit récemment observé. À Bambey, l'augmentation récente de la pluie a été perçue par plus de 96 % des enquêtés.

À Djougou, où l'évolution climatique est moins marquée et où la pluie tend à rester stable ces dernières années, il est intéressant de constater que les populations enquêtées sont plus partagées, avec près de deux tiers des enquêtés qui pensent que les pluies

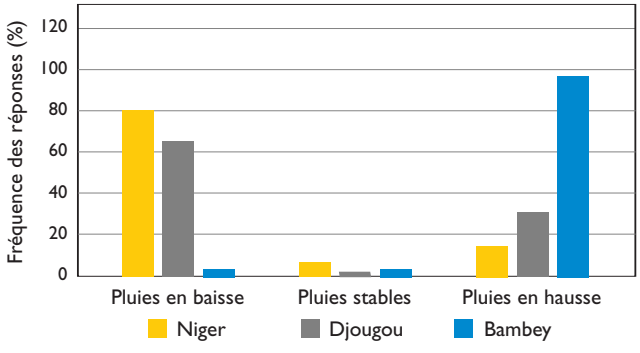


Figure 5.
Perception des populations rurales quant à l'évolution récente du cumul pluviométrique. Les résultats sont présentés en fréquence de réponse (%) pour chacune des trois modalités et pour chacun des trois pays où les enquêtes ont eu lieu.

ont baissé et près d'un tiers qui pensent le contraire. Il n'y a qu'une très faible proportion de personnes enquêtées à Djougou ayant perçu des pluies stables sur ces dernières années (2,4 %). Il est très vraisemblable qu'en l'absence de tendance très marquée comme au Sénégal et dans une moindre mesure au Niger, il soit difficile de percevoir une évolution récente stationnaire, ce qui explique les perceptions contradictoires des résidents de la zone de Djougou.

Au Sénégal, les populations enquêtées ont clairement perçu la transition que l'on observe entre une période sèche il y a vingt ans et une période humide actuellement (fig. 6). La sécheresse qui était le problème principal environnemental il y a vingt ans pour plus de 65 % de la population enquêtée ne devient qu'une préoccupation mineure aujourd'hui avec moins de 3 % qui la considère comme un problème majeur affectant leur territoire. À l'heure actuelle, la principale préoccupation environnementale est devenue la fertilité des terres, ce qui a été souligné par plus de 70 % de la population enquêtée. Il est à noter que les paysans de cette région du Sénégal sont presque trois fois plus nombreux à déclarer que les pluies violentes sont actuellement un réel problème environnemental, par rapport à ceux qui pensent qu'il s'agissait déjà d'un problème majeur il y a vingt ans. L'augmentation de la fréquence des événements pluvieux intenses est aussi un phénomène observé par les climatologues.

Les populations rurales enquêtées au Niger et au Sénégal perçoivent également très bien les changements dans la saisonnalité de la mousson. Le retard de la saison des pluies a été perçu par 72,4 % des populations rurales enquêtées, alors que le démarrage de plus en plus précoce de l'hivernage a été perçu par 67,3 % des enquêtés au Sénégal. La majeure partie des enquêtés (64,7 %) a situé ce changement dans le démarrage de la mousson entre 2008 et 2010, ce qui correspond effectivement à une période où l'on a enregistré des saisons pluvieuses particulièrement précoces (fig. 4). Une fin plus précoce de la mousson a été perçue par 81,2 % de la population rurale

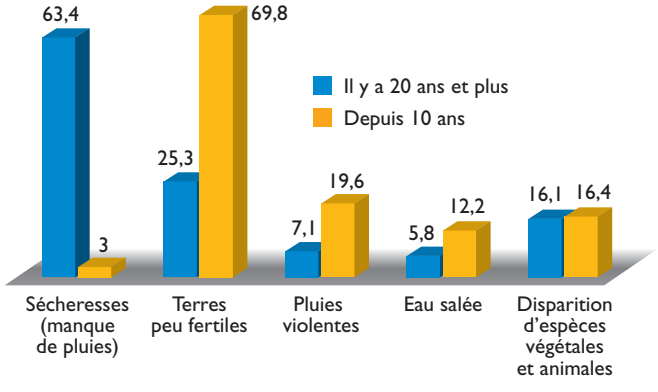


Figure 6.
Principaux problèmes environnementaux perçus par les populations enquêtées au Sénégal. Seuls les principaux problèmes ayant été cités par plus de 5 % des enquêtés sont reportés ici.

enquêtée au Niger, tandis qu'une fin plus tardive a été perçue par 72,0 % des enquêtés au Sénégal. Ces deux perceptions corroborent les observations pluviométriques (tabl. 1).

Cette assez forte convergence entre les observations météorologiques et les perceptions des populations du Sénégal et du Niger, pour plusieurs indicateurs pluviométriques (évolution du cumul des pluies, période de démarrage et de fin de la saison des pluies, fréquence des événements intenses, variabilité interannuelle…), est particulièrement remarquable. En règle générale, la littérature fait le constat inverse dans les zones arides et semi-arides d'Afrique : les populations, y compris les paysans dont les conditions de vie dépendent de l'agriculture pluviale, ne perçoivent pas les évolutions du climat comme les scientifiques les détectent. Si les populations interrogées signalent l'irrégularité interannuelle des quantités cumulées des précipitations, elles ne mentionnent jamais le retour des pluies observées dans les années récentes (chap. 2, ce volume ; Akopnikpè *et al*., 2010 ; Mertz *et al*., 2009, 2012 ; Diessner, 2012). Les changements principaux ressentis par les populations sont : une baisse des pluies annuelles, un raccourcissement de la saison des pluies (démarrage plus tardif et fin plus précoce), une augmentation des pauses sèches pendant la saison des pluies et l'existence de sécheresses périodiques certaines années (Akopnikpè *et al*., 2010 ; Allé *et al.,* 2013 ; Mertz *et al*., 2012 ; Nielsen et Reenberg, 2010 ; Ouédraogo *et al*., 2010 ; Tambo et Abdoulaye, 2013 ; Tschakert, 2007 ; West *et al*., 2008).

Au premier rang des explications du décalage entre les perceptions et les observations, on trouve souvent le caractère inapproprié des échelles spatiales utilisées pour les comparaisons. Il est fréquent que les observations météorologiques soient réalisées à l'échelle régionale, quand les populations perçoivent toujours le climat à une échelle locale (Hartter *et al*., 2012 ; West *et al*., 2008). Or, les précipitations peuvent être soumises à de fortes variations locales, du fait notamment des phénomènes de convection. De l'autre côté, les perceptions sont probablement façonnées en partie par les événements climatiques exceptionnels et par l'intensité de leurs impacts. Ainsi, les changements peuvent-ils être ressentis de façon beaucoup plus prononcée – voire même contraire aux tendances globales réellement observées (Hartter *et al*., 2012 ; Orlove *et al*., 2010). Les attentes des paysans, en matière de climat, peuvent également influencer leurs perceptions des changements climatiques. Meze-Hausken (2004) suggère que les besoins croissants des agriculteurs éthiopiens en eau de pluie les incitent à interpréter les évolutions récentes comme un déficit pluviométrique, là où les observations indiquent une stabilité des précipitations.

Au Bénin et au Sénégal, où l'on a enquêté sur la perception des températures, on constate que les populations enquêtées sont moins sensibles au réchauffement des températures nocturnes, même s'il est avéré dans les observations. Une augmentation des températures ces dernières années est constatée par 69,6 % des enquêtés au Sénégal contre seulement 60,6 % au Bénin. Il y a même entre 16 et 20 % des enquêtés respectivement au Sénégal et au Bénin qui perçoivent un refroidissement des températures nocturnes. Des résultats similaires sont obtenus quant à la perception des températures de jour. Ce ressenti vis-à-vis des températures en apparente contradiction avec l'observation peut s'expliquer entre autres par le fait que la température

progresse de manière lente et continue, ce qui rend le réchauffement difficilement perceptible. Par ailleurs, la température n'est pas perçue comme un facteur de vulnérabilité par les populations qui citent davantage les changements de la pluviométrie (sécheresse, démarrage tardif, raccourcissement de la saison humide, événements de pluies intenses) comme provoquant le plus de dégâts sur les récoltes et donc ayant un impact sur le quotidien des populations.

Au cours de ces enquêtes au Bénin et au Sénégal, les enquêtés ont mentionné à de nombreuses reprises les vents violents qui menacent les récoltes. Ils sont plus de 95 % à avoir observé une augmentation de la fréquence des vents violents provoquant des dégâts sur les récoltes et plus de 80 % au Bénin. Par ailleurs à Niakhar comme à Djougou, il est considéré comme le deuxième phénomène environnemental le plus dévastateur sur les récoltes après la sécheresse. Or, l'analyse des observations de vent moyen sur les deux sites ne semble pas corroborer une augmentation des vents, même si les données de vent sur ces deux stations connaissent de nombreux problèmes de qualité (rupture d'homogénéité, valeurs aberrantes, valeurs manquantes) et ne sont que des moyennes journalières et non pas des valeurs maximales instantanées. Cependant, il est à noter que cette perception des populations rurales quant à une intensification du vent est aussi relatée par plusieurs auteurs en Afrique de l'Ouest (Ozer *et al.*, 2013 ; Allé *et al*., 2013 ; Ouédraogo *et al*., 2010), alors que les mesures de vitesses de vents indiquent toutes plutôt le contraire. Allé *et al.* (2013) suggèrent que cette divergence entre les perceptions et les observations des forces des vents dans le cas du Sud-Bénin peut s'expliquer par une dégradation profonde du couvert végétal dû à la pression foncière et à la surexploitation des ressources naturelles entraînant des changements dans les régimes de vents locaux.

Est-ce que tout le monde perçoit le climat de la même façon ?

Contrairement aux résidents des villes, du Nord et du Sud, habituellement déconnectés de leur environnement naturel, les populations qui travaillent directement avec la terre et les ressources naturelles, particulièrement dans les sociétés traditionnelles, sont encore fortement reliées à la nature, ne serait-ce que parce que leurs moyens de subsistance en dépendent (Wolf et Moser, 2011). On peut donc attendre que les expériences et les connaissances des ruraux sur l'environnement et le climat, et principalement des agriculteurs et des éleveurs, soient sensiblement différentes de celles des urbains. De même, les perceptions du climat, quand elles reposent sur des expériences individuelles, sont probablement construites à partir d'un certain nombre de facteurs, comme l'accès à l'information météorologique, le niveau d'instruction, les réseaux sociaux, le niveau économique, l'activité exercée, les variables démographiques (âge, sexe) ou la durée de résidence.

L'enquête EMCV/A-2011 est un cadre idéal pour analyser ces différences, puisqu'elle concerne une population extrêmement diversifiée de 4 045 ménages répartis sur l'ensemble du territoire nigérien. Elle permet ainsi de comparer les perceptions du climat recueillies dans des espaces urbains ou ruraux, des régions semi-arides à arides ou des milieux sédentaires et/ou nomades. Des tests du χ^2 appliqués aux données de perceptions montrent qu'il existe des différences significatives selon le niveau d'éducation, le sexe, le mode de vie nomade ou sédentaire, l'habitat rural ou urbain, les activités pratiquées et la pluviométrie du lieu de résidence. Les nomades, les hommes, les ruraux et les personnes non éduquées, vivant d'activités très dépendantes du climat (agriculteurs, éleveurs) et dans les zones les plus sèches sont celles qui ont une perception la plus accrue de la péjoration récente de la pluviométrie au Niger. On peut aisément l'expliquer par le fait que ces catégories de population sont dépendantes et vulnérables à la variabilité climatique et donc ont une mémoire vivace des variations pluviométriques récentes. En revanche, l'âge de l'enquêté ne semble pas avoir influé les réponses, ce qui peut s'expliquer par le fait que le questionnaire a porté sur les cinq dernières années et non pas sur une période plus ancienne.

La figure 7 illustre cette différence de perception de la variabilité pluviométrique au Niger entre les populations dont les revenus dépendent directement du climat (agriculteurs, éleveurs) et ceux dont les revenus sont indépendants du climat (fonctionnaires, artisans, commerçants, indépendants, sans-emploi). Elle montre que les populations dépendantes du climat ont une perception des variations du démarrage des pluies bien meilleure. En effet, les valeurs positives (négatives) élevées du résidu de Pearson pour la catégorie des démarrages tardifs (précoces) impliquent que le nombre d'enquêtés mentionnant un démarrage tardif des pluies est très significativement supérieur (inférieur) à celui attendu par une réponse aléatoire. Cette perception est aussi bonne, lorsqu'on les interroge sur les démarrages de la mousson lors des cinq dernières années ou sur le démarrage de la mousson de l'année 2011

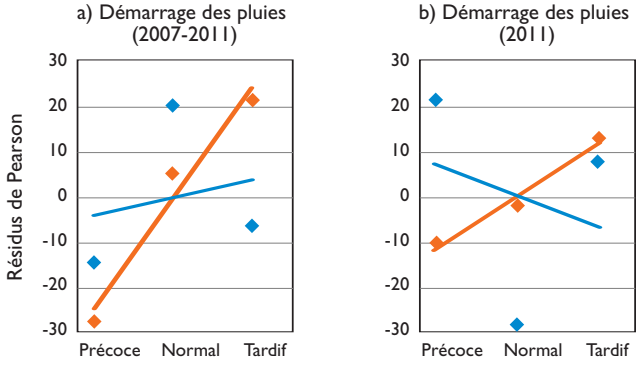


Figure 7.
Proportion des ménages qui perçoivent un démarrage tardif des pluies au cours de ces cinq dernières années (gauche) et au cours de la dernière saison des pluies en 2011. Les ordonnées représentent le résidu de Pearson avec en rouge les réponses des personnes interrogées dont le revenu dépend directement du climat et en bleu celles des personnes dont le revenu ne dépend pas du climat.

qui a eu lieu quelques mois avant l'enquête. Cette adéquation entre les perceptions et les observations pluviométriques contraste fortement avec celles des populations dont le revenu est indépendant du climat. Les réponses de ces enquêtés sont même parfois à l'opposé de l'observation mentionnant un démarrage plus tardif des pluies, alors qu'il est au contraire observé comme plus précoce.

Au contraire du Niger, l'enquête sénégalaise a considéré une population plutôt homogène par ses caractéristiques et par ses activités. La totalité des personnes interrogées sont des agriculteurs-éleveurs, résidant en milieu rural et pratiquant tous le même système cultural à base de mil et d'arachide. Pourtant, et à l'instar des résultats obtenus au Niger, des différences de perception apparaissent entre les personnes, indépendamment de leur activité d'agriculteur et de leur lieu de résidence.

À partir d'un modèle logistique (tabl. 2), nous observons tout d'abord que la perception du climat et de son changement par les paysans sénégalais est d'autant plus

Tableau 2.
Analyse des facteurs associés à une très bonne perception des changements climatiques récents (moins de dix ans) par les paysans du Sine, au Sénégal. Régression logistique sur 1 017 exploitations agricoles (enquête par questionnaires, Escape – 2013/2014).

	Modèle complet	
Nombre d'observations (total ; oui ; non)	(1 017 ; 460 ; 557)	
Bonne perception du climat	Odds Ratio	P>z
Le répondant est une femme (*vs* un homme)	1,12	0,509
Le répondant n'a jamais été à l'école (*vs* a fréquenté l'école)	1,15	0,355
Âge du répondant	0,99	0,690
Nombre de migrations saisonnières au cours des 10 dernières années		
une fois	0,96	0,828
2 ou 3 fois	1,03	0,895
3 fois ou plus	0,61	0,302
A habituellement une activité extra-agricole rémunératrice (*vs* n'en n'a pas)	0,77	0,045
Caste		
Nobles (*vs* paysans)	0,87	0,403
Artisans ou griots (*vs* paysans)	1,98	0,011
Appartient à une association agricole (*vs* n'est pas membre d'une association)	1,14	0,385
Utilise l'information météorologique dans le cadre de son activité (*vs* ne l'utilise pas)	1,61	0,001
Religion		
Musulman mouride (*vs* musulman tidiane)	0,73	0,051
Chrétien (*vs* musulman tidiane)	1,24	0,346
Pauvreté monétaire (oui *vs* non)	0,84	0,198
Constante	0,90	0,787
Courbe Roc	0,61	
Test Hosmer-Lemeshow (prob value)	0,59	

conforme aux observations scientifiques que leurs activités économiques s'inscrivent essentiellement (ou exclusivement) dans la sphère agricole. Ainsi, les agriculteurs qui ont habituellement au moins une activité extra-agricole ont moins de chance de bien percevoir l'évolution récente du climat que les autres (OR = 0,77 ; p = 0,045).

Cependant, et contrairement à notre hypothèse, le fait d'avoir fait plusieurs migrations saisonnières au cours des dix dernières années n'altère pas la perception du climat par les paysans. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les migrants saisonniers possédant des terres sont toujours présents dans leur village au démarrage de la saison agricole (avant les premières pluies utiles).

L'autre facteur associé à une bonne perception de l'évolution récente du climat est l'écoute régulière des prévisions météorologiques à la radio. Les paysans ayant cette pratique ont plus de chance de détecter correctement les changements du climat, conformément aux observations des climatologues (OR = 1,61 ; p = 0,001). Ce résultat souligne bien entendu l'importance de l'accès à l'information météorologique pour une meilleure perception du climat. Mais il suggère aussi que la perception et l'interprétation du climat sont un ensemble cumulatif de connaissances, de croyances et d'observations qui évolue selon un processus d'adaptation aux nouvelles expériences (Berkes *et al*., 2000). L'intégration des connaissances scientifiques aux savoirs profanes indique que ces derniers peuvent être un cadre de référence à l'intérieur duquel les paysans interprètent et s'approprient les informations scientifiques, telles que les prévisions météorologiques.

La qualité de perception du climat revêt aussi des dimensions culturelles et sociales. Ainsi, les castes des artisans et des griots ont globalement une meilleure perception de l'évolution récente du climat que les Sereer de la caste des paysans (OR = 1,98 ; p = 0,011). Ce groupe est, dans notre étude, représenté principalement par les griots, qui sont les dépositaires de la mémoire collective et familiale. À ce titre, ils seraient peut-être plus sensibles aux changements qui surviennent au cours du temps, et notamment à ceux du climat. À l'inverse, on constate que les musulmans appartenant à la confrérie mouride perçoivent moins bien les évolutions récentes du climat (OR = 0,73 ; p = 0,051). L'organisation mouride se caractérise entre autres par des réseaux économiques et religieux qui se superposent sur un territoire à la fois national et transnational, et dont le centre de gravité est la ville sainte de Touba (Copans, 1980 ; Bava, 2005). Le mouridisme suppose donc une grande mobilité de ses membres qui profitent souvent, grâce au commerce, du différentiel de richesses entre les lieux. Même quand ils sont paysans, les mourides ont par conséquent une propension plus grande à se déplacer et à commercer, autant de comportements susceptibles d'induire un certain degré de déconnexion avec leur environnement naturel et climatique d'origine. On notera que les résidents des villages du nord de la zone d'observation, où l'influence mouride est plus forte (on est aux marges de la région de Diourbel, où se trouve Touba) et les activités extra-agricoles plus fréquentes, ont de façon significative une moins bonne perception du climat que les villages du sud de la zone.

Au total, on remarque que les perceptions individuelles du climat se modèlent à partir des expériences et des croyances, mais aussi en fonction des connaissances

scientifiques que les individus sont amenés à intégrer. En outre, et sans doute de façon principale, c'est le lien que les personnes entretiennent avec la nature, au travers notamment de leurs activités et de leur style de vie, qui détermine la justesse de leurs perceptions climatiques, comparativement aux observations scientifiques.

Conclusion

La bonne perception du climat par les paysans africains est certainement un enjeu important de l'adaptation au changement climatique, dans la mesure où ils ont l'habitude de gérer leurs champs en fonction de leurs perceptions et de leurs croyances, en matière de nature et de climat. Une perception correcte du climat est donc nécessaire pour bien évaluer le risque climatique et avoir la possibilité de bien le gérer. Il est clair que cette perception n'induit pas automatiquement une action rationnelle du point de vue du climat. D'autres risques ou stress concurrents peuvent déterminer les stratégies d'adaptation des paysans (TSCHAKERT, 2007 ; voir chap. 17, ce volume). Mais il s'agit incontestablement d'une condition nécessaire, qu'un accès à l'information météorologique peut aider à renforcer.

Malgré la variabilité naturelle du climat et les biais associés à la mémoire, nous avons vu que les paysans des zones semi-arides d'Afrique ont une conscience plutôt claire et juste des changements récents du climat. Pourtant, il faut penser que cette prise de conscience est d'autant plus aiguë que le changement climatique survient dans un temps relativement court et qu'il est de forte amplitude, comme au Sénégal central et dans certaines parties du Niger. *A contrario*, on peut imaginer qu'un changement plus graduel sera plus difficile à détecter et donc qu'il sera moins aisé d'y faire face, par exemple l'augmentation progressive de la température. La perception du changement climatique dépend aussi de ses impacts (positifs ou négatifs) sur les modes et niveaux de vie des personnes qui les ressentent. La violence des épisodes pluvieux récents a produit au Sénégal des événements (inondations des maisons, déracinement des arbres…) qui ont probablement marqué les esprits des paysans. De même, l'augmentation des pluies et le retard de la fin de la saison pluvieuse ont modifié le système cultural, avec la réintroduction d'une variété de mil à cycle long (voir chap. 18, ce volume), ce qui contribue là aussi à une meilleure mémorisation des changements de pluviosité. En revanche, les paysans accordent moins d'attention au réchauffement climatique, qui pour le moment impacte moins leurs activités, mais qui, pour les climatologues, produit pourtant le signal le plus certain et le plus fort.

Compte tenu de toutes ces remarques, nous pouvons dire que la perception des paysans est actuellement autant celle de l'impact que celle du phénomène climatique qui le produit, et qu'elle est plus la perception de l'aléa que celle du risque. Il ne faut donc pas être surpris de constater que les agriculteurs s'adaptent au changement une fois qu'il est survenu, c'est-à-dire de façon réactive et non pas anticipatrice.

L'apprentissage par la seule observation ne suffit généralement pas pour anticiper l'adaptation. Il faut pour cela interpréter les signes de la nature et du ciel pour qu'éventuellement ils puissent exprimer un danger, contre lequel les populations chercheront à se prémunir. Ces interprétations se construisent aujourd'hui autant par les systèmes de croyances locales que par les connaissances scientifiques auxquelles les paysans africains ont accès.

Références

Allé U. C., Vissoh P. V., Guibert H., Agbossou E. K., Afouda A. A., 2013
Relation entre perceptions paysannes de la variabilité climatique et observations climatiques au Sud-Bénin. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (3).

Akponikpe P., Johnston P., Agbossou E. K., 2010
Farmers' perceptions of climate change and adaptation strategies in sub-Sahara West Africa.
2nd International Conference on Climate, Sustainability and Development in Arid Regions, Fortaleza-Ceara, Brazil.

Bava S., 2005
Variations autour de trois sites mourides dans la migration.
Autrepart, 36 (4) : 105-122.

Berkes F., Colding J., Folke C., 2000
Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management.
Ecological applications, 10 (5) : 1251-1262.

Berkes F., Kislalioglu Berkes M., 2008
Ecological complexity, fuzzy logic, and holism in indigenous knowledge.
Futures, 41 : 6-12.

Boyard-Micheau J., Camberlin P., Philippon N., Moron V., 2013
Regional-scale rainy season onset detection: a new approach based on multivariate analysis.
Journal of Climate, 26 : 8916-8928.

Copans J., 1980
Les marabouts de l'arachide. La confrérie mouride et les paysans du Sénégal.
Paris, Le Sycomore (2e édit. 1988, Paris, L'Harmattan).

Delaunay V., Douillot L., Diallo A., Dione D., Trape J., Medianikov O., Raoult D., Sokhna C., 2013
Profile: The Niakhar Health and Demographic Surveillance System.
International Journal of Epidemiology, 42 (4) : 1002-1011.

Diessner C., 2012
It will rain if god wills it: local perceptions of climate change in the Futa Tooro of northern Senegal. Doctoral dissertation, University of Missouri, Columbia).

Fontaine B., Janicot S., Monerie P.-A., 2013
Recent changes in air temperature, heat waves occurrences and atmospheric circulation in Northern Africa.
J. Geophys. Res. Atmos., 118 : 8536-8552, doi:10.1002/jgrd.50667

Gbetibouo A. G., 2009
Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability. The Case of the Limpopo Basin, South Africa.
IFPRI Discussion Paper 00849. February 2009.

Grothmann T., Patt A., 2005
Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, Part A 15, 199-213.

Hansen J., Marx S., Weber E. U., 2004
The Role of climate perceptions, expectations, and forecasts in farmer decision making: the Argentine Pampas and South Florida. IRI Technical Report 04-01. International Research Institute for Climate Prediction, Palisades, NY.

Hartter J., Stampone M. D., Ryan S. J., Kirner K., Chapman C. A., Goldman A. 2012
Patterns and perceptions of climate change in a biodiversity conservation hotspot. *PloS one*, 7 (2) : e32408.

Ingram K. T., Roncoli M. C., Kirshen P. H., 2002
Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural Systems,* 74 : 331-349.

Judex M., Thamm H.-P., Menz G., 2008
« Dynamiques d'utilisation des terres dans le centre du Bénin ». *In* Judex M., Röhrig J., Shulz O., Thamm H.-P (éd .) : *IMPETUS Atlas du Benin. Résultats de Recherche 2000-2007,* 3e édition, Département de géographie, université de Bonn, Allemagne.

Klopper E., Vogel C.H., Landman W.A., 2006
Seasonal climate forecasts – Potential agricultural-risk management tools? *Climatic Change,* 76 : 73-90

Lebel T., Ali A., 2009
Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology,* 375 (1-2) : 52-64.

Leclerc C., Mwongera C., Camberlin P., Boyard-Micheau J., 2013
Indigenous past climate knowledge as cultural built-in object and its accuracy. *Ecology and Society*, 18 (4) : 22.

Lericollais A., 1999
Paysans sereer: dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. Paris, Orstom Éditions, coll. À travers champs.

Liebmann B., Marengo J. A., 2001
Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon basin. *Journal of Climate,* 14 : 4308-4318.

Marteau R, Sultan B., Alhassane A., Baron C., Traoré S. B., 2011
The onset of the rainy season and farmers' sowing strategy for pearl millet cultivation in Southwest Niger. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151 (10) : 1356-1369.

Mertz O., Mbow C., Reenberg A., Diouf A., 2009
Farmers' perception of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel. *Environmental Management*, 43 : 804-816.

Mertz O., D'haen S., Maiga A., Moussa I. B., Barbier B., Diouf A., 2012
Climate Variability and Environmental Stress in the Sudan-Sahel Zone of West Africa. *Ambio*, 41 (4) : 380-392.

Meze-Hausken E., 2004
Contrasting climate variability and meteorological drought with perceived drought and climate change in northern Ethiopia. *Climate Research*, 27 : 19-31.

Nielsen JØ, Reenberg A., 2010
Temporality and the problem with singling out climate as a current driver of change in a small West African village. *Journal of Arid Environments*, 74 : 464-474.

Orlove B., Roncoli C., Kabugo M., Majugu A., 2010
Indigenous climate knowledge in southern Uganda: the multiple components of a dynamic regional system. *Climatic Change*, 100 (2) : 243-265.

Osbahr H., Dorward P., Stern R., Cooper S., 2011
Supporting Agricultural Innovation in Uganda to respond to climate Risk: Linking Climate Change and Variability with Farmer Perceptions. *Experimental Agriculture*, 25 : 293-316.

Ouédraogo M., Dembélé Y., Somé L., 2010
Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21 (2) : 87-96.

Ozer P., Hountondji Y.-C., Ahomadegbé M. A., Djaby B., Thiry A., De Longueville F., 2013
« Évolution climatique, perception et adaptation des communautés rurales du plateau d'Abomey (Bénin) ».
In : *Actes du XXVI^e colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, AIC, Cotonou, Bénin : 440-445.

Pélissier P., 1966
Les paysans du Sénégal.
Saint-Yrieux, Imprimerie Fabrègue.

Reckien D., Wildenberg M., Bachhofer M., 2012
Subjective realities of climate change: how mental maps of impacts deliver socially sensible adaptation options.
Sustainable Science, 8 (2) : 159-172.

Slegers M. F. W., 2008
"If only it could rain": Farmers' perceptions of rainfall and drought in semi-arid central Tanzania.
Journal of Arid Environments, 72 : 2106-2123.

Simelton E., Quinn C. H., Batisani N., Dougill A. J., Dyer J. C., Fraser E. D. G., Mkwambisi D., Sallu S., Stringer L. C., 2013
Is rainfall really changing? Farmers' perceptions, meteorological data, and policy implications.
Climate and Development, 5 (2) : 123-138.

Sultan B., Baron C., Dingkuhn M., Saar B., Janicot S., 2005
Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon.
Agricultural and Forest Meteorology, 128 (1-2) : 93-110.

Tambo J. A., Abdoulaye T., 2013
Smallholder farmers' perceptions of and adaptations to climate change in the Nigerian savanna.
Regional Environmental Change, 13 (2) : 375-388.

Tschakert P., 2007
Views from the vulnerable: understanding climatic and other stressors in the Sahel.
Global Environmental Change, 17 : 381-396.

Tubiana L., Gemenne F., Magnan A., 2010
Anticiper pour s'adapter : Le nouvel enjeu du changement climatique.
Pearson Education France, 204 p.

Weber E. U., 2010
What shapes perceptions of climate change?
Wiley Interdisciplinary Reviews: *Climate Change*, 1 (3) : 332-342.

West C. T., Roncoli C., Ouattara F., 2008
Local perceptions and regional climate trends on the Central Plateau of Burkina Faso.
Land Degradation & Development, 19 : 289-304.

Wolf J., Moser S. C., 2011
Individual understandings, perceptions, and engagement with climate change: insights from in depth studies across the world.
Wiley Interdisciplinary Reviews: *Climate Change*, 2 (4) : 547-569.

Chapitre 5

Quand la nature nous parle

Une analyse comparée des représentations des changements climatiques et environnementaux

Anne Attané
Amadou Oumarou
Mame Arame Soumaré

Introduction

Les sociétés paysannes sont toujours et partout préoccupées par les évolutions météorologiques à court terme (accidents météorologiques) comme à plus long terme (tendances climatiques). Toutes les sociétés produisent des discours qui visent tant à décrire les changements météorologiques perçus au fil des saisons qui se succèdent que les raisons pouvant être à l'origine des transformations perçues et observées. Les sociétés rurales ne perçoivent ni n'interprètent les modifications actuelles du climat dans les mêmes termes que les discours technico-scientifiques (Basset et Crummey, 2003 ; Korbéogo, 2013). Recueillir les perceptions populaires des changements météorologiques permet tout à la fois de confronter les savoirs dits populaires aux savoirs dits savants, mais informe également sur les pratiques spécifiques qui peuvent découler de ces représentations. En effet, les pratiques culturales sont souvent directement déterminées par les perceptions que les paysans peuvent avoir de l'évolution météorologique supposée au fil de la saison considérée. Ainsi, les témoignages des acteurs sont essentiels à recueillir, pour comprendre tant leurs pratiques agricoles, leurs choix portant sur les semences comme sur la date ou la technique des semis par exemple, que les moments choisis pour la récolte ou les techniques de conservation des épis ou des céréales. Favoriser la sauvegarde des récoltes, malgré les changements météorologiques qui affectent les saisons des pluies, comme toute tentative d'amélioration des productions agricoles ne peut passer que par un dialogue étroit avec les agriculteurs et par une compréhension intrinsèque des motifs qui les ont conduits à faire tel ou tel choix technique plutôt qu'un autre.

Percevoir, c'est décider. Percevoir, c'est, face à la masse d'informations disponibles, choisir celles qui sont pertinentes par rapport à l'action envisagée. Ce n'est pas seulement combiner et pondérer, c'est aussi et surtout sélectionner, c'est choisir entre des formes rivales, c'est trancher dans des conflits sensoriels. La perception est décision, et la mémoire l'est tout autant. Parallèlement, dans une même société, des perceptions multiples parfois contradictoires coexistent et parfois entrent en concurrence. Les données recueillies proviennent d'enquêtes anthropologiques et géographiques de type qualitatif, menées dans cinq régions différentes d'Afrique de l'Ouest : la zone de Niakhar au Sénégal située au cœur du pays sereer, dans le bassin arachidier, au centre du Sénégal ; la région de Djougou au nord-ouest du Bénin ; et enfin, la zone de Bonkoukou au Niger située à 100 km à l'est de Niamey ; secondairement, des entretiens ont été menés aussi dans la région du fleuve Sénégal à proximité de Podor et dans celle de Wankama (Dantiandou) au Niger. Les données recueillies témoignent tant de la diversité et de la richesse des perceptions des changements climatiques et environnementaux que de la pluralité des représentations qui expliquent ces changements et de la multiplicité des pratiques qui tentent d'y répondre. Au-delà de cette diversité, des corps de perceptions et de représentations sont communs aux différents terrains considérés, tant en ce qui concerne la pluviométrie que l'environnement naturel et ses mutations. Sur les trois principaux sites, les acteurs rencontrés perçoivent très clairement trois phénomènes : les changements des éléments qui caractérisent le climat tels que la pluie, la température, les vents ; l'apparition de nouveaux éléments, comme la poussière, des espèces d'herbes ; et la disparition d'éléments connus, comme les mares, la faune, des espèces arbustives et herbacées. Les cycles et les rythmes de la nature ont toujours été périodiquement déréglés par des accidents dont les témoins soulignent le caractère exceptionnel. Or cette exceptionnalité doit évidemment être discutée. La discussion proposée ici s'articule autour de ce qui peut être perçu par les acteurs eux-mêmes comme des continuités, des transformations ou de véritables ruptures.

L'enjeu de la traduction, un défi pour l'anthropologie ?

Toute enquête anthropologique suppose de mener un important travail de traduction. Il convient de transformer les questions que le chercheur se pose en questions qui peuvent être adressées aux acteurs rencontrés. L'anthropologie impose un important travail de traduction sémantique (Olivier de Sardan, 2008). De la même manière, des entretiens qualitatifs menés par un géographe autour des questions des perceptions et des représentations des changements environnementaux réclament un effort identique de traduction sémantique. La question entre le sens populaire et le sens savant se trouve posée (Olivier de Sardan, 2001)

La notion d'« environnement » est une notion élaborée de manière récente dans et par les sociétés occidentales (Acot, 1988 ; Moscovici, 1977 ; Abélès *et al.,* 2000 ; Descola, 2000), la notion de climat est trop souvent rapportée aux variations météorologiques dans une acception quotidienne, alors même qu'il s'agit bien pour les chercheurs d'observer des tendances très longues (centaines d'années et *a minima* des dizaines d'années). De ce fait, comment traduire les notions de « climat », et d'« environnement » ? Comment ne pas biaiser les récits et les témoignages de nos interlocuteurs et rendre compte au plus juste des changements qu'ils perçoivent et des représentations qui y ont trait ? Pour tous les groupes sociaux et, d'autant plus pour ceux qui tirent leurs ressources du travail de la terre, de l'élevage et de la cueillette, une attention aux phénomènes météorologiques et plus généralement aux variations climatiques a toujours été de mise (Fairhead et Leach, 1994, 1996 ; Korbéogo, 2013). Ainsi, la pluie, le vent, les températures sont des éléments autour desquels les questions posées à nos interlocuteurs prennent sens, les termes vernaculaires existent pour désigner ces éléments et sont plus neutres et plus concrets que les notions de « changements climatiques et environnementaux ». Ces termes expriment mieux pour les populations rurales les manifestations réelles des variations météorologiques qui sur le plus long terme sont des signes de changement du climat. De fait, il n'existe pas de termes dans les langues des sociétés ouest-africaines pour désigner le climat. Pour en parler, référence est faite à la nature des vents ; à celle de l'espace, l'espace compris comme pourtour immédiat incluant les sols et la végétation ; il est également fait référence au chaud et au froid, à la température perçue donc, mais aussi aux caractéristiques de la pluie, son intensité ou sa variabilité par exemple.

Une méthodologie identique a été déployée sur les sites de Djougou, Niakhar et Bonkoukou. L'essentiel des données a été recueilli lors de trois enquêtes collectives de type « Ecris »[1] (Bierschenk et Olivier de Sardan, 1994), dont un volet portait sur les représentations des changements météorologiques, environnementaux et climatiques, respectivement menées en novembre 2011 à Bonkoukou (Niger), en avril 2012 à Niakhar (au Sénégal), en novembre 2012 à Djougou (Bénin). Des enquêtes qualitatives complémentaires se sont déroulées de manière systématique sur chacun des sites, elles ont permis d'affiner les données et de disposer des études sur des cas exemplaires. Des enquêtes semi-directives ont été conduites auprès des cultivateurs de Niakhar pendant l'hivernage 2013. Les enquêtés ont été sélectionnés, dès lors que la culture du mil représente la plus grande surface cultivée de leurs champs. Des entretiens semi-directifs ont également été conduits auprès d'autres personnes-ressources : agents d'encadrement (Ancar[2], responsable du CADL[3]), ainsi que des chefs de village.

Les enquêtes Ecris ont pu réunir – en particulier au Sénégal et au Bénin – plusieurs chercheurs du programme Escape, non spécialistes des sciences sociales. Ainsi,

1. Ecris : Enquête collective rapide d'identification de groupes stratégiques.
2. Ancar : Agence nationale de conseil agricole et rural.
3. CADL : Centre d'appui au développement local.

les équipes de deux à trois personnes qui menaient les entretiens étaient constituées d'agronomes, de climatologues, de démographes, d'anthropologues et de géographes. Les réunions de restitution des données, qui avaient lieu chaque soir, ont été riches des expertises croisées des chercheurs en sciences sociales et des agronomes et climatologues. Les résultats des enquêtes Ecris, menées sur les trois principaux sites, ont permis de construire les questionnaires des enquêtes quantitatives qui ont été élaborés par les socio-démographes de l'équipe Escape qui avaient eux-mêmes participé aux enquêtes Ecris, et ces questionnaires ont été passés à Djougou et à Niakhar (cf. chapitre 4). Ici, les résultats des études qualitatives ne visent pas tant à montrer le degré d'écart entre les perceptions des changements environnementaux et météorologiques des populations et les relevés des données pluviométriques et de températures effectués par les chercheurs en climatologie : ils visent plutôt à rendre compte des savoirs des populations et des représentations diversement partagées. Notre objectif est de rendre compte de ce qu'elles perçoivent comme des continuités, des transformations ou au contraire des ruptures avec l'expérience qu'elles peuvent avoir des conditions météorologiques et environnementales de leur milieu de vie.

Les continuités : transmission des savoirs se rapportant à la prévision de la météorologie

Les espaces ruraux considérés se caractérisent par un ensemble de connaissances et de pratiques partagées de façon variable selon les groupes socioculturels ou socio-professionnels, mais aussi selon les âges et les sexes des personnes rencontrées. Ces connaissances permettent d'interpréter la nature de l'espace ou la qualité de la saison, de prédire les caractéristiques climatiques futures afin de s'adapter aux effets qui peuvent en résulter. Elles se construisent autour des signes et des symboles, identifiés dans l'espace (apparition ou disparition de certaines espèces arbustives ou herbacées, ou de leur fleurissement ; cris de certains animaux ou oiseaux ; changement de direction de vents ; apparition ou disparition de certaines étoiles, etc.) et transmis de génération en génération, permettant aux paysans de maîtriser l'espace et de s'orienter dans le temps. Cette maîtrise de l'espace leur permet d'opérer des choix utiles pour leurs activités quotidiennes.

Les savoirs locaux s'expriment autour de l'interprétation des signes observés sur les étoiles, les arbres et les herbes, les animaux, les vents, etc. Ces signes annoncent les saisons et leur qualité. De manière récurrente, les populations paysannes interprètent

le plus souvent le mouvement des étoiles, alors que les éleveurs interprètent plutôt l'assèchement ou le fleurissement des arbres et des herbes. Amadou Oumarou (2004 : 285) note ainsi que « le temps [chez les Peuls du Dallol Bosso (Niger)] est caractérisé par une répétition de phénomènes environnementaux circulaires qui marque la fin d'une saison et le début d'une autre ». Les données recueillies dans les espaces étudiés relèvent que :

– l'apparition et la localisation des étoiles déterminent les moments des semis et la qualité des récoltes à venir au Niger, l'intensité de la saison des pluies à Djougou au Bénin ;

– l'apparition de différentes étoiles marque pour les sédentaires le début ou la fin des semences et même la fin de la saison des pluies. Par exemple, au Niger, l'apparition des *aliije* en *fulfulde* (trois étoiles alignées à l'est) provoque l'inquiétude si les épis de mil hâtif ne sont pas matures. Les agriculteurs savent alors que deux pluies au maximum tomberont encore ;

– l'assèchement du feuillage du *gao* (*Acacia albida* ou *Faidherbia albida*, arbre fourrager : ses fruits et ses feuilles sont surtout consommés par les petits ruminants) annonce la saison des pluies ;

– les vents constituent aussi des indicateurs de changements de saison : la mousson indique la saison des pluies ; l'arrêt du vent de mousson informe de sa fin ; l'harmattan annonce l'entrée dans la saison froide et sèche ; les tourbillons de fin d'harmattan annoncent la chaleur.

De même, certains comportements des animaux et des oiseaux annoncent la saison d'hivernage : l'apparition d'un oiseau appelé « *walia* » (en langue djerma et haussa) et *waliaje* (en fulfulde), les cris de crapauds annonçant l'arrivée de la mousson dans les deux semaines qui suivent. À Djougou, les cris d'un oiseau considéré comme très intelligent annoncent l'arrivée des pluies. Les paysans disent de lui qu'il parle plusieurs langues (en *yom*, kpasɛδ-nooδa : « celui qui annonce la saison des pluies », les Peuls utilisent le nom *yom*). Cet oiseau crie une fois au mois de février, deux fois au mois de mars et, vers la fin du mois de mars, à partir du moment où il se met à crier un plus grand nombre de fois, cela annonce que la pluie doit arriver une vingtaine de jours après.

Ces comportements des animaux et des oiseaux permettent quelquefois aux acteurs de mesurer des changements. Ainsi, un homme âgé de Djougou raconte que, autrefois, il n'y avait pas plus de 10 jours qui s'écoulaient entre la multiplication des cris de cet oiseau et l'arrivée des premières pluies, mais qu'aujourd'hui l'oiseau peut crier un certain nombre de fois et pour autant la pluie tarde à venir ; il parle désormais d'un écart d'au moins 20 jours. Il signale ainsi que la saison des pluies commence plus tardivement.

Par ailleurs, les acteurs évoquent *les perturbations de la direction des vents* comme de *la température de ces vents* (un vent est ressenti comme chaud au moment où il devrait être froid et inversement) comme un changement majeur témoignant de mutations plus importantes dont ils ne connaissent pas les causes et dont ils n'ont pas l'expérience par le passé.

Les changements perçus des éléments de climat : pluies, températures et vents

Les perceptions paysannes des changements climatiques et environnementaux s'expriment autour des représentations qu'ils se font des éléments météorologiques que sont les précipitations, les températures et les vents, et des changements qui affectent leur environnement naturel : mares, végétation, cours d'eau, etc. Cette perception doit ainsi être analysée à partir des éléments caractéristiques de chacune de ces composantes. Le climat, dans la perception émique (Olivier de Sardan, 1998) de l'espace d'étude, fait référence à la pluie, au vent et à la température. Les perceptions populaires en lien avec ces éléments présentées ici témoignent de l'homogénéité des changements perçus tant au Niger et au Bénin qu'au Sénégal.

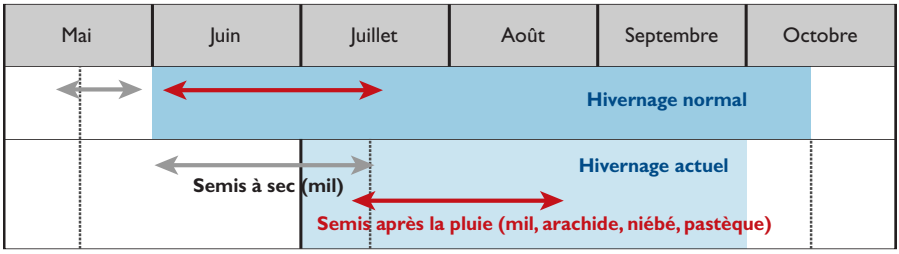
Les perturbations des saisons de pluies

Les perturbations des saisons de pluies se manifestent par des retards des premières précipitations ou de l'installation effective des saisons de pluies, l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies aussi bien dans le temps que dans l'espace, et l'arrêt précoce des pluies. Selon plusieurs de nos enquêtés, il existe une interdépendance entre ces différents facteurs de perturbation du cours normal des saisons de pluies. Si par le passé au Niger les premières pluies étaient enregistrées au 7^{e} mois de l'année agricole, la durée de la saison s'étendait sur quatre à cinq mois ; ces dernières années, les premières pluies interviennent le plus souvent entre le 8^{e} et le 9^{e} mois entraînant une réduction dans la durée de la saison des pluies qui, dans ce cas, est ramenée à un maximum de trois à quatre mois. Aussi, l'irrégularité et la mauvaise répartition spatio-temporelles des pluies, qui sont devenues récurrentes, sont des signes majeurs de perturbations des saisons de pluies constatées depuis plusieurs décennies.

Le retard des premières pluies est identifié comme la principale cause des mauvaises productions agricoles par les paysans interrogés. « Plus on sème tard, plus on a un risque que les pluies s'arrêtent précocement », nous a-t-il été mentionné sur les trois sites. Les descriptions font état de changements au début et en fin de saison des pluies, ainsi que de poches de sécheresses. Ces poches de sécheresses seraient plus importantes en nombre et plus intenses aujourd'hui qu'avant les deux grandes sécheresses du Sahel en 1973 et 1984 ; cette amplification de l'intensité et de la durée des poches de sécheresse pose des problèmes pour la croissance des plantes. Les villageois soulignent que les pluies n'arrivent plus « au bon moment » pour les cultures : les précipitations débutent avant les semis et reviennent une fois la date de ces derniers, dépassée. Elles sont donc devenues irrégulières. Il pleut quand les agriculteurs ne s'y attendent pas *:* « On ne comprend plus ! » Dans la vallée du fleuve au Sénégal, par exemple, l'augmentation des pluies et des températures se traduit par une augmentation du risque parasitaire, exposant ainsi les cultures maraîchères.

En pays sereer, dans la région de Niakhar, le raccourcissement de la durée de la saison des pluies est observé par les paysans. Actuellement, la saison des pluies dure à peine trois mois, au lieu des cinq mois connus dans le passé.

Tableau 1.
Les modifications du temps des pluies et du temps des semis, expressions du changement climatique.



Les saisons des trois dernières décennies se caractérisent par des démarrages tardifs et les fins précoces des pluies. Le plus souvent, ce sont de fortes pluies en un temps très court qui alternent avec des périodes de sécheresse variant de 5 à 20 jours selon les enquêtés. Ces poches de sécheresse constatées entre les dates de pluies font obstacle au développement végétal. Ces poches de sécheresse sont remarquées au sein d'un même terroir villageois. En effet, les surfaces couvertes par les pluies ont diminué dans l'ensemble des zones d'étude. Il arrive que dans un même village, une partie soit arrosée tandis que l'autre n'enregistre aucune goutte d'eau ! Les agriculteurs ont répondu à ces aléas pluviométriques. Ainsi, la période 1961-1990 a été marquée par des changements majeurs dans les pratiques agricoles : assèchement climatique et abandon progressif de la variété de mil à cycle long de 110 à 120 jours (sanio) ; généralisation du semis à sec du mil dans le bassin arachidier ; mise en culture des bas-fonds. De tels faits attestent des liens entre la pluviométrie et la transformation des systèmes de culture.

Aujourd'hui, pour pallier ces formes de risques pluviométriques, les cultivateurs associent des variétés de culture à cycle long et celles à cycle court. L'exemple de l'association du mil souna et du mil sanio, avec alternance des poquets dans un même champ chez les paysans de la région de Niakhar, l'illustre. À la faveur de la hausse pluviométrique (2007-2014), la réapparition remarquable du sanio dans les terroirs de la zone de Niakhar depuis l'année 2009 témoigne de la réversibilité des pratiques culturales qui sont perpétuellement ajustées, au rythme des pluies. En effet, les besoins en eau du sanio sont estimés à environ 544-598 mm (Dancette, 1983). Rappelons-le, cette culture qui occupait les grands champs de brousse entre 1965 et 1969, couvrait en moyenne 33 % des surfaces cultivées dans le terroir de Sob, village de la région de Niakhar (Lericollais, 1972). Lors de la campagne agricole de 1986, une faible présence du sanio a été notée à Sob, à Ngayokhème et à Kalome (Faye *et al.*, 1987).

Les changements de températures

Les changements de températures au cours des saisons sèches et froides sont aussi perçus par les paysans comme l'un des facteurs majeurs qui témoignent des changements climatiques. Les saisons sèches par le passé étaient plus ensoleillées et étaient caractérisées par des températures beaucoup plus élevées qui permettaient d'enregistrer de bonnes saisons des pluies, parce qu'il pleuvait abondamment et de façon régulière pendant les quatre mois de la saison d'hivernage.

> « En pleine journée de saisons sèches, les rayons du soleil étaient si ardents qu'on avait souvent l'impression de brûler. Quand le soleil montait au zénith, il n'était pas possible de marcher sur le sol sans chaussures et les oiseaux se réfugiaient dans les greniers et les cases. Et cette chaleur intense est le signe d'une saison de fortes pluies et de bonnes récoltes » (entretien réalisé avec un agriculteur du village de Wankama, septembre 2012).

Par ailleurs, les saisons froides se caractérisaient par des pics de fraîcheur. En certaines périodes de saison froide notamment, les personnes âgées étaient obligées de se réchauffer autour d'un feu du matin à midi. Ces moments d'intense fraîcheur sont appelés « *dottidjo bon dan barnu* », expression utilisée en langue djerma pour désigner le fait que les vieillards se mettent si près des feux qu'ils donnent l'impression d'y mettre la tête.

Le responsable de la station météorologique de Podor, au cours d'un entretien, a évoqué l'augmentation très sensible des températures dans le bassin fluvial. Cette élévation des températures accentue l'évaporation et elle est source de stress hydrique pour les plantes cultivées, notamment en contre-saison chaude (de mars à juin). Les exploitants sont contraints d'irriguer régulièrement et doivent ainsi faire face au surcoût d'irrigation des aménagements exploités. Ce propos de notre interlocuteur à Podor illustre bien la hausse des températures dans la zone :

> « Il a fait si chaud que le matériel de mesure de l'insolation a été brûlé et endommagé. Des manquants sur les fiches de relevé en attestaient. Pourtant, à chaque heure de la journée, les données doivent être transmises par téléphone, à l'agence de la météorologie de Dakar » (entretien réalisé avec le responsable de la station de Podor, juillet 2013).

Ainsi sur tous les sites de l'enquête, les discours sur les fortes températures ont été recueillis, surtout au début de la saison des pluies. En effet, nos interlocuteurs ont une perception aiguë de la variabilité des températures au sein de la même saison.

Les changements de caractéristiques des vents

Par caractéristiques des vents, il faut entendre tant la direction des vents, que leurs intensités et leurs aspects rougeâtres ou pas. Par le passé, la direction des vents était fonction, selon nos interlocuteurs, des saisons de l'année. Pour chaque saison, le vent soufflait dans une direction précise. Mais de nos jours, ce principe connaît de sérieuses perturbations. En effet, depuis plusieurs années le vent souffle le plus souvent dans toutes les directions. Cette précision dans la direction du vent, qui indiquait chaque saison, n'existe plus. On assiste à l'avènement d'un type nouveau de vents qui est en général rougeâtre, sec et chaud, violent, soudain et assez fréquent.

La fréquence élevée de ces vents dans un environnement soumis à une déforestation soutenue par une coupe abusive du bois provoque l'érosion, la formation inhabituelle de cauris, des ruissellements et des inondations. Tous ces facteurs participent à l'appauvrissement des espaces cultivables. Ces vents sont aussi chargés de fortes poussières rougeâtres qui sont accompagnées de maladies de tous genres dont sont victimes les populations, surtout en saison froide.

Ruptures : entre disparitions de « phénomènes connus » …

Plusieurs éléments de l'environnement immédiat (espèces arbustives, mares, etc.) ainsi que des signes météorologiques connus et habituels sont aujourd'hui peu ou pas visibles dans l'espace de vie des paysans. Sur l'ensemble des sites d'étude, des formes variées d'espèces arbustives et herbacées sont déclarées disparues ou en voie de l'être. Il s'agit principalement pour les sites du Niger des arbres comme *Ziziphus mauritania* (*darey)*, *Balanites aegyptiaca* (*garbey)*, *Acacia polyacantha* spp. (*dan)*, *Grewia bicolor (kélli)*, *Acacia macrostachya (tchidi)*, *Adansonia digitata* L. Bombacaceae *(koo nya*), *Combretum nigricans* (*déli-nya*) ; et des herbes comestibles ou à usage médicinal (soins des fièvres, des maux de ventre et des diarrhées) : le *hanza, Gynandropsis gynandra (fubey), Leptadenia hastata (hanamm), Cassia occidentalis, Chrozophora brocchiana,* etc.

À Niakhar, de nombreux interlocuteurs expliquent qu'auparavant le paysage était plus « sombre », car les arbres étaient nettement plus feuillus.

> « À ce moment-là, il n'y avait pas les grandes enquêtes que les gens font maintenant ; pour aller à Niakhar, il fallait marcher 5 kilomètres et entre Sob et Niakhar, c'était la forêt. Il y avait des voleurs, s'ils te tuent ils prennent tes bagages et s'en vont et tu perds les troupeaux aussi, ils tuaient les bergers et amenaient les bœufs. On amenait des récoltes à travers la forêt, on n'avait pas où les mettre, on les posait sur la tête. On posait l'arachide sur la tête, de même que le mil et les petits bois, si tu ne peux pas les mettre sur la tête tu les roules par terre, tout cela je l'ai vécu… » (entretien réalisé avec un enquêté âgé de 90 ans dans le village de Sob, région de Niakhar, juillet 2014).

La référence faite par notre interlocuteur aux enquêtes de suivi démographique entreprises sur le site de Niakhar depuis 1962 permet de dater la raréfaction des arbres et l'éclaircissement de la forêt à plus de soixante-dix ans (avant 1945). Les habitants de la région de Niakhar relèvent également la disparition des jardins maraîchers depuis les années 1970 en pays sereer. L'érosion des sols comme leur dégradation intense par salinisation de la nappe phréatique est visible.

Du point de vue des ressources hydriques, la disparition, la réduction de la taille et/ou le tarissement précoce des mares sur les trois sites ont été notés par les populations. Ainsi, dans la commune de Djougou, les témoignages relatent l'assèchement

des petits cours d'eau (Doubiera, Biyigui, Adjeta-Behma), puis des moyens (comme Mara), enfin la diminution des plus grands cours d'eau (Bakou, Massy, Wéwé, et Sew). Un autre élément de disparition concerne la faune dans les terroirs villageois : une disparition des fauves et une raréfaction du gros et petit gibier. De même, à Bonkoukou, les personnes interrogées citent les biches, les pintades, les lièvres, les outardes et les chacals comme ayant disparu de leur terroir.

… et apparitions de « phénomènes nouveaux »

Au Niger, l'apparition d'une *poussière de couleur rougeâtre* méconnue auparavant des populations suscite des interrogations et des inquiétudes…

L'apparition de plantes méconnues ou la prolifération de plantes récentes, par exemple le striga, est mentionnée sur les trois sites. Cette plante n'est consommée par les animaux qu'en cas extrême et les paysans savent qu'elle rend un champ impropre à la culture. Ces longues séquences sèches repérées par les paysans favorisent un accroissement rapide du striga (*Striga hermonthica* ou *ndoxum* en sereer) et l'apparition d'insectes nuisibles aux plantes. La prolifération du striga indique l'appauvrissement des sols cultivés. Les paysans sereer le considèrent comme très nocif à la culture du mil, puisqu'il empêche la croissance végétale. Par conséquent, sa prolifération annonce la baisse des rendements de mil enregistrés dans la zone. Le retour de l'humidité, perçue par les populations depuis une dizaine d'années, occasionne la réapparition d'espèces végétales qui avaient disparu. C'est le cas du « *pattuki* » et du « *selew-lew* » dans la vallée alluviale du fleuve Sénégal. Le « *pattuki* » (en langue pulaar) est l'*Acacia polyacantha,* une plante médicinale utilisée comme antiseptique et contre la fatigue générale, les courbatures et les douleurs intercostales. Le « *selew-lew* » (en langue pulaar) est le *Leptadenia pyrotechnica,* c'est une plante médicinale multi-usages (soins des yeux, dermatites, diurétique, constipation et colique), ses branches sont utilisées tissées pour confectionner les plafonds des cases et des hangars ou encore fabriquer les clôtures des maisons et les enclos des animaux dans la vallée alluviale du fleuve Sénégal.

Les inondations qui se sont répétées ces dix dernières années dans toute l'Afrique de l'Ouest (Ouagadougou, 1er septembre 2008, etc.) ont été mentionnées, dans une des zones considérées – la vallée du fleuve Sénégal – comme un phénomène intense et nouveau. Ainsi, à Sinthiou Diambo, le chef de village nous a confié lors d'un entretien mené en janvier 2013 que, durant l'hivernage 2012, 80 % des terres aménagées pour l'agriculture irriguée ont été inondées, du fait de la forte pluviométrie. Cependant, les cultivateurs confrontés au risque climatique, mais fervents croyants, disent simplement ceci : « C'est le Bon Dieu qui donne la pluie quand il veut et où il veut. » Les inondations de l'année 2012, qui ont affecté bon nombre des aménagements

irrigables que compte la délégation SAED[4] de Podor, étaient le résultat de la forte pluviométrie enregistrée cette année-là, après celle de l'année 1999 ayant causé, elle, le déguerpissement d'un village entier, Donaye, situé dans la vallée alluviale.

Tableau 2.
Les dégâts occasionnés sur les aménagements par les fortes pluies de l'hivernage 2012.

	Superficie affectée	Superficie inondée	Superficie emblavée inondée
Valeurs (ha)	1 329	984	942
Valeurs (%)	100	74	70

Source : SAED, Direction des aménagements et de la gestion de l'eau (DAGE) Podor, 2013.

Ici, au total 1 329 hectares furent occupés par les eaux de pluie qui les rendaient indisponibles pour les cultures. Les sinistres constituaient une perte d'investissements sur 942 hectares emblavés en riz, affectant 3 588 exploitants. Dans la communauté rurale de Guédé (au terme de vingt-deux années d'exploitation des aménagements), la plus faible superficie emblavée en riz a été enregistrée en 2004, avec 537,99 ha. Cela s'explique en grande partie par les dégâts causés par les inondations des périmètres aménagés pour l'agriculture irriguée.

Causalités énoncées des changements climatiques et environnementaux

Les interprétations des causes des changements climatiques et environnementaux se formulent autour de deux grandes tendances : les causes anthropiques et celles liées aux représentations socioculturelles.

Les causes anthropiques

Les actions de l'homme constituent les premières causes énoncées des changements perçus. Au premier rang de ces causes avancées, la perception que les individus ont tous de l'augmentation de la population durant ces vingt dernières années et de l'accélération des pratiques de prélèvement des ressources naturelles qui découle directement de cette augmentation de la population. Cette augmentation des pratiques de prélèvements est aussi expliquée par les acteurs par l'amplification des pratiques commerciales. La déforestation, dans la région de Djougou, est clairement expliquée par la généralisation des pratiques commerciales (Langewiesche, 2004,

4. SAED : Société d'aménagement et d'exploitation des terres du delta et de la vallée du Sénégal.

2006). Ainsi, la fabrication du charbon dans les régions de Djougou et de Bonkoukou répond aux besoins de ressources financières des femmes et accélère le prélèvement du bois. Le palmier Doum, *Hyphaene thebaica* (dont les feuilles sont utilisées pour la confection de nattes ou de cordes, de vans ou de chapeau, etc.), est également de plus en plus commercialisé. Sur les trois sites, les coupes de bois, la réduction des jachères, la disparation des espèces animales sont perçues comme une conséquence directe de l'activité humaine, tant du fait de la déforestation que de la colonisation agricole. La pression sur les terres cultivables déjà ancienne dans la région de Niakhar (Lericollais, 1999) est rappelée systématiquement par nos interlocuteurs. À Wankama par exemple, la déforestation consécutive à la coupe abusive du bois destiné à la commercialisation constitue l'indicateur principal des changements environnementaux. Cette diminution de ces espèces arbustives engendre la formation de mares inhabituelles qui, aux yeux des paysans locaux, constituent la cause de vents violents provoquant la diminution et la mauvaise répartition des quantités de pluie ; l'érosion des champs de cultures et l'enfouissement des jeunes semis obligent les paysans à ensemencer à plusieurs reprises en une seule année. En effet, par le passé, même s'il arrivait que les vents soient puissants par moments, ils n'étaient pas aussi violents.

L'augmentation du nombre d'animaux des transhumants aurait engendré le durcissement des sols du fait du piétinement des bovins. La terre est, d'une part, plus dure à travailler et, d'autre part, lorsqu'il pleut, la pluie dame le sol et ne peut plus s'y infiltrer. Ainsi, les troupeaux dans la région de Djougou, qui appartiennent aux populations d'origine peule, sont accusés d'endommager les abords des mares et de contribuer à leur ensablement. Au Niger, des conflits importants, voire violents, éclatent entre éleveurs et riziculteurs du fait de l'assèchement des points d'eau, imputé au piétinement du bétail. Dans la région de Djougou, la stigmatisation des pratiques des éleveurs transhumants est de mise.

Les causes liées aux représentations socioculturelles

Du point de vue socioculturel, la première cause des changements climatiques et environnementaux énoncée par les enquêtés est endogène et serait liée à l'abandon de certaines valeurs socioculturelles, construites notamment autour des rites et des sacrifices.

En effet, l'abandon progressif de certaines pratiques liées aux religions autochtones, mais également aux pratiques de marabouts musulmans, est évoqué lorsqu'il s'agit de parler des causes des changements. De part et d'autre, des croyances lient certains rites (sacrifices ou prières) aux niveaux et à la qualité des précipitations annuelles enregistrées dans une localité.

Les interprétations des marabouts, érudits de l'islam

Au Niger, dans la région de Bonkoukou comme dans celle de Wankama, les marabouts musulmans établissent un lien entre les événements naturels et les prophètes qui se sont succédé. Cette forme d'interprétation leur permettait de prédire les caractéristiques de chaque saison de pluies et d'en déterminer les rituels et sacrifices correspondants.

Ainsi, à chaque saison de pluies, les marabouts demandaient aux populations de sacrifier soit un poulet, une chèvre, un mouton, ou encore une vache. L'animal à immoler était soit donné par le chef du village, soit acheté par le biais d'une cotisation des populations. Il faut souligner que ces sacrifices étaient exécutés en dehors du village, et la viande était absolument consommée sur place, sans quoi le sacrifice n'aurait plus aucun effet. Ces formes de sacrifice se raréfient dans les villages, même si quelques survivances sont encore perceptibles.

Les rites pratiqués par les *zimmas*, détenteurs des croyances animistes locales

Dans ces régions du Niger, les *zimmas* (terme de langue djerma qui désigne les détenteurs de savoirs magico-religieux) pour leur part faisaient leurs *foleys fooris* ou *Doboussosso,* qui sont des cérémonies de danses de possession. Pour organiser ces cérémonies, les populations se cotisaient et apportaient des céréales aux *zimmas*. La pratique des *zimmas* était organisée au septième mois de l'année et avait pour objectif de prédire les quantités de pluies annuelles et leur répartition spatiale dans l'espace villageois. Ces prédictions permettent aux populations de prévenir les risques de sécheresses ou d'inondations annoncés.

Par exemple, à Bonkoukou, les *zimmas,* à travers un procédé assez simple bien que fort symbolique, procédaient de la manière suivante, décrite ici par un enquêté :

> « On traçait au sol deux droites perpendiculaires creusées et en leur point d'intersection, on versait une calebasse d'eau spéciale. Et naturellement, cette eau suit les droites ainsi tracées dans les quatre directions représentant les quatre points cardinaux. La répartition spatiale des pluies est définie par la quantité de l'eau qui coulerait sur chaque côté de la figure tracée. Si par exemple, le segment est reçoit beaucoup plus d'eau que les autres, cela signifierait que les pluies annuelles seront beaucoup plus abondantes au côté est du village et de ses alentours » (entretien réalisé le 17 juillet 2012 avec un des acteurs de l'organisation et la tenue du *Doboussosso*).

Cette pratique consistait également à prévenir les attaques d'insectes qui pourraient détruire les cultures. Aussi, en dehors de l'argent et des céréales devant servir à l'organisation et la tenue de la cérémonie du *foleys fooris* ou *Doboussosso,* les *zimmas* avaient droit à une autre rémunération en nature. Ainsi, à la fin de chaque récolte, chaque ménage devait donner une botte de mil au chef *zimma*. Celui-ci utilisait ce mil à sa guise en le distribuant le plus souvent aux « nécessiteux » (personnes âgées ou indigents, en général).

Mais, depuis plusieurs années, toutes ces pratiques ont été abandonnées, du fait notamment de l'avènement de nouvelles pratiques islamiques. Cette nouvelle tendance religieuse interprète ces pratiques comme une forme d'association de croyances qu'elle qualifie de « grands péchés », tant elles s'apparentent à des pratiques liées à l'animisme. Et, pour beaucoup d'enquêtés, toutes les difficultés rencontrées aujourd'hui sont imputables à l'abandon de ces pratiques considérées comme traditionnelles. En effet, toutes les menaces qui étaient prévenues à travers ces pratiques sont celles qui concourent aujourd'hui à cette situation de changements climatiques et environnementaux qui rendent les saisons et les productions agricoles imprévisibles et précaires.

Divers rites aujourd'hui abandonnés ont été évoqués au cours des enquêtes menées au Niger. Chaque année, des rites propitiatoires étaient accomplis afin d'assurer une bonne récolte : ainsi, avant de semer les céréales, on sacrifiait un poulet blanc pour demander une bonne saison agricole. Un rite que l'on peut qualifier de circonstanciel, c'est-à-dire qui ne s'effectue que dans certaines circonstances, en l'occurrence quand il y avait un long arrêt des précipitations au sein de la saison des pluies, était pratiqué. Au cours de ce rite, les femmes et les enfants, munis de grains de céréales de toutes sortes, faisaient le tour du village en versant ces grains sous les grands *gao* (*Acacia albida* ou *Faidherbia albida*) et dans les cimetières, invoquant ainsi les âmes des défunts et les ancêtres. Selon nos interlocuteurs, une fois le rituel accompli, la pluie était toujours au rendez-vous. Des prières collectives dans les cimetières ou à l'emplacement réservé aux prières des fêtes annuelles pouvaient également avoir lieu pour faire venir la pluie. Aujourd'hui, tous ces sacrifices et rituels sont abandonnés.

Par ailleurs, des pratiques d'évitement avaient également pour objectif de ne pas contrecarrer le cycle des saisons et leur qualité. Ainsi, une sorte de pacte conclu entre les hommes et les insectes, et raconté dans les mythes de fondation, conduisait à ne pas consommer du *foy youtto (Ceratotheca sesamoides,* feuilles utilisées comme base d'une sauce verte gluante très prisée au Mali). Les aînés masculins du village, considérés comme les sages, faisaient des incantations sur ce type d'herbe bien précis qu'on appelle *zouloumbou* ou *foy youtto*. Ce pacte interdisait aux hommes de consommer cette herbe et ce, jusqu'aux récoltes. Et, en retour, les insectes se contentaient de la consommation de cette herbe et ne pouvaient selon ce pacte s'attaquer aux cultures. Toutefois, ce pacte est rompu dès que quelqu'un s'aventure à consommer cette herbe interdite, la riposte consistant alors pour les insectes à s'attaquer aux cultures.

Dans la région de Niakhar, en pays sereer, les paysans ont déployé un ensemble de stratégies pour faire face à la raréfaction des espaces cultivables, à l'appauvrissement des sols, à la chute de l'économie arachidière et à la baisse très importante de la pluviométrie (Lericollais, 1999). Ils s'appuient sur leurs expériences ainsi que sur la mémoire soigneusement conservée des campagnes agricoles passées, ceci explique largement leur grande flexibilité face aux aléas du climat (Lericollais et Milleville, 1997). Parallèlement, le recours aux forces mystiques revêt une importance considérable. C'est le sens qu'il convient de donner à la cérémonie traditionnelle du *Khoy* en pays sereer. Des sacrifices et incantations sont effectués avant les semis du mil, en vue d'obtenir un bon hivernage. Dans le village de Sob, la cérémonie est organisée avant la tombée de la première pluie, un mercredi, sous un grand baobab baptisé du nom du génie protecteur, *diyamsen*. La date des premiers semis est d'ailleurs fixée à l'issue de cette cérémonie.

Au-delà de ces rites abandonnés, les enquêtés évoquent une rupture de certains équilibres sociaux bien connus. Ces ruptures s'expriment autour de divers comportements considérés comme potentiellement destructeurs de la société, du fait de la colère divine que ces comportements suscitent. Aujourd'hui, il est possible de noter quatre grands ensembles de comportements sociaux qui sont perçus comme perturbateurs.

Le non-respect de la hiérarchie coutumière dans les activités agricoles – et en particulier des obligations et pratiques attachées à la relation d'aînesse et d'antériorité – est une cause très importante de « perturbations écologiques ». Ainsi, il est prohibé de sarcler avant que le chef de terre ne commence ; pour une bonne productivité des champs, les travaux champêtres (sarcler, semer, labourer et récolter) doivent être lancés par un homme issu d'une famille donnée du village, généralement la famille des chefs de terre, c'est-à-dire celle dont l'aîné masculin a la charge des rituels propitiatoires annuels et celle qui est considérée comme autochtone au lieu, c'est-à-dire premier arrivant. C'est à cet aîné masculin, seul, de faire le premier pas. Personne dans le village ne doit commencer à sarcler, semer, labourer ou récolter avant cet homme.

L'accentuation de l'individualisme dans les ménages est dénoncée comme une cause majeure de dérèglement du cycle des pluies au Niger et au Bénin, en particulier. La réduction, voire la disparition, de l'entraide au sein d'une même famille, entre les familles et dans la société en général engendre des perturbations dans le déroulement de la saison des pluies. Ainsi, selon l'un de nos interlocuteurs :

> « Si par le passé l'on ne pouvait manger seul sachant que son propre frère, un parent ou son voisin n'a plus de quoi manger, aujourd'hui il n'en est plus ainsi. Et d'ailleurs, les uns se félicitent des difficultés qu'éprouvent les autres » (Bonkoukou, 2012).

Les musulmans pratiquants considèrent également que ce qu'ils nomment *« la dépravation des mœurs »* et la remise en cause d'une société structurée autour du pouvoir des aînés masculins conduit à créer des perturbations dans l'ordre naturel des choses, perturbations si grandes qu'elles influencent les changements météorologiques et en seraient l'une des causes. Les transformations dans le statut de la femme et de l'enfant sont parfois perçues comme une remise en cause des préceptes musulmans qui encouragent plutôt l'autorité des hommes, chefs de ménages. On accuse la femme de « ne plus rester dans son foyer comme Dieu le recommande ». Aujourd'hui, les femmes sont également accusées « d'être partout et d'exercer des activités de toutes sortes, en se déplaçant de marché en marché et en exhibant leur corps ». Cela fait également souvent l'objet de sermons des chefs religieux musulmans au Sénégal. Les jeunes – garçons comme filles – sont accusés de ne plus suivre les ordres et consignes de leurs parents. Cette remise en cause très profonde des relations d'autorité structurées autour des distinctions par âge, par sexe et par génération est perçue comme une source majeure de dysfonctionnement social qui, par ricochet, entraîne un dysfonctionnement dans l'intensité et la régularité des pluies.

L'injustice dans la gestion des affaires de l'État est également perçue comme un problème pouvant engendrer des dérèglements. Selon nos interlocuteurs, les tenants du pouvoir ne garantissent plus la justice et l'équité entre les citoyens ; de ce fait, les plus faibles subissent l'injustice de dirigeants considérés comme corrompus. Ces représentations sont partagées dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest. Ainsi, le 18 janvier 2014, à quatre heures du matin, une pluie importante a commencé à tomber sur la ville de Ouagadougou, jamais, de mémoire de personnes âgées, une telle chose n'avait été vue : une pluie en janvier dans un pays sahélien. Alors, les interprétations prirent des allures politiques et c'est en effet ce même samedi que

l'opposition politique du Burkina Faso a organisé une marche de contestation afin de s'opposer à la résolution du gouvernement de Blaise Compaore de réviser l'article 37 de la Constitution limitant le nombre de renouvellement des mandats. Si les premières interprétations tendaient à dire que Blaise Compaore était tellement puissant qu'il aurait été en mesure de faire tomber une pluie très importante pour éviter que ne se tienne la manifestation d'opposition, à la fin de cette même journée, après que des milliers de personnes aient manifesté dans la rue en bravant la pluie, le verdict populaire était clair : cette pluie annonçait la survenue d'une grande révolution qui obligerait Blaise Compaore à quitter le pouvoir. L'événement se produisit onze mois plus tard, à l'issue de l'insurrection populaire des 30 et 31 octobre 2014.

Tous ces comportements individuels et collectifs « déviants » sont considérés comme pouvant provoquer la colère divine (au Niger) ou celle des ancêtres (Héritier-Izard, 1973) (au Burkina Faso, dans le pays sereer au Sénégal ou à Djougou). Ces comportements, du fait des sanctions mystiques qu'ils génèrent, engendrent des manifestations météorologiques diverses : fortes pluies, inondations, vents de poussière rouge, assèchement de cours d'eau… Aujourd'hui, les sacrifices et rituels animistes ou pratiqués au nom de l'islam sont considérés comme contraires aux nouvelles pratiques de l'islam et sont progressivement abandonnés. Or, pour un grand nombre des personnes interrogées, cet abandon est considéré comme la cause des changements climatiques, de la baisse des pluies, de la réduction des rendements agricoles et de la dégradation des ressources pastorales.

Pour conclure

Les agriculteurs ont conscience des *tendances longues* (diminution des pluies, sécheresses) et des *variations interannuelles du climat.* La perception des changements sur le long terme s'exprime généralement à partir de marqueurs forts dans le paysage : disparition de végétaux (espèces d'arbre ou d'herbacées), d'animaux ou des mares temporaires, apparition d'espèces invasives. Les terres étant moins productives qu'auparavant sur l'ensemble des zones considérées du fait d'un appauvrissement des sols, les habitants ressentent davantage les problèmes relatifs à la modification de la saison des pluies. Ainsi, la vulnérabilité des populations est double, elle est tant agronomique que climatique, l'une et l'autre de ces vulnérabilités s'amplifiant mutuellement. La question des changements et de la capacité à y faire face se pose donc avant tout en termes de fertilité des sols. La diminution de la productivité des terres combinée à la question pluviométrique laisse présager la mise en place de nouvelles stratégies pour y faire face : la récupération des terres, l'accroissement de l'usage de l'engrais (dont les engrais des déchets urbains d'une forte toxicité), le développement et/ou l'augmentation des cultures associées, l'introduction de nouvelles variétés ou d'espèces cultivées, l'adoption de nouvelles activités agricoles et non

agricoles, l'évolution de la place des activités pratiquées par les femmes, l'amplification des migrations temporaires et définitives, etc. Parallèlement, la montée de l'islamisation et la réislamisation, la dégradation de l'environnement, les variations climatiques et leurs corollaires, l'expansion des moyens technologiques d'orientation et de prévision météorologique sont autant de facteurs qui amenuisent le dynamisme des savoirs, des connaissances et des pratiques locales, même si leur présence reste effective sur tous les terrains considérés par cette recherche.

Références

Abélès M., Charles L. Jeudy H.-P., Kalaora B. (éd.), 2000
L'environnement en perspective. Contextes et représentations de l'environnement. Paris, L'Harmattan, 258 p.

Akatz E., Lammel A., Goloubinoff M., 2002
Entre ciel et terre, climat et sociétés. Paris, IRD, 509 p.

Acot P., 1988
Histoire de l'écologie. Paris, PUF, 264 p.

Barthélémy C., 2003
Des rapports sociaux à la frontière des savoirs. Les pratiques populaires de pêche amateur au défi de la gestion environnementale du Rhône. Doctorat de sociologie, université de Provence, 375 p.

Basset T. J., Crummey D. (eds), 2003
African savannas. Global narratives and local knowledge of environmental change. Oxford, Portsmouth, James Currey, Heinemann, 270 p.

Bierschenk T., Olivier de Sardan J.-P., 1994
Ecris : Enquête collective rapide d'identification des conflits et des groupes stratégiques. *Bulletin de l'Apad* , 7.

Coquery-Vidrovitch C., 1990
« Les paysans africains : permanences et mutations ». *In* Coquery-Vidrovitch C. (éd.) : *Sociétés paysannes du Tiers-Monde*, Paris, L'Harmattan : 25-40.

Dancette C., 1983
Besoins en eau du mil au Sénégal. Adaptation en zone semi-aride tropicale. *Agron. Trop*., 38 (4) : 267-280.

Delbos G., Jorion P., 1990
La transmission des savoirs. Paris, Maison des sciences de l'Homme.

Descola P., 2000
« L'anthropologie et la question de la nature ». *In* Abélès M., Charles L., Jeudy H.-P, Kalaora B. (éd.) : *L'environnement en perspective. Contextes et représentations de l'environnement*, Paris, L'Harmattan : 61-83.

Fairhead J., Leach M., 1994
Représentations culturelles africaines et gestion de l'environnement. *Politique africaine : L'Homme et la nature en Afrique*, 53 : 11-24.

Fairhead J., Leach M., 1996
Misreading the African landscape. Cambridge, Cambridge University Press, 354 p.

Faye A., Garin P., Milleville P., Lombard J., 1987
« Évolutions des systèmes agraires ». *In* Lericollais A. (éd.) : *Analyse du changement dans les systèmes agraires serer au Sénégal : bilan et perspectives des recherches (juillet 1987)*, Dakar, Orstom : 20-40. multigr. Disponible sur: horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/.../35225.pdf

Héritier-Izard F. 1973
La paix et la pluie. Rapports d'autorité et rapport au sacré chez les Samo. *L'homme*, 13 (3) : 121-138.

Korbéogo G., 2013
Pouvoir et accès aux ressources naturelles au Burkina Faso. La topographie du pouvoir. Paris, L'Harmattan, 295 p.

Langewiesche K., 2004
Les limites du reboisement au Burkina Faso et au Bénin. Du travail forcé à l'approche participative. *Politique africaine*, 96 : 196-211.

Langewiesche K., 2006
La forêt, les ancêtres et le marché. Perceptions locales de la forêt et de ses changements au Nord-Bénin. *Afrika Spectrum*, 41 (2) : 221-248.

Lericollais A., 1972
Sob, étude géographique d'un terroir serer (Sénégal). Paris, Atlas des structures agraires au sud du Sahara, 7, 110 p.

Lericollais A., 1999
Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. Paris, Orstom, coll. À travers champs, 668 p.

Lericollais A., Milleville P., 1997
« Les temps de l'activité agricole ». *In* Blanc-Pamard C., Boutrais J. (coord.) : *Thèmes et variations. Nouvelles recherches au Sud*, Paris, Orstom, coll. Colloques et séminaires : 125-141.

Moscovici S., 1977
Essai sur l'histoire humaine de la nature. Paris, Flammarion, 569 p.

Olivier de Sardan J.-P., 1995
Anthropologie et développement, Essai en socio-anthropologie du changement social. Paris, Apad-Karthala, 222 p.

Olivier de Sardan J.-P., 1998
Émique. *L'Homme*, 38°(147) : 151-166.

Olivier de Sardan J.-P., 2001
« Populisme méthodologique et populisme idéologique en anthropologie ». *In* Fabiani J.-L. (éd.) : *Le goût de l'enquête. Pour Jean-Claude Passeron*, Paris, L'Harmattan : 195-246.

Olivier de Sardan J.-P., 2008
La rigueur du qualitatif. Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique. Louvain-la-Neuve, Academia-Bruylant, 372 p.

Oumarou A., 2004
« Représentations socioculturelles des agro-éleveurs peuls du Dallol Bosso (Niger) ». *In* Dambo L., Reynard E. (éd.) : *Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel,* université Abdou Moumouni, département de géographie et université de Lausanne, Institut de géographie, Travaux et recherches, 31 : 282-294.

Oumarou A., 2012
Dynamique du Pulaaku dans les sociétés peules du Dallol Bosso (Niger). Paris, L'Harmattan, 290 p.

Partie II

Impacts du climat et transformations environnementales



© I. Mamadou
Inondation à Niamey (Niger, 2012).

Introduction

Laurent KERGOAT

La première partie de cet ouvrage a apporté de nouveaux éclairages sur la variabilité climatique en Afrique de l'Ouest, et plus spécialement au Sahel. « La plus forte sécheresse multidécennale de la planète », c'est toujours ce qui frappe le plus les esprits, et pour de très bonnes raisons. Ce constat est toujours valide. On sait cependant que les précipitations de la dernière décennie retrouvent des niveaux moins déficitaires, sans pour autant que cela soit vrai tous les ans. Il y a toujours des années de sécheresse, sans qu'elles soient aussi persistantes que dans les années 1970-1980. Il se dessine maintenant un changement de régime des pluies les plus fortes. À cela s'ajoute une tendance spectaculaire à l'augmentation de la température à 2 mètres, aux périodes les plus chaudes de l'année, juste avant la saison des pluies et juste après.

Les conséquences de cette variabilité du climat sur des temps relativement longs sont extrêmement importantes. En effet, il suffit de savoir que l'essentiel des productions agricoles, les cultures comme l'élevage, dépend des précipitations, il suffit de réaliser aussi que les populations dépendent étroitement, dans la quasi-totalité des régions sahéliennes, des ressources hydriques comme les eaux de surface, mares, réservoirs, fleuves et nappes, pour imaginer l'impact qu'une sécheresse multi-décennale a pu avoir et a encore aujourd'hui.

L'imagination ou l'intuition, si elles peuvent nourrir la perception ou le bon sens, ne suffisent cependant pas à dresser un état des lieux précis, à identifier les mécanismes façonnant l'environnement sahélien. Un exemple pour illustrer ce propos : la désertification. C'est un concept fondamental de l'évolution des zones arides et semi-arides, qui fait l'objet d'une convention internationale. La désertification du Sahel a suscité

ces dernières années un débat portant sur des thèses très contrastées, opposant la vision d'une désertification galopante à celle d'un reverdissement généralisé. Ces thèses sont étayées le plus souvent par des observations très insuffisantes, parfois anecdotiques, parfois subjectives. Le « reverdissement », lui, est un concept issu des observations satellitaire disponibles depuis les années 1980, dont l'interprétation n'est pas immédiate : ce signal satellitaire est-il lié à la végétation sahélienne ? À la densité des arbres ? Quelles seraient les causes d'un reverdissement ? Le chapitre 6 apporte à ces questions des réponses importantes.

De la même façon, l'évolution récente des ressources en eau au Sahel fait l'objet de thèses contradictoires, opposant pénurie et augmentation. Depuis les années 1970, des observations hydrologiques ont identifié une augmentation de débits de rivières sahéliennes au Burkina Faso, une augmentation de l'eau qui alimente les mares saisonnières de l'ouest du Niger et de l'infiltration vers les nappes. Ce phénomène est-il généralisé à l'ensemble du Sahel ? Les changements d'usage des sols en sont-ils la cause ? La situation est-elle réversible dans les décennies qui viennent ? Les chapitres 7 et 9 apportent des réponses à ces questions.

Même si les projections climatiques restent encore incertaines (cf. chap. 3), des hypothèses raisonnables peuvent être établies, et donner en réponse des « fourchettes » plausibles en termes de projection pour les décennies à venir, dès lors que les mécanismes à l'œuvre sont identifiés. L'environnement « physique » est le point de départ, mais il n'est pas le seul acteur dans ces questions de vulnérabilité. Un maillon important de l'estimation de la vulnérabilité au Sahel est constitué par le lien entre les systèmes de production agricole ou pastorale et l'environnement. Une étude comparative détaillée entre deux terroirs, l'un pastoral, l'autre agropastoral est établie dans le chapitre 8. Les auteurs y étudient la viabilité de l'élevage dans les deux situations, en présentant des jeux de données et des analyses rares dans cette région. En ce qui concerne les productions agricoles, le chapitre 10 offre une étude complète de la sensibilité des rendements aux variations climatiques. Les auteurs utilisent des scénarios climatiques et montrent que les facteurs les plus importants pour le Sahel ne sont pas forcément ceux auxquels on pense dans un contexte de cultures pluviales. Leurs résultats, combinés avec les études précédentes sur l'évolution des températures dans la partie 1 de l'ouvrage, amènent à des questions touchant à l'agronomie qu'il est très important d'aborder rapidement.

Les chapitres de cette deuxième partie dressent un tableau très actuel de ce que l'on sait sur ces questions. Leurs résultats, leurs conclusions s'écartent souvent de ce que l'on peut imaginer, en dehors du cercle restreint des experts, parfois même dans ces cercles. À une époque où le « fact-checking » et le décodage s'installent dans les médias, cet ouvrage permettra, espérons-le, de partager largement savoirs et conclusions. Compte tenu de la médiatisation de telles questions, de leur importance politique et sociale également, ainsi que de leur intégration dans des discours parfois idéologiques, les réponses sont critiques. Je me bornerai à dire ici, pour ne pas anticiper les conclusions des auteurs des chapitres suivants, qu'il est indispensable de disposer d'observations rigoureuses et à long terme des ressources environnementales. Ce que montrent en effet ces chapitres, c'est que les observations – de terrain parti-

culièrement – sur lesquelles se bâtit l'expertise sont le moteur principal pour acquérir des connaissances environnementales, en Afrique de l'Ouest comme ailleurs. Elles permettent de dresser des bilans, d'avancer des hypothèses, de construire des théories et des scénarios.

Chapitre 6

Entre désertification et reverdissement du Sahel

Que se passe-t-il vraiment ?

Cécile Dardel, Laurent Kergoat, Pierre Hiernaux, Manuela Grippa, Éric Mougin

Introduction

Ce chapitre vise à faire le point sur la « désertification » du Sahel, source de polémiques depuis quelques décennies, et son « reverdissement », un terme apparu avec les premières observations satellitaires de la couverture végétale datant des années 1970-1980. Le débat entre les partisans de ces deux théories, diamétralement opposées, est en effet bien réel, et d'autant plus important que cette région du monde est connue pour sa forte sensibilité aux aléas climatiques.

L'apport particulier de ces travaux réside dans l'utilisation conjuguée de données de télédétection, permettant de couvrir l'échelle du Sahel sur les trente dernières années, avec l'analyse de mesures de terrain effectuées sur le long terme au Mali et au Niger. La combinaison de ces différentes sources de données nous permettra de mieux comprendre l'évolution de la couverture végétale au Sahel sur les trois dernières décennies, et de vérifier la cohérence des observations satellitaires effectuées dans ce but. Nous verrons ainsi que le reverdissement est indéniable, notamment à l'échelle du Sahel, mais qu'à une échelle plus fine des tendances opposées peuvent également être observées, ce qui appelle à la prudence quant aux diagnostics globaux sur l'évolution de la couverture végétale sur le long terme.

La désertification des terres arides et semi-arides de notre planète suscite depuis de nombreuses années l'intérêt non seulement des scientifiques, mais également des différentes organisations internationales pour l'environnement, des médias et des sociétés civiles. Ces régions sont en effet très sensibles aux variations climatiques, et en particulier à la variabilité des précipitations. Or le climat sahélien a connu une

succession de périodes humides et de périodes plus sèches, et ce depuis des dizaines de milliers d'années. De plus, depuis plusieurs décennies un accroissement très fort des populations a lieu, accompagné de modifications parfois très importantes de l'environnement (mise en culture, défrichement, déforestation, feux, etc.). Récemment, les régions sahéliennes ont connu deux sécheresses extrêmement fortes, dans les années 1970 puis à nouveau au milieu des années 1980. Ces sécheresses étaient comprises dans trois décennies globalement déficitaires. Les conséquences de ces périodes de sécheresse sur les populations et sur l'environnement ont été considérables et ont ravivé la théorie de la désertification du Sahel. Par exemple, plusieurs auteurs ont évoqué une extension spectaculaire du désert du Sahara, qui menacerait toutes les terres arables africaines à brève échéance (Hubert, 1920 ; Lamprey, 1975 ; Stebbing, 1935). Cependant, faute de moyens plus appropriés, les études publiées alors étaient essentiellement basées sur des observations localisées, dans le temps comme dans l'espace. Typiquement, l'état de la végétation était observé à un endroit spécifique et à un moment précis pour établir un diagnostic de « désertification » local, voire pour en dériver par extrapolation des cartes de désertification à des échelles beaucoup plus grandes (continentale, globale) (Uncod, 1977 ; Unep, 1992). Plusieurs auteurs néanmoins ont contesté cette vision des choses, notamment en faisant cas du cycle saisonnier de la végétation et de sa variabilité interannuelle (Boudet, 1979 ; Jones, 1938), ou encore en remettant en question les méthodes utilisées par les différentes institutions pour spatialiser les diagnostics de désertification (Mabbutt, 1984 ; Veron *et al*., 2006).

Dans ce contexte, l'arrivée de la télédétection satellitaire à partir des années 1980 a offert un outil extrêmement précieux, notamment grâce aux indices de végétation qui ont permis d'effectuer les premiers suivis de végétation à l'échelle globale. L'un des indices de végétation les plus utilisés, le NDVI (indice de végétation normalisé, ou « *Normalized Difference Vegetation Index* » en anglais) est calculé à partir de la lumière réfléchie dans les longueurs d'onde du rouge et du proche-infrarouge (voir Équation 1). La végétation verte a en effet pour particularité d'absorber les longueurs d'onde du rouge et de réfléchir les longueurs d'onde du proche-infrarouge. De nombreuses études ont montré que le NDVI était relié à la fraction du rayonnement photosynthétiquement actif absorbé par les plantes (fPAR) (Asrar *et al*., 1985 ; Myneni *et al*.,1995 ; Sellers, 1985), ainsi qu'à d'autres variables du couvert (toutes reliées entre elles) comme le taux de couvert (fCover : surface projetée des feuilles vues à la verticale au-dessus du couvert) ou l'indice foliaire (LAI : surface de feuilles par unité de surface au sol). Au final, l'intégrale du NDVI au cours du temps est considérée comme un bon estimateur de la production végétale, elle-même définie ici comme la quantité de tissus végétaux produits en une période donnée, généralement une saison de croissance des plantes (Monteith, 1972).

$$NDVI = \frac{\rho_{PIR} - \rho_R}{\rho_{PIR} + \rho_R}$$

Équation 1.
Formule du NDVI, avec ρ_{IR} = réflectance dans le proche-infrarouge (PIR) et ρ_R = réflectance dans les longueurs d'onde du rouge (R).

Le « reverdissement », un terme issu des premières analyses satellitaires

Les données acquises par les capteurs AVHRR, installés à bord des satellites de la Noaa et lancés au début des années 1980, ont fourni la première opportunité d'analyser le NDVI à l'échelle continentale et à un pas de temps adéquat pour le suivi de la végétation. Aujourd'hui encore, les jeux de données issus des données AVHRR sont parmi les plus utilisés pour l'étude des tendances du couvert végétal sur le long terme, puisqu'ils possèdent une profondeur historique inégalée : plusieurs capteurs lancés les uns à la suite des autres ont permis de constituer un jeu de données continu de 1981 à aujourd'hui. Le jeu GIMMS en particulier a été extrêmement utilisé ; la première version est disponible sur la période 1981 à 2006, à une résolution spatiale de 8 km et à une fréquence bimensuelle.

Les premières analyses de tendances temporelles du NDVI AVHRR au Sahel datent du début des années 1990, puisque dix années de données sont dès lors disponibles. Dans une étude explorant l'hypothèse de l'avancée du désert du Sahara grâce à ces premières observations satellitaires acquises sur le long terme, Tucker et Nicholson (1999) mettent en évidence que l'expansion du désert du Sahara est en réalité fonction de la variabilité interannuelle des précipitations. Autrement dit, l'hypothèse d'une avancée inexorable du Sahara sur le continent, témoin supposé de la désertification du Sahel, est invalidée. Pour aller plus loin, les tendances du NDVI mises en évidence sont en fait des tendances positives et statistiquement significatives. Ce sont ces tendances positives qui ont donné naissance au terme de « reverdissement du Sahel », défini simplement comme une augmentation d'un indice de végétation au cours du temps. Au fur et à mesure que les archives satellitaires s'enrichissent d'années d'observations supplémentaires, nombre d'études documentent ce reverdissement du Sahel (Anyamba et Tucker, 2005 ; Fensholt *et al*., 2013 ; Herrmann *et al*., 2005 ; Tucker et Nicholson, 1999).

Récemment, une nouvelle version du jeu GIMMS a vu le jour, baptisée GIMMS-3g (pour 3e génération). Les données sont fournies de 1981 jusqu'en 2011, à une résolution spatiale de 1/12° et à une fréquence temporelle bimensuelle. La cohérence de ce jeu de données par rapport à d'autres jeux de NDVI existants a été étudiée et démontrée dans Dardel *et al*. (2014 b) et Dardel (2014). Nous nous intéressons ici uniquement aux tendances temporelles sur toute la période de disponibilité des données GIMMS, c'est-à-dire de 1981 à 2011 (voir fig. 1).

Ainsi, sur la majorité de la ceinture sahélienne les tendances du NDVI GIMMS-3g sont positives sur l'ensemble de la période 1981-2011. Seules quelques régions comme l'ouest du Niger ou le centre du Soudan montrent des tendances négatives et statistiquement significatives. La signature au reverdissement du Sahel est donc bien avérée et confirme les études récentes (Fensholt *et al*., 2012), cette fois sur la totalité de la période de disponibilité des données AVHRR.

Cependant, comme toute source de données, les données satellitaires sont sujettes à un certain nombre de limitations et de biais, notamment en ce qui concerne les séries

à long terme. Il est alors essentiel de vérifier que le signal détecté par satellite est véritablement lié à l'évolution de la végétation, et non pas à des artefacts satellitaires. Une façon de faire est de les confronter à des mesures collectées sur le terrain à une

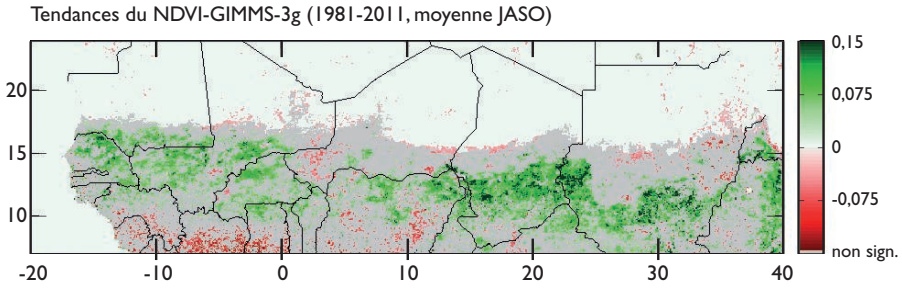


Figure 1.
Tendances temporelles du NDVI GIMMS3g moyenné entre juillet et octobre entre 1981 et 2011 sur la bande sahélienne.
Les zones non statistiquement significatives (P < 0,05) sont masquées en gris.
Source : DARDEL et al. (2014 b).

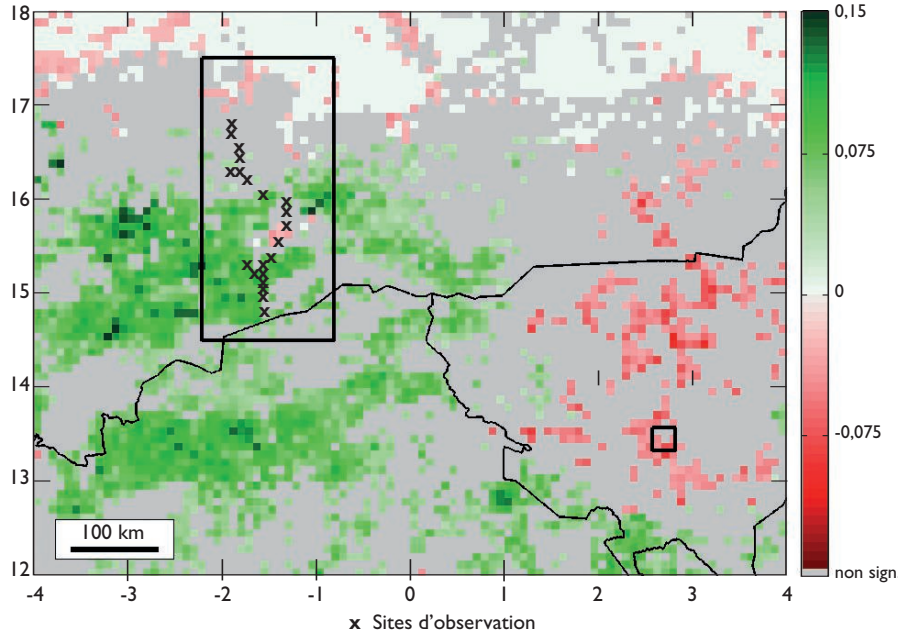


Figure 2.
Tendances du NDVI GIMMS3g moyenné sur la saison de croissance (de juillet à octobre) de 1981 à 2011 : zoom sur les régions du Gourma malien (rectangle à gauche) et du Fakara nigérien (carré à droite).
Les croix représentent les pixels où des sites de végétation sont présents (pour la région du Gourma uniquement).
Source : DARDEL et al. (2014 b).

échelle spatiale compatible avec la mesure satellitaire. Ces observations sont cependant très difficiles à réaliser, surtout pour de grands espaces et sur de longues périodes de temps ; elles sont donc rares. Dans le cadre de projets internationaux comme le projet Amma (Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine), et auparavant sous l'égide de l'Ilri (International Livestock Research Institute), des mesures de la production végétale ont été effectuées au Mali depuis 1984 (Hiernaux *et al*., 2009 b ; Mougin *et al*., 2009) et au Niger depuis 1994 (Hiernaux et Ayantunde, 2004 ; Hiernaux *et al*., 2009 a). Ces deux sites d'étude se révèlent en plus particulièrement intéressants, car caractérisés par des tendances de signe opposé : alors que le Gourma malien « reverdit », le Fakara nigérien est marqué par de fortes tendances négatives (fig. 2). Confronter les tendances obtenues par télédétection aux observations de terrain effectuées sur le long terme constitue donc un véritable test pour les archives satellitaires et pour leur performance en termes de suivi de la végétation.

Comparaison avec les réseaux de mesures *in situ* (Mali, Niger)

Cas du Gourma malien

La végétation dans le Gourma malien est principalement constituée d'herbacées annuelles. Le sol est donc majoritairement nu ou partiellement couvert de litière pendant la saison sèche, mis à part la présence de quelques plantes pérennes et de quelques arbustes clairsemés. Les plantes herbacées poussent, si la quantité de pluie est suffisante pendant la saison de croissance, soit entre juin et octobre (voir fig. 3). La strate ligneuse représente moins de 5 % de la surface totale, de même que les surfaces cultivées. L'usage du sol est essentiellement pastoral.

Sur le terrain, dans le cadre d'un suivi écologique à long terme, la production végétale annuelle est estimée en mesurant la masse aérienne de la strate herbacée, l'unité étant le kilogramme de matière sèche par hectare (kg MS.ha^{-1}). Ces mesures sont effectuées de façon destructive : l'herbe est coupée, puis séchée et pesée, sur des carrés de 1 m x 1 m qui sont eux-mêmes aléatoirement choisis le long de transects d'un kilomètre de long (Hiernaux *et al*., 2009 b). Ces transects échantillonnent la variété du paysage : les différents types de sol, les différentes densités de végétation, etc. De 1984 à 2011, une quarantaine de sites ont ainsi été échantillonnés, quasiment tous les ans. Quand plusieurs mesures sont effectuées sur le même site pour la même année, c'est le maximum de masse qui fournit le meilleur estimateur de production annuelle.

En effectuant la moyenne des masses mesurées sur ces quarante sites échantillonnés entre 1984 et 2011 (voir fig. 2), nous obtenons une série temporelle comparable au NDVI moyenné sur la même région (le rectangle représenté sur la figure 2, à gauche). Le reverdissement détecté par les données satellitaires est alors confirmé par les

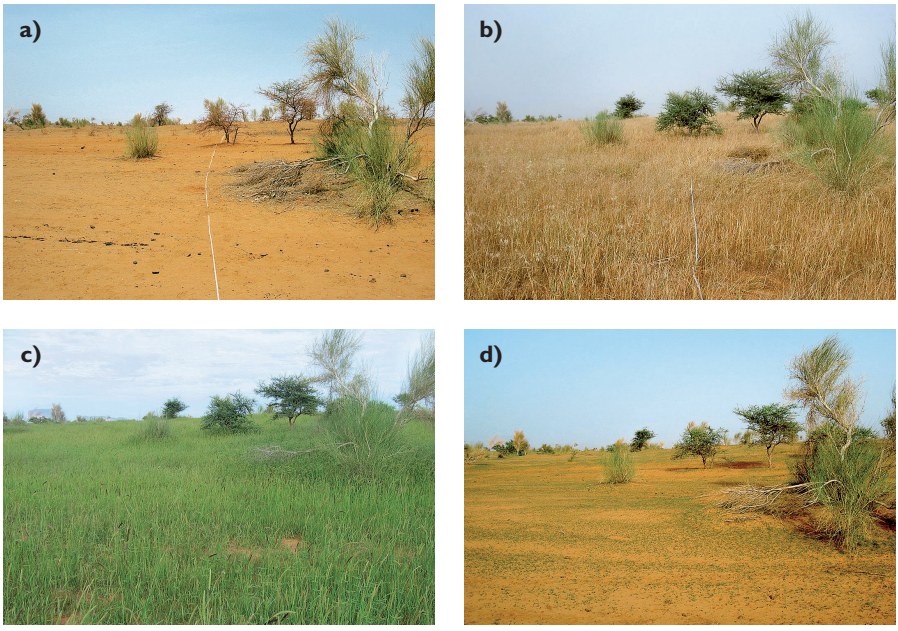


Figure 3.
Dynamique annuelle du couvert végétal pour le site d'Agoufou au Mali, en 2005, pour a) le 8 avril, b) le 17 juin, c) le 19 août et d) le 28 septembre.
Source : Photos Amma-Catch.

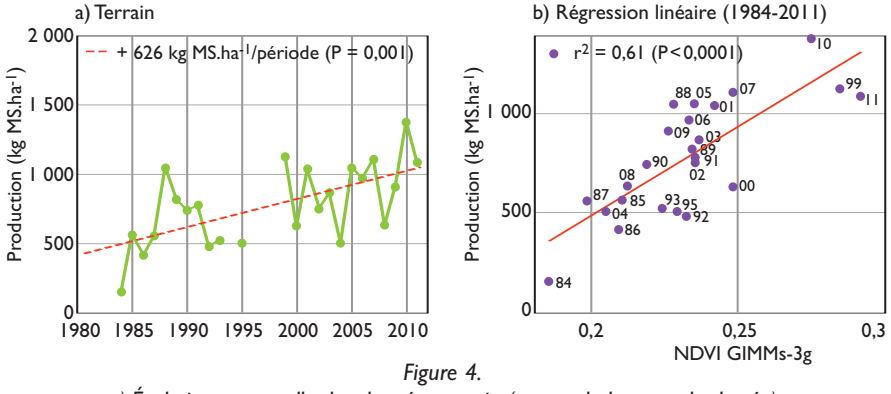


Figure 4.
a) Évolution temporelle des données terrain (masse de la strate herbacée) moyennées sur les sites du Gourma malien, de 1984 à 2011.
b) Corrélation entre les données terrain et les données NDVI GIMMS-3g entre 1984 et 2011.
Source : adapté de Dardel et al. *(2014 b).*

mesures de terrain (fig. 4a). L'accord entre ces deux jeux de données indépendants est bon (R^2 = 0,61, fig. 4b), ce qui prouve que le NDVI est fortement corrélé à l'évolution de la végétation herbacée et que les satellites sont tout à fait aptes à

suivre l'évolution de la production végétale sur de longues périodes de temps. De plus, ces tendances au reverdissement démontrent la résilience des écosystèmes sahéliens du Gourma malien malgré les sécheresses extrêmes des années 1970 et 1980.

Ces premiers résultats montrent que le reverdissement de la végétation sahélienne est un phénomène avéré, et que les archives satellitaires sont tout à fait pertinentes pour effectuer des suivis de végétation sur le long terme, tout au moins dans ces écosystèmes semi-arides.

Cas du Fakara nigérien

Le cas du Fakara est un peu différent, notamment car cette région du sud-ouest du Niger a connu un très fort accroissement local des populations depuis les années 1950, associé à une importante mise en culture des terres. La proportion de surfaces cultivées a ainsi augmenté de 25 % de la surface totale en 1986 à environ 50 % en 2010 (Hiernaux et Ayantunde, 2004 ; Hiernaux *et al*., 2009 a). Les surfaces en jachère ont diminué conséquemment, particulièrement les jachères de longue durée. Le système d'utilisation des sols est agropastoral avec une association de parcelles cultivées, de parcelles en jachères et de parcours pastoraux. Ces parcours pastoraux occupent les terres qui ne peuvent pas être cultivées à cause de la faible profondeur de sol meuble et des affleurements rocheux. Ils sont pâturés en toute saison, alors que les champs ne le sont qu'après la récolte, jusqu'aux semis de l'année suivante. Les jachères sont normalement pâturées en toute saison, sauf quand elles sont enclavées parmi les champs. De plus, le Fakara est caractérisé par une forte dynamique inter-annuelle de l'occupation du sol. Ainsi, une parcelle cultivée une année peut être mise en jachère l'année suivante, et inversement. L'estimation de la productivité végétale doit prendre en compte tous ces paramètres dans l'échantillonnage des sites, ce qui rend l'estimation un peu plus compliquée que dans le Gourma. Comme dans le Gourma, la variable mesurée sur le terrain est la masse aérienne de la strate herbacée, mesurée sur des carrés de 1 m x 1 m aléatoirement choisis le long de transects homogènes pour les zones de jachère et parcours. Les zones en culture sont échantillonnées par poquet ou par pied dont la densité est mesurée parallèlement (Hiernaux *et al*., 2009 a). Le morcellement du paysage dans cette région impose des transects longs de 200 m pour les jachères et parcours et de 100 m pour les champs (contre 1 km pour les sites du Gourma). Enfin, la profondeur historique du jeu de données est ici un peu plus courte, puisque les collectes de données terrain ont commencé en 1994, ce qui permet quand même dix-sept années de comparaison avec les données satellitaires.

Les tendances temporelles calculées à partir des données terrain moyennées sur la région du Fakara viennent là aussi confirmer la tendance observée avec le NDVI moyenné sur la même zone : la moyenne des masses mesurées sur les différents sites montre une tendance négative entre 1994 et 2011 (fig. 5a). L'accord entre les données terrain et les données de télédétection est moins bon que dans le Gourma malien ($R^2 = 0{,}38$, fig. 5b), ce qui peut s'expliquer en partie par la plus grande hétérogénéité du paysage et la forte dynamique d'occupation des sols. Néanmoins, l'important est

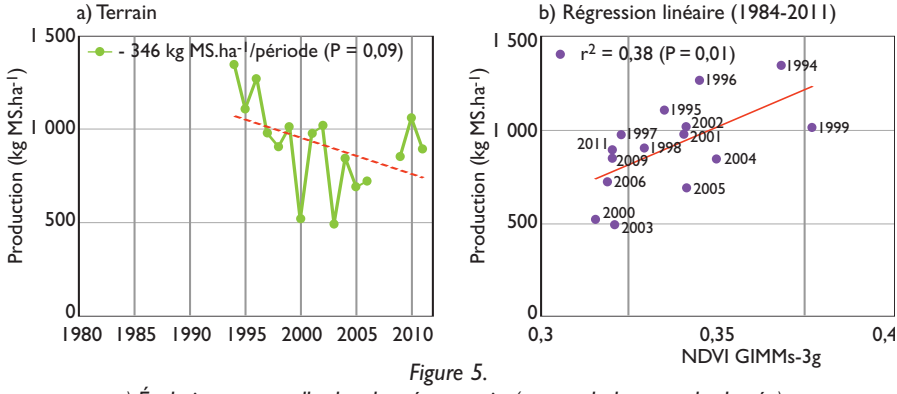


Figure 5.
a) Évolution temporelle des données terrain (masse de la strate herbacée) moyennées sur les sites du Fakara nigérien, de 1994 à 2011.
b) Corrélation entre les données terrain et les données NDVI GIMMS-3g entre 1994 et 2011.
Source : adapté de Dardel et al. *(2014 b).*

qu'il y ait là aussi cohérence de deux jeux de données totalement indépendants. La cause de ces tendances, qui sont à la hausse sur le Gourma comme sur la majorité du Sahel mais en baisse sur le Fakara, est bien sûr quelque chose qu'il est important d'identifier.

Peut-on expliquer ces tendances par l'évolution des pluies ?

Dans les régions semi-arides comme le Sahel, le premier facteur expliquant la production végétale demeure la quantité de pluie reçue par les écosystèmes : les années déficitaires en précipitations, la production sera très faible, voire nulle dans les cas extrêmes. Si d'autres facteurs viennent perturber la relation pluies/production (par exemple, des facteurs reliés à des activités anthropiques comme le défrichement, la déforestation, ou encore l'encroûtement des sols, la salinisation, les feux, l'élevage…), la relation entre production et pluie peut en être modifiée. Nous allons étudier ici le lien entre la production végétale et les pluies mesurées sur le terrain à l'aide de pluviographes, pour les deux régions du Gourma malien et du Fakara nigérien.

Cas du Gourma malien

Sur la région du Gourma, les pluies ont connu une augmentation très forte entre 1984 et 2011, comme en témoignent les mesures effectuées par un réseau de pluviographes distribués dans la région et dont les anomalies des cumuls annuels sont

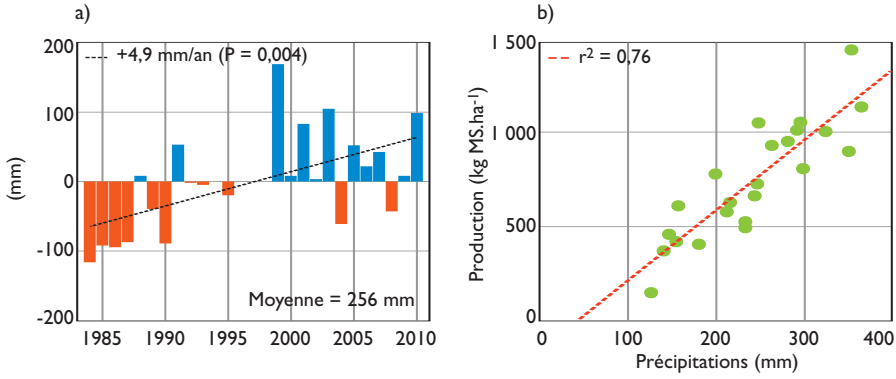


Figure 6.
a) Anomalies des précipitations annuelles mesurées sur la région du Gourma entre 1984 et 2011.
b) Corrélation entre la production mesurée sur le terrain et les précipitations.
Source : Dardel et al. (2014 b). Données DMN (Direction de la météorologie nationale) Mali.

représentées en figure 6a. Cette augmentation est de l'ordre de 5 mm par an sur la totalité de la période 1984-2011. La corrélation entre la production de la strate herbacée moyennée sur la région et les précipitations est forte : 76 % de la variabilité interannuelle de la production est expliquée par l'évolution des pluies (fig. 6b).

La question qui se pose est donc la suivante : le reverdissement du Gourma est-il expliqué par la reprise des précipitations sur la même période ?

Un indicateur souvent utilisé pour séparer l'influence de la pluie sur la production végétale des autres facteurs potentiels est l'efficience d'utilisation de la pluie, ou RUE (« Rain Use Efficiency » en anglais), qui caractérise l'efficacité d'utilisation de la pluie par les plantes. Cet indicateur est calculé simplement comme le rapport entre la production annuelle et les précipitations. Théoriquement, si le milieu n'est pas modifié au cours du temps, sa capacité à utiliser l'eau de pluie pour la croissance des plantes doit rester inchangée (Le Houerou, 1984). En revanche, si les écosystèmes sont modifiés par un facteur quelconque, et *a fortiori* s'ils sont dégradés, alors l'efficience d'utilisation de la pluie par les plantes est diminuée. C'est cette diminution du RUE au cours du temps qui est utilisée comme indicateur de dégradation des écosystèmes.

Lorsque les tendances du RUE sont calculées pour la région du Gourma dans son ensemble, aucune diminution du RUE au cours du temps n'est mise en évidence (voir fig. 7). Au contraire, il y a une légère tendance à l'augmentation, mais qui n'est pas statistiquement significative (P = 0,29). À l'échelle de la région, l'analyse du RUE confirme donc qu'il n'y a pas de dégradation des écosystèmes du Gourma depuis le début des années 1980, du moins ceux qui sont accessibles avec l'observation satellitaire. Cependant, nous verrons dans le chapitre 9 que ces conclusions doivent être nuancées si l'on s'intéresse à une échelle spatiale plus fine : on peut en fait détecter une dégradation de la végétation d'une petite fraction du paysage, certains sols superficiels, alors que le signal global de la région reste un reverdissement prononcé.

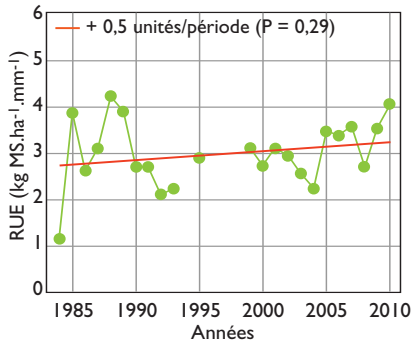


Figure 7.
Évolution temporelle du RUE (Rain Use Efficiency) calculé comme le ratio entre la production végétale mesurée sur le terrain et les précipitations annuelles (cumulées pendant la saison de croissance, soit de juillet à octobre).
Source : DARDEL et al. (2014 b).

Nous pouvons donc dire aujourd'hui que le reverdissement du Gourma est avéré et que la cause est très directement un rétablissement partiel des précipitations après les grandes sécheresses de 1983-1984. À une échelle plus fine, des mécanismes encore mal connus peuvent toutefois altérer la production végétale d'une partie du paysage sans pour autant modifier la signature globale du reverdissement.

Cas du Fakara nigérien

Pour la région du Fakara, la tendance de l'évolution des pluies sur les vingt dernières années est moins claire : la légère augmentation trouvée entre 1990 et 2011 n'est pas statistiquement significative, de même que la tendance entre 1994-2011 qui est, elle, légèrement négative (fig. 8a).

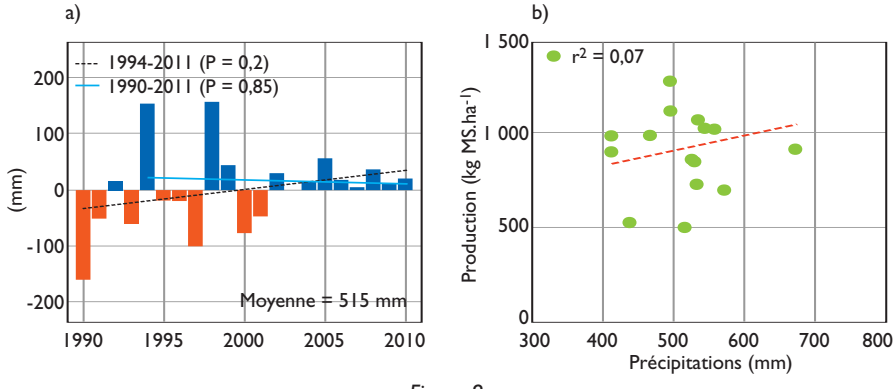


Figure 8.
a) Anomalies des précipitations annuelles mesurées sur la région du Fakara entre 1990 et 2011.
b) Corrélation entre la production mesurée sur le terrain et les précipitations entre 1994 et 2011.

La corrélation entre production végétale mesurée sur le terrain et les pluies mesurées par les pluviographes est beaucoup moins bonne que pour la région du Gourma (R^2 = 0,07, fig. 8b). Les mesures de pluie utilisées ici ne correspondent cependant pas complètement à la région du Fakara où s'effectue le suivi de végétation, puisque les données utilisées ont été collectées sur le Degré carré de Niamey, une zone plus étendue.

De la même façon que pour le Gourma, l'analyse des tendances du RUE doit permettre de caractériser l'influence des précipitations sur la production végétale. Pour ce faire, les tendances du RUE ont été étudiées en considérant séparément les trois types d'occupation du sol : parcelles cultivées, en jachère, et parcours pastoraux. Sur les trois types d'occupation du sol, seules les surfaces en jachère se démarquent : ce sont les seules surfaces caractérisées par une diminution du RUE au cours du temps (voir fig. 9). Cela signifie que l'évolution de la production herbacée sur les champs et parcours pastoraux serait bien expliquée par l'évolution simultanée des précipitations, mais que les surfaces en jachère seraient soumises à une baisse de la production végétale non expliquée par l'évolution des pluies. Des analyses plus approfondies (en utilisant par exemple des images à haute résolution spatiale) seraient nécessaires pour confirmer ce premier diagnostic, puis pour mieux comprendre l'origine de ces évolutions différenciées. Une hypothèse serait par exemple que l'accroissement fort des populations locales et la mise en culture conséquente des terres ont pu diminuer la fertilité des terres, *via* une accélération des mécanismes de rotation jachère/culture (diminution des jachères les plus longues) et *via* une mise en culture de terres moins fertiles, mais cela reste à confirmer.

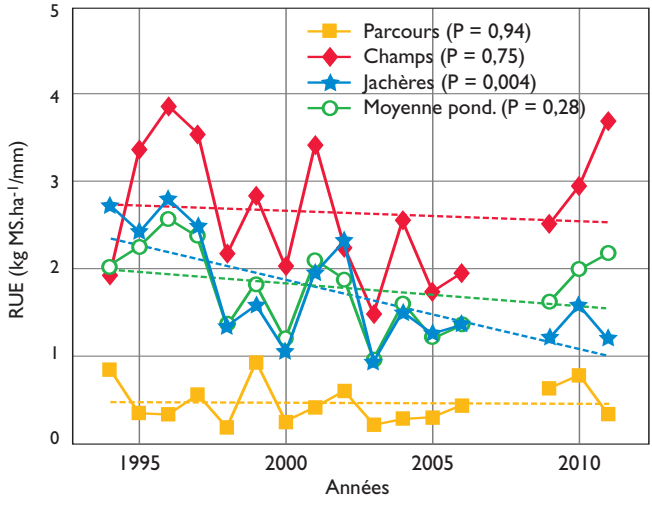


Figure 9.
Évolution temporelle du RUE
(estimé à partir des mesures de terrain de masse herbacée et de pluie)
sur la région du Fakara entre 1994 et 2011.

Simulation de la production herbacée dans le Gourma sur la période 1950-2012

Pour replacer les tendances dérivées des mesures *in situ* et des données de télédétection sur une période plus longue, et en particulier pour remonter jusqu'à la période humide des années 1950-1960, les modèles se révèlent être l'outil le plus adapté. Il existe certaines données accessibles de façon discontinue, comme des photographies aériennes, l'imagerie Landsat, ou les premières observations de terrain (Boudet, 1972), mais ces données sont souvent insuffisantes pour reconstruire des tendances sur une longue période. Le modèle de végétation STEP (Mougin *et al.*, 1995) a donc été employé pour simuler l'évolution de la biomasse herbacée sur le Gourma sur la période 1950-2012. La variabilité des pluies est la seule variable qui a été prise en compte pour faire tourner le modèle, compte tenu de la disponibilité d'une série de données pluviométriques homogènes mesurées à la station météorologique de Hombori, dans le Gourma central, sur la période 1950-2012. Les autres paramètres d'entrée (rayonnement incident dans les courtes longueurs d'onde, température de l'air, humidité relative de l'air et vitesse du vent) ont été fixés pour chaque année à leurs valeurs journalières mesurées par la station météorologique d'Agoufou en 2006, déployée dans le cadre du programme Amma. Une analyse de sensibilité a montré qu'environ 90 % de la variabilité interannuelle de la végétation est prise en compte de cette façon.

La production de la masse herbacée simulée par STEP est globalement bien corrélée avec les précipitations (voir fig. 10), mais la relation devient moins linéaire à partir des valeurs de pluie supérieures à 400-500 mm/an. Sur la période 1984-2010, les valeurs de corrélation obtenues avec la production simulée (R^2 = 0,50) sont moins fortes que celles obtenues à partir des données *in situ* (R^2 = 0,76, voir fig. 6b). Cette

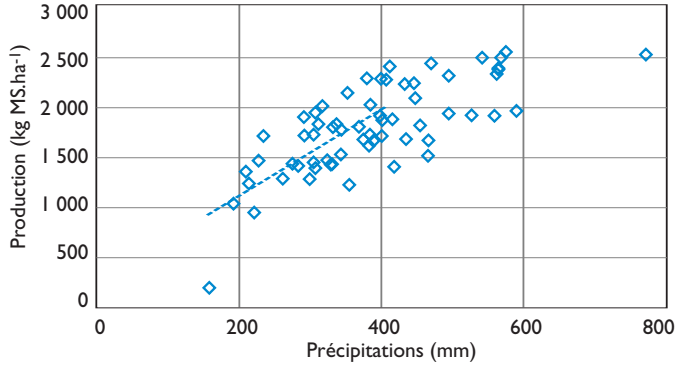


Figure 10.
Relation entre la biomasse simulée par STEP (maximum annuel) et les précipitations (cumul annuel).

différence pourrait être expliquée au moins en partie par le fait que le site d'Hombori se trouve dans le Gourma central, et que la simulation ne prend pas en compte les sites plus arides du Nord où la croissance de la végétation devrait être encore plus dépendante de la disponibilité en eau dans le sol.

Les précipitations mesurées à la station d'Hombori, utilisées en entrée du modèle STEP, et les valeurs de biomasse verte obtenues par les simulations, ainsi que leurs tendances sur différentes périodes sont montrées dans la figure 11 et résumées dans le tableau 1. L'effet des sécheresses extrêmes (1984 et 2004) est bien marqué sur la productivité végétale, qui montre un minimum très prononcé en 1984. Les tendances dérivées de la modélisation sont en très bon accord avec celles dérivées des observations de terrain et de la télédétection sur la période pour laquelle les données *in situ* ou les données de NDVI sont disponibles. On retrouve notamment un signal de reverdissement significatif à partir des années 1981-1984, qui comme déjà discuté, est à attribuer à la reprise des précipitations pendant cette période.

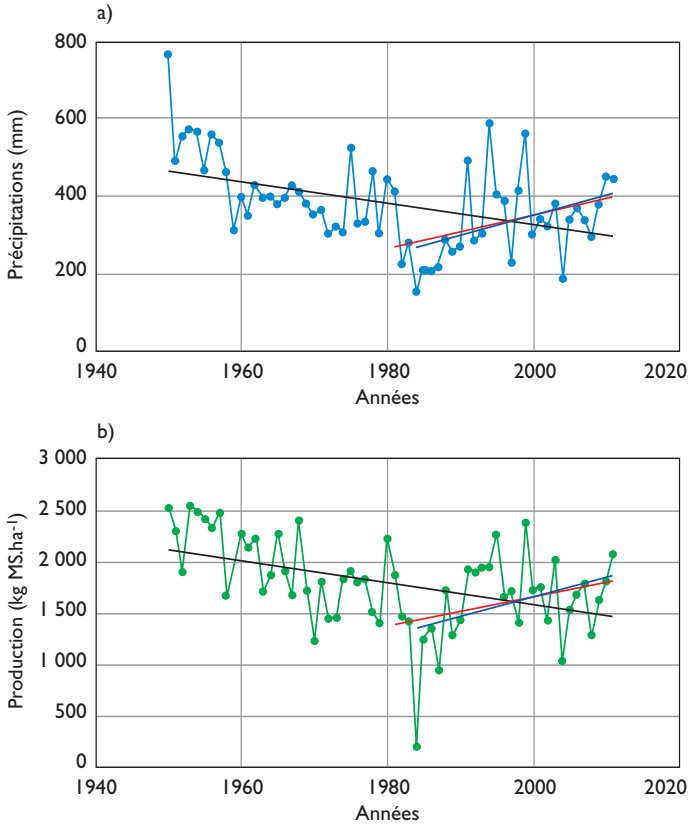


Figure 11.
a) Précipitations et b) Biomasse verte simulées par STEP et leurs tendances sur la période 1950-2012 (noir), 1981-2011 (rouge) et 1984-2011 (bleu). Toutes les tendances sont statistiquement significatives ($p < 0,05$ avec le test de Student).

Par contre, si l'on regarde une période plus longue qui inclut les années humides (1950-2012), on trouve alors des tendances négatives à la fois sur les précipitations et sur la biomasse simulée par STEP, signe que, en parallèle avec les précipitations qui sont encore inférieures à leurs valeurs dans la période humide, l'écosystème n'a pas pu atteindre les plus fortes valeurs de biomasse des années 1950-1960.

Tableau 1.
Comparaison des tendances des précipitations et de la biomasse simulées par STEP avec les tendances obtenues à partir des observations de NDVI et de données in situ *de masse herbacée.*
Toutes les tendances sont statistiquement significatives ($p < 0,05$ avec le test de Student).

Période	Tendances des précipitations à la station Hombori (mm/période)	Tendances de la biomasse simulée par STEP (kg MS.ha^{-1}/période)	Tendances de la biomasse observée par télédétection (unités de NDVI/période) Source : Dardel *et al.* (2014 a)	Tendances de la biomasse mesurée *in situ* (kg MS.ha^{-1}/période) Source : Dardel *et al.* (2014 a)
1950-2011	- 167,4	- 821		
1981-2011	+ 134,2	+ 552	+ 0,032	
1984-2011	+ 146,2	+ 654	+ 0,05	+ 626

Quel futur pour les systèmes sahéliens ?

Ces travaux permettent d'affirmer qu'il y a un reverdissement généralisé de la couverture végétale sur l'ensemble de la région sahélienne sur les trente dernières années, malgré l'existence de quelques régions où les tendances du couvert végétal sont négatives, comme dans le Fakara nigérien ou dans les régions centrales du Soudan. Les observations satellitaires se révèlent être une méthode robuste pour détecter les changements de la couverture végétale sur de longues périodes de temps, puisqu'elles sont en adéquation avec les changements observés sur le terrain sur deux régions aux tendances de signe opposé (le Gourma malien et le Fakara nigérien).

Cependant, les observations satellitaires à basse résolution comme les données AVHRR ne sont pas suffisantes pour comprendre l'ensemble des mécanismes impliqués, par exemple dans le Fakara nigérien, ou bien à une échelle spatiale inférieure à celle d'un pixel AVHRR. Pour analyser plus en profondeur ces changements, il est nécessaire d'utiliser d'autres moyens comme de l'imagerie satellitaire à très haute résolution spatiale, mais surtout les réseaux d'observations de terrain, qui renseignent sur de nombreux paramètres que l'on peut difficilement observer depuis l'espace : la composition floristique, la pression de pâture, etc.

Lorsque l'on s'intéresse aux tendances de la production imposées par les tendances climatiques, il est important de garder en tête qu'elles sont extrêmement dépendantes des échelles spatiales et temporelles considérées, surtout lorsqu'il s'agit de diagnostiquer un « état de santé » de la végétation par rapport à une situation de référence (i.e. le début de la période pour les études de tendance). Nous avons montré que le reverdissement observé sur la région du Gourma sur les trente dernières années est majoritairement causé par le rétablissement des précipitations sur la période, ce qui est vraisemblablement le cas pour l'ensemble de la région sahélienne. Cependant, il est probable qu'une petite partie du paysage (comme les sols superficiels du Gourma, voir Chapitre Kergoat *et al*.) soit soumise à dégradation *via* des mécanismes encore mal connus. Ces tendances contrastées ne sont pas en opposition, puisqu'elles impliquent des facteurs d'échelle différents.

Les simulations effectuées à l'aide du modèle STEP nous ont permis de reconstruire l'évolution du couvert herbacé sur des périodes plus anciennes, en l'occurrence depuis les années 1950. Les résultats de ces simulations indiquent que la végétation n'a pas retrouvé des niveaux de production aussi élevés qu'avant les sécheresses des années 1970 et 1980, parallèlement aux précipitations qui ne sont pas non plus au même niveau que dans les années 1950-1960.

Dans ce contexte, on peut légitimement s'interroger sur l'évolution des précipitations dans les décennies à venir. Sur ce point, seule la modélisation peut nous donner quelques pistes, mais les modèles de climat sont divergents et ne permettent pas de connaître de manière certaine ni le sens ni l'intensité des modifications à attendre. Le reverdissement observé aujourd'hui ne doit donc pas masquer des variabilités plus fortes, ni faire oublier la possibilité que cela ne représente qu'un état transitoire de la végétation dans un contexte de changement ou de variabilité climatique où les projections sont délicates, notamment en ce qui concerne le champ de précipitations.

Références

Anyamba A., Tucker C. J., 2005
Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003.
Journal of Arid Environments, 63 : 596-614.

Asrar G., Kanemasu E. T., Jackson R. D., Pinter P. J., 1985
Estimation of Total above-ground Phytomass Production Using Remotely Sensed Data.
Remote Sensing of Environment, 17 : 211-220.

Boudet G., 1972
Désertification de l'Afrique tropicale sèche.
Adansonia. Série, 2 (12) : 505-524.

Boudet G., 1979
Quelques observations sur les fluctuations du couvert végétal sahélien au Gourma malien et leurs conséquences pour une stratégie de gestion sylvopastorale.
Bois et Forêts des Tropiques, 184 : 14.

Dardel C., 2014
Entre désertification et reverdissement du Sahel : diagnostic des observations spatiales et in situ.
Thèse doct., univ. Paul Sabatier, Toulouse III, 199 p.

Dardel C., Kergoat L., Hiernaux P., Grippa M., Mougin E., Ciais P., Nguyen C. C,. 2014 a
Rain-Use-Efficiency: What it Tells us about the Conflicting Sahel Greening and Sahelian Paradox. *Remote Sensing,* 6 : 3446-3474.

Dardel C., Kergoat L., Hiernaux P., Mougin E., Grippa M., Tucker C. J., 2014 b
Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger). *Remote Sensing of Environment,* 140 : 350-364.

Fensholt R., Langanke T., Rasmussen K., Reenberg A., Prince S. D., Tucker C., Scholes R. J., Le Q. B., Bondeau A., Eastman R., Epstein H., Gaughan A. E., Hellden U., Mbow C., Olsson L., Paruelo J., Schweitzer C., Seaquist J., Wessels K., 2012
Greenness in semi-arid areas across the globe 1981-2007-an Earth Observing Satellite-based analysis of trends and drivers. *Remote Sensing of Environment,* 121 : 144-158.

Fensholt R., Rasmussen K., Kaspersen P., Huber S., Horion S., Swinnen E., 2013
Assessing Land Degradation/Recovery in the African Sahel from Long-Term Earth Observation Based Primary Productivity and Precipitation Relationships. *Remote Sensing,* 5 : 664-686.

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-Human and Policy Dimensions,* 15 : 394-404.

Hiernaux P., Ayantunde A., 2004
« The Fakara: a semi-arid agro-ecosystem under stress ». *In* : *Report of research activities, First phase (July 2002-June 2004) of the DMP-GEF Program (GEF/2711-02-4516)*, Nairobi (Kenya), Ilri.

Hiernaux P., Ayantunde A., Kalilou A., Mougin E., Gerard B., Baup F., Grippa M., Djaby B., 2009 a
Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger: Impact of land use, management and variable rainfall. *Journal of Hydrology,* 375 : 65-77.

Hiernaux P., Mougin E., Diarra L., Soumaguel N., Lavenu F., Tracol Y., Diawara M., 2009 b
Sahelian rangeland response to changes in rainfall over two decades in the Gourma region, Mali. *Journal of Hydrology,* 375 : 114-127.

Hubert H., 1920
Le dessèchement progressif en Afrique occidentale. *Bulletin du Comité d'études historiques et scientifiques de l'Afrique occidentale française,* 3 : 401-467.

Jones B., 1938
Desiccation and the West African Colonies. *Geographical Journal,* 91 : 401-423.

Lamprey H. F., 1975
« Report on the desert encroachment reconnaissance in Northern Sudan: 21 October to 10 November 1975 ». *In* : *Technical report* : 1-7, Paris/Nairobi, Unesco/Unep.

Le Houerou H. N., 1984
Rain Use Efficiency-a Unifying Concept in Arid-Land Ecology. *Journal of Arid Environments,* 7 : 213-247.

Mabbutt J. A., 1984
A new global assessment of the status and trends of desertification. *Environmental Conservation,* 11 : 103-113.

Monteith J. L., 1972
Solar-radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology,* 9 : 747-766.

Mougin E., Loseen D., Rambal S., Gaston A., Hiernaux P., 1995
A regional Sahelian grassland model to be coupled with multispectral satellite data. 1. Model description and validation. *Remote Sensing of Environment,* 52 : 181-193.

Mougin E., Hiernaux P., Kergoat L., Grippa M., de Rosnay P., Timouk F., Le Dantec V., Demarez V., Lavenu F., Arjounin M., Lebel T., Soumaguel N., Ceschia E., Mougenot B., Baup F., Frappart F., Frison P. L., Gardelle J., Gruhier C., Jarlan L., Mangiarotti S., Sanou B., Tracol Y., Guichard F., Trichon V., Diarra L., Soumare A., Koite M.,

Dembele F., Lloyd C., Hanan N. P., Damesin C., Delon C., Serca D., Galy-Lacaux C., Seghieri J., Becerra S., Dia H., Gangneron F., Mazzega P., 2009
The AMMA-CATCH Gourma observatory site in Mali: Relating climatic variations to changes in vegetation, surface hydrology, fluxes and natural resources.
Journal of Hydrology, 375 : 14-33.

Myneni R. B., Hall F. G., Sellers P. J., Marshak A. L., 1995
The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* 33 : 481-486.

Sellers P. J., 1985
Canopy reflectance, Photosynthesis and Transpiration.
International Journal of Remote Sensing, 6 : 1335-1372.

Stebbing E. P., 1935
The Encroaching Sahara:
The Threat to the West African Colonies.
Geographical Journal, 85 : 506-524.

Tucker C. J., Nicholson S. E., 1999
Variations in the size of the Sahara Desert from 1980 to 1997.
Ambio, 28 : 587-591.

Uncod, 1977
Proceedings of the Desertification Conference (Nairobi, UNEP).
London, Pergamon Press.

Unep, 1992
World Atlas of Desertification.
London, Edward Arnold, 69 p.

Veron S. R., Paruelo J. M., Oesterheld M., 2006
Assessing desertification.
Journal of Arid Environments, 66 : 751-763.

Chapitre 7

Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel

Luc Descroix, Gil Mahé, Jean-Claude Olivry, Jean Albergel, Bachir Tanimoun, Ilia Amadou, Brehima Coulibaly, Ibrahim Bouzou Moussa, Oumarou Faran Maiga, Moussa Malam Abdou, Kadidiatou Souley Yéro, Ibrahim Mamadou, Jean-Pierre Vandervaere, Emmanuèle Gautier, Aida Diongue-Niang, Honoré Dacosta, Arona Diedhiou

Introduction

L'hydrologie de la bande soudano-sahélienne a connu une évolution rapide ces dernières décennies. La région ouest-africaine a été l'objet de profonds changements climatiques et environnementaux qui ont profondément modifié le bilan ruissellement/infiltration/évapotranspiration et en conséquence les conditions de la formation des écoulements.

On peut résumer en quelques étapes clés les observations et avancées scientifiques qui ont permis de mieux cerner l'impact des changements environnementaux sur le cycle hydrologique. Durant les travaux de terrain menés pour sa thèse, Albergel (1987) remarque que depuis le (et en dépit du) début de la sécheresse, les écoulements augmentent dans les bassins versants expérimentaux de l'Orstom au Burkina Faso situés en zone sahélienne, mais diminuent, plus logiquement, pour ceux situés dans la zone soudanienne. Quelques années plus tard, Olivry *et al.* (1993) et Olivry (2002) montrent que les débits du Haut Niger à Koulikoro (bassin versant de 120 000 km^2) et de nombreux grands cours d'eau ouest-africains diminuent deux fois plus vite que les précipitations. Ceci sera corroboré pour l'ensemble de la région par Mahé *et al*. (2003, 2005, 2009, 2011, 2013) ainsi que par Amogu *et al* (2010) qui mettent en évidence la césure entre comportements « sahélien » (augmentation des écoulements en dépit de la sécheresse) et « soudano-guinéen » (diminution des écoulements plus forte que celle de la pluie). La mise en évidence de l'extension régionale de la hausse des écoulements depuis le début de la sécheresse a conduit à

parler de « paradoxe hydrologique du Sahel » (Descroix *et al*., 2009 ; Descroix *et al*., 2013 a). Entre-temps, Casenave et Valentin (1989) avaient mis en évidence la primauté du rôle des « états de surface » dans la formation du ruissellement, et Leduc *et al*. (2001) avaient défini le « paradoxe de Niamey » : la hausse du niveau de la nappe phréatique depuis le début de la sécheresse, dans le degré carré de Niamey. Celle-ci est une conséquence indirecte de la hausse des écoulements (liée aux modifications des états de surface induites par les changements environnementaux…) ; elle n'est pour le moment avérée que pour l'aquifère du CT3 (Continental Terminal 3) dans cette zone de Niamey[1].

On peut donc opposer schématiquement :

– une zone soudano-guinéenne où le régime des écoulements n'a pas (encore ?) été modifié par les transformations de l'environnement. Le fonctionnement des sols et des bassins versants y est tel que le ruissellement ne s'y produit que lorsque le sol est saturé. La baisse des précipitations n'affecte pas la capacité de rétention en eau des sols, et la couverture végétale, même modifiée, reste dense et absorbe les mêmes quantités d'eau qu'auparavant ; seule la fraction d'eau de pluie qui est destinée au ruissellement est donc concernée par la baisse des précipitations. Cela explique que la baisse des écoulements soit plus forte que celle des précipitations ;

– une zone sahélienne où le ruissellement est dû, pour une part croissante, au refus d'infiltration, car une induration superficielle produit très vite la saturation des sols (par le haut donc) qui n'ont plus de capacité de rétention en eau. C'est cette perte d'infiltrabilité d'une partie des sols sahéliens qui est à l'origine du « paradoxe du Sahel ». La mise à nu des sols et le raccourcissement des jachères provoquent une dégradation des sols dont Albergel et Valentin (1988), Valentin et Bresson (1992) et Ambouta *et al*. (1996), entre autres, ont montré qu'elle était propice à leur encroûtement superficiel. Dans des secteurs nord-sahéliens où s'observe une reconquête végétale depuis la fin des périodes les plus déficitaires en pluie (milieu des années 1980), le sol ne peut se reconstituer dans les secteurs rocheux où il était squelettique et retenu par la végétation en place (Hiernaux *et al*., 2009 ; Gardelle *et al*., 2010).

Cette augmentation des débits des cours d'eau sahéliens, observée depuis le début de la sécheresse de l'Afrique de l'Ouest, semble s'exacerber avec la modeste remontée des totaux annuels de pluie enregistrée depuis le milieu de la décennie 1990 environ. On ne peut donc plus parler de situation paradoxale depuis la fin des années 1990 et cette remontée des précipitations ; celle-ci a logiquement encore accru le ruissellement. En effet, ces toutes dernières années, depuis le milieu de la décennie 2001-2010, on observe une accélération dans l'accroissement du volume des crues annuelles et une recrudescence des inondations en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. (Descroix *et al*., 2012 ; Sighomnou *et al*., 2013).

1. Une extension vers l'est du Niger, comportant la mesure de la hauteur de la nappe dans une demi-douzaine de sites supplémentaires sur la route de Zinder, où avaient lieu des tournées semestrielles, a été entamée en 2006 dans le cadre du programme Amma. Ces mesures ont été suspendues en 2008 à la demande des hydrogéologues d'Amma, mais, pendant trois ans (2005-2008), c'est *a minima* jusqu'à la longitude de Maradi que le niveau de l'aquifère remontait.

Ce chapitre prétend montrer comment, au-delà du paradoxe hydrologique du Sahel, des facteurs naturels et humains provoquent cette recrudescence des inondations dans cette région. On verra qu'une éventuelle intensification des précipitations n'est pas encore assez prononcée pour expliquer des débits bien plus élevés que durant les décennies « humides » 1950-1970. À l'inverse, l'urbanisation des zones inondables explique pourquoi les inondations sont plus graves qu'auparavant. Enfin l'augmentation du ruissellement accentue l'érosion déjà importante des sols sahéliens, et avec elle transports solides et sédimentation : ces éléments sont à l'origine des ruptures d'endoréisme (Mamadou *et al.,* 2015) et de l'encombrement des lits des cours d'eau par le sable apporté des versants (Amogu *et al.,* 2010), deux facteurs complémentaires de l'augmentation de la sévérité des inondations.

Une augmentation des débits ayant conduit à l'augmentation du risque de crues

On a pu montrer qu'une tendance de fond à l'accroissement des coefficients d'écoulement pouvait être attribuée aux changements d'usage des sols, en particulier à l'extension très significative des surfaces de sols encroûtés.

Tant dans les zones sud-soudaniennes (Tschakert *et al*., 2010), que dans les régions sahéliennes (Tarhule , 2005), un accroissement de l'occurrence des inondations a été souligné dans les dernières années. Dès 2005, Tarhule montrait en effet, à travers une étude de coupures de presse, que les inondations étaient en train de gagner en importance et en dégâts causés ; il a montré qu'au Niger, la distribution des inondations reportées par la presse était principalement liée à l'altitude et à la répartition spatiale de la population. Comme suite aux graves inondations qui ont touché le sud du Burkina, le nord du Togo et du Ghana en 2007, l'étude de Tschakert *et al*. (2010) a montré la récurrence des inondations en Afrique de l'Ouest, phénomène trop négligé et à prendre désormais en considération.

Par ailleurs, Di Baldassare *et al*. (2010) ont montré que les inondations causaient des dégâts croissants en Afrique de l'Ouest ; ainsi les pertes humaines ont crû d'un ordre de grandeur depuis 1950, ce qui s'explique partiellement par la croissance démographique, en particulier urbaine, qui elle-même induit un fort accroissement de la vulnérabilité des sociétés.

Comme suite aux observations d'Albergel (1987) et d'Olivry (2002), Descroix *et al.* (2012) et Sighomnou *et al*. (2013) ont montré que les changements d'usage des sols et la fatigue de ceux-ci étaient l'explication principale de la hausse considérable des débits issus des bassins sahéliens et de l'occurrence des inondations. De fait, la figure 1 montre que les coefficients d'écoulement des bassins des affluents de rive

droite du Niger dans la région sahélienne ont triplé depuis le début de la sécheresse à la fin des années 1960. La figure 2 représente l'évolution interdécennale de la double crue annuelle du Niger à Niamey ; elle montre clairement l'évolution contraire :

– de la première crue, d'origine sahélienne, qui se produit au cours de l'hivernage, et est liée aux écoulements en lien avec les pluies de mousson, généralement de forte intensité (35 % des pluies tombent avec une intensité supérieure à 60 mm/h). Cette crue se produit de manière de plus en plus précoce ; la date de son occurrence à Niamey a avancé de 40 jours en une quarantaine d'années. Elle est par ailleurs de plus en plus individualisée par rapport à la seconde et principale crue, la crue guinéenne ;

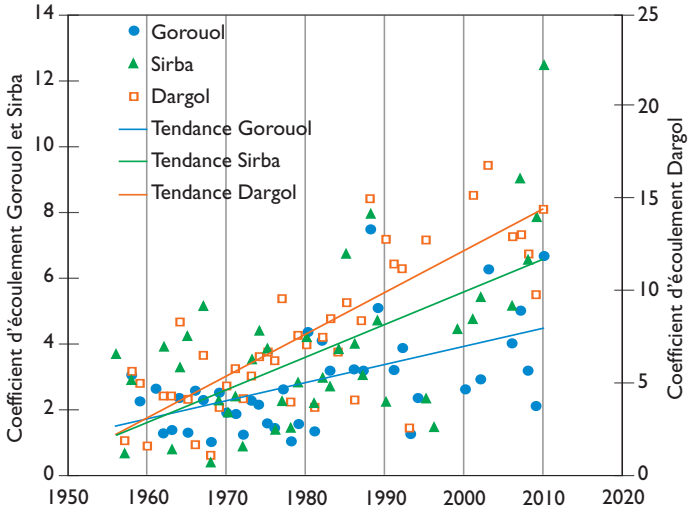


Figure 1.
Augmentation des coefficients d'écoulement des bassins des affluents sahéliens de rive droite du fleuve Niger.

– et de la seconde crue, appelée crue guinéenne, qui correspond à l'arrivée des écoulements générés par la même mousson dans le bassin amont, et qui ont mis plusieurs mois pour franchir les 2 000 kilomètres à parcourir depuis la Guinée, et surtout le delta intérieur du Niger, une vaste étendue de 120 000 km^2 de lacs et de marais dans laquelle le fleuve perd en moyenne chaque année la moitié de son débit. Après avoir considérablement baissé durant les décennies sèches (1970 à 1990), la pointe de cette crue a bien ré-augmenté depuis la décennie 1990, mais reste loin d'atteindre les volumes observés avant la sécheresse. Surtout, la crue principale reste plus courte de plus de deux mois par rapport aux décennies humides, comme conséquence de la très forte diminution des écoulements dans le bassin amont. En termes de ressource, c'est donc durant la saison sèche que les apports en eau ont été le plus affectés, l'étiage se produisant bien plus tôt qu'auparavant (fig. 2).

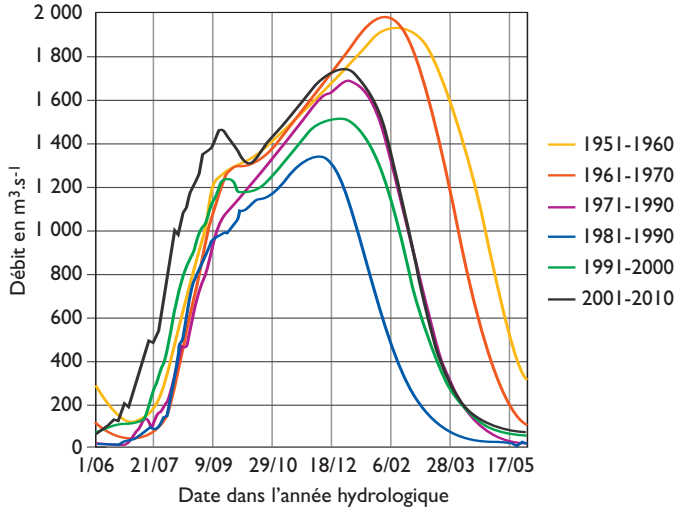


Figure 2.
Évolution interdécennale de l'hydrogramme du fleuve Niger à Niamey : précocité croissante de la première crue, diminution drastique de la durée de la seconde.

Les thèses récentes de Amogu (2009), Souley Yéro (2012) et de Malam Abdou (2014) ont confirmé l'importante contraction de la couverture végétale depuis quelques décennies, la première sur le bassin de la Sirba et du Gorouol (cf. fig. 3), la deuxième dans le degré carré de Niamey, la troisième dans le bassin du Dargol, ainsi que les conséquences à en attendre en termes de baisse de la capacité de rétention en eau des sols et des bassins et d'accroissement des coefficients d'écoulement. Ces travaux corroborent l'évolution de la couverture végétale à l'échelle régionale telle que mise en évidence par les cartes produites par Fensholt et Rasmussen (2011).

Un facteur climatique : la hausse du nombre de pluies de fort cumul

Toutefois, il semble que l'occurrence des événements de cumul pluviométrique élevé soit en hausse, ce qui contribuerait à expliquer la hausse des coefficients d'écoulement et des débits.

Pour vérifier cette hypothèse de travail, une étude statistique des pluies de fort cumul journalier a été réalisée dans deux secteurs de l'Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne : le Sénégal (Diongue *et al.*, soumis) et le bassin du fleuve Niger moyen (Descroix *et al.*, 2013 b). Les figures 3 et 4 montrent la localisation des deux secteurs d'étude situés à la même latitude.

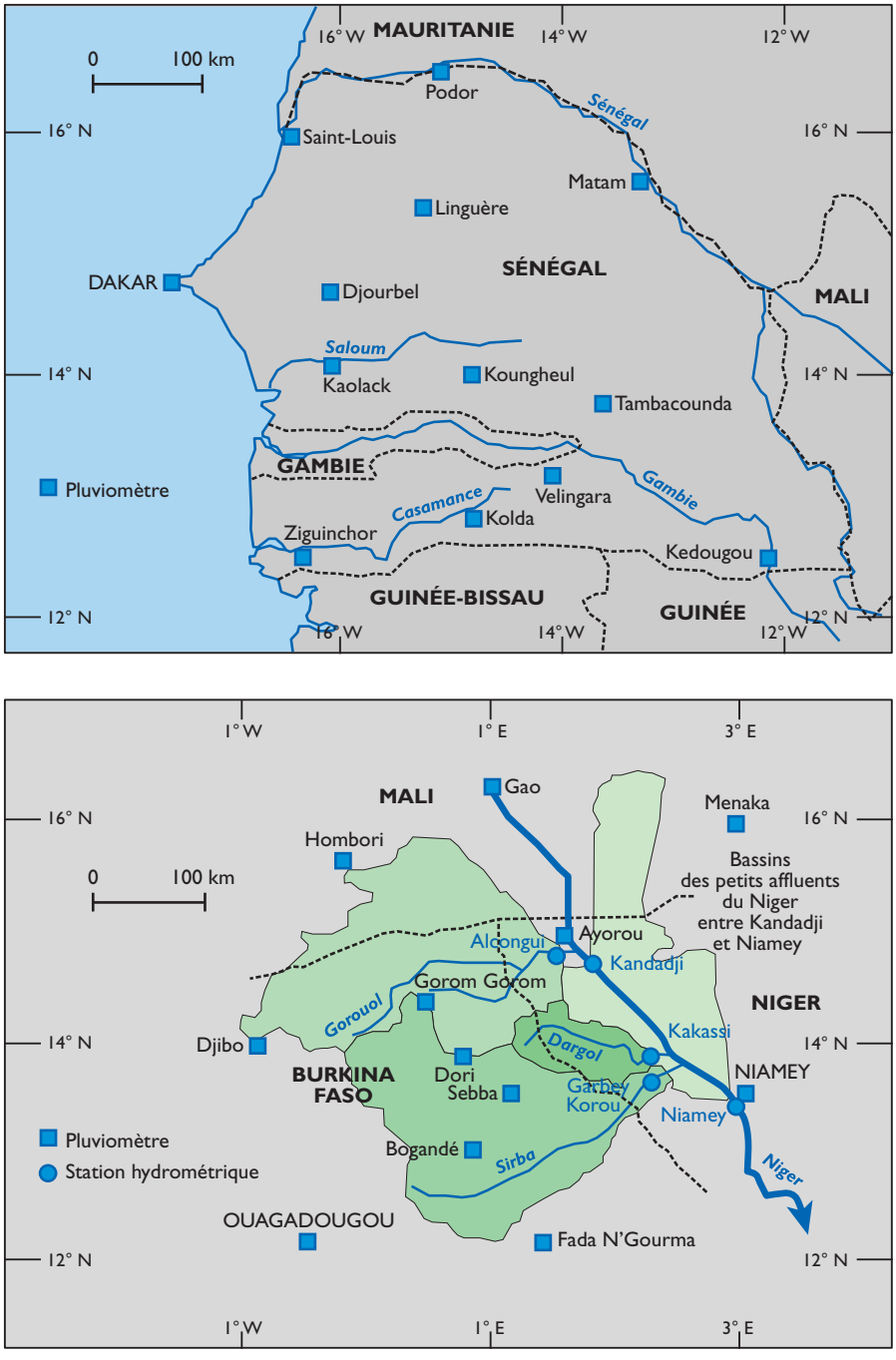


Figure 3.
Carte schématique du Sénégal (en haut) et du bassin du Niger moyen (en bas).

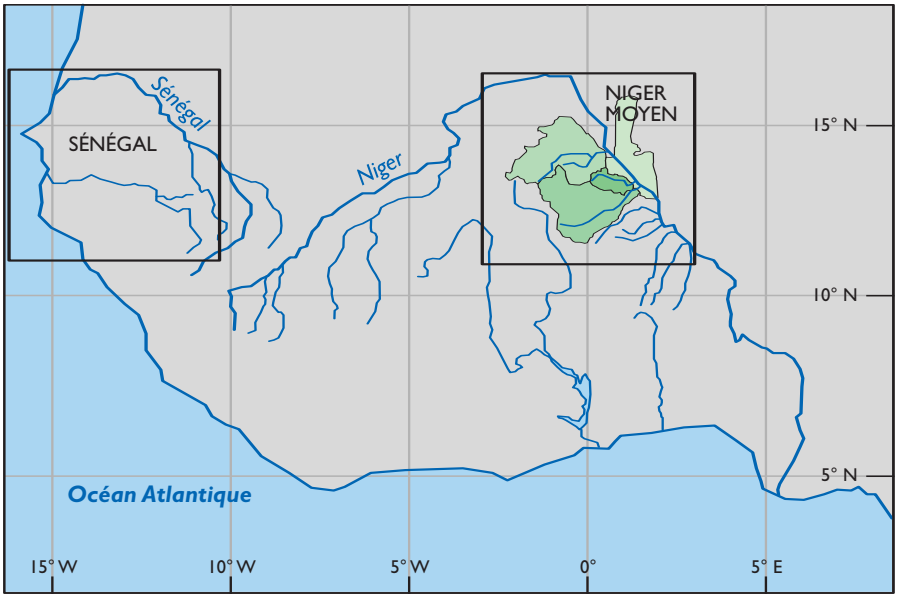


Figure 4.
Localisation du Sénégal et du bassin du Niger moyen, aux mêmes latitudes.

Les figures 5 et 6 montrent que le nombre d'événements de plus fort cumul est en hausse et se rapproche beaucoup, dans le bassin du Moyen Niger, de ses valeurs des décennies humides. C'est déjà le cas pour les événements de plus de 60 mm. On observe aussi une arrivée plus précoce de la crue, qui pourrait bien être liée à la conjonction de l'encroûtement des sols (cause anthropique) et de l'augmentation de

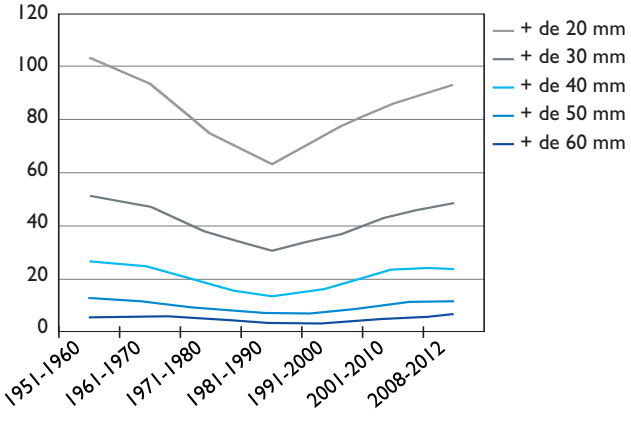


Figure 5.
Nombre d'événements par décennie et par classe de cumul précipité par événement, bassin du Niger moyen.

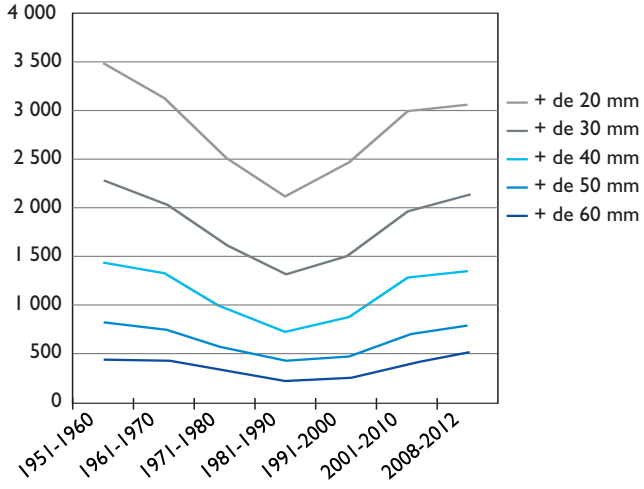


Figure 6.
Nombre de mm de pluie par an et par catégorie, bassin du Niger moyen.

l'occurrence des événements pluviométriques extrêmes (cause climatique à relier éventuellement au changement climatique en partie dû aux activités anthropiques), surtout en début de saison des pluies (mai et juin, et moins significativement sur juillet) (Descroix *et al*., 2013 b). Diongue *et al*. (soumis) ont remarqué la même évolution sur le Sénégal. Toutefois, dans ce pays, malgré une forte croissance ces dernières années, le nombre d'événements de fort cumul (jusqu'à plus de 60 mm/jour) n'a pas encore atteint, pour aucune station ni aucune saison, les valeurs maximales observées dans les années 1950-1968.

Les figures 7 et 8 montrent cette tendance pour ce pays.

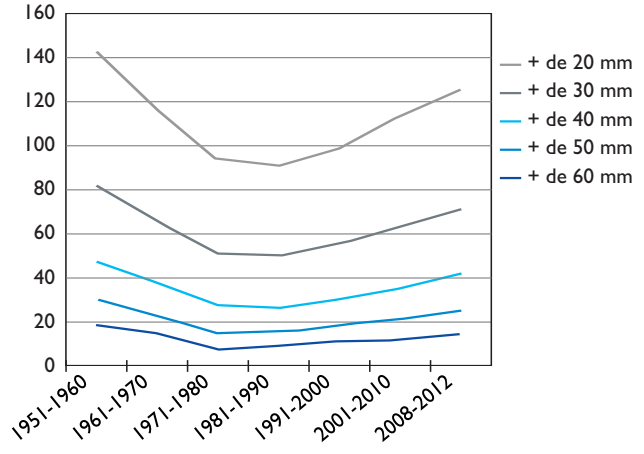


Figure 7.
Nombre d'événements par décennie et par classe de cumul précipité par événement, Sénégal.

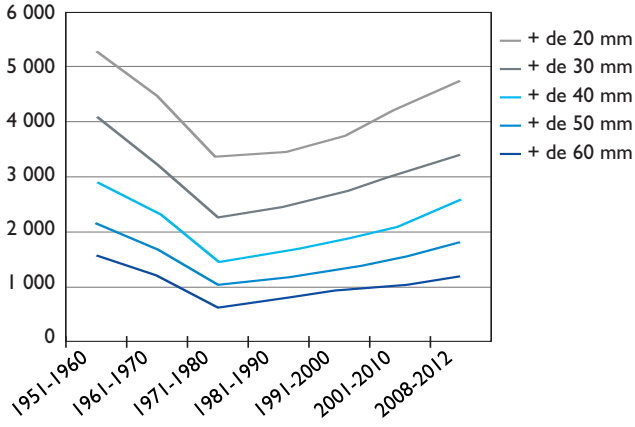


Figure 8.
Nombre de mm de pluie par an et par catégorie, Sénégal.

Enfin, PANTHOU (2013) a analysé les pluies journalières dans une fenêtre allant de 10° W à 5° E et de 10° à 15° N (englobant partiellement le bassin du Niger moyen cité ci-dessus), pour étudier l'évolution des précipitations extrêmes. Il a montré un accroissement récent du nombre d'événements pluviométriques « extrêmes » (en fait des événements de fort cumul pluviométrique) depuis le milieu des années 2001-2010. Par ailleurs, PANTHOU *et al.* (2013) ont mis en évidence la baisse du nombre de ces épisodes lors de la période de déficit pluviométrique, et sa remontée récente (voir en particulier chap. 2 Panthou *et al.*).

Une explication « urbaine »

L'urbanisation elle-même peut expliquer l'accroissement du risque d'inondation. Elle s'accompagne en effet des processus décrits ci-dessous.

L'imperméabilisation de l'espace urbain et péri-urbain

Celle-ci est le fait de l'essentiel des éléments « urbains », à savoir, chaussées, bâti, autres surfaces imperméabilisées, telles que trottoirs, parkings, terrains de sport, etc.

Cette réduction des zones d'infiltration possible pour l'eau de pluie est un facteur d'accroissement notoire des coefficients d'écoulement. C'est ce qui est à l'origine de l'inondation des quartiers nord de la ville de Bamako le 28 août 2013 ; la pluie de 85 mm qui l'a occasionnée a un temps de retour de 3 ans, mais l'urbanisation incontrôlée des collines dominant le quartier de Banconi a provoqué la formation de débits qui ont entraîné de gros dégâts (fig. 9).



Figure 9.
Lit encombré de l'un des deux cours d'eau ayant débordé et inondé le quartier de Banconi à Bamako le 28 août 2013.



Figure 10.
Creusement des drains dont l'absence a provoqué l'inondation du quartier Ouest Foire à Dakar le 26 août 2012 (photo décembre 2013).

Toutefois, on a assisté ces dernières années à des inondations purement urbaines concernant des zones urbanisées depuis très longtemps et qui n'avaient pas, jusque-là, été inondées. C'est le cas, particulièrement, des événements survenus le 1er septembre 2009 à Ouagadougou et le 26 août 2012 à Dakar (fig. 10). Dans les deux cas, les crues ayant causé ces inondations sont des crues purement urbaines. Il faut donc pour ces événements arguer de l'augmentation de l'occurrence de précipitations intenses (voir ci-dessus). En effet, ces dernières inondations ont concerné des villes sans cours d'eau, mais des secteurs déjà urbanisés depuis longtemps. Or les événements les plus intenses survenus ces dernières décennies n'avaient pas provoqué de tels écoulements et donc de tels dégâts.

L'urbanisation de secteurs inondables

L'autre grand impact de l'urbanisation est le fait de rendre vulnérables des populations qui ne l'étaient pas. En effet, si dans le cas de Bamako en 2013, c'est l'urbanisation qui explique au moins en partie la gravité des inondations, il est devenu plus fréquent de voir l'urbanisation sauvage se diriger vers les secteurs classés comme inconstructibles, dont par exemple les zones inondables. Comme le signalent Di Baldassare *et al.* (2010), l'augmentation de la population et la forte urbanisation des pays d'Afrique subsaharienne sont l'une des composantes principales de l'accroissement des pertes et du nombre des victimes des inondations. Dans le cas de la ville de Niamey, on a assisté à trois épisodes en quatre ans, ce qui dénote à la fois l'accroissement des débits et donc l'existence d'un risque accru, et celle de la vulnérabilité des populations qu'on a laissé s'installer en zone interdite inondable, faute pour les autorités d'avoir loti suffisamment d'espaces pour loger les nombreux nouveaux arrivants. Une étude de l'ABN (Autorité du bassin du Niger) (Sighomnou *et al.*, 2012) montre les cartes d'inondations réalisées par cet organisme avec Agrhymet (le centre de formation en agronomie, hydrologie et météorologie du CILSS, situé à Niamey) : une grande proportion de la rive droite de Niamey inondée ces dernières années est en zone réputée inondable.

En 2010, le fleuve Niger a atteint sa plus forte cote de saison des pluies (rappelons – première partie ci-dessus – que la crue sahélienne est traditionnellement bien moins importante que la crue guinéenne). Cette cote n'avait du reste été dépassée que deux fois depuis le début des enregistrements en 1929 : durant la crue guinéenne de 1968, puis durant celle de 1970. De nombreux dégâts furent observés du fait de l'urbanisation spontanée d'un ancien bras du Niger, bien visible sur la figure 12 ; le débit avait alors atteint 2 080 $m^3.s^{-1}$. En 2012, la crue a atteint par deux fois un débit jamais observé depuis 1929, toutes crues confondues. Par deux fois en effet, le débit a dépassé 2 400 $m^3.s^{-1}$ (max. 2 480 $m^3.s^{-1}$). Les dégâts furent bien plus sévères encore, et une cinquantaine de victimes au moins furent à déplorer, sans compter les dizaines de milliers de sans-abri du fait de la destruction des maisons par les flots et de l'humectation du banco dont sont faites la plupart des habitations. Celles-ci se sont en grande partie effondrées, occasionnant de nombreuses victimes. La troisième crue, en 2013, fut presque aussi prononcée que celle de 2012, en tout cas bien plus haute que celle de 2010, ayant atteint un débit de 2 420 $m^3.s^{-1}$ au pic de la crue. Mais les dégâts furent bien plus limités, car la partie inondée en 2012 n'avait pas été réoccupée entre-temps.

Une accélération des processus hydrologiques et sédimentaires

Le cas particulier de la ville de Niamey est emblématique des transformations environnementales profondes que subit le Sahel depuis plusieurs décennies. On peut évoquer défrichements et fatigue des sols observés en amont, dans les bassins des affluents du fleuve Niger (voir la première partie) ; on sait qu'on assiste, depuis quelques années, à une recrudescence des événements pluvieux de fort cumul (voir la deuxième partie) ; enfin les inondations récentes ont concerné des quartiers bâtis souvent de manière spontanée dans des zones inondables, mais qui n'avaient pas été inondés depuis plusieurs décennies, du fait entre autres du déficit pluviométrique régional, ce qui a été évoqué en troisième partie.

Dans cette dernière partie, nous abordons deux processus hydrologiques et hydrographiques observés récemment : l'ensablement du lit des cours d'eau et l'extension de l'exoréisme.

L'ensablement du lit des cours d'eau (ici le fleuve Niger)

Il a pu conduire des crues dont le débit avait déjà été observé dans le passé sans inondation à déborder ces dernières années. En effet, la phase d'érosion des sols que connaît le Sahel depuis le début de la sécheresse a considérablement accru les transports solides. Les matériaux transportés ont tendance à se déposer dans le lit des cours d'eau (du Niger, quand il s'agit des koris, affluents directs de ce fleuve). On observe donc une réduction sensible de la section active du cours d'eau, ce qui provoque le débordement du fleuve pour des débits sensiblement plus faibles que ceux nécessaires auparavant. La figure 11 montre l'intrusion dans le lit du fleuve du cône affluent du Kourtéré, affluent de rive droite du Niger confluant juste en amont de Niamey, et sa progression au fil des ans, telle que rapportée par Amogu *et al.* (2010), réduisant d'autant la section de son lit et rendant plus probable son débordement lors des crues importantes.

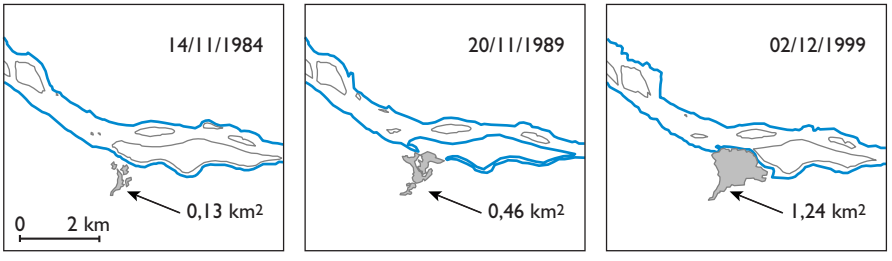


Figure 11.
Progression du cône de déjection du kori de Kourtéré de 1984 à 1999.

L'extension de l'exoréisme

Nul mieux que ce petit affluent (son bassin mesure 350 km^2) n'illustre le processus d'extension de l'exoréisme, tel qu'on l'observe depuis quelques décennies dans la vallée du Niger moyen (Mamadou *et al.,* 2015). En effet, Chinen (1999) a montré que le bassin de ce kori était endoréique jusque dans les années 1950, et que c'est au plus tard en 1975 (d'après la photographie aérienne de l'IGNN) que le kori a percé le bourrelet sableux qui retenait la mare dans laquelle s'accumulaient ses écoulements. C'est seulement à ce moment-là que ce kori est devenu un affluent du Niger.

Mamadou *et al*. (2015) ont par ailleurs montré récemment que les ruptures d'endoréisme avaient conduit, encore une fois sur le cours du Niger moyen, à un accroissement de la superficie du bassin actif du cours d'eau, contribuant, à coefficient d'écoulement égal, à accroître les débits à écouler. La figure 12 montre la localisation des ruptures observées ou supposées d'endoréisme qui se sont produites ces dernières décennies dans ce tronçon de la vallée du Niger.

Sans préjuger de celles qui pourraient exister ailleurs, on peut toutefois supposer que la région de Niamey en concentre un grand nombre du fait de la sévère dégradation du milieu qu'on y observe (Chinen, 1999 ; Amogu *et al.,* 2010 ; Mamadou, 2012 ; Mamadou *et al*., 2015). En effet, aux défrichements inhérents à l'ensemble du

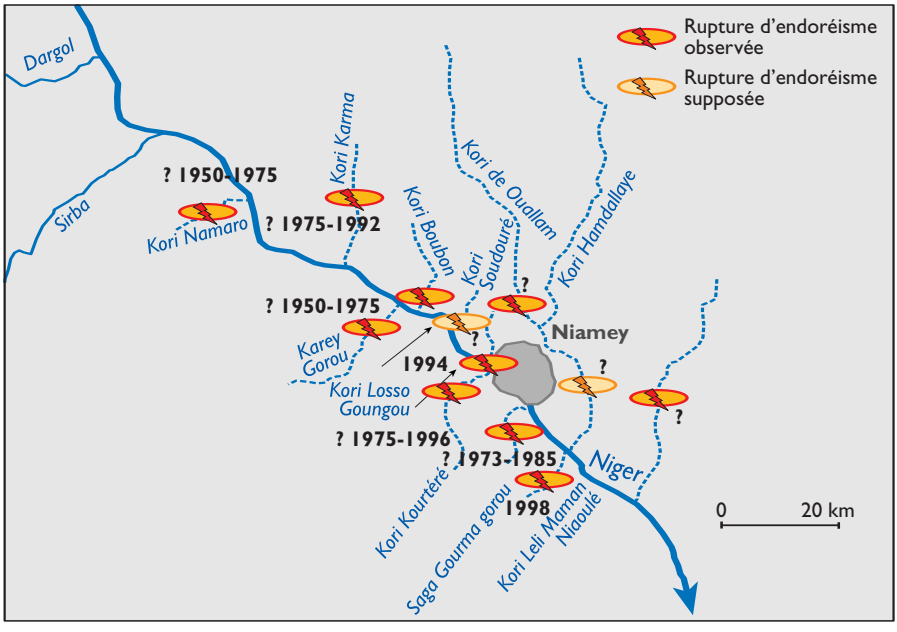


Figure 12.
Localisation de certains phénomènes de rupture d'endoréisme, ayant conduit à accroître la zone exoréique alimentant le fleuve Niger. Quand elle est connue, la date de la rupture d'endoréisme est indiquée.

Sahel, exacerbés ici car la population y est en croissance plus forte qu'ailleurs, s'ajoutent les défrichements liés à la demande urbaine en bois de cuisine et construction, ainsi que le surpâturage en lien avec la présence de nombreux troupeaux en attente d'accéder au marché urbain de la ville.

Une dynamique érosive et hydrique intense s'observe donc aux alentours de Niamey (mais Bouzou Moussa *et al.* [2009] témoignent de tels processus aussi à 300 km à l'est de Niamey) ; elle est mise en évidence par les nouveaux koris (néo-exoréisme) visibles dans le paysage par les tranchées franches et fraîches laissées dans les dunes et sols sableux par ces formes récentes, ainsi que par les cônes de déjection importants et très actifs qui obstruent chaque jour plus le lit du fleuve Niger aux alentours de Niamey. Les surfaces encroûtées et ruisselantes y sont de plus en plus étendues, et les nouveaux petits affluents du Niger apportent à celui-ci de nouvelles aires très contributives, du fait des forts coefficients de ruissellement qu'on y observe. Ces observations faites sur le Niger moyen sont malheureusement vérifiées dans presque toute la bande soudano-sahélienne.

Conclusion

Les récentes inondations de 2007 (nord du Ghana et du Togo, sud du Burkina Faso), de 2009 (le 1er septembre, Ouagadougou recevait 270 mm en moins de 24 heures, le même jour, l'oued Teloua rompait ses digues et inondait Agadès), les débordements répétés du fleuve Niger à Niamey (en 2010, 2012, 2013), les inondations de Dakar (le 26 août 2012, la ville recevait la deuxième plus forte pluie en 24 heures depuis le début des enregistrements, mais la plus forte en intensité horaire) et de Bamako (le 28 août 2013) semblent témoigner d'un accroissement du risque d'inondation en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. On sait depuis l'expérience Amma que les changements d'usage des sols sont l'élément moteur principal du « paradoxe hydrologique du Sahel ». Mais des éléments plus ou moins récents viennent aggraver ce processus :

– on assiste à un accroissement de l'occurrence des épisodes pluvieux de fort cumul, que ce soit à l'ouest (Sénégal) ou au centre du Sahel (bassin du Niger moyen) ;

– l'urbanisation, par l'imperméabilisation des surfaces réceptrices qu'elle entraîne à son tour, accroît les coefficients de ruissellement et peut expliquer la formation de forts courants urbains ;

– par ailleurs l'urbanisation incontrôlée d'espaces de plus en plus étendus aggrave l'effet des inondations, rendant les populations, et en particulier les populations les plus pauvres, très vulnérables au risque inondation ;

– la puissance des crues, en particulier celles issues des zones sahéliennes, peuvent être accrues par l'extension en cours de l'exoréisme, des secteurs historiquement endoréiques devenant exoréiques par suite de ruptures de cordons sableux et déversements des mares ;

– enfin, l'érosion accrue des secteurs sahéliens, et en particulier les ruptures d'endoréisme, provoquent la formation rapide de vastes cônes de déjection dans le lit des grands fleuves, diminuant la section de ceux-ci, facilitant les débordements et les inondations.

Les preneurs de décision doivent prendre en compte ces multiples facteurs, car tous semblent suivre des tendances lourdes et pourraient rendre la gestion des écoulements extrêmement délicate dans les zones sahéliennes, plus particulièrement dans les zones urbanisées.

Scientifiques et décideurs ont centré leur attention sur le long épisode de sécheresse qu'a connu l'Afrique de l'ouest, sans qu'on sache s'il est vraiment fini. Mais le risque de crue n'a cessé, durant ces années de déficit, de s'exacerber au point que la hausse relative et récente des précipitations annuelles pourrait le rendre dramatique

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à l'appui du projet « Niger-Hycos » de l'Autorité du bassin du Niger à Niamey (ABN ; "http://nigerhycos.abn.ne/user-anon/htm/listStationByGroup.php"http://nigerhycos.abn.ne/user-anon/htm/listStationByGroup.php), des services hydrologiques nationaux du Mali, du Burkina Faso et du Niger qui nous ont fourni les données de débit du Niger. Nos remerciements vont également à nos collègues des Directions nationales des météorologies de ces mêmes pays, ainsi que l'Anacim du Sénégal, les animateurs du réseau Friend, ainsi que ceux de Amma-Mali et Amma-Niger pour les données météorologiques. Les données du Sierem nous ont été fournies par A. l'Aour-Crès, N. Rouché et C. Dieulin (IRD-HSM). Outre l'AFD qui finance la collecte des données hydrométriques de Niger-Hycos, ce travail a été financé par les programmes ANR Eclis et ANR-10-CEPL-005 Escape, ainsi que par la JEAI (Jeune Équipe associée à l'IRD) « Savane parc à long terme », animée par le département de géographie de l'université de Niamey.

Références

Albergel J., 1987
« Sécheresse, désertification et ressources en eau de surface : application aux petits bassins du Burkina Faso ». *In* : *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*, Wallingford, UK, IAHS publication, 168 : 355-365.

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 : 179-191.

Ambouta J. M. K., Valentin C., Laverdière M. R., 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 lit du fleuve Niger.
Thèse, UJF Grenoble, 360 p.

Amogu O., Descroix L., Yéro K. S., Le Breton E., Mamadou I., Ali A., Vischel T., Bader J.-C., Bouzou Moussa I. B., Gautier E., Boubkraoui S., Belleudy P., 2010
Increasing River Flows in the Sahel? *Water*, 2 (2) :170-199.

Bouzou Moussa I., Faran Maiga O, Ambouta J. M. K., Sarr B., Descroix L, Moustapha Adamou M., 2009
Les conséquences géomorphologiques de l'occupation du sol et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien. *Sécheresse*, 20 (1) : 1-8.

Cappus P., 1960
Étude des lois de l'écoulement. Application au calcul et à la prévision des débits. Bassin expérimental d'Alrance. *La Houille Blanche*, A, Grenoble, France : 521-529.

Casenave A., Valentin C., 1989
Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.
Paris, Orstom, coll. Didactiques, 224 p.

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*, Hirahata, Ryugasaki, Japan, Faculty of Economics, Ryutsu Keizai University publication, 120 : 67-102.

Descroix L., Mahé G., Lebel T., 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. *Journal of Hydrology, Amma special issue*, 375 : 90-102.
doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.12.012

Descroix L., Genthon P., Amogu O., Rajot J.-L., Sighomnou D., Vauclin M., 2012
Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region. *Global Planetary Change,* 98-99 : 18-30.

Descroix L., Bouzou Moussa I., Genthon P., Sighomnou D., Mahé G., Mamadou I., Vandervaere J.-P., Gautier E., Faran Maiga O., Rajot J.-L., Malam Abdou M., Dessay N., Ingatan A., Noma M., Souley Yéro K., Karambiri H., Fensholt R., Albergel J., Olivry J.-C., 2013 a
« Impact of Drought and Land – Use Changes on Surface – Water Quality and Quantity: The Sahelian Paradox ». Hydrology, In Tech, Zagreb, Croatie.
http://dx.doi.org/10.5772/54536

Descroix L., Diongue-Niang A., Dacosta H., Panthou G., Quantin G., Diedhiou A., 2013 b
Évolution des pluies extrêmes et recrudescence des crues au Sahel. *Climatologie*, 10 : 37-49..

Di Baldassarre G., Montanari A., Lins H., Koutsoyiannis D., Brandimarte L. Blösch G., 2010
Flood fatalities in Africa:
From diagnosis to mitigation.
Geophysical Research Letters, 37, L22402, doi:10.1029/2010GL045467.

Diongue Niang A., Dacosta H., Diedhiou T., Quantin G., Panthou G., Bouzou Moussa I., Vandervaere J.-P., Diedhiou A., Descroix L.,
L'inondation de Dakar en août 2012 :
vers une recrudescence des inondations urbaines au Sahel ?
Soumis à *La Houille Blanche.*

Fensholt R., Rasmussen K., 2011
Analysis of trends in the Sahelian 'rain-use efficiency' using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data.
Remote Sensing of Environment, 115 : 438-451. doi:10.1016/j.rse.2010.09.014

Gardelle J., Hiernaux P., Kergoat L., 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).
Hydro. Earth Syst. Sci., 14 : 309-324.

Horton R. E., 1933
The role of infiltration in the hydrologic cycle.
EOS. American Geophysical Union Transactions, 14 : 44-460.

Hiernaux P., Mougin E., Diarra L., Soumaguel N., Lavenu F., Tracol Y., Diawara M., 2009
Sahelian Rangeland response to changes in rainfall over two decades in the Gourma, Mali. *J. Hydrol*., 375 (1-2) : 114-127, doi:10.1016/j.jhydrol.2008.11.005, 2009 b.

Leduc C., Favreau G., Shroeter P., 2001
Long-term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in South-West Niger.
J. Hydrol., 243 : 43-54.

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 Servat E., Najem W., Leduc C., Shakeel A. (eds) : *Hydrology of the Mediterranean and Semi-Arid Regions*, *proceedings of an international symposium. Montpellier (France)*, Wallingford, UK, IAHS publication, 278 : 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.
J. Hydrol., 300 : 33-43.

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., Sangare S., 2011
« Niger river and climate change over 100 years ». *In* Franks S. W., Boegh E., Blyth E., Hannah D. M., Yilmaz K. K. (eds) : *Hydro-climatology: Variability and Change*, Proceedings of symposium J-H02 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, *IAHS Pub.*, 344 : 131-137.

Mahé G., Lienou G., Descroix L., Bamba F., Paturel J.-E., Laraque A., Meddi M., Moukolo N., Hbaieb H., Adeaga O., Dieulin C., Kotti F., Khomsi K., 2013
The rivers of Africa: witness of climate change and human impact on the environment.
Hydrological Processes, 27 (15) : 2105-2114. HYP-12-0792.R2. doi: 10.1002/hyp981

Malam Abdou M., 2014
États de surface et fonctionnement hydrodynamique multi-échelles des bassins sahéliens ; études expérimentales en zones cristalline et sédimentaire.
Thèse, UJF Grenoble/UAM, 260 p.

Mamadou I., 2012
La dynamique des koris et l'ensablement de leur lit et de celui du fleuve Niger dans la région de Niamey.
Thèse, université Paris 1/UAM, 280 p.

Mamadou I., Gautier E., Descroix L., Noma I., Bouzou Moussa I., Faran Maiga O., Genthon P., Amogu O., Malam Abdou M., Vandervaere J.-P., 2015
Exorheism growth as an explanation of increasing flooding in the Sahel.
Catena, 130 :131-139.

Olivry J. C., 2002
Synthèse des connaissances hydrologiques et potentiel en ressources en eau du fleuve Niger. Niamey, World Bank, Niger Basin Authority, provisional report, 160 p.

Olivry J. C., Bricquet J. P., Mahé G., 1993
Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide ? Proceedings of the Symposium « Hydrology of Warm Humid Regions », IAHS Sc. Assembly Yokohama. *IAHS*, 216 : 66-78.

Panthou G., 2013
Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années. Thèse, UJF-Grenoble, 230 p.

Panthou G., Vischel T., Lebel T., 2013
From pointwise testing to a regional vision: an integrated statistical approach to detect non stationarity in extreme daily rainfall. Application to the Sahelian region. *Journal of Geophysical Research*, 118 : 8222-8237.

Sighomnou D., Tanimoun B., Alio A., Zomodo L., Ilia A., Olomoda I., Coulibaly B., Koné S., Zinsou D., Dessouassi R., 2012
Crue exceptionnelle et inondations au cours des mois d'août et septembre 2012 dans le Niger moyen et inférieur. Note technique de l'ABN (Autorité du bassin du Niger), 11 p.

Sighomnou D., Descroix L., Genthon P., Mahé G., Bouzou Moussa I., Gautier E., Mamadou I., Vandervaere J.-P., Bachir T., Coulibaly B., Rajot J. L., Malam Issa O., Malam Abdou M., Dessay N., Delaitre E., Maiga O. F., Diedhiou A., Panthou G., Vischel T., Yacouba H., Karambiri H., Paturel J.-E., Diello P., Mougin E., Kergoat L., Hiernaux P., 2013
La crue de 2012 à Niamey : un paroxysme du paradoxe du Sahel ? *Sécheresse*, 24 : 1-11. doi : 10.1684/sec.2013.0370.

Souley Yéro K., 2012
L'évolution du changement d'usage des sols au Sahel et ses conséquences hydrologiques. Thèse, UJF Grenoble, 250 p.

Tarhule A., 2005
Damaging rainfall and floodings: the other Sahel hazards. *Climatic Change*, 72 : 355-377. doi: 10.1007/s10584-005-6792-4.

Tschakert P., Sagoe R., Ofori-Darko G., Codjoe S. M., 2010
Floods in the Sahel: an analysis of anomalies, memory, and participatory learning. *Climatic Change*, 103 : 471-502. doi: 10.1007/s10584-009-9776-y.

Valentin C., Bresson L. M., 1992
Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils. *Geoderma*, 55 : 225-245.

Chapitre 8

La contrainte fourragère des élevages pastoraux et agropastoraux du Sahel

Adaptations et perpectives

Pierre Hiernaux, Mamadou Oumar Diawara, Laurent Kergoat, Éric Mougin

Introduction : la question fourragère

La question fourragère traverse les pratiques d'élevage au Sahel, mais aussi les recherches menées sur l'amélioration de leur productivité (Lhoste *et al*., 1993 ; Klein *et al*., 2014), les politiques de développement de l'élevage (Zoundi et Hitimana, 2008 ; CORAF/WECARD, 2010 ; Krätli *et al*., 2013) et enfin les discours tenus sur l'avenir de l'élevage au Sahel (Peyre de Fabrègue, 1984 ; Hesse et Thébaud, 2006 ; Jullien, 2006 ; Bassett et Turner, 2007). La disponibilité et la qualité des fourrages seraient la contrainte majeure du développement de l'élevage, et pour les élevages pastoraux la contrainte serait la capacité de charge des parcours (Boudet, 1984 ; Breman *et al*., 1984, Le Houérou, 1989). Mais, en même temps, la question fourragère et celle de la capacité de charge sont largement éludées des projets de développement, comme si les solutions relevaient du seul libre arbitre des éleveurs qui, dans leurs pratiques fondées sur le savoir transmis, l'expérience et le soutien d'institutions collectives, trouvaient toujours une solution, même dans les pires épreuves de sécheresse et de conflit d'accès (de Bruijn et Van Djik, 1995 ; Thébaud et Batterbury, 2001 ; Krätli et Schareika, 2010). La définition et souvent le questionnement du concept de capacité de charge animale au Sahel, par les techniciens, les chercheurs et les décideurs politiques, sont révélateurs (Hiernaux, 1982 ; de Leeuw et Tothill, 1990 ; Sayre, 2008 ; Krätli *et al*., 2015).

En effet, la simplicité intuitive du concept – capacité d'une ressource pastorale constituée de parcours et points d'eau, à supporter durablement un élevage (Boudet,

1984) – couvre une dualité sémantique. La capacité de charge a en effet une acception « zootechnique » (Hiernaux, 1982) qui s'attache à la capacité de la ressource pastorale à atteindre un objectif de production animale : le maintien de tel niveau d'embonpoint du bétail, de tel niveau de production laitière des femelles en lactation qui permettent d'assurer tel niveau de reproduction (âge à la première mise bas, taux de fertilité, limitation du taux de mortalité). La seconde acception est qualifiée « d'écologique » dans la mesure où elle s'attache à l'impact de la charge animale sur le parcours et sa capacité à produire les fourrages, et plus largement les services écosystémiques attendus de l'écosystème pastoral : production de bois, recyclage de la matière organique, infiltration des eaux de pluie. Cette dualité sémantique est source de confusions, d'autant qu'il n'y a pas de correspondance évidente entre l'une et l'autre des capacités de charge, chacune étant fonction de nombreuses variables contextuelles : du climat et des feux par exemple, pour la capacité de produire du fourrage, des espèces, des races et de la santé animale, pour la capacité de production animale.

En outre, l'une et l'autre acception du concept se heurtent à la force de la dynamique saisonnière et interannuelle des ressources fourragères sahéliennes. En effet, l'extrême contraste saisonnier, qui fait alterner les verts herbages des quelques semaines de saison des pluies aux étendues de paille et litière desséchées qui se dénudent progressivement au cours des longs mois de la saison sèche, est considéré comme inhérent à l'écosystème sahélien (Hiernaux et Le Houérou, 2006). Mais quelle référence de production fourragère faut-il considérer pour estimer la capacité de production animale, ou pour juger de la dégradation du parcours dans un écosystème régi par un climat de mousson marqué de très larges variations des productions fourragères en rapport avec les variations de la distribution des pluies d'une année sur l'autre (Le Barbé et Lebel, 1997), et d'une distribution des pluies très irrégulières dans l'espace (Ali *et al*., 2003), renforcée par le jeu des ruissellements et écoulements (Breman et de Ridder, 1991). La mise en œuvre du concept dans son acception « zootechnique » se complique de la mobilité régionale du cheptel (Schlecht *et al*., 2001) le plus souvent multi-spécifique. La mobilité organisée dans le cadre d'une exploitation communautaire des ressources pastorales contraint à n'établir de bilans fourragers, rapport entre l'ingestion et la disponibilité fourragère, que sur de vastes aires géographiques, enveloppes de l'exploitation pastorale par un ensemble d'éleveurs dont les troupeaux peuvent avoir des performances très hétérogènes (Colin de Verdière, 1994). La mobilité saisonnière des troupeaux complique aussi la mise en œuvre de l'acception « écologique » de la capacité de charge, d'autant que l'impact de la pâture sur la végétation et les sols est à la fois fonction de l'intensité et de la saison de pâture (Hiernaux et Turner, 1996 ; Hiernaux, 1998). Ces difficultés objectives de mise en œuvre condamnent-elles définitivement le concept de capacité de charge à être relégué dans une « trappe techniciste » (Krätli *et al*., 2015) ?

Ce chapitre cherche à répondre à cette question de façon empirique, en tentant d'établir le bilan fourrager au cours de quelques années successives dans deux sites sahéliens : un site où les pratiques d'élevage pastoral dominent les activités économiques, à Hombori dans le Gourma au Mali (Gallais, 1975 ; Boudet *et al*., 1977 ; Ag Mahmoud, 1992), et un site ou l'élevage est associé à la culture du mil et du niébé, ainsi qu'à de nombreuses activités non agricoles, à Dantiandou dans le Fakara

au Niger (Osbahr, 2001). Mais il convient tout d'abord de préciser quels sont les systèmes d'élevage considérés et quelle est leur sensibilité à la contrainte fourragère. Puis les bilans sont établis en quantifiant successivement les disponibilités fourragères et l'ingestion de fourrages par le bétail dans les deux sites. Les bilans sont alors comparés aux tendances décennales des productions végétales et confrontés aux performances des élevages. Et en conclusion, les résultats sont replacés dans les perspectives de développement des élevages sahéliens.

Diversité et interrelations des systèmes d'élevage sahéliens

Dans leur grande diversité les systèmes d'élevage du Sahel sont très généralement pastoraux dans la mesure où le bétail se nourrit principalement, si ce n'est exclusivement par la pâture sur parcours (Hiernaux et Diawara, 2014). La distinction faite entre élevage pastoral et agropastoral reflète plutôt l'association de cultures à l'élevage pastoral au sein de la même exploitation familiale dans le second cas. Les formes de mobilité régionale souvent pratiquées dans les élevages pastoraux, suivant qu'elles concernent l'ensemble de la famille (nomadisme), ou seulement les individus chargés de la conduite du bétail (transhumance), l'étendue, la régularité, voire la direction de ces déplacements sont utilisées pour distinguer des sous-catégories (Touré *et al*., 2012 ; Turner *et al*., 2014). Par opposition, dans les élevages pastoraux sédentaires, la mobilité du bétail se limite aux parcours quotidiens entre les lieux de repos, d'abreuvement et de pâture adaptés aux saisons et aux droits d'accès de chaque éleveur (Turner *et al*., 2005). En revanche, la vocation productive des élevages distingue les élevages reproducteurs ou « naisseurs », dont la vocation première est de produire des jeunes animaux pour le marché des élevages spécialisés (Hiernaux et Diawara, 2014). Dans les élevages « naisseurs », les mâles sont vendus, jeunes le plus souvent, à l'exception de quelques mâles conservés dans le troupeau comme reproducteurs, alors que les femelles sont gardées dans le troupeau jusqu'à la fin de leur carrière reproductrice, et alors seulement vendues comme vaches de réforme. Cette vocation est d'ailleurs inscrite dans la composition des troupeaux en sexe et en âge, avec une large domination des femelles qui constituent de 75 à 85 % de l'effectif, dont deux tiers de femelles adultes. C'est le cas pour les troupeaux de bovins, ovins et caprins à Hombori, mais aussi à Dantiandou, à l'exception toutefois des petites unités d'élevage de bovins dans lesquelles les taurillons à l'embouche et les bœufs de traits dominent (fig. 1). La vocation de naisseur s'accompagne d'une vocation laitière secondaire. En effet, la traite ne porte souvent que sur une fraction de la production laitière pour ne pas défavoriser la croissance des jeunes qui reste l'objectif premier (Zezza *et al*., 2014). Le lait trait et les produits dérivés sont voués à la consommation familiale et à une vente partielle, dont l'enjeu social est d'autant plus important qu'elle est le plus souvent réservée aux femmes (Querre, 2003).

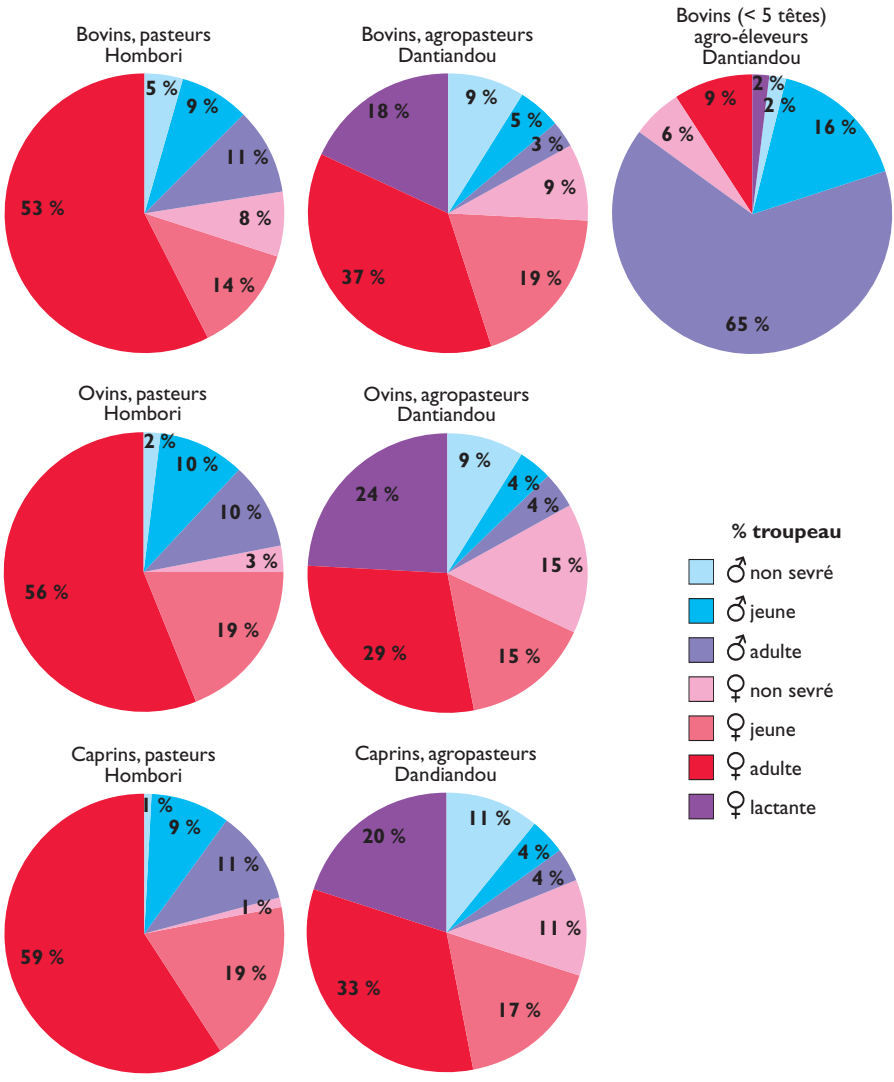


Figure 1.
Composition moyenne en sexe et classe d'âge des troupeaux de pasteurs à Hombori, d'agropasteurs à Dantiandou, d'agro-éleveurs à Dantiandou (un seul cas, celui des troupeaux de bovins de 5 têtes ou moins). À Dantiandou, les femelles allaitantes ont été distinguées des autres femelles adultes.

La grande majorité des élevages pastoraux et agropastoraux du Sahel sont des élevages naisseurs, mais il existe aussi des élevages dont la vocation n'est pas la reproduction et que l'on peut regrouper sous le qualificatif de « spécialisés ». Il s'agit des élevages voués au ré-élevage d'animaux achetés, souvent jeunes, soit comme animaux de trait qui sont revendus à la réforme (c'est le cas des élevages de moins

de cinq têtes de bovin à Dantiandou, fig. 1), soit comme animaux d'embouche (AYANTUNDE *et al*., 2008) et enfin plus rarement des femelles laitières pour des unités de production laitière souvent en zones périurbaines (SANOGO, 2011). Ces élevages spécialisés peuvent être qualifiés d'opportunistes dans la mesure où leur succès économique dépend largement du marché où les animaux sont achetés puis revendus, les produits laitiers sont commercialisés, mais aussi les intrants sont acquis : soins vétérinaires et aliments du bétail. Plus dépendants des conditions du marché, ces élevages spécialisés sont aussi plus intensifs dans la mesure où ils demandent plus d'investissements financiers, souvent plus d'équipement (étable, entrepôt) et davantage de main-d'œuvre (affouragement et conduite des animaux). Ces élevages spécialisés visent des produits mieux valorisés sur le marché pour l'obtention desquels l'alimentation du bétail uniquement par pâture risque d'être insuffisante, d'autant plus que ces élevages spécialisés sont pratiqués par des éleveurs sédentaires, parfois périurbains, dont l'accès aux ressources fourragères est limité. De ce fait, ces élevages sont-ils moins souvent pastoraux, et lorsqu'ils le demeurent, sont moins dépendants de la pâture toujours associée à une ration de complément à la fois énergétique, protéique et minérale. Elle est apportée par des fanes de niébé ou d'arachide, des sons et des chaumes de céréale et autres résidus de culture ou de transformation qui s'en trouvent ainsi valorisés, mais soustraits aux ressources pastorales communautaires. Pour les petits élevages spécialisés, ces apports sont produits sur l'exploitation, mais ils sont aussi achetés sur le marché et grèvent la rentabilité de l'élevage.

La grande majorité des élevages sahéliens, naisseurs et pastoraux, dépend étroitement des ressources fourragères des parcours pour l'alimentation du bétail. Les élevages spécialisés dont le bétail provient des élevages naisseurs dépendent moins de la pâture, mais sont en compétition avec les élevages naisseurs pour les aliments du bétail en partie soustraits des parcours. Le bilan fourrager des parcours intéresse donc directement ou indirectement l'ensemble des filières de l'élevage.

Les bilans fourragers

Le bilan fourrager est établi par l'écart entre le disponible fourrager, plus exactement la fraction potentiellement fourragère du disponible végétal, et les besoins fourragers du bétail au cours du cycle annuel. L'accès communautaire aux parcours et la mobilité saisonnière des troupeaux contraignent à n'opérer ces bilans que sur des territoires suffisamment étendus pour couvrir le gros des déplacements saisonniers du bétail résident, le séjour d'éventuels troupeaux « étrangers » devant aussi être comptabilisé. L'étendue de ces territoires et le grand nombre d'éleveurs et de troupeaux, leur diversité, rendent l'estimation des disponibilités fourragères et celle des besoins fourragers du bétail très laborieux. Deux études de cas illustrent la démarche, celui d'élevage naisseur pastoral dans le Gourma (Mali) et celui d'élevages naisseurs et d'élevages spécialisés agropastoraux dans le Fakara (Niger). Dans le Gourma, l'unité territoriale a été définie par un ensemble de points d'eau dans la

commune de Hombori et ses alentours à partir desquels les troupeaux des résidents de la commune, ainsi que quelques troupeaux d'éleveurs étrangers à la commune pâturent les terres de parcours de la commune et de ses environs immédiats (3 000 km^2). Dans le Fakara, l'unité territoriale est définie par les terroirs contigus de 12 villages et des campements qui leur sont associés, soit 210 km^2 (sur les 845 km^2 que compte la commune de Dantiandou).

Estimation des ressources fourragères du territoire de la commune de Hombori et ses environs

La commune de Hombori est située en limite nord de la culture pluviale du mil, les parcelles cultivées n'y occupent que quelques pour cent du paysage (Cheula, 2009) et n'ont qu'une contribution très secondaire aux ressources fourragères, principalement fournies par les terres de parcours, mais dans des proportions et des qualités très distinctes pour les trois grandes composantes du paysage : les sols sableux profonds qui en constituent environ 77 % à Hombori (Nguyen C. C. non publié), les sols superficiels sur glacis d'érosion et affleurements rocheux (15 %) et les sols limoneux et sols argileux des vallées et plaines (8 %). L'étendue de ces catégories de substrats a été cartographiée par classification supervisée d'images à haute résolution Landsat. Les propriétés hydriques des surfaces et des sols de ces trois éléments du paysage régissent en effet la redistribution en surface des eaux de pluie et leur infiltration qui conditionnent la structure et la production végétale, aussi influencées par des différences de fertilité biochimique des sols (Penning de Vries et Djiteye, 1982). La moyenne des maxima de masse herbacée, mesurée en septembre sur 12 sites pastoraux, dont la végétation suivie depuis 1984 (Mougin *et al*., 2009), est établie par année et type de substrat. Ces moyennes sont pondérées par la superficie relative des substrats pour estimer le disponible fourrager herbacé en fin de saison de croissance (fig. 2). Les glacis d'érosion et affleurements rocheux offrent des disponibilités fourragères de quelques dizaines à quelques centaines de kilogrammes de matière sèche par hectare, alors que les disponibilités des parcours sur sols argileux et limoneux se situent entre 500 et 1 500 kg et celles des parcours sur sable entre 1 000 et 2 500 kg/ha. Le disponible fourrager pondéré sur l'ensemble des parcours de Hombori varie du simple au double entre 2008, une année sèche, et 2011, plus pluvieuse (fig. 2). Cependant, seule une fraction de ce disponible fourrager est effectivement utile au bétail, d'abord à cause de l'accessibilité difficile d'une partie du territoire surtout à cause de l'éloignement des points d'eau en saison sèche, et ensuite parce que la pâture s'accompagne de pertes par piétinement et dégradation biotique qui, sans compter les feux éventuels, représentent les deux tiers de la dégradation des pailles en saison sèche (Hiernaux *et al*., 2012). Finalement, la fraction utile à la pâture est estimée au quart du disponible.

Dans le cadre des travaux de thèse de Mamadou Diawara, le disponible fourrager a aussi été spatialisé sur le territoire de la commune de Hombori afin de confronter l'évolution des fourrages sur les aires de desserte des points d'eau au cours de la saison sèche 2010-2011 à l'évolution de la charge animale décomptée aux points d'eau (fig. 3). La carte du disponible fourrager est établie sur la base d'une régression linéaire entre la valeur maximale saisonnière d'indice de végétation NDVI de

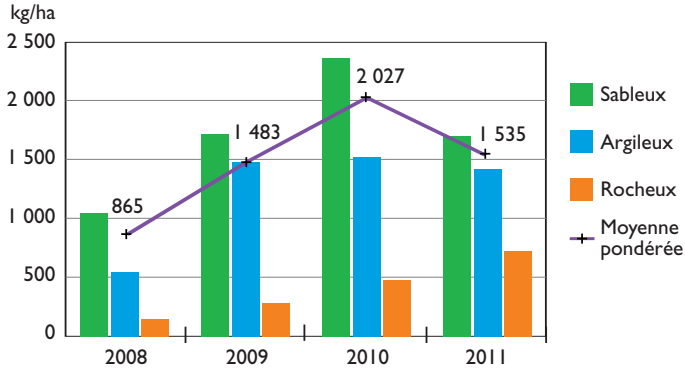


Figure 2.
Moyenne par type de substrat et pondérée par la superficie relative des substrats, dans la commune de Hombori et ses environs, des masses herbacées en fin de saison de croissance mesurées sur 12 sites pastoraux suivis sur le long terme (réseau Amma Catch).

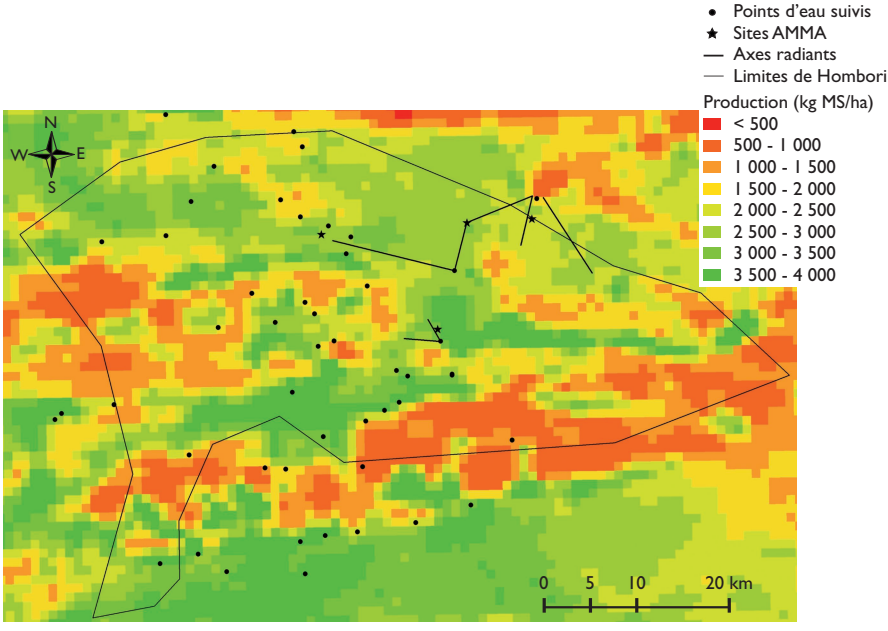


Figure 3.
Carte du disponible fourrager de la commune de Hombori (Mali) en fin de saison des pluies 2010 (kg MS/ha).
Source : Diawara (2015)

Modis Terra (les maxima d'indice sur des périodes de 16 jours à la résolution de 250 m) au cours de la saison des pluies et la masse végétale herbacée mesurée sur 12 sites de suivi de la commune de Hombori et ses environs : Masse ($kg.ha^{-1}$) = 9 979,4*NDVImax - 738,09 (r = 0,75, rmse = 12.5, n = 21) (Diawara, 2015)

La masse moyenne du disponible fourrager dérivé de cette fonction sur le territoire communal s'établit à 1 844,9 ± 747,9 kg.ha^{-1}. Cette estimation est un peu inférieure à l'estimation basée sur les moyennes (2 027 kg.ha^{-1}), mais la spatialisation permet une analyse du bilan par aire de desserte des points d'eau.

Estimation du disponible fourrager sur les terroirs de 14 villages de la commune de Dantiandou

Étendus sur un peu moins de la moitié de la superficie de la commune de Dantiandou, les champs de mil contribuent largement à la ressource fourragère (fig. 4a). Le disponible fourrager est donc estimé à partir de l'extension des trois types d'occupation des sols sur les terroirs pastoraux de 14 villages de la commune dont la surface cumulée atteint 210 km^2 (sur les 845 km^2 de la commune). Cette extension est estimée à partir de cartes d'occupation des sols dressées chaque année de 2009 à 2011 par classification supervisée d'images multispectrales Spot (fig. 4a). Pour chacun des trois types d'occupation des sols, la masse de fourrage disponible est établie à partir de mesures faites au sol sur 24 sites (72 sont suivis, mais les mesures destructives sont opérées sur un sous-échantillon de 24 sites). Seuls les organes végétaux herbacés qui ont une valeur fourragère sont pris en compte, soit les herbacées des parcours et des jachères, les adventices et les feuilles des chaumes de mil dans les champs (fig. 4b). Les types d'occupation des sols ne sont pas indépendants des positions topo-géomorphologiques : les terres de parcours, non cultivables, se trouvent sur les plateaux indurés (cuirasse de la surface intermédiaire) et l'escarpement de bordure, mais aussi le haut de pente où les altérites des grès du continental terminal sont affleurantes et sur des sols cuirassés en bas de pente (cuirasse du haut glacis).

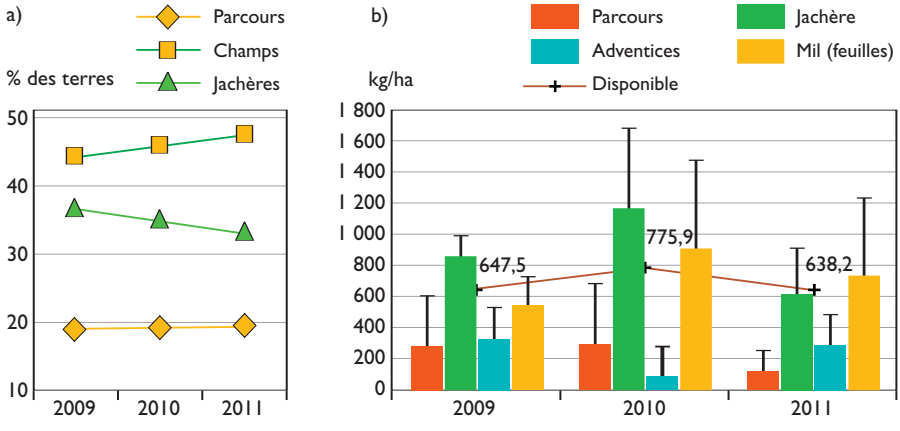


Figure 4.
a) Évolution de l'occupation agricole sur les terroirs (210 km^2) de 12 villages de la commune de Dantiandou, Niger, de 2009 à 2011.
b) Masse moyenne des fourrages par type d'occupation des sols et par an mesurée sur 24 sites de suivis du couvert végétal et disponible fourrager moyen (kg MS)/ha.

Les champs de mil et les jachères se retrouvent sur les sols sableux qui se rencontrent sur quelques dunes fixées qui surmontent le plateau, mais surtout sur les ensablements des pentes des vallées et dans les dépôts alluviaux du fond des vallées. L'échantillonnage des sites veille à ce que cette diversité des positions soit représentée (Hiernaux *et al*., 2009 a).

Les ressources fourragères herbacées sur la surface de 210 km^2 des douze terroirs agropastoraux sont estimées à 13 597 t MS en 2009, elles s'élèvent à 16 293 t en 2010 pour redescendre à 13 401 t en 2011. Il y a une sorte de compensation des fluctuations enregistrées pour chaque type d'occupation des sols. Seule une fraction de ce disponible fourrager est effectivement utile au bétail dont la pâture est sélective (Ayantunde *et al*., 1999) et qui évite d'ingérer certaines espèces malheureusement abondantes à Dantiandou (*Mitracarpus scaber* et *Sida cordifolia* sont très communes). La pâture s'accompagne également des pertes par piétinement et dégradation biotique, feux éventuels, qui représentent les deux tiers de la dégradation des pailles en saison sèche (Hiernaux *et al*., 2012). Finalement, la fraction utile à la pâture est estimée au quart du disponible comme à Hombori.

Le bilan fourrager sur la commune de Hombori

En supposant que la charge animale soit peu variable d'une année sur l'autre dans ses effectifs comme sa composition, les besoins fourragers sont calculés pour les effectifs décomptés de mars 2010 à juin 2011 en tenant compte de la structure du cheptel par sexe et classe d'âge (tabl. 1), de l'évolution des poids moyens et de la digestibilité du fourrage au cours des saisons. Le décompte du bétail est mensuel et effectué aux principaux points d'eau de la commune, une cinquantaine de mares, puisards, puits et citernes regroupés en 20 bassins de points d'eau (Diawara, 2010). Ce décompte sous-estime la charge, car il ne prend pas en compte le bétail qui, en saison des pluies, s'abreuve à de petites mares non répertoriées. Pour corriger cette sous-évaluation, la charge est calculée à partir des effectifs observés d'octobre à juin (tabl. 1).

Tableau 1.
Effectif du bétail décompté une fois par mois lors de l'abreuvement sur une vingtaine de bassins de points d'eau de la commune de Hombori suivis de mars 2010 à juin 2011.

	Mâles			Femelles				
Espèces	**non sevrés**	**jeunes**	**adultes**	**non sevrées**	**jeunes**	**adultes**	**Total têtes/an**	**Moyenne d'octobre à juin/an**
Bovins	13 494	24 529	32 657	23 309	40 477	150 925	285 393	337 741
Ovins	2 461	15 173	15 043	3 991	29 435	83 827,6	149 931	173 275
Caprins	1 429	21 747	25 518	2 501	43 227	133 831	228 253	263 853
Ânes	893	1 147	2 985	1 106	1 355	4 418	11 904	24 642
Dromadaires	25	120	458	36	112	572	1 323	1 320
Chevaux	11	39	67	30	39	141	327	340

L'ingestion fourragère herbacée de ce cheptel est estimée à partir de l'ingestion moyenne quotidienne calculée pour chacune des catégories animales à partir du taux d'ingestion de 98 g par kilo de poids métabolique (poids vif à la puissance 0,75). La fraction de l'ingestion composée de fourrages herbacés est alors déduite de l'ingestion fourragère totale en considérant que la ration des bovins et des ânes est largement herbacée (95 %), celle des ovins l'est à 85 % et celle des caprins et camelins à 60 %, le complément étant fourni par les feuilles des plantes ligneuses broutées.

Les besoins fourragers du cheptel séjournant sur les parcours de Hombori sont estimés à 50 964 tonnes de fourrages herbacés (170 kg/ha en moyenne). Comparée au disponible fourrager herbacé sur les 3 000 km^2 de la commune et de ses alentours immédiats, cette utilisation est faible se montant à 78,5 % de la fraction utilisable en 2008, année de sécheresse et entre 33 et 46 % les trois années suivantes (fig. 5). Il semblerait donc, au vu de ces statistiques d'ensemble, qu'il n'y a pas de problème fourrager à Hombori. Pourtant, la situation alimentaire du cheptel était critique en fin de saison sèche 2008-2009 avec des migrations exceptionnelles et des recours à la supplémentation. La contradiction apparente s'explique, lorsque la situation est examinée à l'échelle plus locale des aires de desserte des points d'eau. En effet, le modèle de la dégradation des pailles et litières au cours de la saison sèche en fonction de la charge animale qui exploite les ressources de façon centrifuge à partir des points d'eau (Mougin *et al.*, 1995), calibré sur les observations et mesures faites sur trois aires de desserte de points d'eau de la commune, indique des taux d'utilisation de la ressource très différents d'une aire à l'autre (fig. 6).

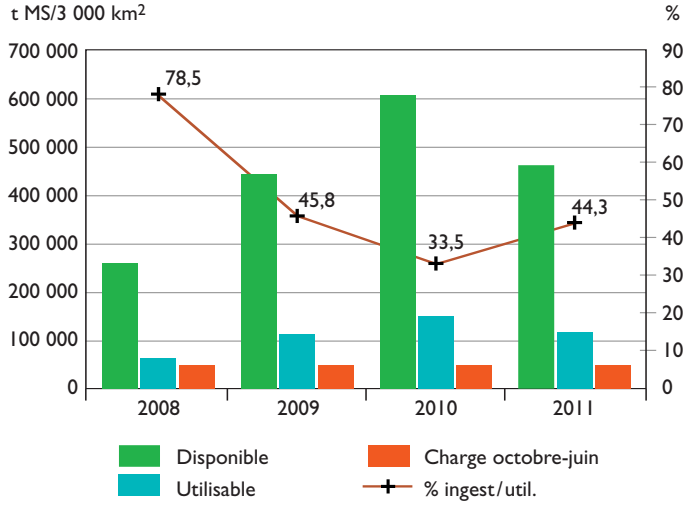


Figure 5.
Variations interannuelles du disponible fourrager herbacé annuel, de la fraction utilisable par le bétail, de l'estimation de l'ingestion fourragère et du rapport de l'ingestion sur le fourrage utilisable sur le territoire de la commune de Hombori et de ses environs de 2008 à 2011.

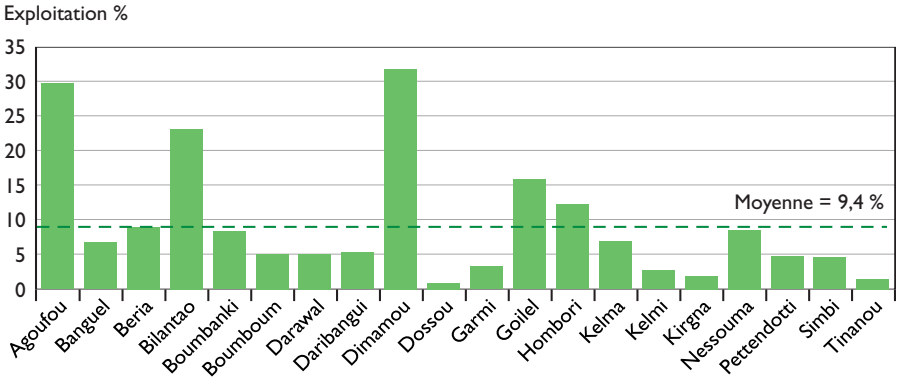


Figure 6.
Intensité de la pâture autour de points d'eau pastoraux : taux d'exploitation fourragère par le bétail au cours de la saison sèche 2010-2011.
Source : Diawara (2015)

Deux des points d'eau principaux, des mares pérennes d'accès public, atteignent le taux maximum théorique de 33 %, alors que les taux d'utilisation de la ressource sont inférieurs sur les autres aires avec une moyenne générale de 9,4 %. Il peut donc y avoir, même en année assez favorable, des troupeaux en situation de sous-nutrition saisonnière (Fernández-Rivera *et al.*, 2005), ce qui contribue à de faibles performances reproductives et aux forts taux de perte observés lors des sécheresses majeures de 1972-1973 et 1983-1984 (Dawalak, 2009).

Bilan fourrager à Dantiandou

Une enquête exhaustive sur le bétail familial dans 12 villages et campements associés en 2010-2011 a documenté le cheptel par espèce, par sexe et classe d'âge en distinguant les jeunes non sevrés, les jeunes sevrés, les adultes et parmi les femelles adultes, celles qui étaient en lactation (tabl. 2).

L'ingestion fourragère herbacée de ce cheptel est estimée à partir de l'ingestion moyenne quotidienne calculée sur la même base qu'à Hombori, celle d'un taux d'ingestion de 98 g par kg de poids métabolique. Pour cela, une norme de poids est prise par catégorie d'âge et de sexe de chaque espèce (tabl. 3), et le calcul de l'ingestion fourragère est fait par catégorie de sexe et d'âge pour chaque espèce.

Comme à Hombori, la fraction de l'ingestion composée de fourrages herbacés est déduite de l'ingestion fourragère par les mêmes coefficients moyens de sélection fourragère. L'ingestion fourragère annuelle du bétail résidant dans les 12 terroirs est donc estimée à 5 046 t MS, dont 4 521 t seraient fournies par les herbacées, chaumes de mil compris (tabl. 4).

Ce montant n'est qu'une fraction de la masse de fourrage disponible (14 430 t en moyenne de 2009 à 2011), mais par contre il excède la part de ce disponible considérée comme utilisable par le bétail (3 608 t) à cause de pertes par piétinement, herbivorie et décomposition, mais aussi du fait de l'importante contribution d'espèces non fourragères (y compris l'espèce dominante des jachères *Mitracarpus scaber*).

Tableau 2.
Cheptel sédentaire de 12 villages et campements de la commune de Dantiandou en 2011, par espèce, sexe et classe d'âge.

Espèces	Villages	Mâles			Femelles				Total têtes
		non sevrés	jeunes	adultes	non sevrées	jeunes	adultes	laitières	
Bovins	Campt	165	91	60	167	318	621	315	1 737
	Village	56	97	231	39	81	190	94	788
	tous	221	188	291	206	399	811	409	2 525
Ovins	Campt	180	83	65	282	262	547	447	1 866
	Village	113	37	12	101	74	199	199	735
	tous	293	120	77	383	336	746	646	2 601
Caprins	Campt	157	59	52	180	237	471	306	1 462
	Village	84	30	20	66	73	81	134	488
	tous	241	89	72	246	310	552	440	1 950

Tableau 3.
Normes de poids unitaire du bétail par espèce, sexe et classe d'âge et ingestion fourragère quotidienne moyenne correspondantes calculées sur la base du poids métabolique.

Sexe	Classe d'âge	Poids vif (kg)			Ingestion fourragère quotidienne (kg MS)		
		Bovin	Ovin	Caprin	Bovin	Ovin	Caprin
Mâle	non sevré	50	7,5	6,25	1,843	0,444	0,387
	jeune	100	15	12,5	3,099	0,747	0,651
	adulte	200	30	25	5,212	1,256	1,096
Femelle	non sevrée	45	6,25	5	1,703	0,387	0,328
	jeune	90	12,5	10	2,864	0,651	0,551
	adulte	180	25	20	4,816	1,096	0,927
	laitière	200	30	25	5,212	1,256	1,096

Tableau 4.
Estimation de l'ingestion annuelle de fourrage du cheptel résident de 12 villages et campements de la commune de Dantiandou.
La part des herbacées, chaumes de mil inclus, est estimée séparément.

Espèces	Ingestions fourragères sur l'année t MS/terroir de 210 km²					
	Herbacées et feuilles plantes ligneuses			Herbacées seules		
	Campement	Village	Total	Campement	Village	Total
Bovins	2 455	1 208	3 663	2 332	1 148	3 480
Ovins	407	130	538	516	201	717
Caprins	607	236	844	244	78	323
Total	**3 470**	**1 575**	**5 046**	**3 093**	**1 427**	**4 521**

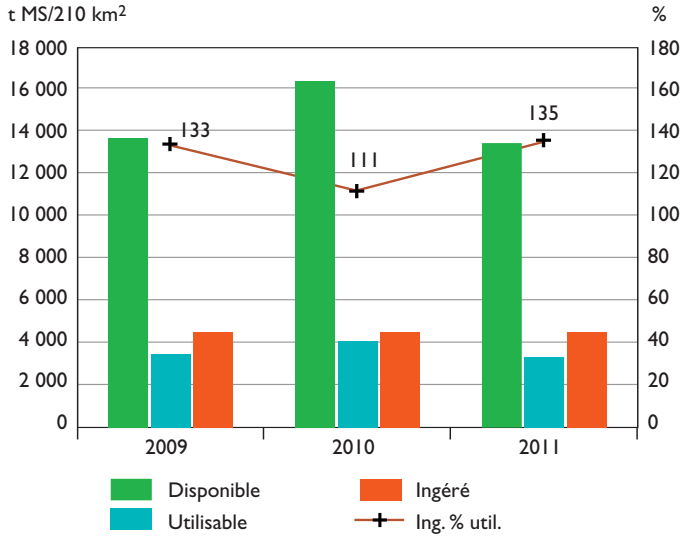


Figure 7.
Estimation du disponible fourrager annuel de la part utilisable et ingérée par le bétail sur le cycle annuel (t de matière sèche), pour le terroir pastoral de 12 villages de la commune de Dantiandou (210 km²) de 2009 à 2011. La courbe du taux de fourrage ingéré sur le fourrage utilisable est portée en %.

Le rapport entre le fourrage ingéré et les disponibilités utilisables est donc toujours supérieur à 100 % (fig. 7), soulignant l'acuité de la question fourragère à Dantiandou.

Comparaison des bilans fourragers établis à Hombori et à Dantiandou

Il peut paraître paradoxal que la question fourragère soit plus aiguë à Dantiandou où les pluies (565 ± 142 mm à Niamey sur la période 1905-2012) sont plus abondantes et régulières qu'à Hombori (376 ± 107 mm sur la période 1935-2012). Cependant, le disponible fourrager herbacé par unité de surface est inférieur en moyenne à Dantiandou, même s'il est moins variable d'une année sur l'autre (fig. 2 et 4). Cela est principalement dû au fait que près de la moitié des terres y sont consacrées à la culture du mil qui n'offre comme ressource pastorale que les feuilles des chaumes (les tiges ne sont pas broutées, contrairement à celles du sorgho) et les adventices. C'est aussi dû à la faiblesse des productions herbacées sur les terres de parcours des plateaux indurés et de leurs rebords soumis à de très fortes pressions de pâture au cours de la saison des pluies, quand le bétail est tenu à l'écart des champs (Turner *et al.*, 2005).

En outre, la charge animale sur l'année est légèrement plus élevée à Dantiandou avec 8,4 UBT/km² (2 108 kg de poids vif par km²) exerçant une pression de pâture

dont le prélèvement fourrager herbacé se monte à 215 kg/ha, alors que la charge moyenne à Hombori est de 7,0 UBT/km^2 (1 742 kg de poids vif par km^2) et que la pression de pâture correspond à un prélèvement fourrager herbacé moyen de 169 kg/ha. Les estimations plus détaillées faites à l'échelle des aires de desserte des points d'eau de Hombori indiquent cependant que cette moyenne couvre des réalités très contrastées avec des prélèvements voisins des maxima possibles (un tiers) à proximité des points d'eau les plus fréquentés, alors que des réserves fourragères sur pied restent peu exploitées à distance des points d'eau. Mais cela fait partie du volant de sécurité utilisé par certains éleveurs dans les situations de crise (Benoit, 1984).

Ces bilans fourragers restent indicatifs, car la situation de déficit fourrager chronique observée à Dantiandou ne serait pas viable sans les pratiques adaptatives des éleveurs qui ne sont pas comptabilisées dans ces bilans. À Dantiandou, par exemple, les éleveurs résolvent le déficit fourrager en organisant des migrations saisonnières d'une partie du bétail à l'extérieur de la commune. En saison des pluies, le bétail transhume vers les zones pastorales situées à 300-400 km au nord, à proximité de la frontière du Mali (Turner *et al*., 2006). À leur retour, à l'époque de la récolte du mil, une partie des troupeaux transhume à une cinquantaine de kilomètres vers l'est dans le Dallol voisin, et si besoin est, quelques troupeaux transhument aussi vers le sud en fin de saison sèche (Brottem *et al*., 2014). L'autre solution est de supplémenter la pâture avec des aliments distribués au bétail dans les parcs et sur les gîtes de repos et de traite (Ayantunde *et al*., 2008). Ces aliments sont en partie produits sur la ferme, comme des sons de mil, des fanes de niébé, d'arachide et de voandzou, des résidus de roselle. Pour partie, ils sont aussi récoltés sur les parcours (paille de *Zornia glochidiata*, chaumes de mil, adventices particulièrement appétées comme *Alysicarpus ovalifolius*, *Eragrostis tremula*, *Jacquemontia tamnifolia, gousses d'acacia*) et plus rarement achetés sur les marchés (sons, tourteaux). Il convient de noter que la récolte (ou la mise en réserve) d'aliments, tels que les pailles et chaumes se fait en concurrence directe avec la pâture.

Bilans fourragers et productivité des troupeaux

La différence de bilan fourrager observée entre Hombori et Dantiandou se traduit-elle par une différence de productivité de l'élevage ? Des enquêtes ont été menées auprès des éleveurs dans les deux sites sur la taille et la composition des troupeaux, sur les paramètres démographiques (mortalités, pertes, ventes, naissances achats, dons) et les paramètres de reproduction des femelles (âge à la première mise bas, carrière reproductrice, âge de réforme). Ces données sont utilisées dans un modèle matriciel de dynamique des populations animales Dynmod (Lesnoff, 2010) pour faire une projection de la dynamique et des productions des troupeaux dans l'hypothèse d'un

maintien de leur structure initiale du troupeau (option *steady state*). Un seul type d'élevage, pastoral, a été considéré à Hombori, alors qu'à Dantiandou les élevages des familles peules résidant dans des campements, dont les effectifs sont plus importants et qui pratiquent davantage les transhumances régionales, sont distingués des élevages des agro-éleveurs Djerma résidant dans les villages (HIERNAUX et TURNER, 2002). Et encore dans ce dernier cas, les élevages bovins dont l'effectif du troupeau est inférieur à 5 têtes sont exclus de l'analyse, car ils ne relèvent pas d'un élevage naisseur et cette simulation est donc inadaptée à juger de leur performance.

Les effectifs moyens des troupeaux diffèrent largement (tabl. 5), plus élevés dans les élevages pastoraux, puis dans les élevages agropastoraux et limités à 5 unités de petits ruminants et 13 bovins dans les systèmes sédentaires d'agro-élevage. Les taux annuels d'exploitation du cheptel (vente/stock) sont semblables entre les systèmes d'élevage et les deux sites : de 10 à 13 % pour les bovins, et de 30 à 33 % pour les petits ruminants. Par contre, les performances des élevages diffèrent par leur taux de croît, les meilleures sont celles des agropasteurs de Dantiandou, celles des pasteurs de Hombori sont très irrégulières et même négatives pour les ovins, enfin celles des systèmes d'agro-éleveurs sédentaires de Dantiandou sont très faibles, à la marge de la viabilité (LESNOFF *et al*., 2012), ce que confirment les trajectoires d'exploitations décrites pour quelques agropasteurs (BONNET et GUIBERT, 2014). L'avantage fourrager des élevages de Hombori ne se traduit donc pas par de meilleures performances, par contre la gestion des agropasteurs, et en particulier le recours à la mobilité, se traduit par des performances nettement supérieures à celles des agro-éleveurs avec lesquels ils cohabitent à Dantiandou. Ce résultat remet en cause l'application du concept de capacité de charge d'un parcours dans son acception zootechnique, puisque la viabilité de l'élevage ne dépend pas, principalement au moins, des parcours utilisés.

Tableau 5.
Résultats du modèle simulant la dynamique des populations animales Dynmod (LESNOFF, 2010) pour les espèces bovines, ovines et caprines des élevages pastoraux de Hombori (Mali), agropastoraux et d'agro-éleveurs de Dantiandou (Niger).

Site et type d'élevage	Espèces	Effectifs du troupeau ♀	♂	adultes	Stock poids vif kg	Taux de croît %/an	Taux d'exploitation %/an
Hombori	bovine	39	17	56	9 986	1,1	12,7
	ovine	27	9	36	936	- 8,9	32,3
	caprine	40	14	54	1 221	5,9	33,3
Dantiandou agropastoral	bovine	11,5	3,3	14,8	2 702	5,1	13,8
	ovine	17,1	4,5	21,5	477	14,9	30,4
	caprine	13,5	3,8	17,3	293	15	34,5
Dantiandou culture-élevage	bovine ≥ 5	8,2	4,8	13	2 580	0,2	10,9
	ovine	3,7	1,4	5,1	108	3	33,3
	caprine	3,5	1,5	5	83	2,7	31,3

Par ailleurs, la concordance entre les mesures de production végétale réalisées sur les parcours des deux sites et les estimations par télédétection satellitaire confirme l'augmentation de la production végétale sur les parcours du Gourma au cours des trois dernières décennies et sa diminution dans le Fakara (Dardel *et al*., 2014 a ; chap. 6, ce volume). Mais cela ne soutient pas de façon indiscutable le concept de capacité de charge écologique. En effet, le reverdissement du Gourma s'explique largement par une pluviosité plus abondante depuis les grandes sécheresses des années 1970 et 1980, et par la résilience de la végétation des sols sableux qui dominent dans le paysage (Dardel *et al*., 2014 b). Par contre, la détérioration du couvert végétal des sols peu profonds sur glacis d'érosion et affleurement rocheux se poursuivrait au-delà des années de sécheresse (Hiernaux *et al*., 2009 b), entraînant une modification profonde du système hydrologique (Gardelle *et al*., 2010 ; chap. 9, ce volume). La dégradation apparente de l'agro-écosystème de Dantiandou pourrait en partie résulter de l'impact sur l'indice de végétation de l'augmentation des superficies cultivées en mil au détriment des jachères (Hiernaux *et al*., 2015). La dégradation des parcours, effective sur le terrain, n'aurait qu'un impact négligeable sur l'indice satellitaire.

Conclusion : perspectives de développement de l'élevage sahélien

Les élevages sahéliens peuvent-ils s'adapter au rapide développement du marché des produits de l'élevage qui accompagne l'essor démographique et urbain de la sous-région et à la mondialisation des échanges (Zoundi et Hitimana, 2008) ? En dehors de la volaille, la réponse est souvent attendue des élevages spécialisés, unités d'embouche et fermes laitières, souvent périurbaines, très directement liés aux marchés (Williams *et al*., 1999 ; Corniaux, 2005 ; Coulibaly, 2008 ; Sanogo, 2011). Cependant, leur productivité est contrainte par l'accès aux fourrages de qualité, et lorsqu'ils s'affranchissent de la pâture, leur viabilité dépend de leur accès à des aliments du bétail et de leur coût. Une part de leur viabilité économique est liée à l'achat à bon marché et sur une base régulière de jeunes animaux, surtout mâles, produits par les élevages naisseurs pastoraux. Or, l'élevage naisseur pastoral n'a qu'une capacité restreinte à augmenter sa production de jeunes animaux à cause de la contrainte fourragère dont les disponibilités, en liaison avec les aléas climatiques, restent irrégulières. La mobilité pastorale, locale comme régionale, est l'adaptation majeure des élevages naisseurs aux variations du disponible fourrager, mais elle est de plus en plus restreinte du fait de l'expansion des cultures et des infrastructures, de la raréfaction de la main-d'œuvre qualifiée, des risques d'une législation foncière privilégiant la propriété individuelle au détriment de l'usufruit communautaire

(Lavigne-Delville, 1998 ; Oxby, 2011), et de la montée de l'insécurité civile (Bonnet, 2013). Il est donc urgent, pour l'ensemble des filières de l'élevage, que l'accès des éleveurs pastoraux aux ressources en eau et parcours soit sécurisé et que des infrastructures adaptées pour l'éducation, la santé et les communications soient développées dans les régions pastorales (Plateforme pastorale tchadienne, 2013).

Remerciements

Les auteurs sont redevables à de nombreux collaborateurs des données utilisées pour estimer les disponibles fourragers et documenter les systèmes d'élevage dans la commune de Hombori (Mali) et celle de Dantiandou (Niger). Ces travaux ont été réalisés dans le cadre des projets « Élevage, Climat et Société » (Eclis, ANR-AA-VULNS-003) et « Changements environnementaux et sociaux en Afrique : passé, présent et futur » (Escape, ANR-10-CEPL-005), et du service d'observations Amma Catch.

Références

Ag Mahmoud M., 1992
Le Haut Gourma central (V^e région de la République du Mali). Présentation générale. Montpellier, 2e édition révisée, CEFE/CNRS, 133 p.

Ali A., Lebel T., Amani A., 2003
Invariance in the spatial structure of Sahelian rain fields at climatological scales.
J. Hydrometeor., 4 : 996.

Ayantunde A. A., Hiernaux P., Fernández-Rivera S., van Keulen H., Udo H. M. J., 1999
Selective grazing by cattle on spatially and seasonally heterogeneous rangelands in the Sahel.
J. *of Arid Envir*., 42 : 261-279.

Ayantunde A. A., Fernández-Rivera S., Dan-Gomma A., 2008
Sheep fattening with groundnut haulms and millet bran in the west African Sahel.
Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., 61 (3-4) : 215-220.

Bassett T. M., Turner M. D., 2007
Sudden shift or migratory drift? Fulbe herd movements to the Sudano-Guinean region of West Africa.
Human Ecology, 35 : 33–49.

Benoit M., 1984
Le Séno-Mango ne doit pas mourir : pastoralisme, vie sauvage et protection du Sahel.
Mém. Orstom, Paris, 103,143 p.

Bonnet B., 2013
Vulnérabilité pastorale et politiques publiques de sécurisation de la mobilité pastorale au Sahel.
Mondes en développement, 164 : 71-91. DOI : 10.3917/med.164.0071.

Bonnet B., Hérault D., 2011
Gouvernance du foncier pastoral et changement climatique au Sahel.
Land Tenure J., 2 : 157-187.

Bonnet B., Guibert B., 2014
Stratégies d'adaptation aux vulnérabilités du pastoralisme. Trajectoires de familles de pasteurs 1972-2010.
Afrique contemporaine, 249 : 37-51.
DOI : 10.3917/afco.249.0037.

Boudet G., 1984
Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères.
Paris, La Doc. Française,
Inst. d'élev. et méd. vét. des pays trop., 266 p.

Boudet G., Coulibaly A., Leprun J.-C., 1977
Étude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélien au Mali, rapport de campagne 1975-176.
Rapport GCRST, Paris, Gerdat, Orstom.

Breman H., de Ridder N., 1991
Manuel sur les pâturages des pays sahéliens.
Paris, Karthala, 485 p.

Breman H., van Keulen H., Ketelaars J. J. M. H., 1984
« Land evaluation for semi-arid rangeland: a critical review of concepts ». *In* Siderius W. (ed.) : *Proceedings of the workshop of land evaluation for extensive grazing*, Wageningen, Netherlands : 229 Publ 34 ILRI.

Brottem L., Turner M. D., Butt B., Singh A., 2014
Biophysical variability and pastoral rights to resources: West African transhumance revisited. *Human Ecology*, 42 : 351-365.
doi : 10.1007/s10745-014-9640-1.

Cheula A., 2009
Dynamique de l'occupation des sols en milieu sahélien. Espaces cultivés et couverture ligneuse dans la commune de Hombori, Mali.
Mém. master 2 Télédétection et géomatique appliquées à l'environnement, Paris 7, 44 p.

Colin de Verdière P., 1994
Investigation sur l'élevage pastoral.
Rapport final du projet STD 2. Université d'Hohenheim, Stuttgart, Allemagne et Cirad-EMVT (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, département Élevage et Médecine vétérinaire), Maisons-Alfort, France.

Coraf/Wecard, 2010
Priorités de recherche pour le développement de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest et du centre.
Dakar, Coraf/Wecard, 92 p.

Corniaux C., 2005
Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : champs du possible pour une commercialisation durable du lait.
Thèse de doctorat, Institut national agronomique de Paris-Grignon, 258 p.

Coulibaly D., 2008
Changements socio-techniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone périurbaine de Sikasso, Mali.
Thèse de doctorat, AgroParisTech, Paris, France, 399 p.

De Bruijn M., Van Djik H., 1995
Arid ways: Cultural understandings of insecurity in Fulbe society, central Mali.
Amsterdam, Thela Publishers..

De Leeuw P. N., Tothill J. C., 1990
The concept of rangeland carrying capacity in sub-saharan Africa myth of reality.
Land Degradation and Rehabilitation, 29b, 19 p.

Dardel C., Kergoat L., Mougin E., Hiernaux P., Grippa M., Tucker C. J., 2014 a
Re-greening Sahel: 30 years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger).
Remote Sensing of Envir., 140 : 350-364.

Dardel C., Kergoat L., Hiernaux P., Grippa M., Mougin E., Ciais P., Nguyen C. C., 2014 b
Rain-Use Efficiency: What it tells about conflicting Sahel greening and Sahelian paradox. *Remote Sensing*, 6 : 3446-3474.

Dawalak A., 2009
Effet des crises climatiques sur le cheptel bovin et mise au point d'une méthode de calcul sur le taux de croît dans la commune de Hombori (Mali).
Mémoire IPR/IFRA, Katibougou, Mali, 69 p.

Diawara M. O., 2010
Quantifier les dynamiques associées de la charge animale et des ressources fourragères en saison sèche : le cas des parcours sahéliens du Gourma malien.
Mém. Master 2 PARC, SupAgro Montpellier, 46 p.

Diawara M. O., 2015
Impact de la variabilité climatique au nord Sahel (Gourma, Mali) sur la dynamique des ressources pastorales, conséquences sur les productions animales.
Thèse PhD, université Toulouse III Paul-Sabatier (France), université de Bamako (Mali), 160 p.

Fernández-Rivera S., Hiernaux P., Williams T. O., Turner M. D., Schlecht E., Salla A., Ayantunde A. A., Sangaré M., 2005
« Nutritional constraints to grazing ruminants in the millet-cowpea-livestock farming system of the Sahel ». *In* Ayantunde A. A., Fernández-Rivera S., McCrabb G. (eds) : *Coping with feed scarcity in smallholder livestock systems in developing countries*, Nairobi, ILRI : 157-182.

Gallais J., 1975
Pasteurs et paysans du Gourma. La condition sahélienne.
Mémoire CEGET, CNRS, Paris, 239 p.

Gardelle J., Hiernaux P., Kergoat L., 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.

Hesse C., Thébaud B., 2006
Will Pastoral Legislation Disempower Pastoralists in the Sahel?
Indigenous Affairs, 1 : 14-23.
http://www.drylands-group.org/Articles/1202.html

Hiernaux P., 1982
Méthode d'évaluation du potentiel fourrager de parcours sahélien.
Miscellaneous Paper, 430, CABO Wageningen, Netherlands.

Hiernaux P., 1998
Effects of grazing on plant species composition and spatial distribution in rangelands of the Sahel.
Plant Ecol., 138 : 191-202.

Hiernaux P., Turner M. D., 1996
The effect of clipping on growth and nutrient uptake of Sahelian annual rangelands.
J. of Appl. Ecol., 33 : 387-399.

Hiernaux P., Turner M. D., 2002
« The influence of farmer and pastoralist management practices on desertification processes in the Sahel ».
In Reynolds J. F., Stafford Smith M. D. (eds) : *Global desertification: do humans cause deserts?*, Berlin, Dahlem University Press : 135-148.

Hiernaux P., Le Houérou H. N., 2006
Les parcours du Sahel.
Sécheresse, 17 (1-2) : 1-21, 51-71.

Hiernaux P., Ayantunde A. A., Kalilou A., Mougin E., Gérard B., Baup F., Grippa M., Djaby B., 2009 a
Resilience and productivity trends of crops, fallows and rangelands in Southwest Niger: impact of land use, management and climate changes.
Journal of Hydrology, 375 (1-2) : 65-77.

Hiernaux P., Mougin E., Diarra L., Soumaguel N., Lavenu† F., Tracol Y., Diawara M., 2009 b
Rangeland response to rainfall and grazing pressure over two decades: herbaceous growth pattern, production and species composition in the Gourma, Mali.
Journal of Hydrology, 375 (1-2) : 114-127.

Hiernaux P., Mougin E., Diawara M., Soumaguel N., Diarra L., 2012
How much does grazing contribute to herbaceous decay during the dry season in Sahel rangelands?
ECliS deliverable 3.4, GET, Toulouse, France, 23 p
http://eclis.get.obsmip.fr/index.php/eng/scientificproductions/delivrable

Hiernaux P., Diawara M. O., 2014
Livestock: recyclers that promote the sustainability of smallholder farms.
Rural, 21 (04) : 9-11.

Hiernaux P., Diawara M. O., Kergoat L., Mougin E., 2015
« Desertification, adaptation and resilience in the Sahel: Lessons from long-term monitoring of agro-ecosystems ».
In Behnke R (ed.) : *Desertification: science, politics and public perception*, Springer Earth System Sciences, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg.

Jullien F., 2006
Nomadisme et transhumance, chronique d'une mort annoncée ou voie d'un développement porteur ? Enjeux, défis et enseignements tirés de l'expérience des projets d'hydraulique pastorale au Tchad.
Afrique Contemporaine, 217 (1) : 55-57.

Klein H. D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guerin H., Louppe D., 2014
Les cultures fourragères. Montpellier, Quae/CTA Presses agronomiques de Gembloux, 264 p.

Krätli S., Schareika N., 2010
Living off Uncertainty. The Intelligent Animal Production of Dryland Pastoralists.
European Journal of Development Research, 22 (5) : 605-622.
http://www.palgrave-journals.com/ejdr/journal/v22/n5/full/ejdr201041a.html

Krätli S., Monimart M., Jalloh B., Swift J., Hesse C., 2013
Evaluation of AFD Group interventions in pastoral water development in Chad over the last 20 years.
Final Report, French Development Agency, Paris.

Krätli S., Kaufmann B., Roba H., Hiernaux P., Li W., Easdale M., 2015
A House Full of Trap Doors Barriers to resilient drylands in the toolbox of development? Issue Paper, International Institute for Environment and Development, London.

Lavigne-Delville P., 1998
Quelles politiques foncières pour l'Afrique rurale ? Réconcilier pratiques, légitimité et légalité.
Paris, Karthala, Coopération française.

Le Barbé L., Lebel T., 1997
Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950-1990.
J. of Hydrol., 189 (1-4) : 43-73.

Le Houérou H. N., 1989
The grazing land ecosystems of the African Sahel.
Ecological studies, 75,
Springer-Verlag, 282 p.

Lesnoff M., 2010
DYNMOD: a spreadsheet interface for demographic projections of tropical livestock populations, User's manual.
Montpellier, France, Cirad (French Agricultural Research Centre for International Development) http://livtools.cirad.fr.

Lesnoff M., Corniaux C., Hiernaux P., 2012
Sensitivity analysis of the recovery dynamics of a cattle population following drought in the Sahel region.
Ecol. Model., 232 : 28-39.

Lhoste P., Dollé V., Rousseau J., Soltner D., 1993
Manuel de zootechnie des régions chaudes. Les systèmes d'élevage.
Paris, coll. Précis d'Élevage, Min. de la Coop., 288 p.

Mougin E., Lo Seen D., Rambal S., Gaston A., Hiernaux P., 1995
A regional Sahelian grassland model to be coupled with multispectral satellite data. I. Description and validation.
Remote Sens. Environ., 52 : 181-193.

Mougin E., Hiernaux P., Kergoat L., De Rosnay P., Grippa M., Timouk F., Arjounin M., Le Dantec V., Demarez V., Ceschia E., Mougenot B., Baup F., Frappart F., Gruhier C., Guichard F., Trichon V., Soumaguel N., Diarra L., Dembélé F., Soumaré A., Kouyaté M., Lloyd C., Seghieri J., Hanan N. P., Galy-Lacaux C., Damsin C., Epron D., Delon C., Serça D., Mazzega P., Jarlan L., Frison P. L., Tracol Y., 2009
The AMMA Gourma observatory site in Mali: Relating climatic variations to changes in vegetation, surface hydrology, fluxes and natural resources.
Journal of Hydrology, 375 (1-2) : 14-33.

Osbahr H., 2001
Livelihood Stategies and Soil Fertility at Fandou Béri, Southwestern Niger.
London, Department of Geography, University College London.

Oxby C., 2011
Will the 2010 'Code Pastoral' Help Herders in Central Niger? Land Rights and Land Use Strategies in the Grasslands of Abalak and Dakoro Departments.
Nomadic Peoples, 15 (2) : 53-81.

Penning de Vries F. W. T., Djiteye M. A. (eds), 1982
La productivité des pâturages sahéliens, une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle.
Wageningen, Agric. Res. Rep, Pudoc, 525 p.

Peyre de Fabrègues B., 1984
Quel avenir pour l'élevage au Sahel ?
Rev. d'Élev. et de Médecine vét. des pays trop., Maisons-Alfort, France, 37 (4) : 500-508.

Plateforme pastorale tchadienne, 2013
République du Tchad, AFD, UE, CSAO, FIDA, IUCN, DDC, déclaration de N'Djaména, Élevage pastoral, une contribution au développement et à la sécurité des espaces saharo-sahéliens. Colloque régional, conférence ministérielle 27-29 mai, 8 p.

Querre M., 2003
Quand le lait devient enjeu social : le cas de la société peule dans le Séno (Burkina Faso) ». Anthropology of food , URL : http://aof.revues.org/324

Sanogo O. M., 2011
Le lait, de l'or blanc ? Amélioration de la productivité des exploitations mixtes cultures-élevage à travers une meilleure gestion et alimentation des vaches laitières dans la zone de Koutiala, Mali.
Thesis, WageningenUnversity, Wageningen NL, 158 p.

Sayre N.F., 2008
The Genesis, History, and Limits of Carrying Capacity. *Annals of the Association of American Geographers*, 98 (1) : 120-134.
http://geography.berkeley.edu/documents/sayre/sayre_2008_carrying_capacity.pdf

Schlecht E., Hiernaux P., Turner M. D., 2001
« Mobilité du bétail : nécessité et alternatives ». *In* Tielkes E., Schlecht E., Hiernaux P. (éd.) : *Élevage, gestion des parcours et implications pour le développement au Sahel*, Verlag UE Grauer, Stuttgart-Beuren, Germany : 65-78.

Thébaud B., Batterbury S., 2001
Sahel pastoralists: opportunism, struggle, conflict and negotiation.
A case study from eastern Niger.
Global envir. Change, 11 : 69-78.

Touré I., Ickowicz A., Wane A., Garbaet I., Gerber P., 2012
Atlas of trends in pastoral systems in Sahel.
Montpellier, France, FAO/Cirad, 36 p.

Turner M. D., Hiernaux P., Schlecht E., 2005
The distribution of grazing pressure in relation to vegetation resources in semi-arid West-Africa: the role of herding.
Ecosys., 8 (6) : 668-681.

Turner M. D., Ayantunde A. A., Patterson E. D., Patterson K. P., 2006
Farmer-herder relations and conflict management in agro-pastoral zone of Niger.
Int. Conf. on the future of transhumance pastoralism in West and Central Africa.
Nov. 22, 2006, Abuja, Nigeria.

Turner M. D., McPeaket J. G., Ayantunde A. A., 2014
The role of livestock mobility in the livelihood strategies of rural peoples in semi-arid West Africa.
Hum. Ecol., 1 : 1-17.

Williams T. O., Hiernaux P., Fernández-Rivera S., 1999
« Crop-Livestock Systems in Sub-Saharan Africa: Determinants and Intensification Pathways ». *In* McCarthy N., Swallow B., Kirk M., Hazell P. : *Property Rights, Risk, & Livestock Development in Africa*, Nairobi, Kenya, International Livestock Research Institute (ILRI) : 133-151.

Zezza A., Federighi G., Adamou K., Hiernaux P., 2014
Milking the data: measuring income from milk production in extensive livestock systems. Experimental evidence from Niger.
Policy Research Working Paper, 7114, World Bank, 32 p.

Zoundi J. S., Hitimana L. (eds), 2008
Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest : potentialités et défis.
Paris, Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest/OCDE.

Chapitre 9

Évolutions paradoxales des mares en Sahel non cultivé

Diagnostic, causes et conséquences

Laurent Kergoat, Manuela Grippa, Pierre Hiernaux, Johanna Ramarohetra, Julie Gardelle, Cécile Dardel, Fabrice Gangneron, Laetitia Gal, Luc Descroix

Introduction

Une conséquence inattendue de la sécheresse multi-décennale qui affecte le Sahel depuis les années 1970 a été l'augmentation des écoulements d'eau en surface, conduisant à différents phénomènes rassemblés sous le terme de « paradoxe sahélien ». Ce paradoxe, qui peut se résumer par la formule lapidaire « moins de pluies, mais plus d'eau dans les rivières », est décrit par Descroix *et al*. (chap. 7, ce volume). La plupart des observations de ce paradoxe ont été effectuées en milieu sahélien cultivé, et le phénomène a coïncidé avec d'importants changements d'occupation du sol, se traduisant par une mise en culture progressive des terres et un développement des jachères courtes par rapport aux jachères longues. En conséquence, l'augmentation du ruissellement a été souvent attribuée à ces changements d'usage des sols. Dans le même temps, les travaux de terrain ont montré que le ruissellement sur les champs cultivés était intrinsèquement moins important que sur les jachères ou savanes, ce qui n'est pas cohérent avec une augmentation du ruissellement causée par la mise en culture. Plusieurs auteurs ont donc attribué à un encroûtement superficiel des sols la responsabilité de l'accroissement du ruissellement. Dans ce contexte, l'étude des écoulements en Sahel pastoral, qui fait l'objet de ce chapitre, éclaire d'un jour nouveau à la fois l'extension spatiale du paradoxe sahélien, mais aussi et surtout les mécanismes à l'œuvre dans ces changements d'hydrologie, ainsi que les conséquences qu'ils peuvent avoir sur les systèmes de production et l'occupation des territoires en milieu sylvopastoral.

« Les pluies baissent, les mares montent » : les mares du Gourma (1950 à 2010)

La première extension du domaine touché par le paradoxe sahélien au Sahel pastoral, non cultivé donc, a été présentée par GARDELLE *et al.* (2010), pour la région du Gourma malien. En se basant sur une utilisation systématique des images de satellites d'observation de la terre, des images des satellites-espions déclassés et des photographies aériennes (voir fig. 1), GARDELLE *et al.* (2010) ont mis en évidence une augmentation spectaculaire des surfaces des mares depuis les années 1950, avec une accélération du phénomène dans les années 1990. L'objectif initial était de savoir dans quelle mesure les observations personnelles sur le terrain de Pierre Hiernaux, de 1984-2008, qui faisaient état d'une augmentation des surfaces en eau et d'une transition mare temporaire/mare pérenne pour la mare d'Agoufou, étaient quantifiables et généralisables sur le Gourma. De plus, il était particulièrement intéressant de savoir à quel moment ces changements étaient intervenus. Nous rappelons ici les méthodes et résultats principaux de cette étude.

Le Gourma malien est littéralement la rive droite du fleuve Niger, où celui-ci forme une boucle et atteint ses latitudes les plus hautes. Le Gourma est largement endoréique, c'est-à-dire que l'eau ruisselée pendant la mousson n'atteint pas le fleuve,

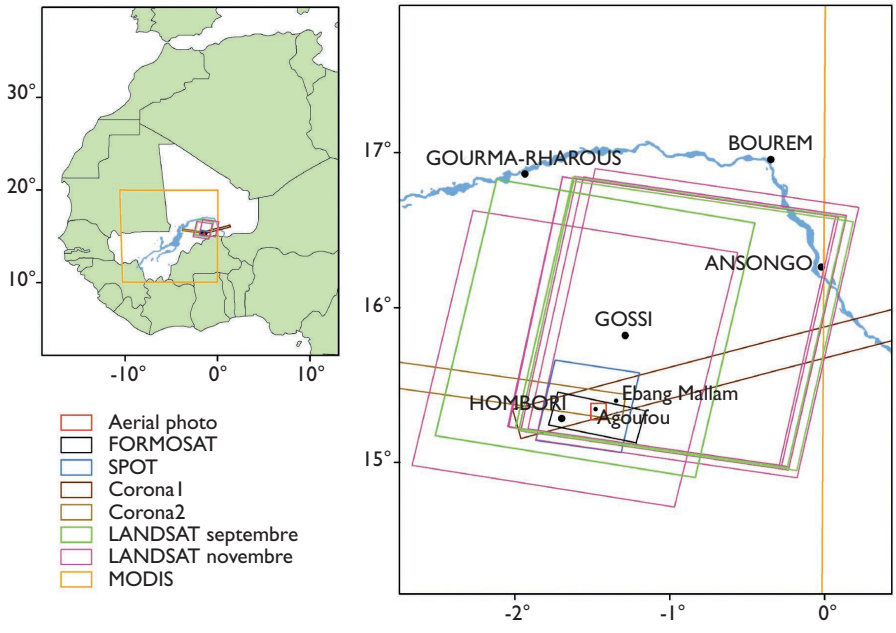


Figure 1.
Site d'étude et trace au sol des différentes images utilisées par GARDELLE *et al. (2010) sur le Gourma.*



Figure 2.
Exemple de mares du Gourma.
Mare de Dimamou, en haut, eau peu turbide partiellement recouverte de plantes aquatiques.
Mare de Zalam-Zalam, en bas, eau turbide
et arbres récemment asphyxiés par une inondation de plus en plus marquée.

mais se concentre pour former des mares ou des lacs. Deux types de mares se distinguent par des signatures spectrales différentes : les eaux turbides et les eaux non turbides plus ou moins couvertes par de la végétation aquatique.

Deux cas représentatifs de la situation du Gourma malien illustrent bien l'ensemble de l'étude de GARDELLE *et al*. (2010) : l'évolution des mares d'Agoufou et d'Ebang Mallam, près de Hombori.

L'exemple des mares d'Agoufou et d'Ebang Mallam

Sur ces deux mares, l'évolution est spectaculaire. Les images de la figure 3 sont à la même échelle. Pour Agoufou, le petit bas-fond boisé de 1966 est devenu une mare, ou même un lac, de 300 ha en saison des pluies. Les arbres, du genre *Anogessius*, présents en 1966 dans le petit bas-fond, ont été asphyxiés par la montée des eaux et sont toujours présents sous forme d'arbres morts au milieu de la mare.

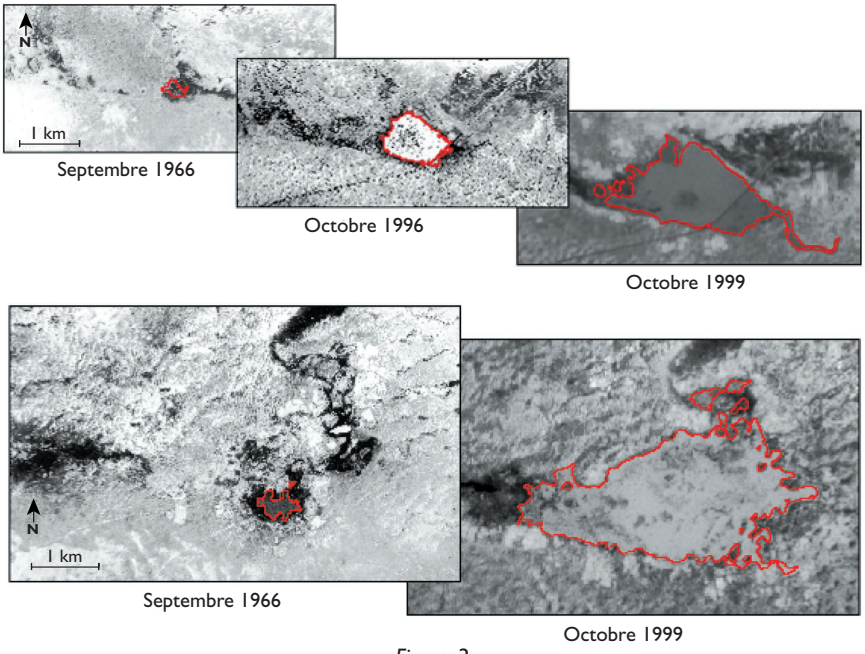


Figure 3.
En haut, évolution de la surface de la mare d'Agoufou au cours du temps : 1966, en décennie humide, puis 1996, en décennie sèche, et 1999, année pluvieuse des décennies sèches. En bas, évolution de la mare d'Ebang Mallam. Les contours des mares sont délimités en rouge.
Source : extrait de GARDELLE et al. *(2010).*

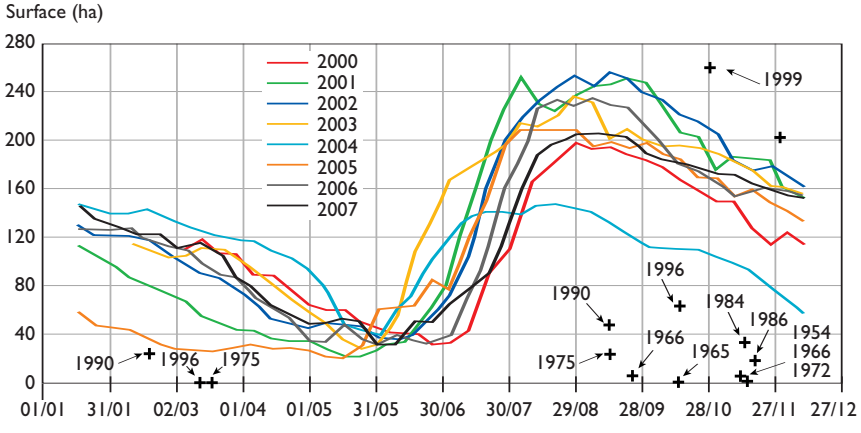


Figure 4.
La surface de la mare d'Agoufou pour différentes dates, reportées sur un cycle annuel. On distingue clairement le cycle saisonnier actuel sur les données Modis (en couleur, de 2000 à 2007), ainsi que toutes les valeurs très faibles d'août-novembre antérieures à 1984, qui augmentent légèrement en 1990 et 1996, puis atteignent de très fortes valeurs en 1999 et 2000-2007.

Peut-être plus importante encore que l'augmentation de la surface de la mare, l'augmentation du ruissellement a entraîné la conversion de la mare temporaire en mare permanente. Sur la figure 4, on peut voir le cycle saisonnier complet de la mare d'Agoufou pour les années 2000 à 2007. Même après les années les plus sèches, comme 2004, il reste de l'eau dans la mare pendant toute la saison sèche, ce qui n'était pas le cas avant les années 1990. Il y a donc un point d'eau nouveau, ce qui a des conséquences importantes pour le bétail, les populations.

Sur l'ensemble du Gourma

Le même phénomène a été mis en évidence par l'étude systématique de toutes les mares et lacs du Gourma central, délimité par l'intersection des données Landsat sur la figure 1, qui couvre une zone d'environ 180 km sur 100 km. La surface moyenne des mares a fortement augmenté (fig. 5).

Cette évolution spectaculaire est donc un phénomène général. Il y a cependant une variabilité dans le comportement des mares. Elle provient des caractéristiques des bassins versants, qui peuvent changer au cours du temps, notamment par des captures d'une mare par une autre, en particulier lorsque les mares sont organisées en chapelet. On peut distinguer néanmoins trois zones géographiques, étagées du Nord- au Sud-Gourma. L'augmentation des surfaces est plus prononcée pour les eaux turbides du nord et du centre du Gourma, ce qui correspond aux latitudes de 15,5° à 17° Nord, c'est-à-dire à des précipitations de 350 à 150 mm par an sur les décennies récentes. Cette zonation pourrait suggérer une plus grande sensibilité des systèmes hydrologiques dans cette gamme de précipitations.

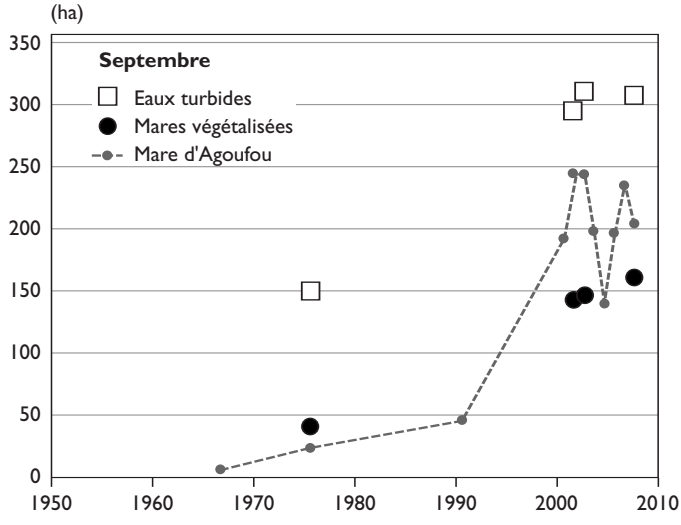


Figure 5.
Évolution de la surface moyenne des 91 mares du Gourma central en septembre.
Source : extrait de GARDELLE et al. *(2010)*

Cette première étude a donc montré de manière spectaculaire que les eaux de surface ont très fortement augmenté dans le Gourma au cours des cinquante dernières années. Cette dynamique, amorcée dès 1984, prend toute son ampleur dans les années 1990. Le fait frappant, bien sûr, est que cette évolution n'est pas corrélée au cumul annuel de précipitations, illustré pour la station de Hombori sur la figure 6.

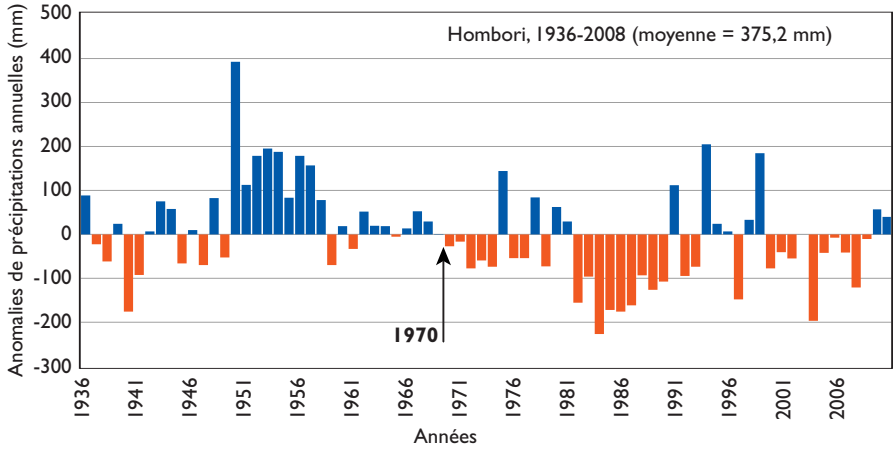


Figure 6.
Anomalies de précipitations annuelles à Hombori (1936-2008), complétée jusqu'en 2011 (données DNM, Mali).

Si l'on trace le volume d'eau alimentant la mare d'Agoufou divisé par le volume des précipitations tombant sur l'ensemble du bassin versant, ce qui donne le coefficient de ruissellement du bassin, on obtient donc une augmentation spectaculaire (fig. 7).

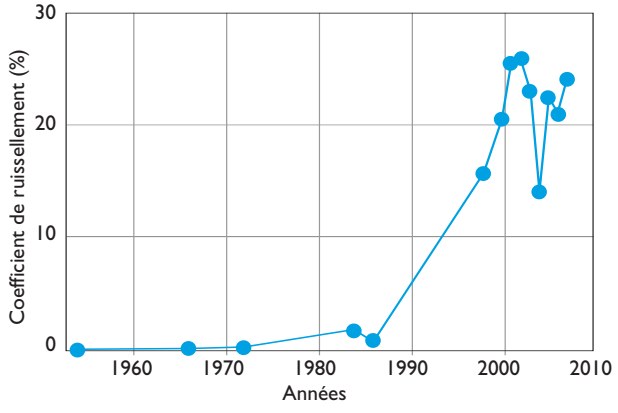


Figure 7.
Coefficient de ruissellement sur le bassin de la mare d'Agoufou.
Source : DARDEL *et al.* (2014).

Sur l'ensemble du Gourma, les surfaces en eau ont augmenté à la suite des grandes sécheresses des années 1970-1980, puis ont continué à augmenter pendant deux décennies suivantes, globalement déficitaires (1990-2008). GARDELLE *et al*. (2010) ont passé en revue les facteurs susceptibles d'entraîner un tel phénomène. Ils ont d'abord écarté différentes causes potentielles, comme les ouvrages d'art, le colmatage des mares, le changement d'occupation du sol. Leur analyse a montré que le changement d'usage des sols, classiquement invoqué pour expliquer l'augmentation du ruissellement de surface en Sahel pastoral, n'est pas non plus déterminant.

Peut-on exclure une intensification des précipitations ?

Ce phénomène d'intensification, observé sous d'autres latitudes et attendu dans le cadre d'un changement climatique, a été pointé par FRAPPART *et al*. (2009), pour le Gourma, et démontré par PANTHOU *et al*. (2014), pour le Sud-Ouest-Niger, sur la base de données de précipitations journalières. On pourrait en effet s'attendre à ce que de plus fortes intensités produisent plus de ruissellement de surface, pour un même cumul. Il est difficile d'exclure ce facteur, mais la tendance détectée par FRAPPART *et al*. (2009) et PANTHOU *et al*. (2014) concerne essentiellement la décennie 2000-2010. Or, nous avons vu que l'augmentation de surface des mares commence bien avant, dès 1984 en fait, et se produit surtout dans les années 1990, pour lesquelles le signal d'intensification n'est pas détecté.

L'hypothèse la plus probable, retenue dans le cadre du Sahel non cultivé du Gourma, est celle d'un effet retard des sécheresses extrêmes au travers de changements écohydrologiques, c'est-à-dire du système couplant le couvert végétal et le cycle de l'eau.

Le bassin de Tin Adjar (Mali)

La documentation des phénomènes pluridécennaux des périodes passées, typiquement ici depuis les années 1950, est rare et parcellaire. Toutefois, Dubreuil et ses collaborateurs de l'Orstom ont étudié à cette époque un petit bassin versant du Gourma (DUBREUIL, 1972). Il s'agit du bassin de Tin Adjar, situé dans la partie nord du Gourma.

Nous avons revisité ce site, à la fois sur le terrain au cours de plusieurs missions et aussi sur différents documents de télédétection, afin de voir quels changements avaient affecté le bassin durant la période allant de 1950 (période humide) à nos jours (périodes sèches ou fin de période sèche).

Le bassin de Tin Adjar couvre environ 29 km^2 et s'étend entre les latitudes 16,28 et 16,33 N, à la longitude de - 1,65 W. Il s'incline d'est en ouest, mais il est presque fermé par une barre de quartzite à l'ouest, laissant l'oued s'écouler par un seuil bien défini, et par des dunes fixées au nord et au sud. Le cumul annuel des précipitations varie entre 200 et 120 mm, suivant que l'on considère les décennies sèches ou pluvieuses.

La cartographie du réseau hydrologique, établie à partir d'images aériennes et d'images satellitaires à haute résolution (KERGOAT *et al*. en prép.), montre une évolution spectaculaire entre 1954 et 2007 (fig. 8).

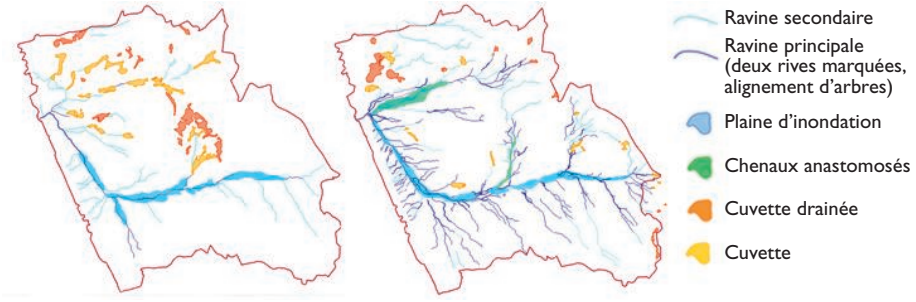


Figure 8.
Évolution du réseau hydrique du bassin de Tin Adjar entre 1954, à gauche, et 2007, à droite.
Source : KERGOAT *et al.* (en prép.).

La multiplication des ravines, le développement d'un réseau d'ordre supérieur, le drainage de la plupart des cuvettes de mi-pente et l'extension des plaines d'inondation sont les changements les plus marquants. Ils traduisent tous une importance accrue du ruissellement, alors même que le cumul de pluie était bien plus important en 1954 et sur toute la décennie 1950-1960, que sur 2007 et l'ensemble des décennies récentes.

Les statistiques calculées pour l'ensemble du bassin, à la fois pour les surfaces et pour les transitions entre ces types de surfaces entre 1954 et 2007, traduisent les changements principaux intervenus entre ces deux dates (tabl. 1).

Les changements les plus marquants, reportés dans le tableau 1, sont l'augmentation des « affleurements rocheux et cuirasses », qui occupent 12 % du bassin en plus en 2007 par rapport à 1954, la diminution des « surfaces sableuses », et la diminution

Tableau 1.
Surface relative (en %) des différents types de surface sur Tin Adjar (Mali) en 1954 et 2007.

Type de surface	1954	2007
Sables	40,4	29,4
Affleurements rocheux	31,9	43,2
Limons décapés	13,3	20,0
Sols argilo-limoneux de bas-fonds	10,8	5,4
Couvert arboré	3,7	2,0

générale de l'ensemble « sols argilo-limoneux de bas-fonds et couverts arborés ». Les limons décapés augmentent également significativement. Ces chiffres, dans leur ensemble, indiquent une érosion forte sur bassin versant.

Les transitions sont également informatives (tabl. 2).

Tableau 2.
Matrice de transition entre les classifications de 1954 et 2007.
En gras, chiffres particulièrement frappants.

	Sable en 2007	Affleurement	Limon décapé	Argilo-limon	Arbres
Sable en 1954	17,1	**12,4**	7,9	1,9	1,0
Affleurement	4,9	21,2	3,6	1,7	0,4
Limon décapé	4,2	2,9	5,3	0,5	0,3
Argilo-limon	2,3	**5,0**	**2,3**	0,9	0,2
Arbres	0,8	1,6	0,8	0,4	0,1

Le premier chiffre intéressant est celui des « surfaces sableuses » de 1954 qui sont devenues des « affleurements » en 2007. Ce chiffre traduit une érosion importante sur les pentes, même douces, de ce bassin versant. On note que d'autres classes contribuent légèrement à l'augmentation des affleurements. Un examen des cartes et du tableau 2 montre aussi que le bas du bassin, près de l'exutoire, s'est à la fois érodé et ensablé. Le deuxième point notable de ce tableau est la quasi-disparition des bas-fonds aux sols argilo-limoneux, qui ont laissé la place à des affleurements, du limon décapé, ou du sable.

La figure suivante (fig. 9) montre deux extraits d'une petite partie du bassin versant, proche de l'exutoire. Sur l'image de 2007, on distingue deux zones d'affleurement rocheux (en brun et noir) dont la plus grande n'existe pas en 1954. À l'inverse, les bas-fonds boisés qui sont nombreux en 1954 (zones sombres mouchetées d'arbres)

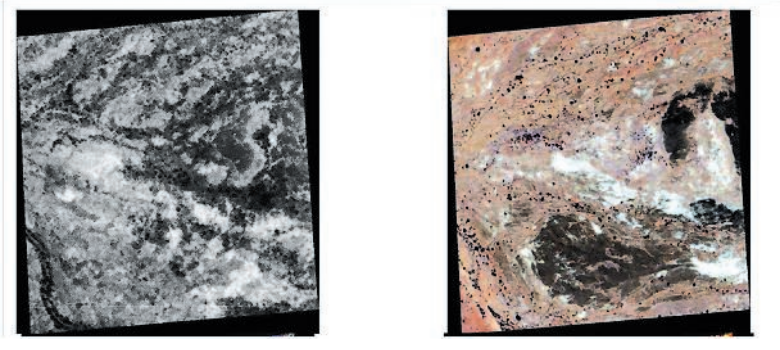


Figure 9.
Imagette extraite du bassin de Tin Adjar, juste en amont de l'exutoire.
À gauche, la photographie aérienne de 1954 ; à droite, l'image Quickbird de 2007.

ont disparu en 2007 et sont remplacés par des zones de limon décapé, du sol nu donc. Cette sous-couche de limon, peut-être un lœss péri-désertique, est typique des sols du Gourma (DE GIRONCOURT, 1912). On peut voir également sur la partie nord de l'imagette un développement du réseau hydrographique peu développé en 1954. Cette partie du bassin a été considérablement érodée puis alluvionnée, le sable y apparaît en rose clair sur l'image de 2007.

L'évolution des types de surface et les transitions entre ces types indiquent donc une forte érosion sur l'ensemble du bassin et une modification importante des écosystèmes. En effet, les surfaces sableuses sont propices à la croissance des herbacées annuelles, accompagnées de quelques arbres épars, les bas-fonds argilo-limoneux abritent, ou abritaient, la plupart des arbres du bassin, ainsi qu'un couvert herbacé dense, alors que les surfaces de limon décapé et les affleurements ne permettent aucune installation de la végétation sous ces régimes de pluies. La concentration du ruissellement dans un réseau de ravines marquées est également un facteur défavorable au maintien d'un couvert végétal important sur des surfaces étendues qui ne reçoivent plus, de ce fait, le ruissellement en nappe qui prévalait généralement. Tous ces indicateurs suggèrent fortement que l'augmentation du ruissellement implique la régression des couverts végétalisés, la concentration du ruissellement et l'érosion qui créent des affleurements rocheux ou des zones de limons décapés peu propices à la croissance végétale.

Un phénomène régional ?

En parallèle au travail sur Tin Adjar, et pour régionaliser l'étude du phénomène « mares sahéliennes », nous avons mené un travail sur la zone du Hodh mauritanien et une zone du Niger pastoral (fig. 10).

Suivant une méthodologie comparable à celle mise au point par GARDELLE *et al.* (2010), Calas et collaborateurs (CALAS, 2012) ont également pu mettre en évidence une augmentation de la surface des mares du Hodh mauritanien (fig. 11).

Les précipitations de 1972 sont les plus élevées, sur le Hohd (fig. 11), ce qui suggère également un changement du coefficient de ruissellement, du régime hydrique et de l'écohydrologie de la région. De manière plus préliminaire, des changements de surface des mares ont également été détectés dans la région de Zinder au Niger.

On voit donc que ce phénomène d'augmentation des surfaces des mares sahéliennes est répandu de la Mauritanie au Niger, dans des régions qui possèdent des caractéristiques communes : 1) les mares sont essentiellement alimentées par le ruissellement sur des sols peu profonds, qui ne couvrent pas forcément une surface relative très importante, mais sur lesquels le ruissellement est très fort ; 2) l'utilisation agricole des terres est très restreinte et localisée.

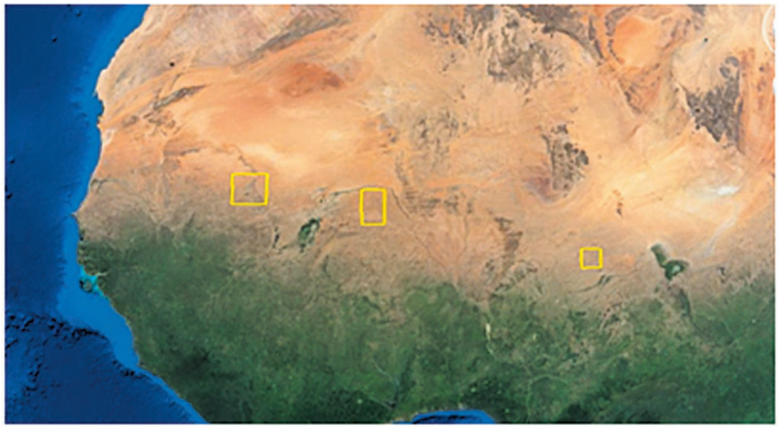


Figure 10.
Zones d'études des mares sahéliennes, d'ouest en est : Hodh mauritanien, Gourma malien, région de Zinder.

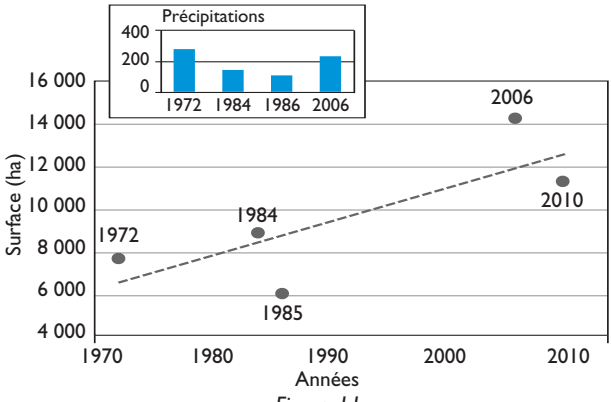


Figure 11.
Évolution de la surface des mares du Hodh mauritanien à partir d'une série Landsat de novembre.
Source : Calas (2012).

Les mécanismes pressentis

L'écohydrologie en marche

Nous avons vu que sur plusieurs sites du Sahel pastoral, non cultivé donc, en Mauritanie, au Mali et Niger, les mares ont connu une augmentation de surface, parfois spectaculaire, alors même que les précipitations ont connu une évolution inverse. Se pose évidemment la question des mécanismes à l'œuvre, qui conduisent à cette évolution d'apparence paradoxale.

Nous avons montré que le paradoxe sahélien opère en zone non cultivée, ce qui entraîne qu'il existe au moins un mécanisme non lié à la mise en culture. Comme la possible augmentation de l'intensité des précipitations est écartée, l'hypothèse la plus vraisemblable est liée à un changement du ruissellement causé par un changement de l'écohydrologie sur sols peu profonds. Nous avons vu, par exemple sur Tin Adjar, mais cela se voit également sur d'autres zones du Gourma et du Sud-Ouest-Niger, que deux changements se manifestent en parallèle : 1) régression de la végétation, visible sur les ligneux, mais aussi sur le couvert herbacé ; 2) développement de ruissellement concentré. À ceux-ci s'ajoute parfois une érosion importante.

Nous proposons donc le mécanisme suivant : au cours d'une sécheresse extrême, la végétation herbacée, largement composée d'annuelles, ne se développe pas. Le ruissellement, pendant la saison des pluies, est accéléré. Normalement, ce ruissellement est plus important en début de saison des pluies, avant la croissance des herbacées (Dubreuil, 1972). En cas de sécheresse, on peut penser qu'il reste important pendant toute la saison, même si le nombre d'orages diminue en année sèche. Ce ruissellement prolongé et accéléré commence à emprunter des chemins préférentiels, alors qu'il est normalement « en nappe » sur ces sols peu profonds aux pentes peu marquées. Cette concentration de l'eau diminue la reprise du ruissellement de surface par la végétation : de petites ravines contournent les ensablements sur lesquels poussent les herbacées. La saison suivante, ces chemins préférentiels sont de nouveau empruntés, privant de nouveau la végétation d'une partie de son alimentation hydrique et ainsi de suite. Il y a une rétraction positive, qui peut amener de plus une érosion hydrique importante sur les sites les plus touchés comme Tin Adjar.

Dès lors que l'on avance l'hypothèse d'une dégradation des couverts végétaux sahéliens, il faut s'interroger sur la compatibilité de ce phénomène avec le reverdissement général observé depuis l'espace, mais aussi au sol, et largement détaillé au chapitre Dardel *et al.* de ce livre.

Dégradation et reverdissement sont-ils compatibles ?

L'augmentation du coefficient de ruissellement est citée comme un indicateur de la désertification. Ce chapitre et celui de Descroix *et al*. suggèrent donc que la désertification, vue sous cet angle, serait généralisée au Sahel. La productivité végétale est également citée comme un indicateur de désertification, quand elle présente une baisse marquée, par exemple due à une réduction de sa capacité à utiliser les précipitations. À partir d'observations de terrain et de diagnostics satellitaires de la productivité herbacée, Dardel *et al*. (2014) ont pu montrer que l'efficacité à utiliser les précipitations (en anglais le *Rain Use Efficiency*, ou RUE, parfois caractérisé par les résidus de la corrélation production/précipitations, comme sur la figure 12) n'avait pas changé sur le Gourma sur la période 1984-2010. Sur cette période, qui débute au maximum de la sécheresse, précipitations et productivité augmentent parallèlement. Néanmoins, quand on s'intéresse exclusivement aux sols peu profonds, minoritaires dans cette région, on observe une diminution du RUE et des résidus de la relation linéaire production/précipitations.

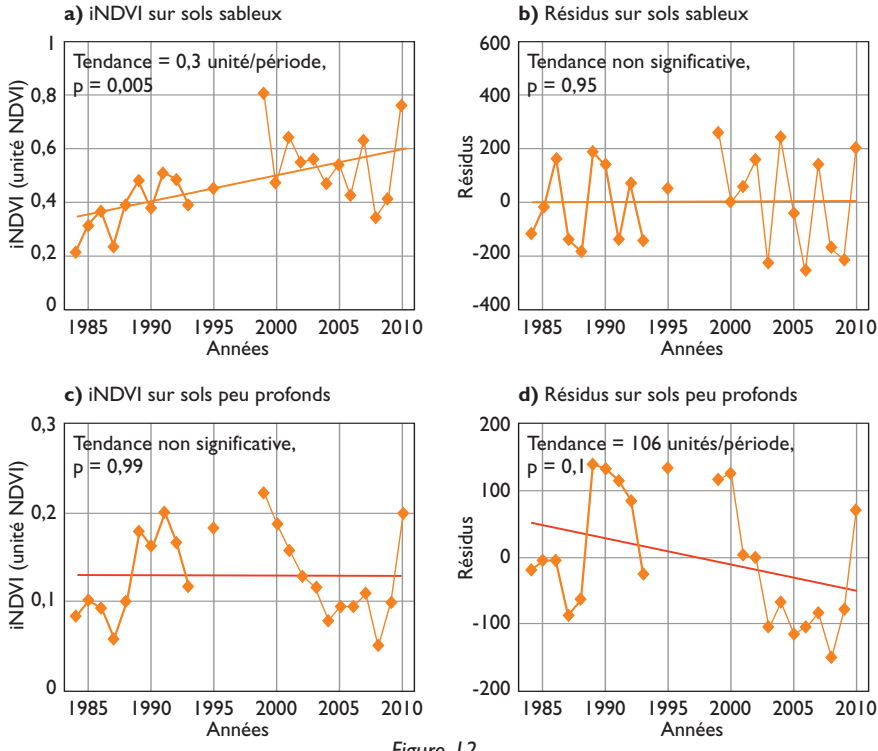


Figure 12.
Évolution de l'indice de végétation sur les sols sableux (a) et peu profonds (c) durant la période 1984-2010.
À droite (d) figure la part du signal qui n'est pas expliquée par les précipitations (résidu de la corrélation NDVI/précipitations).
Un signal stable au cours du temps (b) montre que les écosystèmes sur sols sableux sont résilients, alors qu'une dégradation est observable sur les sols peu profonds (d).
Source : Dardel et al. (2014).

Reverdissement général et dégradation sur des petites surfaces pourraient donc se produire sur la même période, le second phénomène, par son emprise localisée, étant masqué par la résilience générale des écosystèmes, largement dominante en termes de surface.

Conséquences de ce changement environnemental

L'évolution des points d'eau qui a suivi les sécheresses les plus fortes des années 1970-1980 a très souvent des incidences sur plusieurs aspects du fonctionnement

des systèmes de production, et plus largement sur les sociétés rurales et les écosystèmes sahéliens. Dans le Gourma, par exemple, du fait des caractéristiques géologiques, les eaux souterraines sont peu présentes, peu exploitables et peu exploitées. Les eaux de surface, à l'inverse, sont très présentes en saison des pluies, elles diminuent fortement en saison sèche pour ne laisser en mars-avril-mai que quelques mares permanentes. Très schématiquement, les points d'eau permanents, les mares, les puisards, les puits dans les nappes superficielles ou les rares puits profonds permettent l'installation de villages, alors que les mares temporaires permettent une occupation temporaire du territoire, en particulier liée à l'élevage pastoral. Le cas de la mare d'Agoufou est une bonne illustration du développement à la fois d'un village, mais aussi d'une zone de résidence importante du bétail en saison sèche. Les néo-mares permanentes constituent des opportunités d'ancrage de populations constamment soumises à la rareté des ressources en eau. Dans de vastes zones du Gourma, à cette saison, seuls les voisinages des points d'eau permanents sont occupés dans la durée. On voit ici que mesurer l'impact des changements écohydrologiques observés n'est pas une chose simple, que viennent rapidement se greffer des questions d'occupation du territoire, d'usages, d'accès à la ressource.

Conclusions

Le phénomène d'augmentation des eaux de surfaces, lié à la réponse écohydrologique des sols peu profonds aux sécheresses extrêmes (1973, 1984), peut être vu comme une « dégradation », au sens d'une baisse de la productivité végétale difficilement réversible à court terme. Néanmoins, la concentration de l'eau de pluie dans les mares prolonge la disponibilité de l'eau en saison sèche, ce qui a des impacts importants et souvent largement positifs sur plusieurs domaines d'activité, et des conséquences écologiques également, en particulier pour la faune : par exemple, les emblématiques éléphants qui passent la saison sèche dans le Gourma et ponctuent leur séjour de visites aux mares permanentes.

Il est naturel de se poser la question de l'inscription de ce phénomène dans la durée. Pour inverser la concentration et l'augmentation du ruissellement de surface, il faudrait, soit un comblement des ravines, ce qui est physiquement difficile à concevoir, soit des précipitations assez importantes et régulières pour que la végétation puisse pousser sur les ensablements ou les barres limoneuses privées de l'apport du ruissellement en nappe, afin d'enrayer l'accélération du ruissellement concentré. De plus, sur les sites érodés comme Tin Adjar, un ré-ensablement préalable des affleurements rocheux par apport éolien serait nécessaire. Il est difficile de savoir si de telles conditions pourront être remplies dans les décennies à venir. On peut raisonnablement penser que la concentration du ruissellement et le remplissage des mares vont perdurer, indépendamment du niveau des précipitations, pendant

les prochaines décennies. Ce qui est certain, cependant, est qu'il est impératif de disposer de modèles représentant ce paradoxe sahélien, dès lors que les ressources en eau de surface sont concernées, sous peine d'obtenir des simulations erronées des ressources en eau dans ces zones.

Références

Calas A., 2012
Suivi des mares du Hodh (Mauritanie) par télédétection spatiale.
Mémoire de master 1,
université de Toulouse.

Dardel C., Kergoat L., Hiernaux P., Grippa M., Mougin E., Ciais P., N'guyen Cam-Chi, 2014
Rain-Use-Efficiency:
What it Tells us about the Conflicting Sahel Greening and Sahelian Paradox.
Remote Sensing, 6 : 3446-3474.
doi:10.3390/rs6043446

de Gironcourt, 1912
Le sommet de la boucle du Niger.
Géographie physique et botanique.
La Géographie, XXV (3).

Dubreuil P., 1972
Recueil des données de bases des bassins représentatifs et expérimentaux, années 1951-1969.
Paris, Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, 916 p.

Frappart F., Hiernaux P., Guichard F., Mougin E., Kergoat L., Arjounin M., Lavenu F., Koité M., Paturel J.-E., Lebel T., 2009
Rainfall regime across the Sahel band in the Gourma region, Mali.
J. Hydrol., 375 (1-2) : 128-142.

Gardelle J., Hiernaux P., Kergoat L., 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.

Kergoat L., Ramarohetra J., Hiernaux P., *in preparation*
The Sahelian paradox in a non-cultivated Sahelian watershed: revisiting the Tin-Adjar catchment (Mali), 1954-2007.
J. Arid Envir.

Panthou G., Vischel T. Lebel T., 2014
Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel.
Int. J. Climatol., 34 (15) : 3998-4006.
doi: 10.1002/joc.3984

Chapitre 10

Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest

Benjamin SULTAN,
Philippe ROUDIER,
Seydou TRAORÉ

Introduction

Le climat a une influence très forte sur l'agriculture, qui est considérée comme l'activité humaine la plus dépendante des variations climatiques (ORAM, 1989 ; HANSEN, 2002). Les impacts du climat sur l'agriculture varient d'une région du globe à une autre avec des conséquences socio-économiques particulièrement importantes dans les pays en développement des latitudes tropicales. En effet, ces pays connaissent une grande variabilité climatique, comme le régime de mousson en Inde et en Afrique de l'Ouest ou encore l'influence des événements El Niño sur le continent américain (CHALLINOR *et al.*, 2003), et dans bien des cas leur pauvreté endémique augmente le risque et la gravité des catastrophes naturelles (PNUD, 2004).

Les populations rurales de l'Afrique subsaharienne sont particulièrement exposées aux aléas climatiques dans la mesure où elles sont étroitement dépendantes de l'agriculture pluviale, qui représente près de 93 % des terres cultivées. Rappelons en effet que 80 % des céréales consommées en Afrique subsaharienne proviennent de cette production traditionnelle et que le secteur agricole emploie 70 % de la totalité de la main-d'œuvre (FAO, 2003), représentant entre 15 et 20 % du PIB. Outre cette dépendance, la croissance rapide de ces populations et leur pauvreté, ne leur permettant pas un accès aux adaptations technologiques (mécanisation, engrais, irrigation), constituent des facteurs aggravant les impacts socio-économiques du climat (PNUD, 2004). En effet, les faibles moyens de l'agriculture pluviale pour anticiper et enrayer les effets

des fluctuations climatiques s'illustrent par une corrélation forte entre la productivité agricole et la pluviométrie avec des conséquences sur la sécurité alimentaire. Depuis les années 1970, les plus grandes famines ayant nécessité un recours à l'aide alimentaire internationale (1974, 1984-1985, 1992 et 2002) sont entièrement ou en partie dues aux variations du climat (Dilley *et al*., 2005). Dans ce contexte, *être capable de mieux comprendre et d'anticiper les fluctuations climatiques et leurs conséquences sur l'agriculture* constitue donc un enjeu majeur en termes de développement et de sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne.

Si l'Afrique subsaharienne est aujourd'hui fréquemment confrontée à l'insécurité alimentaire, qu'en sera-t-il dans le futur ? Un regard rétrospectif sur l'évolution de ces dernières années donne une image assez pessimiste pour le futur. En effet, en dépit d'une hausse de la production alimentaire, le très fort accroissement de la population a entraîné une augmentation du taux de pauvreté et de malnutrition en Afrique plus rapidement que n'importe où dans le monde, avec un indice de production agricole par habitant bien plus bas que dans d'autres continents. Or, si l'on tient compte des projections des besoins alimentaires à l'horizon 2050, au moment où selon les Nations unies la planète aura atteint le maximum de sa population, l'effort en termes d'accroissement de la production alimentaire devrait être extrêmement élevé : entre 2000 et 2050, l'Afrique devrait, selon Collomb (1999), plus que quintupler sa production ! Le futur de cette région dépend donc de la capacité du secteur agricole à relever le défi de nourrir sa population qui croît rapidement. Or, ce défi sera d'autant plus difficile à relever que le changement climatique est aujourd'hui à l'œuvre et ne sera certainement pas sans conséquences sur l'agriculture en Afrique comme ailleurs. Les 4e et 5e rapports du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – AR4 et AR5 Giec), publiés respectivement en 2007 et en 2014, ont en effet alerté la communauté internationale d'une augmentation de la température partout dans le monde, ainsi que d'une probable augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas météorologiques majeurs comme les sécheresses, citant l'Afrique comme le continent le plus vulnérable aux changements climatiques (IPCC, 2014). Il n'y a pas de doute qu'une modification de l'intensité et/ou du régime des précipitations affectera les systèmes agricoles et pastoraux en Afrique subsaharienne (CGIAR, 2009). L'agriculture irriguée, comme la culture du riz qui joue un rôle important pour nourrir la population urbaine en Afrique, sera également affectée pas seulement à cause d'une possible modification de la disponibilité en eau, mais à cause de l'augmentation des températures qui peut entraîner des pertes conséquentes de rendements (Dingkuhn, 1995 ; Dingkuhn et Miezan, 1995 ; Dingkuhn *et al*., 1995). Il apparaît donc crucial de pouvoir *fournir une image plus précise de l'évolution attendue du potentiel de production agricole en Afrique subsaharienne dans le contexte du réchauffement climatique.* Cependant, cette tâche reste encore difficile à réaliser du fait des fortes incertitudes sur les projections régionales du changement climatique, dans la réponse des plantes aux changements environnementaux (pluie, températures, concentration de CO_2 dans l'atmosphère), dans le couplage des modèles agronomiques et climatiques et dans la façon dont les systèmes agricoles vont s'adapter progressivement aux changements environnementaux (Challinor *et al*., 2007). L'objectif de ce qui suit

est : 1) de faire un bilan objectif de la littérature sur les effets du changement climatique sur l'agriculture en Afrique de l'Ouest ; 2) de comprendre les déterminants de cette réponse.

Construire des scénarios de rendement dans le futur

La littérature concernant les impacts du changement climatique sur l'agriculture en Afrique, et ailleurs dans le monde, montre une méthodologie caractéristique décrite par la figure 1. Ainsi, quantifier les variations de rendements des cultures dues aux changements climatiques requiert les principales étapes suivantes.

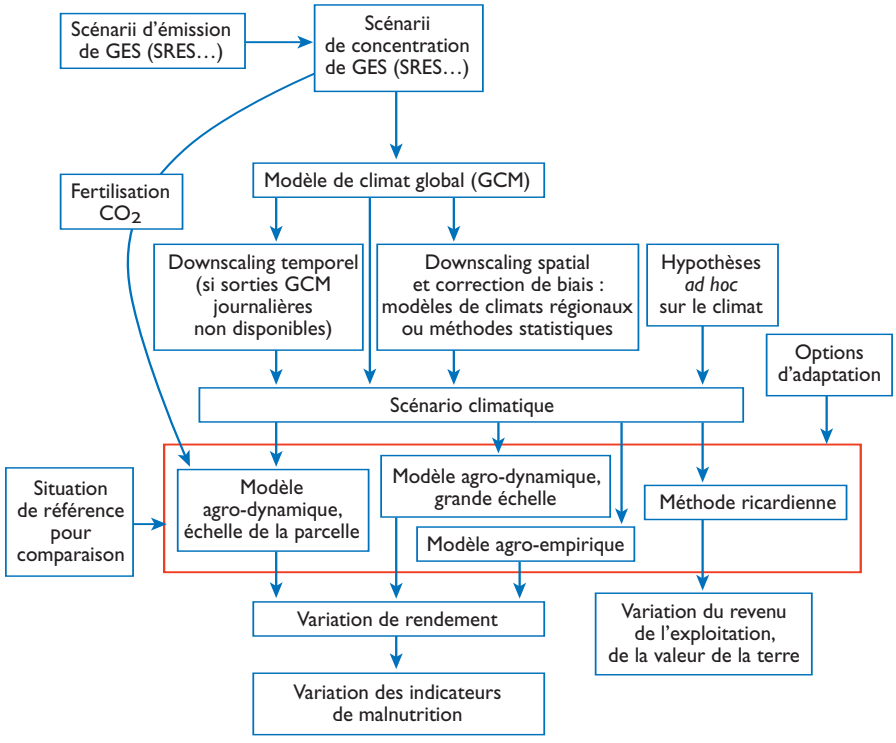


Figure 1.
Résumé de la méthode de travail
des études d'impacts du changement climatique sur les rendements.
Source : extrait de ROUDIER *(2012).*

Générer le climat futur

Afin de pouvoir quantifier l'impact du changement climatique sur une variable donnée, il est tout d'abord nécessaire de définir des scénarii décrivant l'évolution future des variables météorologiques. La manière la plus simple est de créer un scénario uniforme (e.g. + 10 % de pluie, + 2 °C pour les températures) et d'appliquer ce changement à des données climatiques observées représentant la période de référence (Ben Mohamed *et al*.,2002 ; Salack, 2006 ; Vanduivenbooden *et al*., 2002). Cependant, il est clair que cette méthode, bien que permettant de faire des analyses de sensibilité intéressantes, repose sur des hypothèses fortes sur le climat futur et ne conserve pas forcément la cohérence entre les variables climatiques. Une approche aux fondements scientifiques plus solides existe, *via* l'utilisation de modèles de climat globaux (GCM). Comme on l'a vu dans le chapitre 3 (ce volume), les GCM donnent une grande variété de réponses selon le scénario d'émission ou le modèle utilisé. Ainsi, pour échantillonner une partie de l'incertitude dans les projections climatiques, la majorité des études publiées utilisent plusieurs GCM et/ou plusieurs scénarii (e.g. Schlenker et Lobell, 2010).

Modéliser les cultures

Pour quantifier les liens entre le climat et l'agriculture, un prérequis est de construire un modèle qui permet de transcrire l'information climatique (températures et/ou précipitations, par exemple) en termes de variables agronomiques (rendements agricoles, biomasse). Ce type de modèle est particulièrement utile pour synthétiser les connaissances existantes sur les relations climat/plante, explorer des hypothèses de changements de climat ou de pratiques agricoles, identifier des variables clés sur lesquelles la recherche doit mettre l'accent et construire des scénarios pour le futur. Deux approches distinctes sont généralement employées : la première se fonde sur des modèles agronomiques statistiques et la seconde sur des modèles mécanistes, les deux cherchant à estimer la productivité agricole en réponse au climat. Les modèles agricoles empiriques sont fondés sur une relation statistique dérivée de données observées et liant les rendements agricoles, à un endroit donné, à des variables climatiques. Bien qu'une telle relation soit relativement facile à établir, calibrer et valider un modèle statistique robuste demande de longues séries de données (climat et rendements). Cette relation revêt cependant un avantage notoire, puisqu'elle peut être établie directement à grande échelle (e.g. nationale) en utilisant des données climatiques agrégées spatialement, afin de prédire les rendements sur de vastes régions. Cette approche est notamment utilisée par Lobell *et al*. (2008) et Schlenker et Lobell (2010) qui considèrent que cela permet une évaluation simple des futurs impacts climatiques à une échelle pertinente pour informer les décideurs.

L'autre approche est la modélisation « mécaniste » ou « dynamique », fondée sur des équations représentant les processus physiologiques de la croissance des cultures (assimilation du carbone et des nutriments, transpiration…) et de leur développement en réponse au climat (e.g. apparition des organes successifs, phase végétative et

reproductive…). Étant donné que cette approche permet en théorie de saisir les effets intrasaisonniers et non linéaires du climat sur les cultures, la plupart des études d'impact en agriculture utilisent un modèle mécaniste (Roudier *et al*., 2011). Cependant, tous les modèles de ce type n'ont pas la même approche physiologique et n'atteignent pas le même niveau de détail. En particulier, l'effet positif sur la photosynthèse d'une concentration atmosphérique élevée en CO_2 (Tubiello *et al*., 2007 a et 2007 b) n'est pas pris en compte dans tous les modèles mécanistes (e.g. Salack, 2006). De plus, ces modèles nécessitent de nombreux paramètres et sont de ce fait utilisés à l'échelle de la parcelle où ces données sont disponibles et peuvent être considérées comme homogènes : ils ne fournissent pas directement d'information sur les impacts climatiques à plus large échelle.

Il faut noter qu'une troisième approche, l'analyse ricardienne (Mendelsohn *et al*., 1994) est également utilisée pour estimer l'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique de l'Ouest (e.g. Kurukulasuriya et Mendelsohn, 2008 ; Molua, 2009). Cette approche se concentre sur le revenu net des exploitations agricoles au lieu des rendements agricoles et, à la différence de la plupart des études d'impact, prend en compte les stratégies d'adaptation. L'approche ricardienne procède globalement en plusieurs grandes étapes : 1) la collecte d'informations socio-économiques concernant les exploitations agricoles ; 2) le calcul du revenu net de l'exploitation grâce à ces informations ; 3) la mise en place d'une régression entre le revenu net calculé et différentes variables comme le climat, le sol et un ensemble de variables économiques ; 4) l'utilisation du lien établi entre revenu et climat pour projeter l'impact du climat futur. Notons qu'à la différence des approches empiriques, les régressions effectuées ici ne sont que pour une année : il s'agit donc d'une étude de la variabilité spatiale.

Relier les GCM et les modèles de culture

La combinaison d'un GCM avec un modèle agronomique soulève plusieurs problèmes. Premièrement, les GCM présentent le plus souvent des biais significatifs dans leurs simulations du climat, notamment pour les cumuls et distributions régionaux de précipitation : la part des petites pluies (< 10 mm/jour) dans le cumul total et leur fréquence sont surestimées, alors que c'est l'inverse (sous-estimation) pour les grosses pluies (> 20 mm/jour ; Randall *et al*., 2007 ; Dai, 2006). Ainsi, certaines études d'impact qui donnent des résultats localisés requièrent normalement un certain niveau de correction de biais. La méthode de correction la plus simple est la méthode des anomalies. Pour un GCM donné, une anomalie moyenne annuelle calculée entre le futur et le climat actuel simulé est ajoutée à un jeu de données actuelles observées (voir par exemple Müller *et al*., 2010). Deuxièmement, la combinaison d'un GCM et d'un modèle déterministe est plus complexe qu'un couplage simple de deux modèles à cause de la différence entre leurs échelles respectives. En effet, les GCM produisent typiquement des projections climatiques sur des mailles de 2° de côté et, alors que les modèles statistiques peuvent être directement calibrés pour utiliser en entrée des informations agrégées de ce type, les modèles mécanistes requièrent des données à une échelle plus fine. Il faut donc généralement effectuer une étape de

descente d'échelle (*downscaling* en anglais), de l'échelle globale du GCM à l'échelle locale du modèle agronomique. On définit en général deux types de descente d'échelle (qui peuvent parfois être combinés) :

– la descente d'échelle statistique, dans laquelle des relations empiriques entre la circulation atmosphérique de méso-échelle et le climat local sont utilisées pour créer des séries temporelles réalistes de variables climatiques locales. Cette méthode inclut les générateurs de temps stochastiques, les régressions (linéaires ou non), la méthode des types de temps. Zorita et Von Storch (1999), Müller *et al*. (2010) utilisent par exemple un générateur de temps stochastique pour passer de variables climatiques mensuelles à un pas de temps horaire ;

– la descente d'échelle dynamique, qui utilise des modèles de climat régionaux, à une résolution fine (environ 10-50 km), imbriqués dans le GCM (Paeth *et al*., 2011).

Récemment, le besoin de modélisation agronomique pour des études sur le changement climatique a mené au développement de modèles mécanistes à une échelle globale. Ces modèles sont créés et calibrés pour fonctionner directement à une échelle compatible avec les sorties des GCM, ce qui permet d'éviter l'étape de descente d'échelle. Certains modèles sont développés pour être indépendants des modèles d'impact, alors que d'autres le sont comme parties de modèles de végétation globaux, où ils servent pour les terres cultivées (de Noblet-Ducoudré *et al*., 2004 ; Bondeau *et al*., 2007 ; Berg *et al*., 2011). Ils peuvent ainsi au besoin être utilisés pour des études d'impact du climat.

Adaptation au changement climatique

Certaines études sur les impacts du changement climatique prennent en compte l'adaptation des systèmes de culture ou des populations. Selon Chuku et Okoye (2009), les options d'adaptation disponibles en agriculture pour faire face au changement climatique peuvent être classées en quatre grandes catégories : 1) la gestion des revenus/actifs ; 2) les assurances et programmes gouvernementaux ; 3) les pratiques de production des exploitations ; 4) le développement technologique. Cette même étude souligne également que ces catégories sont caractérisées par l'échelle (locale, nationale) et le type d'agents impliqués. De nombreuses options d'adaptation sont déjà utilisées à l'échelle locale par les agriculteurs sahéliens. Ce sont généralement des pratiques de production (e.g. gestion de l'eau, sélection de certaines variétés, fertilisation), mais aussi des techniques de gestion des revenus (e.g. diversification des revenus, migrations). On voit ainsi qu'il peut être nécessaire de considérer l'adaptation dans ce type d'études, si on veut éviter une surestimation de l'impact du changement climatique sur les rendements agricoles. Cependant, dans la plupart des études sur l'Afrique de l'Ouest, l'adaptation n'est pas explicitement prise en compte. Dans certaines études (e.g. Müller *et al*., 2010), la date de semis change chaque année, mais reste fondée globalement sur la même technique de semis : cette attitude est donc plus une adaptation à la variabilité interannuelle du climat qu'au changement climatique. Tingem et Rivington (2009) simulent quant à eux le rendement de certaines cultures avec et sans adaptation. Ils considèrent de nouvelles dates de semis et d'hypothétiques variétés améliorées. Les pertes de rendements futures sont ainsi

clairement limitées. Dans le même ordre d'idée, Butt *et al*. (2005) présentent leurs résultats conjointement sans adaptation et avec un ensemble d'options d'adaptation théorique : options économiques, mélange de cultures et variétés résistantes à la chaleur. Là aussi, ces options augmentent clairement les rendements futurs. Enfin, les études ricardiennes considèrent une adaptation totale. Cependant, il n'est pas possible de détailler dans les résultats quelles options sont utilisées et l'impact des changements climatiques sans adaptation. De plus, cette méthode ne prend pas en compte les coûts de transition et surestime donc les bénéfices de l'adaptation.

Une baisse des rendements agricoles sous l'effet du changement climatique

Il existe de nombreux articles et rapports faisant état de projections futures des rendements en Afrique subsaharienne en réponse aux changements environnementaux (Challinor *et al*., 2007). Cependant, ces documents portent tous sur un pays ou un groupe de pays en particulier, mettent l'accent sur une culture ou sur une variété spécifique et utilisent des méthodologies différentes (modèle empirique ou mécaniste pour simuler les rendements, différentes méthodes de régionalisation, différents modèles ou scénarios climatiques, prise en compte de l'effet du CO_2). Il est donc assez difficile de se faire une idée d'ensemble de l'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique et surtout des incertitudes dont sont assorties ces projections. Roudier *et al*. (2011) ont procédé à une méta-analyse des résultats de la littérature en compilant les résultats issus de 16 publications récentes sur le sujet pour constituer une base de données de rendement pour le futur. La figure 2a montre que le signe du changement relatif de rendement entre le présent et le futur est dans la plupart des cas négatif avec une baisse des rendements de l'ordre de 10 % par rapport au présent. Ce chiffre est néanmoins assorti d'une incertitude forte, puisque les distributions des réponses sont très étalées et varient de - 40 % à + 80 % selon les cas. La prise en compte de la concentration atmosphérique en CO_2, qui a un effet fertilisant sur la plante quoique encore mal compris et mal représenté par les modèles (Long *et al*., 2006 ; Tubiello *et al*., 2007 b ; Ainsworth *et al*., 2008), a un effet d'atténuation sur l'effet négatif du changement climatique, bien que les impacts combinés des changements environnementaux (climat et CO_2) restent globalement négatifs.

Il est également intéressant de constater que, même si la dispersion des résultats issus de l'utilisation de modèles mécanistes est plus forte (ce qui est logique, car ces modèles sont moins contraints que les modèles statistiques), le signe du changement de rendement qu'ils prévoient est le même que pour les modèles empiriques (fig. 2b). L'amplitude des impacts du changement climatique sur les rendements semble modulée par l'intensité du forçage radiatif. Autrement dit, plus la concentration de

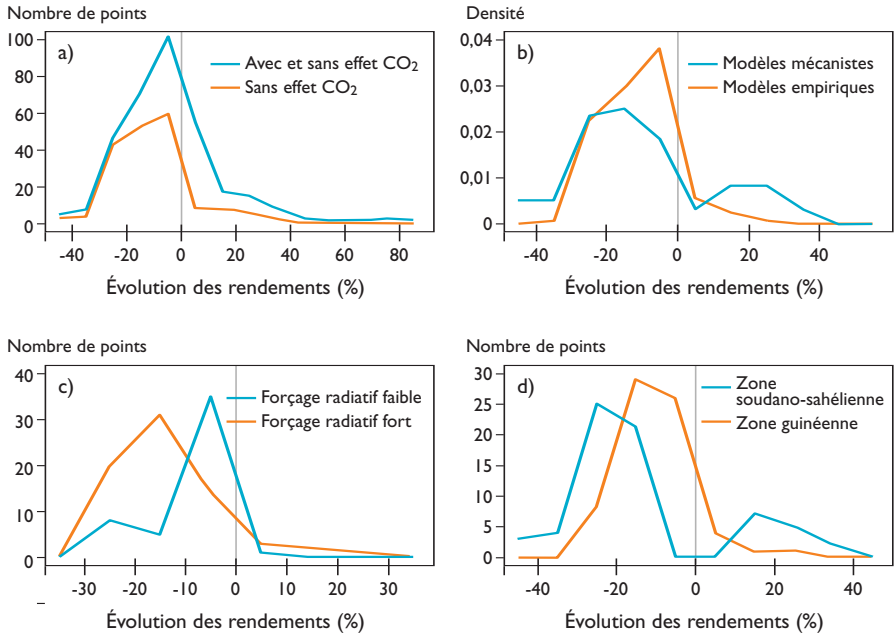


Figure 2.
(a) Distribution des changements relatifs de rendement en Afrique de l'Ouest entre le présent et le futur pour 16 études récemment publiées (en bleu). En orange, la même distribution, mais uniquement pour les études ne considérant pas l'effet du CO_2 sur la plante.
(b) Comme (a), mais en distinguant les résultats basés sur des modèles mécanistes (en bleu) de ceux basés sur les modèles empiriques (en orange).
(c) Comme (a), mais en distinguant les résultats selon que le forçage radiatif est faible (bleu) ou fort (orange).
(d) Comme (a), mais en comparant les résultats sur les pays soudano-sahéliens (en bleu) avec ceux sur les pays guinéens (en orange).
Source : extrait de Roudier *(2012).*

dans l'atmosphère considérée dans ces études est élevée (horizons temporels lointains, scénarios économiques avec de fortes émissions comme A2), plus l'impact négatif attendu sur les rendements est fort (fig. 2c). Cette constatation donne un sens particulièrement important à la prise en compte de la réduction des émissions de par les mesures d'atténuation qui peuvent limiter les impacts sur l'agriculture en Afrique de l'Ouest. Enfin, la figure 2d montre un impact différentiel du changement climatique selon la région de l'Afrique de l'Ouest ; les pays sahéliens étant plus durement touchés que les pays guinéens. Cette méta-analyse a été étendue à un ensemble plus grand de publications (52 articles) pour mettre en évidence l'impact attendu du changement climatique sur les rendements de 8 cultures majeures en Afrique et en Asie (Knox *et al.*, 2012). Les auteurs montrent une baisse des rendements agricoles de 8 % à l'horizon 2050 pour les deux régions. En Afrique, les rendements agricoles vont baisser de 17 % pour le blé, 5 % pour le maïs, 15 % pour le sorgho et de 10 % pour

le mil. En raison du nombre limité d'études, mais aussi de résultats contradictoires, Knox *et al*. (2012) n'ont pas pu mettre en évidence une réponse aussi claire et robuste pour les cultures du riz, du manioc et de la canne à sucre.

L'influence respective des changements de températures et de précipitations dans les scénarios de rendement

On peut maintenant s'intéresser aux variables climatiques responsables de cet impact négatif dans les études existantes et en particulier au rôle respectif des températures et des précipitations. Les changements de températures et de précipitations sont tous les deux des déterminants majeurs dans les tendances récentes observées sur la production agricole en Afrique subsaharienne. À la fois l'augmentation des températures, mais surtout la diminution des précipitations ont conduit à des déficits de production depuis les années 1970 (Barrios *et al*., 2008). Si les effets des précipitations ont été dominants dans l'histoire récente, comme l'illustre l'exemple de la relation forte entre pluviométrie et productivité du mil au Niger, il peut en être tout à fait différemment dans le futur. En effet, Schlenker et Lobell (2010) montrent que l'augmentation de température prévue par les modèles est bien plus forte que celle des précipitations qui est généralement plus petite que l'écart-type historique. De plus, les auteurs montrent à partir d'une modélisation empirique de la relation climat-rendement que l'impact marginal du changement d'un écart-type des pluies est inférieur à celui d'un changement d'un écart-type des températures dans le futur. Même si les pluies ne changeaient pas dans le futur, le rendement diminuerait d'environ 15 %, du fait de l'augmentation des températures qui réduit la longueur des cycles de culture et augmente le stress hydrique à travers une évaporation accrue. D'après Schlenker et Lobell (2010), les changements de précipitations ont quand même un impact, mais moindre comparé à celui des températures. Selon que la pluie augmente ou diminue dans le futur, l'impact sur le rendement pourrait être amplifié d'un facteur deux – respectivement - 10 % et - 21 %, si l'on considère le changement médian. Ce résultat est cohérent avec celui de Salack (2006) qui montre que pour une variété de mil, un réchauffement (+1,5 °C) aura inévitablement des effets négatifs sur le rendement, même si ces effets peuvent être atténués par une augmentation des précipitations.

Une autre façon d'appréhender les effets respectifs du réchauffement et des variations de précipitations sur le rendement agricole est proposée par Sultan *et al*. (2013). Les auteurs ont réalisé un ensemble de simulations du modèle SARRA-H (Dingkuhn *et al*., 2003) pour plusieurs variétés de mil et de sorgho sur un jeu de

35 stations météorologiques couvrant 9 pays en Afrique de l'Ouest sur la période 1971-1990. Les auteurs ont ensuite, selon la méthode des deltas, surimposé de manière incrémentale aux stations météorologiques locales des anomalies de températures allant de 0 °C à + 6 °C selon un pas de 1 °C et/ou des anomalies de précipitations relatives allant de - 20 % à + 20 % selon un pas de 10 %. Des simulations du modèle SARRA-H ont alors été effectuées pour quantifier la réponse en rendement de ces anomalies de températures et/ou de précipitations (fig. 3).

On observe que l'impact négatif sur les rendements simulés provoqué par une augmentation de la température de 2 °C sur l'Afrique peut être compensé par une hausse de 20 % des pluies. En revanche, lorsque le réchauffement dépasse 3 °C, on observe un déficit dans le rendement simulé, quelle que soit l'anomalie de pluies considérée (dans l'intervalle de variation - 20 % à + 20 % que l'on a jugé réaliste en nous basant sur les projections futures minimales et maximales des modèles

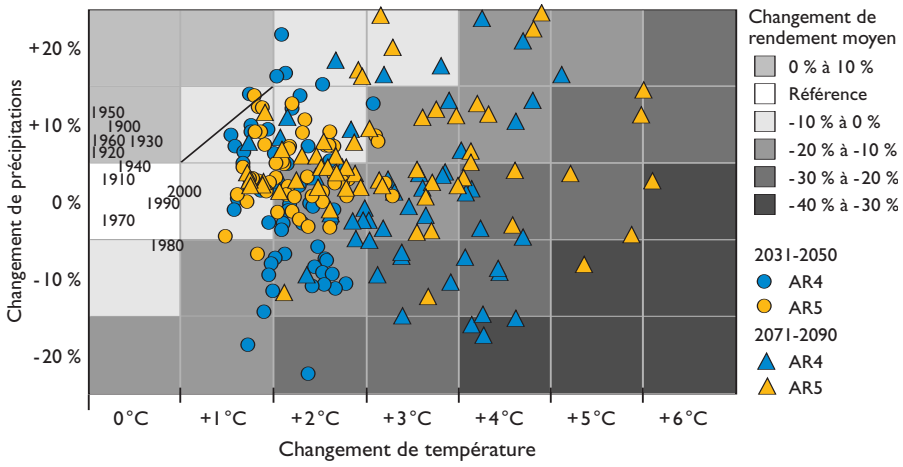


Figure 3.
L'effet des changements de températures et de précipitations sur le rendement moyen. Changement relatif de rendement (%) par rapport à la période de référence 1961-1990 pour 7 scénarios de températures (abscisses) et 5 scénarios de pluies (ordonnées). Les résultats sont montrés en moyenne pour 35 stations d'Afrique de l'Ouest et 6 variétés de sorgho et de mil. Les triangles et cercles bleus représentent les changements futurs projetés par plusieurs GCM de CMIP3 (AR4 sur la figure) et trois scénarios du Giec (B1, A1B, A2) respectivement pour les périodes 2071-2090 et 2031-2050. Les projections des modèles de CMIP5 (AR5 sur la figure) et de trois scénarios rcp (4.5, 6.0 et 8.5) sont représentées par des triangles et des cercles orange. Les anomalies de températures et de précipitations observées depuis le début du siècle à partir des données CRU sont aussi projetées par décades (« 1940 » sur le graphique signifie l'anomalie 1941-1950 par rapport à 1961-1990). Tous les changements de rendements sont significatifs au niveau de confiance 5 %, sauf la case marquée d'une diagonale.
Source : IPCC (2014)

CMIP3 et CMIP5 sur la région). Lorsqu'on projette maintenant la réponse en température et précipitations de l'ensemble des simulations CMIP3 et CMIP5 (tous les modèles et scénarios sont confondus sur le graphique), on observe que ces projections sur la période 2030-2050 correspondent à une gamme de réponse en rendement qui varie entre - 10 % et + 10 % avec une majorité d'impact négatif à nul (entre - 10 % et 0). En revanche, toutes les projections futures sur la période 2070-2090, quel que soit le modèle et/ou le scénario, correspondent à une gamme de réponse en rendement qui diminue faiblement (entre - 10 % et 0) à fortement (jusqu'à - 40 %). Les variations de réponses de rendement dans le futur sont largement dominées par l'effet de la température dont le réchauffement atteint jusqu'à + 4 °C dans les projections des modèles CMIP3 et CMIP5 en Afrique, confirmant ainsi les résultats de Berg *et al*. (2013) et Schlenker et Lobell (2010). Il est intéressant de constater que ces variations en températures et précipitations projetées par les modèles et leur impact sur le rendement sont très différentes de ce que l'on a pu observer au cours du siècle. En effet, la figure 4 montre que les anomalies climatiques passées se distribuent selon un axe vertical dans le graphique (ce sont les anomalies de précipitations qui caractérisent les variations d'une décennie à l'autre), tandis que les projections futures s'étalent largement selon un axe horizontal (ce sont les variations de températures qui discriminent les projections). Les projections des décennies passées et futures et leur réponse en termes de rendement sont ainsi très distinctes dans le graphique, ce qui montre que le changement climatique et ses conséquences, tels qu'ils sont projetés par les modèles CMIP3 et CMIP5, vont être quelque chose de totalement nouveau, qui ne ressemble en rien à ce que l'Afrique a connu depuis le début du XX^{e} siècle. Ce résultat souligne ainsi l'ampleur du défi que sera (qu'est) l'adaptation au changement climatique : comment s'adapter à un monde inconnu (et de surcroît incertain) ?

Un contraste entre l'ouest et le centre du Sahel dans les scénarios de rendement

L'incertitude sur le devenir des précipitations en Afrique de l'Ouest est également un facteur très limitant pour affiner les projections futures de rendement en réponse aux changements environnementaux. En effet, il n'y a pas de consensus entre les modèles de climat quant à l'impact du réchauffement climatique sur les pluies au Sahel (Cook et Vizy, 2006 ; Druyan, 2010), certains modèles faisant état d'une possible aridification, d'autres d'une augmentation des pluies dans le futur. Néanmoins, quelques études récentes (Biasutti, 2013 ; Monerie *et al*., 2013, 2012 ; Patricola et Cook, 2010 ; Biasutti et Sobel, 2009) ont trouvé un signal robuste entre les différents modèles du CMIP3 et CMIP5 qui atteste d'un retard de la

mousson à l'ouest du Sahel et d'une augmentation des pluies à la fin de l'hivernage au centre du Sahel. Cette opposition entre l'ouest et le centre du Sahel en termes d'évolution des pluies ne se retrouve pas pour les températures qui montrent au contraire un réchauffement selon un gradient latitudinal avec les régions au nord du Sahel qui se réchauffent davantage que celles du Sud. L'augmentation des températures au milieu du XXIe siècle, pouvant dépasser +3 °C dans certaines localités, est si importante qu'il n'existera bientôt aucun analogue du climat africain dans l'histoire récente (Battisti et Naylor, 2009). Quantifier l'impact de ce décalage dans la saisonnalité de la mousson, qui se surimpose à l'effet négatif du réchauffement sur les cultures (Sultan *et al*., 2013 ; Roudier *et al*., 2011), peut se révéler particulièrement important pour l'identification de variétés de cultures (précoces ou tardives) ou de pratiques (retarder ou avancer les semis) à même de limiter les impacts du changement climatique.

La figure 4 montre la réponse des rendements du sorgho au changement climatique simulée par deux modèles agronomiques SARRA-H et APSIM (Sultan *et al*., 2014). On note que le changement climatique entraîne environ 12 % de pertes de rendement du sorgho au milieu du XXIe siècle sur l'ensemble du Sahel, ce qui est très cohérent avec les valeurs que l'on trouve dans la littérature (Roudier *et al*., 2011). Cependant, cet impact est très différent entre l'ouest et le centre du Sahel. En effet, à l'ouest du Sahel les pertes de rendement sont particulièrement importantes (autour de 19 %) en raison de la combinaison entre le réchauffement et la baisse des

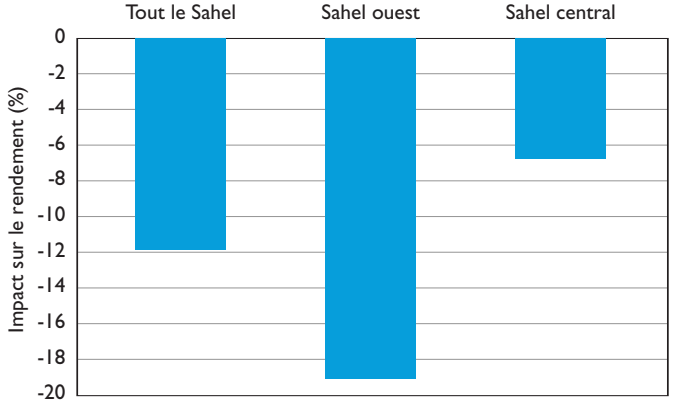


Figure 4.
Réponse simulée du rendement du sorgho au changement climatique. Changement relatif (%) de rendement moyen du sorgho entre les périodes 2031-2060 et 1961-1990 sous le scénario rcp8.5. Les résultats sont montrés en moyenne pour 9 GCM, deux modèles de cultures et trois variétés de sorgho. Les réponses sont calculées sur 13 stations réparties au Sahel (gauche), pour 6 stations à l'ouest du Sahel (milieu) et pour 6 stations au centre du Sahel (droite).
Source : d'après Sultan et al. (2014).

précipitations au début de la saison des pluies. Au centre du Sahel, la température et la précipitation agissent dans un sens opposé : le réchauffement entraîne des pertes de rendement, tandis que la hausse des pluies à la fin de la saison est favorable à la culture du sorgho. Néanmoins malgré une hausse des pluies, c'est l'augmentation des températures qui domine dans le signe des impacts du changement climatique au centre du Sahel, puisqu'on observe des pertes de rendement autour de 7 % au milieu du XXIe siècle. La comparaison entre la réponse du rendement du sorgho au changement climatique sous les deux scénarios de fertilisation montre qu'une augmentation de l'apport d'intrants rend la culture plus vulnérable aux changements de températures et de précipitations avec des pertes de rendement plus importantes lorsqu'on ajoute plus d'intrants. Ce résultat est cohérent avec de nombreuses études qui montrent que le risque climatique augmente avec l'intensification (voir par exemple AFFHOLDER, 1997).

Conclusions

Anticiper les fluctuations et les changements climatiques est d'une importance primordiale pour l'agriculture en Afrique soudano-sahélienne. La quantification des impacts agronomiques du changement climatique nécessite la mise en place d'une méthodologie souvent complexe avec des outils tirés de l'économie (scénarios d'émission, modèles de décision des ménages agricoles), de la science du climat (modèles et projections climatiques), de l'agronomie (modèles agronomiques) et de la statistique (régionalisation et correction de biais), ayant chacun leur part d'erreur et leurs limites. Malgré ces incertitudes, il a pu être montré une baisse plausible de la productivité des céréales dans le futur sous l'effet du réchauffement climatique. Cette baisse des rendements est particulièrement marquée dans l'ouest du Sahel où se combinent les effets d'une baisse des pluies et d'une hausse des températures à l'horizon 2050. Néanmoins, le défi à relever ne réside donc pas tant dans l'estimation déterministe et vraisemblablement inatteignable de l'évolution future des rendements, mais dans la quantification, la hiérarchisation et la réduction des incertitudes associées aux projections des impacts du changement climatique. Le cadre des nouveaux projets internationaux d'intercomparaison de méthodes de régionalisation (Cordex : Coordonated Regional Climate Downscaling Experiment) et d'intercomparaison des modèles agronomiques (AGMIP : Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project) marquera très certainement un tournant vers une meilleure prise en compte de cette incertitude à travers des études coordonnées dédiées aux impacts du climat sur l'agriculture qui étaient jusqu'alors menées de manière très isolée et fragmentée. Cependant, il ne faut pas attendre plus de certitudes pour d'ores et déjà réfléchir à des mesures d'adaptation qui soient à la fois scientifiquement pertinentes et socialement acceptables, le climat d'aujourd'hui ayant déjà un impact sur les ressources des populations rurales. Néanmoins, l'étude des vulnérabilités et de l'adaptation aux changements environnementaux nécessite

un dialogue entre les sciences biophysiques (climat, hydrologie, agronomie) et les sciences humaines (démographie, histoire, anthropologie, économie). Cette approche pluridisciplinaire est cruciale, lorsqu'on aborde la problématique de l'adaptation aux changements environnementaux où la réponse des sociétés est enchâssée dans des transformations sociales globales et où la variable climatique est loin d'être le seul et unique facteur de la vulnérabilité des sociétés sahéliennes.

Références

Affholder F., 1997
Empirically modeling the interaction between intensification and climatic risk in semi-arid regions.
Field Crops Research, 52 : 79-93.

Ainsworth E. A., Leakey A. D. B., Ort D. R., Long S. P., 2008
FACE-ing the facts: inconsistencies and interdependence among field, chamber and modeling studies of elevated [CO_2] impacts on crop yield and food supply.
New Phytologist, 179 : 5-9.

Barrios S., Ouattara B., Strobl E., 2008
The impact of climatic change on agricultural production: Is it different for Africa?
Food Policy, 33 : 287-298.

Battisti D., Naylor R. L., 2009
Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat.
Science, 323 (5911) : 240.
doi:DOI: 10.1126/science.1164363

Ben Mohamed A., Vanduivenbooden N., Abdousallam S., 2002
Impact of climate change on agricultural production in the Sahel – Part 1. Methodological approach and case study for millet in Niger.
Climatic Change, 54 : 327-348.

Berg A., Sultan B., De Noblet N., 2011
Including Tropical Croplands in a Terrestrial Biosphere Model: Application to West Africa.
Climatic Change, 104 (3-4) : 755-782.

Berg A., de Noblet-Ducoudré N., Sultan B., Lengaigne M., Guimberteau M., 2013
Projections of climate change impacts on potential crop productivity over tropical regions.
Agric. For. Meteorol., 170 : 89-102, ISSN 0168-1923, 0.1016/j.agrformet.2011.12.003

Biasutti M., 2013
Forced Sahel rainfall trends in the CMIP5 archive.
J. Geophys. Res. Atmos., 118 : 1613-1623.

Biasutti M., Sobel A. H., 2009
Delayed Sahel rainfall and global seasonal cycle in a warmer climate.
Geophysical Research Letters, 36 (23) : L23707.

Bondeau A., Smith P. C., Zaehle S., Schaphoff S., Lucht W., Cramer W., Gerten D., Lotze-Campen H., Müller C., Reichstein M., Smith B., 2007
Modelling the role of agriculture for the 20th century global terrestrial carbon balance.
Global Change Biology, 13 : 679-706.

Butt T., McCarl B., Angerer J., Dyke P., Stuth J., 2005
The economic and food security implications of climate change in Mali.
Climatic Change, 68 : 355-378.

CGIAR – Consultative Group on International Agricultural Research, 2009
Climate, agriculture and food security: A strategy for change.
Alliance of the CGIAR Centers.

Challinor A. J., Slingo J. M., Wheeler T. R., Craufurd P. Q., Grimes D. I. F., 2003
Toward a combined seasonal weather and crop productivity forecasting system: determination of the working spatial scale.
J. Appl. Meteorol., 42 : 175-192.

Challinor A., Wheeler T., Garforth C., Craufurd P., Kassam A., 2007
Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change.
Climatic Change, 83 : 381-399.

Chuku C., Okoye C., 2009
Increasing resilience and reducing vulnerability in sub-Saharan African agriculture: Strategies for risk coping and management.
African Journal of Agricultural Research, 4 : 1524-1535.

Collomb P., 1999
Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050.
Paris, Economica, 197 p.

Cook K., Vizy E., 2006
Coupled Model Simulations of the West African Monsoon System: Twentieth- and Twenty-First-Century Simulations.
Journal of Climate, 19 : 3681-3703.

Dai A., 2006
Precipitation Characteristics in Eighteen Coupled Climate Models.
Journal of Climate, 19 : 4605-4630.

de Noblet-Ducoudré N., Gervois S., Ciais P., Viovy N., Brisson N., Seguin B., Perrier A., 2004
Coupling the Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer Scheme Orchidee to the agronomy model STICS to study the influence of croplands on the European carbon and water budgets.
Agronomie, 24 : 397-407.

Dilley M., Chen R. S., Deichmann U., Lerner-Lam A. L., Arnold M., 2005
Natural disaster hotspots: a global risk analysis.
Disaster Risk Management Series, 5, Washington, DC, The World Bank.

Dingkuhn M., 1995
Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. 3. Characterizing environments by simulating crop phenology.
Agric. Sys., 48 : 435-456.

Dingkuhn M., Miezan K. M., 1995
Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel.
II. Validation of photothermal constants and characterization of genotypes.
Agric. Syst., 48 : 411-434.

Dingkuhn M., Sow A., Samb A., Diack S., Asch F., 1995
Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel.
1. Photothermal and micro-climatic responses of flowering.
Agric. Sys., 48 : 385-410.

Dingkuhn M., Baron C., Bonnal V., Maraux F., Sarr B., Sultan B., Clopes A., Forest F., 2003
« Decision support tools for rainfed crops in the Sahel at the plot and regional scale ».
In Struif Bontkes T. E., Wopereis M. C. S. (eds) : *Decision support tools for smallholder agriculture in sub-Saharan Africa–a practical guide*, Wageningen The Netherlands, CTA : 127-139.

Druyan L. M., 2010
Studies of 21st-century precipitation trends over West Africa.
International Journal of Climatology, 31 (10) : 1415-1424. DOI: 10.1002/joc.2180

FAO, 2003
The state of food insecurity in the world.
Rome, Food and Agricultural Organisation.

Hansen J. W., 2002
Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges.
Agricultural Systems, 74 : 309-330.

IPCC, 2014
« Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects ».
In Barros V. R., Field C. B., Dokken D. J., Mastrandrea M. D., Mach K. J., Bilir T. E., Chatterjee M., Ebi K. L., Estrada Y. O., Genova R. C., Girma B., Kissel E. S., Levy A. N., MacCracken S., Mastrandrea P. R., White L. L. (eds) : *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 688 p.

Knox J., Hess T., Daccache A., Wheeler T., 2012
Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia.
Environ. Res. Lett., 7 : 1-8.

Kurukulasuriya P., Mendelsohn R., 2008
A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland.
African Journal of Agricultural and Resource Economics, 2 : 1-23.

Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L., 2008
Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030.
Science, 319 : 607-610.

Long S. P., Ainsworth E. A., Leakey A. D. B., Morgan P. B., 2006
Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO_2 concentrations.
Science, 312 : 1918-1921.

Mendelsohn R., Nordhaus W. D., Shaw D., 1994
The impact of global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis.
American Economic Review, 84 : 753-771.

Molua E. L., 2009
An empirical assessment of the impact of climate change on smallholder agriculture in Cameroon.
Global and Planetary Change, 67 : 205-208.

Monerie P.-A., Fontaine B., Roucou P., 2012
Expected future changes in the African monsoon between 2030 and 2070 using some CMIP3 and CMIP5 models under a medium-low RCP scenario.
J. Geophys. Res., 117 (16) : D16111, doi:10.1029/2012JD017510.

Monerie P.-A., Roucou P., Fontaine B., 2013
Mid-century effects of Climate Change on African monsoon dynamics using the A1B emission scenario.
Int. J. Climatol., 33 : 881-896.
doi: 10.1002/joc.3476

Müller C., Bondeau A., Popp A., Waha K., Fader M., 2010
Climate change impacts on agricultural yields.
Background note to the World Development Report, 11 p.

Oram P. A., 1989
Sensitivity of agricultural production to climatic change, an update.
Climate and Food Security, IRRI, Manila, The Philippines : 25-44.

Paeth H., Hall N. M. J., Gaertner M. A., Alonso M. D., Moumouni S., Polcher J., Ruti P. M., Fink A. H., Gosset M., Lebel T., Gaye A. T., Rowell D. P., Moufouma-Okia W., Jacob D., Rockel B., Giorgi F., Rummukainen M., 2011
Progress in regional downscaling of west African precipitation.
Atmosph. Sci. Lett., 12 : 75-82.
doi: 10.1002/asl.306

Patricola C. M., Cook K. H., 2010
Northern African climate at the end of the twenty-first century: an integrated application of regional and global climate models.
Climate Dynamics, 35 : 193-212.

PNUD, 2004
Reducing disaster risk: a challenge for development.
UNDP global report, ed. M. Pelling.

Randall D. A., Wood R. A., Bony S., Colman R., Fichefet T., Fyfe J., Kattsov V., Pitman A., Shukla J., Srinivasan J., Stouffer R. J., Sumi A., Taylor K. E., 2007
« Climate models and their evaluation ».
In Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds) : *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*,
Cambridge University Press.

Roudier P., 2012
Climat et agriculture en Afrique de l'Ouest : quantification de l'impact du changement climatique sur les rendements et évaluation de l'utilité des prévisions saisonnières.
Thèse de doctorat, Paris, EHESS, 189 p.

Roudier P., Sultan B., Quirion P., Berg A., 2011
The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say?
Global Environ. Change, 21 (3) : 1073-1083.

Salack S., 2006
Impacts des changements climatiques sur la production du mil et du sorgho dans les sites pilotes du plateau central, de Tahoua et de Fakara.
CILSS, 33 p.

Schlenker W., Lobell D. B., 2010
Robust negative impacts of climate change on African agriculture.
Environmental Research Letters, 5 : 1-8.

Sultan B., Roudier P., Baron C., Quirion P., Muller B., Alhassane A., Ciais P., Guimberteau M., Traoré S. B., Dingkuhn M., 2013
Assessing climate change impacts on sorghum and millet yields in West Africa.
Environmental Research Letter, 8 : 9 p., doi:10.1088/1748-9326/8/1/014040.

Sultan B., Guan K., Kouressy M., Biasutti M., Piani C., Hammer G. L., McLean G., Lobell D. B., 2014
Robust features of future climate change impacts on sorghum yields in West Africa.
Environ. Res. Lett., 9 (10) : 1-13.

Tingem M., Rivington M., 2009
Adaptation for crop agriculture to climate change in Cameroon: Turning on the heat.
Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 14 : 153-168.

Tubiello F. N., Soussana J. F., Howden M., 2007 a
Crop and pasture response to climate change.
Proc. Nat. Americ. Soc., 104 : 19686-19690.

Tubiello F. N., Amthor J. S., Boote K. J., Donatelli M., Easterling W., Fischer G., Gifford R. M., Howden M., Reilly J., Rosenzweig C., 2007 b
Crop response to elevated CO_2 and world food supply: A comment on "Food for Thought…" by Long *et al*.
Science, 312 : 1918-1921, 2006.
European Journal of Agronomy, 26 : 215-223.

Vanduivenbooden N., Abdousallam S., Ben Mohamed A., 2002
Impact of climate change on agricultural production in the Sahel – Part 2. Case study for groundnut and cowpea in Niger.
Climatic Change, 54 : 349-368.

Zorita E., Von Storch H., 1999
The Analog Method as a Simple Statistical Downscaling Technique: Comparison with More Complicated Methods.
Journal of Climate, 12 : 2474-2489.

Partie III

Transformations sociétales des populations rurales



© J.-P. Rolland
Vendeuses de gari (farine de maïs) à Dassa (Bénin, 2013).

Introduction

Bénédicte Gastineau

Comment les sociétés rurales africaines vont-elles s'adapter aux risques et aléas climatiques à venir ? S'il existe encore une grande incertitude quant à l'ampleur des changements climatiques futurs à l'échelle de l'Afrique, il est acquis qu'ils auront lieu et que les sociétés devront faire face, les unes à des augmentations des températures, les autres à des modifications du calendrier des pluies, à des sols plus arides… L'analyse des pratiques des agriculteurs montre qu'ils ont une grande capacité d'adaptation et qu'ils n'ont eu de cesse d'innover pour faire face à la variabilité du climat et des ressources environnementales, mais aussi en réaction aux évolutions économiques, politiques et démographiques. Les sociétés rurales africaines sont des sociétés dynamiques : qu'elles soient agricoles ou pastorales, côtières, sahéliennes ou forestières, leur organisation socio-économique et leurs systèmes de production agricole sont en constante transformation et adaptation (Bourgeot, 1994 ; Carpentier et Gana, 2013 ; Rabearimanana et *al.,* 1994), ce qui leur permet le plus souvent de rester sur leur terroir malgré les risques et aléas environnementaux.

Face aux changements climatiques sans précédent annoncés par les travaux du Giec, les politiques, les sociétés civiles et les scientifiques s'interrogent sur la capacité des sociétés rurales à répondre aux futures évolutions environnementales (perte de fertilité des sols, modifications des régimes pluviométriques, etc.), voire à les anticiper (Inter-réseaux, 2010 ; BAD, 2012). Le programme Escape s'inscrit dans cette réflexion. Les chercheurs en sciences sociales de ce programme s'interrogent sur les dynamiques sociales en interaction avec les dynamiques environnementales. Cela nécessite de relever un « défi méthodologique » pour rendre compte des dynamiques qui se jouent à des échelles spatiales et temporelles bien différentes. Comment

observer des changements locaux (à l'échelle d'une commune, d'un ménage, d'une exploitation…) en lien avec des changements globaux (à l'échelle continentale, voire mondiale) ? Peut-on isoler « l'impact environnemental » de tous les autres éléments du contexte (économiques, culturels) dans les évolutions observées dans les sociétés rurales ?

Pour analyser au mieux les interactions – plus que les relations – entre les populations rurales africaines et leur environnement, le programme Escape a privilégié une approche interdisciplinaire, y compris au sein des sciences sociales. Le travail commun de démographes, d'anthropologues, de sociologues, de géographes et d'historiens permet de développer une réflexion intégrant les différentes échelles temporelles et spatiales tout en articulant différentes unités d'observation : l'exploitation, la parcelle, le village, la famille ou même l'individu. L'interdisciplinarité permet également de montrer que la relation entre changements environnementaux et changements sociaux n'est ni « mécanique », ni « systématique » et qu'il y a nécessité d'une interface ou d'une médiation, par exemple entre les modes de production ou les modes de consommation (Sghaïer et Picouët, 2004 ; Véron, 2013).

C'est ainsi que le chapitre 11 rappelle que les sociétés africaines rurales ont toujours fait preuve d'une grande capacité d'adaptation aux changements environnementaux en modifiant leurs pratiques agricoles. Comparant les situations de Niakhar (Sénégal) et de Djougou (Bénin), le chapitre 12 montre, en effet, que les systèmes de production ne sont pas immuables et que les agriculteurs utilisent actuellement des systèmes de production « hybrides », entre système extensif et système intensif. Ces innovations dans les systèmes de production agricole peuvent être vues comme une réponse à des changements environnementaux, mais elles sont aussi une réponse à des changements économiques et/ou sociaux, comme le besoin de numéraire lié à de nouvelles formes de consommation (moto, téléphone, amélioration de l'habitat). Cette transition agraire « sans rupture » repose sur les savoir-faire des paysans et mobilise les capacités d'adaptation endogènes des sociétés rurales.

Les réponses des individus et des familles à des changements de l'environnement peuvent prendre des formes multiples et ne se limitent pas au champ agronomique. Dans le programme Escape, les chercheurs ont mis l'accent sur la complexité des sociétés et sur la variabilité des réponses aux changements, réfutant ainsi un lien de causalité directe entre variation climatique, raréfaction des ressources naturelles ou baisse de la fertilité des sols par exemple et comportements sociodémographiques.

Les migrations en sont un bon exemple : les migrants ne se déplacent pas sous la contrainte d'un seul facteur (changement ou choc climatique par exemple), mais d'un ensemble complexe de facteurs (économiques, sociaux, démographiques…). C'est ce qu'illustrent parfaitement le chapitre 13 pour le Mali et le Bénin, le chapitre 14 pour le Sénégal, et le chapitre 15 pour le Niger. Les changements environnementaux peuvent certes intensifier les mouvements migratoires ou en changer quelques modalités (le calendrier et la durée par exemple), mais les ruraux quittent leur village pour de multiples raisons : désir d'autonomie des jeunes, hommes et femmes, et/ou recherche d'un emploi pour avoir du numéraire (pour se constituer une dot, financer un projet sur l'exploitation, la scolarité d'un enfant…) et/ou stratégie

de diversification des revenus des ménages, etc. Les migrants sont en retour des vecteurs de transformation des sociétés rurales, à travers les savoirs acquis en migration, les investissements agricoles ou non agricoles rendus possibles grâce à l'argent des migrations, etc. La mobilité des ruraux n'est pas un échec de l'adaptation à des changements climatiques, mais bien une composante de l'adaptation parmi d'autres et, d'ailleurs, la migration ne signifie pas toujours l'abandon de l'activité agricole.

Ce qu'illustrent très bien les chapitres de cet ouvrage, c'est l'importance des jeux d'échelles. Les résultats du programme Escape confirment la nécessité de replacer les questions liées au climat ou aux changements environnementaux – dont les enjeux sont souvent macro – dans le temps, l'espace et les contextes locaux. Le chapitre 16 porte par exemple un regard rétrospectif sur près de deux siècles d'évolution de la société touareg dans l'Imanan au Niger. Les auteurs font ainsi une lecture des transformations des pratiques agricoles et d'élevage à travers l'histoire de la colonisation et des luttes politiques, sans pour autant oublier le rôle des chocs et changements climatiques, notamment des sécheresses des années 1970 et 1980.

Références

BAD, 2012
Les solutions pour les changements climatiques. La réponse de la Banque africaine de développement aux impacts en Afrique.
Banque africaine de développement, 50 p.
http://www.afdb.org/
consulté le 1er juin 2015

Bourgeot A., 1994
« Une rupture du couple écologie-économie : la crise du pastoralisme touareg ».
In Blanc-Pamard C., Boutrais J., éd. : *À la croisée des parcours : pasteurs, éleveurs, cultivateurs,*
Paris, Orstom éditions,
coll. Colloques et séminaires : 63-78.

Carpentier I., Gana Al, 2013
« Les oasis de Tozeur et Chenini Gabès : diversité et durabilité des formes de valorisation à l'ère de la mondialisation et des crises du développement ».
In : *Oasis dans la mondialisation : rupture et continuité,*
http://irmc.hypotheses.org/1658 : 105-112.

Inter-réseaux, 2010
Agricultures et aléas climatiques : du terrain aux politiques.
Grains de Sel, la revue d'Inter-réseaux,
Agence française de développement,
n° 49, 40 p.

Rabearimanana G., Ramamonjisoa J., Rakoto-Ramiarantsoa H., Raison J.-P., dir., 1994
Paysanneries malgaches dans la crise.
Paris, Karthala, 385 p.

Sghaïer M., Picouët M., 2004
« Dynamique des populations et évolution des milieux naturels en Tunisie ».
In Picouët *et al.,* éd. : *Environnement et sociétés rurales en mutation,*
Paris, IRD Éditions,
coll. Latitudes 23 : 45-61.

Véron J., 2013
Démographie et écologie.
Paris, La Découverte,
coll. Repères, n° 614, 128 p.

Chapitre 11

Populations rurales face aux aléas environnementaux

Expériences africaines

Bénédicte Gastineau, Moustapha Gibigaye, Frédéric Kosmowski, Agnès Adjamagbo, Théodore Houngbégnon

Si les sciences exactes et expérimentales (mathématiques, climatologie, océanographie, géomorphologie) ont un rôle capital à jouer dans les prévisions et l'analyse du climat passé et futur, il en va de même pour les sciences sociales dont le rôle est d'éclairer les dimensions sociales et humaines de ces changements. Une des notions fréquemment utilisées par les sciences sociales sur cette question est l'adaptation[1] : il s'agit d'analyser comment les populations s'adaptent aux changements et aléas environnementaux (variations interannuelles des pluies de plus en plus fortes, perte de la fertilité du sol, raréfaction des ressources foncières, forestières, hydrologiques, etc.). Plus qu'au climat *stricto sensu*, c'est à l'environnement au sens large que les sciences sociales se sont surtout intéressées pour montrer comment les sociétés rurales s'organisent, s'adaptent pour survivre dans des contextes incertains et aléatoires.

Dans la première partie de ce chapitre, nous rendrons compte de travaux de recherche sur cette question. Nous reviendrons sur trois résultats des sciences sociales : tout d'abord, sur l'adéquation entre gestion des ressources environnementales et formes d'organisation sociale et familiale dans les sociétés rurales, ensuite sur le fait que l'adaptation est une caractéristique ancienne de ces sociétés et, enfin, sur la complexité des formes d'adaptation. Nous appuierons notre démonstration par des résultats de recherche sur des terrains africains d'une grande diversité : de Madagascar aux oasis du Sahara en passant par l'Afrique de l'Ouest (Sénégal et Côte d'Ivoire).

1. Usuelle en sciences sociales ou en anthropologie, la notion d'adaptation s'impose également via le Giec et les responsables politiques dans le cadre du changement climatique. Il y a un certain consensus sur la nécessité de mettre en œuvre à destination des populations du Sud des programmes, des projets d'adaptation aux changements climatiques.

Dans une seconde partie, nous présenterons les résultats d'une enquête originale menée dans la commune de Djougou au Bénin. Il s'agit d'analyser à un niveau micro ce que peuvent être les stratégies économiques et démographiques d'une population rurale qui doit s'adapter à des contextes environnementaux, sociaux ou économiques changeants. Nous mettrons l'accent sur la complexité du lien entre changement environnemental et changement social.

Environnement et adaptation des populations rurales en Afrique

Adéquation entre gestion des ressources environnementales et formes d'organisation sociale et familiale

Les travaux en sciences sociales sur les relations entre les sociétés et le climat ou l'environnement mettent en évidence une « adéquation » (Janty, 2013), une « intimité » (Peyrusaubes, 2013) entre la gestion des ressources naturelles et les formes d'organisation sociale et familiale.

La gestion de l'eau dans les oasis subsahariennes illustre clairement la façon dont les populations se sont organisées pour survivre malgré la rareté des ressources. Les agriculteurs oasiens ont ainsi mis au point des techniques de production adaptées aux conditions locales, mais également des formes d'organisation sociale en adéquation étroite avec celles-ci (Guillermou, 1993). Les oasis nécessitent une main-d'œuvre nombreuse pour l'entretien des galeries et des canaux. C'est un travail contraignant et peu valorisant. La main-d'œuvre chargée de l'entretien du réseau d'irrigation a été constituée d'abord d'esclaves, puis de domestiques ou à défaut des cadets des familles (Baduel, 1980). La gestion de l'eau impose donc que la société oasienne repose sur une hiérarchisation des individus, y compris au sein des familles. Ce mode de production cache un véritable système d'exploitation, notamment des cadets par les aînés. Lorsque la main-d'œuvre servile vient à manquer, c'est tout le système de production agricole qui est alors compromis.

La gestion de l'eau ne peut pas se faire sans consensus dans la population car les individus sont extrêmement dépendants les uns des autres. Si certains canaux ne sont plus entretenus, cela remet en cause l'alimentation en eau de toutes les parcelles. Il faut un minimum de cohésion, de coopération, mais aussi de sanction, pour que le système d'irrigation perdure. Dans ce contexte, les individus sont dépendants de la famille élargie. Les générations cohabitent et les hommes, particulièrement les aînés, dirigent. La fécondité est forte, avec une prédilection pour les naissances masculines, et le mariage est endogamique, avec une nette préférence pour les mariages entre cousins germains (Gastineau, 2007). Dans les oasis, la maîtrise de l'eau, ressource rare, est la base de l'organisation sociale mais, dans des milieux où la disponibilité en eau n'est pas un problème, les règles peuvent être très différentes. Prenons

l'exemple de la riziculture à Madagascar où, là aussi, l'irrigation est un enjeu fort. Bied-Charreton (1970) décrit, dans la région de Betafo (Hautes-Terres), une gestion anarchique de la ressource : il n'y a pas de collaboration entre les agriculteurs (même voisins), ni de règlements concernant les droits de partage de l'eau ; des canaux coulant parallèlement ou se chevauchant sont même observés. La gestion de l'eau n'est pas structurante socialement comme on a pu le voir dans les oasis. Sur les Hautes-Terres malgaches, c'est la disponibilité et la mobilité des parcelles, des rizières, qui constituent les composantes fortes de l'environnement naturel autour desquelles se forme la trame de l'organisation sociale. Les ménages disposent de surfaces exploitables très faibles, ils ont donc intérêt à être de petite taille. Les enfants au moment de leur mariage constituent vite un nouveau ménage. Les générations ne cohabitent pas, les propriétés sont individuelles et une exploitation correspond à un couple (Ottino, 1998). Les femmes héritent et elles apportent leurs parcelles à l'exploitation de leur mari. Si une femme dispose de plus de capital foncier que son mari, il est possible que ce soit l'homme qui rejoigne le village de sa femme et non l'inverse (Blanchy, 2000). Les mariages sont d'ailleurs exogames. Les relations entre les hommes et les femmes et entre les générations sont de fait bien différentes de celles observées dans les oasis du Sahara.

Ces deux exemples, les oasis sahariennes et les Hautes-Terres malgaches, permettent d'illustrer la forte adéquation entre les ressources naturelles et les formes d'organisation sociale et familiale. Ils rappellent également que s'il y a, en Afrique, une grande diversité des climats et des ressources naturelles, il y a aussi une très grande diversité des structures familiales et des sociétés. Les réponses des individus, des familles et des sociétés aux aléas environnementaux vont pouvoir prendre des formes multiples et ne pas s'inscrire uniquement dans le champ agronomique.

Adaptation : une histoire ancienne et sans cesse renouvelée

Nous sommes aujourd'hui devant un défi environnemental inédit, dont il est difficile de prévoir les conséquences à long et même à court terme sur les sociétés. Toutefois, nous pouvons mobiliser les expériences passées pour imaginer ce que pourraient être les réponses politiques, sociales ou démographiques à l'intensification des aléas et des chocs environnementaux (sécheresses, inondations, ouragans par exemple).

Face à un choc ou aléas environnemental, les sociétés apportent différents types de réponse. La première, et la plus visible des formes d'adaptation, consiste à migrer, à partir s'installer ailleurs. Ces migrations dites environnementales peuvent répondre à des événements climatiques inopinés et violents ; ainsi, des ouragans, des pluies diluviennes peuvent provoquer des déplacements massifs de population (IOM, 2007). Ces mobilités en situation d'urgence sont généralement internes. Les populations ne partent pas très loin, et les individus aspirent souvent à revenir une fois la crise passée.

Une dégradation lente de l'environnement, la répétition de chocs climatiques (comme des sécheresses par exemple) peuvent aussi conduire à des déplacements de population. On peut citer ici l'exemple de la région du bassin arachidier sénégalais où, dès les années 1970, la baisse chronique de la pluviométrie associée à une forte

croissance démographique ont conduit à une intensification du travail agricole bouleversant l'équilibre agropastoral basé sur une culture rotative et l'utilisation de la jachère désormais abandonnées. La baisse de fertilité des sols et la pénurie de terres ont contraint les populations à trouver des solutions pour survivre, notamment les migrations saisonnières qui sont devenues progressivement une véritable institution dans cette région (LERICOLLAIS, éd., 1999).

La migration peut donc faire partie intégrante des pratiques d'adaptation aux contraintes environnementales. Dans les régions de production de cacao en Côte d'Ivoire notamment, des études ont montré comment la déforestation et la surexploitation des terres ont entraîné une dégradation durable des sols, obligeant les paysans à coloniser sans cesse de nouvelles terres plus fertiles pour assurer leur production (LÉONARD, 1997 ; RUF, 1991). Durant toute la seconde moitié du XX^{e} siècle, on assiste ainsi, dans le pays, au déplacement d'un formidable front pionnier de la culture cacaoyère d'est en ouest. Ces stratégies de colonisation foncière mises en œuvre par les cultivateurs ont reposé sur des pratiques sociales favorisant la polygamie, une forte fécondité, ainsi que la captation de la main-d'œuvre venue d'autres régions du pays ou de l'étranger (GUILLAUME *et al.*, éd., 1997) ; mais la Côte d'Ivoire est alors un vaste territoire couvert de forêt primaire très fertile avec une faible densité de population[2].

Toutefois, un choc environnemental ou des aléas de plus en plus nombreux n'intensifient pas systématiquement les flux migratoires. La migration est, en effet, souvent envisagée par les populations en dernier ressort (BRUCKER *et al.*, 2012). Quelles sont alors les autres adaptations possibles ?

En Côte d'Ivoire, les riziculteurs confrontés à des variations pluviométriques interannuelles de plus en plus fortes ont mis au point différentes stratégies d'adaptation qui vont de la modification du calendrier cultural à la diversification des cultures (manioc, maïs, igname, etc.). Ils ont ainsi introduit dans leur régime alimentaire de nouveaux aliments et des préparations culinaires appartenant à d'autres groupes ethniques (DOUMBIA et DEPIEU, 2013). Les agriculteurs renouvellent constamment leurs savoirs, leurs pratiques avec pour objectifs la minimisation des risques climatiques et une meilleure maîtrise des ressources afin d'assurer leur sécurité alimentaire. Les adaptations peuvent être endogènes ou proposées par l'État ou des acteurs privés. Les agriculteurs s'en saisissent, se les approprient et éventuellement les modifient jusqu'à ce qu'elles puissent être acceptables dans leur contexte social et économique.

L'émergence des exploitations agricoles centrées sur la cellule familiale nucléaire, composée d'un homme, de son (ou ses) épouse(s) et leur(s) enfant(s), est considérée comme un des traits sociaux structurants du développement des sociétés d'économie de plantation, en Afrique tout particulièrement (QUESNEL et VIMARD, 1999 ; CHAUVEAU et DOZON, 1985). Ainsi, l'autonomie croissante des familles conjugales

2. Cependant, dès les années 1980, les conditions changent : face à l'ampleur de la déforestation dans le pays, l'État met en place des politiques de protection de la forêt ; la progression du front pionnier se heurte, à l'ouest, à ses limites naturelles et, surtout, la baisse drastique des cours du café et du cacao sur les marchés internationaux ont progressivement rendu leur culture peu rentable.

(en opposition à la corésidence des générations et des fratries) sur les Hautes-Terres malgaches est un exemple pouvant être interprété comme étant une adaptation. La superficie des terres disponibles, la fréquence des chocs climatiques déterminent en partie les effectifs des groupes résidentiels. Si les conditions de production ne permettent plus de faire travailler et de nourrir l'ensemble des individus d'un ménage, l'unité résidentielle se divise : le départ temporaire ou définitif d'un ou plusieurs membres peut être décidé. Les « mauvaises années » (trop de pluie ou pas assez, un ouragan avec une période de soudure trop longue…), les ménages mettent en œuvre diverses stratégies : la déscolarisation et le recours au travail des enfants sont deux « variables d'ajustement » fréquemment mobilisées par les ménages en cas de choc inattendu (Robilliard *et al.*, 2010). À l'inverse, si au regard des ressources, l'effectif de l'unité résidentielle est insuffisant, les ménages agricoles peuvent décider d'adopter définitivement ou d'accueillir des enfants de la parentèle, de faire appel à des personnes étrangères pour travailler sur l'exploitation ou de retarder le mariage des jeunes adultes pour qu'ils restent travailler sur l'exploitation. Ceci suppose que les formes d'organisation sociale et familiale soient relativement souples. Les leviers de l'adaptation, à Madagascar comme ailleurs en Afrique, sont donc multiples (Brucker *et al.*, 2012) : mobilité, modification de l'âge du mariage et/ou des règles d'héritage et de résidence, confiage ou accueil d'enfants, (dé)scolarisation des enfants et même la fécondité n'y échappe pas (Adjamagbo et Delaunay, 1998 ; Delaunay, 1994).

S'adapter : à quoi et comment ?

Les études nous montrent la complexité des sociétés humaines et la grande variabilité des réponses aux changements environnementaux. L'adaptation se révèle être un processus incessant de recomposition des conditions de production agricole, des formes d'organisation familiale et sociale sous l'effet, certes de chocs ou de changements climatiques ou environnementaux, mais aussi de divers autres facteurs socio-économiques, politiques, institutionnels. Il convient donc d'être prudent : il ne s'agit pas d'établir un lien déterministe entre « changement environnemental », « perception de ces changements », « modification des techniques et productions agricoles » et « changement social ». Il est en effet difficile d'isoler l'impact des conditions environnementales des impacts des autres facteurs possibles de changements. Ainsi, la question des migrations est complexe. Il existe des dynamiques migratoires environnementales mais de nombreux autres facteurs influencent les choix migratoires des ménages (Brucker *et al.*, 2012). Au Yémen, une étude récente portant sur des régions où le changement climatique a déjà un impact sur les conditions de vie des populations montre que la très large majorité des migrations est d'abord motivée par des facteurs socio-économiques et non par des facteurs environnementaux (Joseph et Wodon, 2013). De même, au Burkina Faso, Henry *et al.* (2004) démontrent toute la complexité et la diversité des causes et des modalités des migrations. Il n'y a pas de lien direct avéré entre les conditions pluviométriques (et plus généralement les conditions climatiques) et l'intensité de la migration en milieu rural burkinabé, y compris dans les zones de sécheresse où l'on aurait pu

s'attendre à ce que le stress climatique soit une motivation importante des départs des populations. Des caractéristiques telles que l'ethnie, le type d'activité, le niveau d'éducation sont par contre clairement identifiées comme étant des variables individuelles explicatives de la migration (Henry *et al.*, 2004).

En Afrique, les populations agricoles font face à un grand nombre de contraintes dont leur vie sociale et familiale et leurs pratiques agricoles dépendent : des contraintes aussi diverses que la volatilité des prix agricoles, l'accès limité aux intrants ou aux semences, des problèmes de gouvernance politique locale ou nationale, un accès restreint aux services de base de santé ou d'éducation, des réseaux routiers déficients, des problèmes de sécurité. Les changements dans les pratiques agricoles ou dans les comportements démographiques observés dans les populations rurales sont donc « multifactoriels ». Les aléas environnementaux ne sont ainsi qu'une des multiples contraintes auxquelles les populations doivent faire face.

La synthèse des résultats de recherche présentée ici plaide pour une prise en compte de la complexité de la relation entre changement social, aléas et changements environnementaux. En guise d'illustration de cette complexité, nous allons maintenant présenter les résultats d'une recherche menée en milieu rural béninois.

Cette recherche a été développée dans le cadre du programme « Changements environnementaux et sociaux en Afrique : passé, présent et futur » (Escape)[3].

Des stratégies pour faire face aux aléas environnementaux (commune de Djougou)

La commune de Djougou est située au nord du Bénin, dans le département de la Donga, à environ 461 km de Cotonou, capitale économique. En 2012, elle comptait 266 522 habitants (Insae, 2013). En 2011, 40 % de la population de la commune vit en dessous du seuil de pauvreté[4], soit 10 points de plus qu'en 2009 (Insae, 2012). L'accès aux soins de santé reste difficile[5]. En moyenne, 8,8 km séparent les ménages des centres de santé[6] et le coût des soins est un obstacle. De même, l'accès à l'enseignement public n'est pas toujours facile à Djougou (manque de classes, d'enseignants).

3. Escape est un programme financé par l'ANR CEP&S 2010. Il regroupe 8 laboratoires de recherche de plusieurs institutions françaises (IRD, Cirad, CNRS, etc.) et des partenaires au Sud (université Cheikh Anta Diop au Sénégal, Agrymet et Lasdel au Niger, Ceforp au Bénin, direction nationale de la Météorologie au Mali, etc.).

4. Le seuil, défini par l'Institut national de la statistique et de l'analyse économique (Insae), est de 138 754 FCFA par individu et par an en 2009 et de 120 839 FCFA en 2011.

5. Au plan sanitaire, la commune de Djougou fait partie d'une zone composée de trois communes : Djougou-Copargo-Ouaké. Les 22 arrondissements que compte cette zone sanitaire disposent chacun d'au moins un centre de santé publique.

6. Ministère de la Santé (2013), annuaire des statistiques sanitaires.

Cependant, les taux bruts de scolarisation à l'école primaire[7] (115 % en 2011-2012) y sont assez comparables à ceux de l'ensemble du Bénin (120 %) (ministère des Enseignements maternel et primaire, 2012). Les taux d'achèvement du cycle primaire[8] sont eux plus faibles à Djougou qu'au niveau national (63 % contre 71 %), surtout pour les filles (52 % contre 66 %) (ministère des Enseignements maternel et primaire, 2012). Moins de 30 % des adultes (plus de 18 ans) sont alphabétisés (45 % pour le Bénin) (INSAE, 2012).

L'économie de la commune de Djougou repose essentiellement sur l'agriculture. Environ 75 % des ménages sont des exploitants agricoles (INSAE, 2013). Avec un climat de type soudano-guinéen, une saison pluvieuse (avril à octobre) et une saison sèche (mi-octobre à mi-avril), les principales cultures spéculatives sont le maïs, l'igname, le mil, le manioc et le sorgho, mais aussi le soja et le niébé[9]. Se développent également des cultures de rente telles que les noix d'anacarde, les noix de karité et le néré. Certains ménages font du maraîchage autour des retenues d'eau et dans les bas-fonds. L'élevage des bovins et des petits ruminants (caprins, ovins) est une activité marginale à l'échelle de la commune de Djougou. La majorité des exploitants sont propriétaires de leurs terres (75 % des ménages en 2013). Les exploitations sont de taille restreinte : la superficie moyenne emblavée est estimée à moins de 3 ha durant la saison 2012 (INSAE et MAEP, 2013).

La position stratégique de « ville-carrefour et de transit » qu'occupe la commune de Djougou est un atout fondamental pour le commerce et, notamment, pour l'écoulement des produits issus des activités agricoles et de transformation. En effet, après l'agriculture et l'élevage, le commerce de produits manufacturés, de produits agricoles et d'animaux est la deuxième activité économique de Djougou. Par ailleurs, plusieurs marchés à caractère régional existent dans la commune (Djougou, Kolokondé, Partago, Bougou, Kpaouya) et sont fréquentés par les commerçants des communes avoisinantes et de certains pays limitrophes. L'écoulement des produits issus des activités agricoles ne doit donc pas poser de difficultés pour les producteurs si les filières agricoles sont suffisamment organisées.

À Djougou, les conditions climatiques et environnementales peuvent être considérées comme favorables à l'agriculture. La ville n'a pas connu de variations pluviométriques fortes ces dernières années. Le cumul annuel de précipitations n'a pas évolué depuis 1993. Il est supérieur à ce qui avait été observé pour la décennie précédente marquée par de grandes sécheresses (années 1980), mais inférieur au cumul des années 1960 et 1970. La quantité annuelle de pluies est stable depuis le début des années 1990, mais avec de fortes variations annuelles et des modifications des dates de début et de fin de la saison sèche. Les températures ont, quant à elles, tendance à augmenter, principalement la nuit (+ 1,2 °C à Djougou depuis 1950) et à la fin de la saison

7. Il s'agit du rapport entre le nombre des élèves fréquentant les écoles primaires, quel que soit leur âge, et la population ayant l'âge officiel de scolarisation primaire (6-11 ans). Comme des enfants ayant dépassé l'âge officiel (11 ans) sont inscrits à l'école primaire (soit parce qu'ils sont entrés tard à l'école, soit parce qu'ils ont redoublé), ce taux brut peut être supérieur à 100.

8. Pourcentage des enfants ayant l'âge officiel de la fin du primaire (11 ans) ayant achevé le primaire.

9. En 2012, 91 % des exploitants de la commune cultivaient du maïs, 79 % de l'igname, 62 % du manioc, 53 % du sorgho, 44 % du mil (Insae et Maep, 2013).

sèche, c'est-à-dire au début de la saison agricole. Ces changements ont déjà amené les paysans à transformer certaines de leurs pratiques agricoles. À Djougou, comme ailleurs au Bénin, les exploitants montrent une capacité à s'adapter (KPADONOU *et al.*, 2012). Par exemple, l'adoption récente de variétés de maïs à cycle court par les agriculteurs de Djougou peut être interprétée comme une adaptation aux changements de contextes environnementaux (chap. 17, ce volume).

Les données produites dans le cadre d'Escape nous permettent de montrer que les agriculteurs surmontent les aléas environnementaux, certes par des adaptations agricoles, mais aussi par des stratégies socio-économiques ou démographiques. Toutefois, si leurs capacités d'adaptation sont réelles et multiples, on peut supposer qu'elles se fragilisent si les aléas environnementaux s'accentuent, au regard du contexte que nous avons décrit précédemment (accès à la santé et à l'éducation limité, pauvreté fréquente, taux d'alphabétisation faibles).

Dans le cadre d'Escape, nous avons enquêté 1 120 ménages répartis sur une zone de 2 km à l'est et à l'ouest d'un transect tracé au nord et au sud de la ville de Djougou (à l'exception du centre-ville). Le ménage est un groupe d'individus, avec ou sans lien de parenté, qui résident dans un même espace. C'est également le lieu d'un grand nombre de décisions, dont celles qui concernent l'exploitation agricole par un chef d'exploitation. Nous avons mené des enquêtes sociodémographiques et agricoles au sein des ménages en interrogeant les chefs de ménage (1 120) puis les individus identifiés comme responsables d'une exploitation (1 232). Un responsable d'exploitation est une personne qui a exploité au moins une parcelle au cours des trois dernières saisons des pluies en étant responsable de l'organisation du travail et du choix des spéculations.

Pour chacun des ménages, nous disposons d'informations sur leur composition (nombre de membres, lien de parenté avec le chef de ménage), ainsi que certaines caractéristiques des individus (âge, sexe, activité, niveau de scolarisation, etc.). Nous avons aussi collecté quelques données agricoles au niveau du ménage (surfaces des terres possédées, cultivées, pratique de la jachère). Ensuite, chaque chef d'exploitation a été interrogé sur ses pratiques agricoles (type de cultures, modifications des variétés au cours des 10 dernières années, introduction de nouvelles spéculations, évolutions des surfaces cultivées, etc.) et sur sa perception des aléas et changements environnementaux (pluies, vents, températures), etc.

Résultats

Des ménages de grande taille mais une réserve de main-d'œuvre assez faible

À Djougou, les ménages sont composés en moyenne de 8,3 individus. Le plus souvent, cohabitent un homme (désigné chef de ménage), son (ou ses) épouse(s),

leur(s) enfant(s), auxquels peuvent s'ajouter un frère et sa famille. La taille élevée[10] des ménages tient notamment au fait que la polygamie est fréquente à Djougou : un tiers des chefs de ménage a une seconde épouse. Elle s'explique également par une forte fécondité : un chef de ménage déclare en moyenne 8,7 enfants nés vivants[11].

L'activité agricole repose essentiellement sur la main-d'œuvre familiale ; la proportion d'exploitations qui font appel à des salariés agricoles reste inférieure à 50 % quelle que soit la culture, à l'exception des productions destinées à la vente telles que le soja, l'arachide et le coton. La taille et la composition du ménage sont donc une donnée importante. On compte, en moyenne, 4,7 adultes (de plus de 15 ans) résidents ; toutefois, parmi eux, seul 1,4 se déclare actif agricole. Les autres sont soit scolarisés pour les plus jeunes, soit inactifs, soit engagés dans d'autres activités. Les femmes, notamment, sont très majoritairement investies dans des activités non agricoles : 63 % sont en activité au moment de l'enquête, parmi lesquelles 72 % exercent une activité non agricole. Elles font principalement du commerce (notamment de produits agricoles transformés) et de l'artisanat. Parmi les hommes en activité (82 % des plus de 18 ans), 88 % sont agriculteurs et/ou éleveurs. L'activité non agricole des femmes ou de certains jeunes adultes peut être perçue comme une stratégie de pluri-activité et de diversification des revenus du ménage. Les revenus des femmes permettent ainsi au ménage de disposer de numéraire (pour des dépenses de santé, de scolarisation, d'achats de biens durables tels que les vêtements, etc.). Cependant, le travail des femmes à l'extérieur des exploitations familiales reste dépendant des conditions environnementales, et leurs activités peuvent aussi être affectées par les aléas environnementaux. C'est le cas par exemple des femmes, aidées par des projets de développement et organisées quelques fois en association, qui font du beurre de karité.

Une priorité : la sécurité alimentaire du ménage

Les chefs d'exploitation doivent donc organiser le travail agricole avec une main-d'œuvre relativement restreinte. Tenant compte de cette contrainte, ils organisent leur travail et font des choix de cultures spéculatives qui leur permettent avant tout de produire suffisamment pour nourrir leur famille. La sécurité alimentaire reste la priorité. C'est pourquoi, au cours de la saison des pluies 2012, plus de 80 % des exploitants cultivent du maïs (85 %), de l'igname (83 %) ou du manioc (60 %). Les cultures de rente comme le soja ou le coton ne sont pas la priorité : elles sont cultivées, respectivement, par 25 % et 20 % des ménages. L'élevage est une activité assez peu développée : 31 % des exploitants possèdent au moins un mouton et 16 % possèdent au moins un bœuf au moment de l'enquête.

Lorsque la récolte est suffisante, les ménages peuvent commercialiser leur production, même vivrière : ainsi, au cours de la saison précédant l'enquête, un peu moins de la

10. En 2011, la taille moyenne des ménages ruraux au Bénin est de 5,3 individus et de 7,1 pour l'ensemble du département de la Donga (Insae, 2012)

11. L'indice synthétique de fécondité est de 4,9 pour le Bénin et de 4,7 pour l'ensemble de la Donga en 2012 (enquête démographique et de santé).

moitié des producteurs ont vendu une partie de leur production d'igname et de maïs. Certaines exploitations agricoles auront des excédents tous les ans, d'autres uniquement les bonnes années. Les bonnes et les mauvaises années dépendent bien sûr des conditions climatiques, mais aussi de la dynamique du ménage. Une maladie ou un décès d'un membre du ménage peut également remettre en cause la production agricole : l'argent réservé à l'achat d'intrants peut par exemple être utilisé pour payer des soins, des obsèques ; le décès brutal d'un adulte prive aussi le ménage de main-d'œuvre.

Toutefois, moins de 15 % des ménages déclarent dans l'enquête avoir manqué de nourriture pour alimenter le ménage en 2010, 2011 (10 %) et 2012 (9 %). La sécurité alimentaire est donc globalement assurée dans cette zone d'enquête[12], soit parce que les agriculteurs produisent suffisamment pour leur production, soit parce qu'ils disposent de revenus suffisants pour acheter des aliments lorsque leur production est insuffisante.

Diversifier les revenus : une stratégie nécessaire qui ne doit pas concurrencer l'activité agricole

Dans cette population où l'épargne monétaire est très rare, les revenus non agricoles sont essentiels pour faire face à un aléa climatique ou à un choc démographique (décès ou maladie). La diversification des revenus n'est pas une spécificité béninoise ni une stratégie nouvelle. Ce sont le maintien et l'adaptation continue d'un portefeuille d'activités qui caractérisent aujourd'hui les stratégies des ménages ruraux des pays pauvres (Ellis, 2008). Cette diversification est une réponse possible à la variabilité interannuelle des rendements agricoles et donc des revenus agricoles ; elle permet de limiter les risques inhérents à l'agriculture. La pluri-activité peut se faire, soit par la spécialisation des individus (certains exploitent des terres tandis que d'autres occupent des emplois hors agriculture), soit par le cumul de plusieurs activités pour un même individu. À Djougou, la migration est un des moyens de diversifier les sources de revenus. Certaines jeunes filles sont envoyées comme domestiques à Cotonou, et des jeunes garçons peuvent également quitter leur ménage pour aller travailler en ville. Les enfants originaires de la commune de Djougou sont ainsi fortement représentés dans la main-d'œuvre domestique de la capitale économique (Kouton *et al.*, 2009). La migration limite la taille du ménage, donc les dépenses, et les revenus (en argent ou en nature) des activités des enfants reviennent éventuellement aux parents. Il est probable que, les mauvaises années, les départs de jeunes enfants soient plus nombreux mais, pour anticiper l'irrégularité des revenus interannuels, les parents peuvent envoyer des enfants sur le marché du travail urbain les bonnes et les mauvaises années agricoles (Affo, 2014).

Pour que la pluri-activité ne compromette pas l'activité agricole du ménage, et donc sa sécurité alimentaire, il est nécessaire d'organiser les activités des uns et des autres : responsabilité qui revient habituellement au chef d'exploitation, souvent également

12. Ce résultat est confirmé à l'échelle de la commune de Djougou où seuls 13 % des ménages sont classés en insécurité alimentaire par l'Insae (Insae et Maep, 2013).

chef de ménage. À lui de s'assurer que, au moment des travaux agricoles, tous les actifs sont mobilisables et que ceux qui partent en migration longue ne sont pas indispensables sur l'exploitation. La disponibilité des actifs dépend d'un grand nombre de facteurs (santé, scolarisation, migration). De plus en plus de jeunes adultes hommes migrent temporairement pour le Nigeria. Ils partent travailler comme salariés dans des zones rurales frontalières où se développe une agriculture commerciale (Bonnassieux et Gangneron, 2015). Selon ces auteurs, ceux qui migrent sont les « groupes en position d'infériorité », ce sont les cadets, les adultes qui ont des difficultés d'accès au foncier, etc. Ils migrent, non pas dans le cadre d'une stratégie de diversification, mais plutôt dans un projet d'émancipation, face à l'autorité des parents par exemple. Aujourd'hui, les chefs d'exploitation n'ont plus toujours la légitimité nécessaire pour retenir ces jeunes adultes qui souhaitent en migrant acquérir une expérience personnelle et un revenu individuel (Droy *et al.*, 2014). Ceci est évidemment une contrainte forte dans la gestion de la main-d'œuvre familiale, privant le chef de ménage de jeunes actifs au moment des travaux agricoles. De fait, le recours à des salariés extérieurs n'est pas rare, notamment pour les cultures de rente : 70 % des producteurs de coton et 52 % des producteurs de soja ont rémunéré des ouvriers agricoles. Pour les cultures vivrières, la main-d'œuvre familiale reste dominante mais ne suffit pas toujours : 50 % des producteurs de maïs, 41 % des producteurs d'igname et 28 % des producteurs de manioc ont engagé au moins un salarié extérieur pour les aider.

Des stratégies d'adaptation efficaces ?

La société que nous observons à Djougou est donc une société dynamique, avec des structures sociales et familiales et des individus qui modifient leur fonctionnement, leurs pratiques (agricoles, économiques, démographiques) de façon à assurer leur sécurité alimentaire et leur survie économique. Toutefois, face à des changements et aléas environnementaux inédits, ces stratégies de survie pourraient montrer leurs limites.

Tout d'abord, on peut s'interroger sur l'efficacité de la pluri-activité et de la diversification des revenus telles qu'elles sont observées aujourd'hui pour résister à des chocs ou des aléas de plus en plus fréquents. Ainsi, les activités des femmes hors de l'exploitation familiale sont souvent très dépendantes du secteur agricole et donc sensibles aux chocs climatiques, c'est le cas de la transformation du karité[13]. Plusieurs associations béninoises, organisations et coopérations internationales tentent de soutenir la production de beurre de karité dans cette région, en favorisant la modernisation des outils de production, en aidant les femmes à stocker les noix, ou en facilitant l'accès aux crédits[14]. De nombreuses autres initiatives ont pour but de soutenir les activités des femmes en zone rurale : organisation de groupements de

13. Sans adaptations techniques, les rendements des parcs à karité risquent de diminuer dans un contexte de changements climatiques (augmentation des températures et modification du régime pluviométrique) (Gnangle *et al.*, 2012).

14. On peut citer par exemple une coopération très active entre la mairie de Djougou et la ville d'Évreux (France) http://www.evreux-djougou.org/

femmes pour l'achat, le stockage et la vente du maïs ou du coton (par exemple, le groupement de Kpébouco soutenu par Netherland Development Organisation), organisation de la filière lait pour la fabrication, la conservation et la commercialisation des fromages peuls (Agence belge de développement), etc. Beaucoup de ces projets à destination des femmes rurales visent à créer des activités génératrices de revenus pour favoriser leur autonomie et diversifier les revenus de leur ménage. Très peu orientent les femmes vers des secteurs moins sensibles aux perturbations climatiques et moins dépendants des ressources naturelles.

Il est évident que les capacités d'adaptation des ménages seraient plus grandes si elles disposaient d'un meilleur capital humain. Or, le niveau d'éducation et d'alphabétisation de la population à Djougou est faible et limite les possibilités d'insertion durable sur le marché du travail non urbain ou même de développement des activités agricoles. La scolarisation et la formation professionnelle (agricole et non agricole) ne sont pas suffisamment accessibles. Près de 7 enquêtés sur 10 sont non instruits et seul 1 sur 10 a été inscrit au niveau secondaire[15]. Les données nationales montrent que la commune de Djougou a un taux d'alphabétisation des 15-24 ans en 2011 inférieur de 15 points (51 %) à celui du Bénin (65 %) (Insae, 2012).

Ce manque de formation participe également à un sous-emploi des jeunes adultes[16]. Plus de la moitié des actifs de 15-24 ans seraient en situation de sous-emploi dans la commune de Djougou (Insae, 2012). De plus, ces jeunes n'ont souvent pas accès à la terre (Bonnassieux et Gangneron, 2015) et se retrouvent économiquement dépendants de leur famille d'origine. Les alternatives d'emploi dans des secteurs non agricoles sont relativement limitées localement et même en migration interne. La forte urbanisation béninoise s'est effectuée sans industrialisation, et les emplois urbains sont rares tant dans le secteur formel qu'informel. Les jeunes adultes ou même certains hommes mariés peuvent alors choisir de migrer vers le Nigeria dans l'espoir d'y trouver un revenu (Droy *et al.*, 2014).

Les ménages ruraux demeurent massivement dépendants de leur revenu agricole dans un contexte économique difficile. Des filières mal organisées, des organisations paysannes pas toujours efficientes (Moumouni, 2013), des capacités limitées de stockage et de transformation des produits sur place rendent les exploitations agricoles très fragiles et les revenus très variables d'une année à l'autre.

Pour toutes ces raisons (opportunités de pluri-activité et d'emploi non agricole rares, capital humain faible, contexte économique variable), et sans doute bien d'autres, les familles rurales sont vulnérables et leur survie dépend souvent de leur capacité endogène à s'adapter et à innover. Si les aléas s'intensifient, cette vulnérabilité s'en trouvera renforcée. Personne ne sait si les capacités d'adaptation des familles suffiront alors pour faire face à cette situation inédite (hausse des températures, pluies violentes plus

15. D'après l'enquête démographique et de santé de 2011-2012 (EDS), moins de 1 % des adultes ont achevé des études secondaires. Ces résultats corroborent ceux de notre enquête Escape.

16. Le sous-emploi comprend les personnes actives occupées au sens du Bureau international du travail (BIT) qui remplissent l'une des conditions suivantes : elles travaillent à temps partiel, souhaitent travailler davantage et sont disponibles pour le faire ; elles travaillent à temps partiel (et sont dans une situation autre que celle décrite ci-dessus) ou à temps complet, mais ont travaillé moins que d'habitude pendant une période de référence en raison de chômage partiel (chômage technique) ou de mauvais temps.

fréquentes). Il est donc urgent de réduire la vulnérabilité des ruraux en augmentant le niveau scolaire des jeunes, en améliorant leur santé, en sécurisant les revenus agricoles, en organisant les filières de commercialisation ou encore en favorisant la transformation des produits agricoles localement.

Conclusion

De très nombreux programmes de recherche en agronomie ou en géographie ont déjà entrepris d'étudier les implications des changements climatiques sur les modes de production agricole (Abidji *et al.*, 2012 ; Silvestri *et al.*, 2012 ; Etwire *et al.*, 2013). Des recherches en sciences sociales se sont intéressées aux stratégies d'adaptation, d'innovation ou même aux formes de résilience des familles africaines en contexte de changement environnemental. La revue de la littérature et nos résultats sur Djougou confirment que c'est une question complexe et qu'il existe de nombreuses formes d'adaptation pour faire face à un aléa ou un changement environnemental. Parmi elles, on peut citer des modifications des structures familiales (polygamie, corésidence des générations, etc.), du calendrier et de l'intensité de la fécondité, des stratégies de scolarisation des enfants, de l'implication des femmes et des hommes dans les activités agricoles, des modes de transmission du foncier, de la pluri-activité, de la migration.

Si ces évolutions sont clairement repérées et décrites dans la littérature, leur relation de cause à effet avec l'environnement est bien souvent difficile à établir, tout particulièrement lorsqu'il s'agit de changement climatique. Cela est dû, en grande partie, au fait que les changements climatiques sont à un niveau macro, alors que l'analyse sociodémographique n'est pertinente qu'au niveau des ménages, c'est-à-dire à un niveau micro. De plus, de façon générale, il est très difficile de distinguer ce qui dans le contexte, quel qu'il soit, impulse un changement dans des stratégies sociodémographiques ou économiques : les individus, les ménages, les familles sont, en effet, inscrites dans des contextes qui, comme le climat ou l'environnement naturel, sont susceptibles de changer.

Une intensification des migrations, une nucléarisation des ménages, un changement des règles de mariage, une baisse de la fécondité... sont des réponses aux multiples changements, de nature et de temporalités différentes, dont les changements climatiques globaux qui pèsent sur les conditions de production agricole font partie. Si un aléa environnemental peut déclencher une crise (agricole, économique, politique, sociale), c'est souvent qu'il existe une vulnérabilité préalable à cet aléa. On peut raisonnablement penser que plus les populations ont accès aux services publics (éducation, santé), aux services bancaires (crédit), au conseil agricole, plus elles sont protégées par des instances de régulation des prix agricoles, plus elles sont organisées..., moins elles sont vulnérables et plus elles sont capables de faire face à un choc ou un aléa.

Références

Abidji M. W., Dedehouanou H., Vissoh P. V., Agbossou E., Guibert H., 2012
Climate change and farmers' endogenous adapatation strategies: socio economic analysis of the dynamic use of agricultural lands in central region of Benin.
African Crop Science Journal, 20 (suppl. 2) : 193-202.

Adjamagbo A., Delaunay V., 1998
« La crise en milieu rural ouest-africain : implications sociales et conséquences sur la fécondité.
Niakhar (Sénégal), Sassandra (Côte d'Ivoire), deux exemples contrastés ».
In Gendreau F., de Carvalho Lucas E., éd. : *Crises, pauvreté et changements démographiques dans les pays du sud*, Paris, Estem, Aupelf-Uref : 339-355.

Affo A., 2014
Enfants travailleurs domestiques à Cotonou : recours et stratégies des acteurs.
Thèse de doctorat,
université d'Abomey-Calavi, 330 p.

Baduel A. et P., 1980
Le pouvoir de l'eau dans le Sud-Tunisien.
Revue de l'Occident musulman et de la Méditerranée, 30 (1) 101-134.

Bied-Charreton M., 1970
Contrastes naturels et diversité agraire aux environs de Betafo (Madagascar).
Études rurales, 37-38-39 : 378-396.

Blanchy S., 2000
Femmes et résidences familiales : quelques notes sur les règles, les faits contemporains et l'idéologie en Imerina.
Tahola, 13 : 39-54.

Bonnassieux A., Gangneron F., 2015
« Rôle des migrations saisonnières et pluri-annuelles dans la réduction de la vulnérabilité dans les communes de Hombori (Mali) et Djougou (Bénin) ».
Séminaire *Changements environnementaux et changements sociaux en Afrique de l'Ouest (Escape)*, université Pierre et Marie Curie, Paris, 28 janvier 2015.

Brucker P., Bougnoux N., Wodon Q., 2012
Migrations environnementales en Afrique du Nord et au Moyen-Orient.
Iddri Policy brief, 12-13 : 4.

Chauveau J.-P., Dozon J.-P., 1985
Colonisation, économie de plantation et société civile en Côte d'Ivoire.
Cahiers Orstom, série Sciences humaines, 21 (1) : 63-83.

Delaunay V., 1994
L'entrée en vie féconde : expression démographique des mutations socio-économiques d'un milieu rural sénégalais.
Paris, Ceped, 326 p.

Doumbia S., Depieu M., 2013
Perception paysanne du changement climatique et stratégies d'adaptation en riziculture pluviale dans le centre-ouest de la Côte-d'Ivoire.
Journal of Applied Biosciences, 64 (1) : 4822-4831.

Droy I., Pascual C., Bidou J. E., 2014
« Inégalités de genre et vulnérabilité alimentaire au Bénin. ».
In Guétat-Bernard H., Saussey M., éd. : *Genre et savoirs. Pratiques et innovations rurales au Sud*, Marseille, IRD Éditions, coll. À travers champs : 85-115.

Ellis F., 2008
The Determinants of Rural Livelihood Diversification in Developing Countries.
Journal of Agricultural Economics, 51 (2) : 289-302.

Etwire P. M., Al-Hassan R. M., Kuwornu J. K. W., Osei-Owusu Y., 2013
Smallholder farmers' adoption of technologies for adaptation to climate change in Northern Ghana.
Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 5 (6) : 121-129.

Gastineau B., 2007
« Fécondité oasienne et stratégie familiale en Tunisie ». *In* Adjamagbo A., Msellati P., Vimard P., éd. : *Santé de la reproduction et fécondité dans les pays du Sud : nouveaux contextes et nouveaux comportements*, Louvain-la-Neuve, Academia Bruylant : 535-564.

Gnangle P. C., Yabi J. A., Yegbemey R. N., Gleglé Kakaï R. L., Sokpon N., 2012
Rentabilité économique des systèmes de production des parcs à karité dans le contexte de l'adaptation au changement climatique du Nord-Bénin. *African Crop Science Journal*, 20 (Issue Supplement s2) : 589-602.

Guillaume A., Ibo J., Koffi N., éd., 1997
Croissance démographique, développement agricole et environnement à Sassandra (sud-ouest de la Côte-d'Ivoire).
Séminaire de dissémination des résultats de recherches, Sassandra, 14 au 16 juin 1995, Paris, Orstom, Ensea, Gidis-CI.

Guillermou Y. ,1993
Survie et ordre social au Sahara. Les oasis du Touat-Gourara-Tidikeit en Algérie.
Cahiers des Sciences humaines, 29 (1) : 121-138.

Henry S., Schoumaker B., Beauchemin C., 2004
The Impact of Rainfall on the First out-Migration: A Multi-level Event-History Analysis in Burkina Faso.
Population and Environment, 25 (5) : 423-459.

Insae , 2012
Enquête modulaire intégrée sur les conditions de vie des ménages. 2e édition (Emicov 2011).
Cotonou.

Insae, 2013
Résultats provisoires du RGPH - 4.
Cotonou.

Insae et Maep, 2013
Analyse globale de la vulnérabilité et de la sécurité alimentaire (AGVSA) Bénin 2013. Rapport de synthèse par commune.
Cotonou.

IOM, 2007
Migration, Development and Natural Disasters: Insights from the Indian Ocean Tsunami. *Migration research series,* 30.

Janty G., 2013
Capacité d'adaptation des pratiques traditionnelles de gestion et de partage de l'eau dans l'oasis de Figuig (Maroc).
Autrepart, 65 (2) : 129.

Joseph G., Wodon Q., 2013
Is Internal Migration in Yemen Driven by Climate or Socio-economic Factors?: Internal Migration in Yemen.
Review of International Economics, 21 (2) : 295-310.

Kouton E., Amadou Sanni M., Affo A., 2009
« Les employés domestiques à Cotonou : profils sociodémographiques ».
In Amadou Sanni M., Klissou P., Marcoux R., Tabutin D., éd. : *Villes du Sud. Dynamiques, diversités, enjeux démographiques et sociaux*, Montréal, Éditions des archives contemporaines : 141-160.

Kpadonou R. A. B., Adegbola P. Y., Tovignan S. D., 2012
Local knowledge and adaptation to climate change in Ouémé Valley, Benin.
African Crop Science Journal, 20 (suppl. 2) : 181-192.

Léonard É., 1997
« La reproduction de la société agraire dans la région de Sassandra : intensification ou décapitalisation ? ». *In* Guillaume A., Ibo J., N'Guessan Koffi, éd. : *Croissance démographique, développement agricole et environnement à Sassandra (sud-ouest de la Côte-d'Ivoire).*
Séminaire de dissémination des résultats de recherches, Sassandra, 14 au 16 juin 1995, Orstom, Ensea, Gidis-CI : 137-160.

Lericollais A., éd., 1999
Paysans sereer : dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs, 668 p.

Ministère des Enseignements maternel et primaire, 2012
Annuaire statistique de l'enseignement primaire - Année scolaire 2011-2012 (Bénin).
Cotonou.

Moumouni I. M., 2013
Perceptions des acteurs sur le financement des services agricoles au Bénin. *Économie rurale*, 334 : 69-83.

Ottino P., 1998
Les champs de l'ancestralité à Madagascar : parenté, alliance et patrimoine. Paris, Karthala, coll. Hommes et Sociétés.

Peyrusaubes D., 2013
Quand le paysan malgache parle de nuages. *Géographie et cultures*, 85 : 35-47.

Quesnel A., Vimard P., 1999
« Recompositions familiales et transformations agraires : une lecture de cas africains et mexicains ». *In* Chauveau J.-P., Cormier-Salem M.-C., éd. : *L'innovation en agriculture. Questions de méthodes et terrains d'observation*, Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs : 319-341.

Robilliard A.-S., Gubert F., Senne J.-N., 2010
« Impact des chocs économiques et démographiques sur la scolarisation en milieu rural ». *In* Gastineau B., Gubert F., Robilliard A.-S., Roubaud F., éd. : *Madagascar face au défi des Objectifs du millénaire pour le développement*, Marseille, IRD Éditions : 157-185.

Ruf F., 1991
Les crises cacaoyères. La malédiction des âges d'or ? *Cahiers d'études africaines*, 31 (121) : 83-134.

Silvestri S., Bryan E., Ringler C., Herrero M., Okoba B., 2012
Climate change perception and adaptation of agropastoral communities in Kenya. *Regional Environmental Change*, 12 (4) : 791-802.

Chapitre 12

Droits au sol et gestion de la fertilité

Deux perspectives différentes : Djougou (Bénin) et Niakhar (Sénégal)

Fabrice GANGNERON,
Élodie ROBERT

Introduction

Ce chapitre propose une réflexion sur le sol comme support des systèmes de production agricoles, pastoraux ou agropastoraux, à travers deux sites d'étude (fig. 1) du programme Escape : Djougou (villages d'Angara, Alhéri et Sew Sewga) et Niakhar (villages de Ndoffane Mouride, Ndoffane Nomad, Sanghaï et Sob), analysés sous deux aspects :

– la maîtrise foncière (droits d'usage, appropriations, successions, institutions coutumières ou légales), socialement distribuée en fonction des groupes d'appartenance et de l'ancienneté d'installation ;

– la gestion de la fertilité des sols (assolements, jachères, conquêtes de terres neuves, fertilisation organique et minérale).

À Niakhar, les systèmes de droits fonciers ne sont plus ceux des années 1960-1980, l'autorité des anciens lignages s'est affaiblie au profit des unités de production familiale, tandis que, à Djougou, les chefs de terre conservent des pouvoirs d'administration et entretiennent des inégalités foncières entre les groupes « d'agriculteurs autochtones » et « d'éleveurs allochtones ». Dans les deux cas, au sein des systèmes de production agricoles, les unités familiales disposent actuellement d'une certaine autonomie par rapport aux institutions lignagères, et il est parfois difficile de distinguer les droits d'usage des droits possessifs. Par ailleurs, sur les deux sites, les successions s'opèrent régulièrement entre plusieurs garçons (frères, fils) favorisant ainsi un processus de fragmentation des terres.

La gestion de la fertilité des sols repose à Djougou sur des jachères longues et la conquête de terres neuves ; toutefois, la densification agricole conduit progressivement à réduire le temps de repos des terres et les rendements accusent une forte baisse. À Niakhar, les jachères ont pratiquement disparu, la fertilisation repose désormais sur le cycle animal/végétal par retour de la matière organique des animaux d'élevage dans les champs. Malgré ce système, parvenu à un haut niveau de sophistication (compostage, matière organique déposée en poquets lors des semis…), les agriculteurs témoignent également de diminutions de rendements.

La mise en regard des relatives permanences (qu'il s'agisse des droits au sol ou des modes de fertilisation) avec la dynamique démographique conduit à interroger les limites de ces deux systèmes. En effet, les données démographiques révèlent que, dans la commune de Djougou, la population a doublé entre 1992 et 2013, passant de 34 hab./km^2 à 68 hab./km^2 (INSAE, 2013). À Niakhar, elle s'est accrue de 111 hab./km^2 en 1985 (LOMBARD, 1995) à 140 hab./km^2 en 2000 (DELAUNAY *et al.,* 2006), puis à 169 hab./km^2 en 2008 (ANSD, 2009).

Du fait de sa croissance soutenue, la démographie constitue une limite dans ces deux systèmes agricoles. À Djougou, comment envisager la fin de la jachère qui se profile à cause de la densification agricole ? Quelle technique de fertilisation lui succédera-t-elle ? À Niakhar, comment penser la pérennisation d'une petite agriculture familiale qui semble être au bout d'un processus de densification ? Comment ces agricultures familiales largement vivrières parviendront-elles à nourrir les maisonnées ?

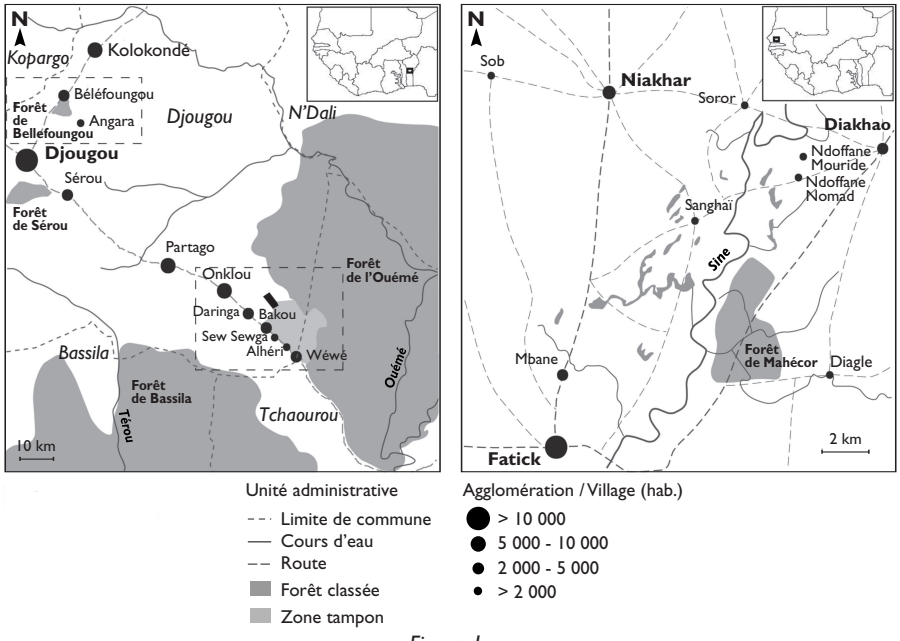


Figure 1.
Zones d'étude.

Notre hypothèse, boserupienne, n'est pas celle d'un effondrement (disettes, migrations massives) ni d'une augmentation de la pauvreté, mais de transformations (processus continus) ou de mutations (sauts technologiques, évolution des règles d'accès à la terre…) des systèmes de production. Selon Ester BOSERUP (1970, 1985), les dynamiques des systèmes de production agricoles entretiennent des liens forts avec la démographie ; mais contrairement à Malthus, pour qui les systèmes agraires définissent leurs capacités à nourrir une population limitée jusqu'à leurs ruptures (épidémies et disettes), chez Boserup, la pression démographique est au contraire source de changements et d'innovations. Ces changements peuvent se produire sous forme de transitions rapides (adoption de la traction animale…) ou de continuum (remplacement progressif de la jachère pour la fertilisation organique…).

À Djougou, les potentiels environnementaux et technologiques laissent entrevoir une marge d'intensification relativement importante. Par contre, les politiques publiques visant à l'immatriculation du sol et l'émergence d'une classe de propriétaires constituent un risque de fragilisation foncière, en particulier des groupes sociaux sans légitimité territoriale. À Niakhar, les risques fonciers semblent essentiellement le produit de la fragmentation des terres à chaque succession. Quant aux marges d'intensification, elles sont sensiblement plus faibles qu'à Djougou. Le système déjà extrêmement sophistiqué (peu de pertes de matières organiques) ne dispose que de potentiels assez marginaux qui jouent sur les derniers espaces disponibles (bas-fond) et/ou sur le calendrier agricole (cultures décalées par rapport aux productions pluviales), en témoignent les quelques succès de cultures maraîchères et de pastèque.

Droits d'administration et droits d'usage

Sur les deux sites agropastoraux, Djougou et Niakhar, le sol ne constitue pas, comme dans les pays du Nord, un simple support de production. La réalité des droits fonciers est étrangère au triptyque *usus, fructus*, *abusus* et au vocabulaire juridique « d'importation » (propriétaire, locataire, métayer, fermier, bail…). Dans ces zones rurales, il n'est pas question de propriété au sens du droit romain (PLANÇON, 2009), les droits au sol s'inscrivent dans des rapports sociaux qui distinguent les lignées des primo-installés (antériorité d'installation, entretenue par des histoires mythifiées) de tous les autres groupes sociaux. Au-delà des évidentes fonctions économiques, la terre a une dimension politique, sociale, voire magico-religieuse. La question foncière ne peut donc être comprise qu'en tenant compte du système de parenté et des fondements de l'autorité des gestionnaires de la terre (LERICOLLAIS, 1999).

Djougou

Les droits au sol sont portés par les chefs de terre, tous issus du groupe sociolinguistique Yom sauf dans le nord de la commune et au-delà de ses limites à l'est, où les chefferies sont bariba. « Le fait de propriété ne se présente pas comme un

droit de propriété » (KOUASSIGAN, 1966 : 132), mais plutôt comme celui d'une petite aristocratie terrienne. Les relations entre cette aristocratie et les autres ne constituent pas un rapport marchand mais de sujétion territoriale, sociale et politique. Les agrosédentaires ne s'acquittent pas de tribut pour l'usage du sol (récoltes ou argent), mais contribuent aux activités collectives du village (mariages, fêtes religieuses…) par leur présence et/ou par des « cadeaux » en nature (sorgho, coq…). Sur les terres qui leur ont été attribuées, ils pratiquent les cultures qu'ils se choisissent et conservent la totalité des productions. Quelques restrictions leur sont faites, comme l'interdiction de planter des arbres, acte qui constituerait un marquage pérenne des espaces, lequel a valeur d'appropriation du sol réservée aux seuls dépositaires des droits possessifs, les chefs de terre. Ces derniers (et leurs lignées) disposent ainsi d'une maîtrise foncière (LE ROY, 2000) ou encore d'un droit d'administration, de régence sur le territoire villageois. Ils décident de l'octroi des espaces encore libres si le village en dispose, ils règlent les conflits fonciers (héritages des droits d'usage, des droits possessifs) ou encore les cas de divagations animales dans les champs.

Ces fonctions de régulation sont en général encore actives mais quelques anciennes règles, comme l'interdiction de planter des arbres, se sont assouplies dans certains villages, et la récolte du néré, lorsqu'elle est encore pratiquée, n'est plus encadrée par les chefferies.

Les rapports des exploitants aux autorités foncières se sont quelque peu transformés. En certains lieux, comme à Angara (village lokpa), ils se sont dissous du fait de l'absentéisme du chef de terre (Yom) : la régulation du sol et le règlement des conflits sont entre les mains des chefs de famille et du chef de village, l'interdiction de planter des arbres fruitiers ou fourragers est désormais désuète.

Les droits au sol, historiquement constitués, distinguent plusieurs catégories de populations relativement étanches : les lignées des chefs de terre yom, les autres Yom, les autres agrosédentaires (constitués des Lokpa, Ditamari, Peuls DjugureeBe[1] et de nombreuses minorités) et, enfin, les pasteurs mobiles (BarguuBe et MbororooBe[2]). Ces droits différencient ceux qui sont les héritiers des fondateurs des lignées et tous les autres ; ils sont des bases identitaires et constituent une frontière entre les « autochtones » et les « allochtones ». Néanmoins, l'ancienneté d'installation engendre une relative sécurisation foncière, aussi les droits d'usage et droits possessifs peuvent-ils se lire selon un continuum que l'on peut formuler ainsi :

– les dépositaires des droits possessifs et d'administration : les rois/chefs de terre et leurs lignages ;

– les exploitants, liés aux premiers (ils les ont accompagnés lors de la fondation du village, ou ils peuvent faire valoir une certaine ancienneté sur le territoire villageois) : autres Yom, Lokpa, Peuls DjugureeBe ;

– tous ceux arrivés tardivement, comme les Ditamari de Sew Sewga qui n'ont pas le droit de planter et qui doivent souvent changer de parcelles (parfois chaque année).

1. Littéralement, les « Peuls de Djougou », arrivés dans la région et sédentarisés depuis le XIX^e siècle puis par vagues migratoires jusqu'au milieu du XX^e siècle.

2. Les Peuls BarguuBe sont originaires du Borgou et les Peuls MBororooBe du nord du Nigeria.

Tous ces groupes sont des agriculteurs, à fort ancrage au sol. Seuls parmi les Peuls, les DjugureeBe, anciens éleveurs et désormais agriculteurs ou agro-éleveurs, sont en lien étroit avec les Yom. Ils entretiennent des liens historiques fonctionnels et souvent amicaux avec eux. Ils pratiquaient l'élevage, soit pour leur compte, soit par le jeu de confiage pour le compte de certains Yom. La pratique n'est pas totalement abandonnée, mais elle se révèle de plus en plus rare. Pourtant, l'élevage pastoral perdure et même s'accroît dans la commune, mais sous d'autres formes et chez d'autres groupes, les Peuls BarguuBe et MbororooBe. Toujours considérés comme étrangers, leurs droits au sol sont pratiquement inexistants (Gangneron, 2011). Dans la typologie proposée ci-dessus, il est possible de constituer un quatrième groupe formé de ces pasteurs, qui sont tout juste tolérés dans des espaces interstitiels. De fait, ils sont en situation de relégation territoriale et ne sont admis que là où il n'y a pas (encore) d'enjeu ou de pression agricole, dans les zones enclavées (loin des voies de communication et des noyaux villageois). L'élevage et les cultures sont donc ainsi « déconnectés » puisque pratiqués par des groupes sociaux distincts qui entretiennent peu de liens fonctionnels (commerce, fumure, troc…) et que, par ailleurs, les deux activités sont en compétition sur les mêmes espaces. Le cas de ces pasteurs est en fait assez particulier car les pratiques de transhumance ou le nomadisme[3] ne s'inscrivent pas dans les mêmes logiques que celles des agro-sédentaires. Les transhumants, issus du Borgou, y ont leur assise territoriale (village, habitats souvent en dur, familles et champs), tandis que les nomades (MbororooBe) ont des campements légers susceptibles d'être rapidement déplacés. Les uns et les autres aspirent non pas à disposer du sol mais de ses ressources, selon une chronologie saisonnière et/ou opportuniste qui ne les situe pas dans une logique foncière (Robert et Gangneron, 2015). Leurs difficultés relèvent plus de l'absence de couloirs pastoraux, du mitage agricole qui constituent autant d'obstacles pour les circulations animales et de risques de divagation, donc de conflits avec les agriculteurs et les agro-éleveurs. Sur la commune, les territoires sont historiquement agricoles, constitués et administrés par des groupes agrosédentaires dont les institutions coutumières ne reconnaissent pas de légitimité pastorale aux transhumants et nomades ; et ces derniers ne disposent pas d'institutions leur permettant d'élaborer des règles de cogestion des espaces et des ressources. Ils n'ont que des espaces en « creux » dans un corpus de droits coutumiers formalisés par et pour les sédentaires.

Enfin, qu'il s'agisse des droits possessifs/d'administration ou des droits d'usage, la gestion des successions est toujours patrilinéaire chez les agriculteurs. Au sein des unités de production (famille élémentaire ou famille élargie), c'est toujours le plus ancien dans le lignage (frère, père, grand-père) qui dispose et gère l'espace et le calendrier agricole, les cadets sociaux (les jeunes non mariés, les femmes) y sont toujours inféodés.

3. La transhumance et le nomadisme peuvent être considérés comme deux formes d'élevages pastoraux. La première fait référence à des mouvements saisonniers réguliers de groupes – ici les BarguuBe issus du Borgou. Le second sur la commune est le fait de MbororooBe, originaires du nord du Nigeria, qui se déplacent avec la famille et le campement. Leurs mouvements sont moins réguliers et leurs installations peuvent durer des années.

Niakhar

À Niakhar, l'autorité foncière provient des fondateurs, des premières vagues migratoires ayant constitué des « Lamanats ». Il s'agit de grands domaines d'administration autour d'habitats constituant des noyaux villageois, grossis de nouveaux arrivants à qui les Lamanes confiaient des terres à défricher. Des redevances en nature étaient versées par ces nouveaux exploitants, marquant ainsi le pouvoir des Lamanes, mais les terres cédées ne pouvaient être reprises. Les droits d'usage, progressivement acquis, permettaient une relative sécurité foncière, laquelle était héritable. Les droits des fondateurs, dits « droits de feu », étaient transmis en lignée utérine (aîné des enfants mâles de la sœur), comme à Sob ou à Petiaka (hameau parent du village de Sanghaï). Les attributions de terres par les Lamanes aux arrivants de vagues migratoires ultérieures ont donné lieu à des règles de succession, cette fois en lignées agnatiques (de père en fils ; Lericollais, 1999), et à des « droits de hache », c'est-à-dire dévolus aux défricheurs. Quelles soient agnatiques ou utérines, les lignées ont constitué des noyaux villageois qui sont encore reconnaissables aux noms des familles souvent organisées en quartiers de plusieurs unités d'habitation, constituant l'échelle foncière la plus élevée.

La gestion agricole des terres se fait au sein du *mbind,* qui désigne la maison, l'unité d'habitat composée de la famille étendue sous la responsabilité d'un aîné, ou des *ngak* – les cuisines – qui sont les sous-ensembles du *mbind* composés de la famille élémentaire. Le *ngak* est l'unité de base de production et de consommation, il a une relative autonomie économique par rapport au *mbind*.

Les Lamanes ont disparu pour laisser place aux « grandes familles » et, plus encore, aux *mbind* dans la gestion de l'héritage des droits au sol. Les entretiens relèvent même des divisions de terres au sein des *ngak,* conférant ainsi à la famille élémentaire l'indépendance foncière (Lericollais, 1999). Les terres ne « sortent » pas du *mbind* ou du *ngak*, elles sont mises en partage entre plusieurs fils. Nombre de familles vivent depuis plusieurs générations sur le même *mbind* et sur les mêmes terres, témoignant ainsi d'une grande homogénéité et d'une grande continuité de peuplement. Les quelques grandes familles sont presque toujours installées depuis la fondation du village.

Le changement d'échelle de gestion s'est accompagné de l'évolution des règles de succession, les transmissions du foncier entre générations en lignées utérines (des oncles maternels aux neveux) sont désormais de l'histoire ancienne. Cette double évolution est sans doute le produit d'un effet conjugué de la montée en puissance de l'État avec, en particulier, la loi de 1964 (relative au domaine national) et de l'affaiblissement de l'aristocratie foncière depuis le décès de Mahécor, le dernier roi du Sine, en 1969. La loi de 1964 stipule que les terres non immatriculées sont du domaine national et qu'elles ne sont pas « appropriables ». D'inspiration socialiste, elle reconnaît des droits d'usage et non de propriété (pas de vente, pas de transaction possible) aux exploitants de la terre. Elle prévoit « la désaffectation de ces terres […] soit pour insuffisance de mise en valeur, soit si l'intéressé cesse d'exploiter personnellement, soit pour des motifs d'intérêt général » en son article 15. C'est au conseil rural, élu au suffrage universel (Faye, 2008), que revient l'application de la

règle et la charge des désaffectations, mais uniquement en situation de conflit porté jusqu'à lui. Pour le reste, l'autorité sur le foncier s'est déplacée des anciens lignages vers les unités plus petites, les *mbind* et les *ngak*. L'héritage, désormais de père au frère cadet ou au fils aîné, leur assure l'autorité conjointe sur la gestion du calendrier agricole et sur le sol. Les divisions entre fils ont augmenté, et l'aîné a perdu semble-t-il sa préséance, sauf à bénéficier des terres plus proches des habitats, mieux fumées et donc plus productives, comme le rappelle Guigou *et al.* (1995 : 203) : « L'aîné prend la terre près de la case, son cadet la suivante, et le dernier la terre la plus éloignée. » Le travail de terrain pour le programme Escape a mis en évidence une autonomisation croissante des *ngak* avec des partages de terres, parfois même organisés du vivant du père.

Les droits institués par l'État n'ont pas immédiatement effacé dès leur promulgation les anciennes règles ; ainsi, retrouve-t-on par exemple encore quelques formes hybrides de succession jusque dans les années 1990 entre fils et neveux. Ces successions entre plusieurs enfants dans un contexte d'accroissement démographique toujours d'actualité et de saturation foncière ont produit une inquiétante rareté, fragmentant les terres agricoles parentales sans possibilité de conquêtes de terres neuves. Dans ce contexte de saturation, la loi de 1964 qui accorde des droits aux exploitants a réduit les possibilités de prêts (à Sob en particulier ; à Ndoffane Mouride et Ndoffane Nomad, la pression sur le sol est moins forte ; à Sanghaï, la situation est intermédiaire) et changé leurs modalités. Le prêteur prend soin de ne confier une terre que pour une seule année alors qu'il était fréquent de prêter au moins sur la durée d'un assolement avant la loi de 1964.

L'autonomisation de gestion des espaces conduit à repenser les droits au sol en d'autres termes qu'à l'époque des Lamanats et des grandes familles régulatrices du foncier. Ce sont les organisations familiales regroupées en unités d'habitat et les systèmes de production regroupés en unités de production/consommation qui constituent aujourd'hui l'échelle de gestion du sol. Sur les territoires de Sanghaï et Ndoffane Nomad, les droits d'administration et d'usage des anciennes lignées restent cependant visibles dans les bas-fonds (familles Khoer, Soss et Diouf à Sanghaï : « *me yoto na bandiale* », littéralement « c'est moi qui reste dans les bas-fonds »). Ces derniers étaient peu touchés par la pression foncière et ne constituaient qu'une ressource mineure, utile toutefois pour les pâtures et les quelques cultures de riz. La pression actuelle sur les terres a changé la donne, et les enjeux sont tels que les vieilles familles rappellent leurs droits sur ces espaces qui font l'objet de nombreuses initiatives maraîchères et constituent les derniers lieux de pâturage non cultivés de proximité.

En résumé, la terre ne change pas de main (inaliénable), son échelle de gestion se rapproche de l'unité de production, et sa transmission se fait de père en fils, plusieurs fils pouvant prendre leurs parcelles lors de leur mariage et de la formation de leur propre *ngak*. La terre peut être fragmentée au sein du *ngak* ou gérée par un aîné réel ou classificatoire au niveau du *mbind*.

La fragmentation des terres à chaque génération est une conséquence logique du système d'héritage (les terres sont cédées à plusieurs enfants) et de la pression foncière (il n'y a plus de terres libres à mettre en culture), l'introduction de la charrue

dans les années 1960-1970 ayant de plus accéléré la tendance à l'extension des cultures. LERICOLLAIS (1972) avait noté ces limites dès le début des années 1960 lorsque la densité de population atteignait 80 à 100 hab./km^2 dans les vieux terroirs, et il s'inquiétait déjà des effets sur les systèmes de production (marginalisation de l'élevage, réduction ou disparition des jachères…). Cinquante années plus tard, le constat est identique, mais les traits se sont encore plus marqués puisque la population s'est accrue de 50 % et que l'élevage pastoral ainsi que les surfaces exploitées par *ngak* ont sensiblement diminué. À l'échelle de l'unité de production, du *ngak*, les terres en gestion sont de l'ordre de 5-6 ha à Sanghaï et à Ndoffane Nomad, de 3 ha à Ndoffane Mouride, un peu plus pour les exploitations isolées[4].

Enfin, dans la zone de Niakhar, le peuplement extrêmement homogène (contrairement à Djougou) est essentiellement sereer, l'analyse du complexe des droits ne concerne pratiquement que le monde sereer. Les quelques familles toucouleur ne sont d'ailleurs ni spécialement démunies ni en sujétion territoriale.

La question de la pression foncière ne s'exprime pas *ex nihilo*, elle prend tout son sens en relation avec les systèmes de production, en particulier avec l'autre facteur nous intéressant ici, la gestion de la fertilité du sol.

Entretien de la fertilité du sol

Djougou

Djougou est en zone soudano-guinéenne (AUBREVILLE, 1949) avec des précipitations moyennes annuelles de 1 220 et 1 330 mm dans les décennies 1990 et 2000 qui marquent un retour à des conditions climatiques normales après le déficit de la précédente décennie (1 070 mm dans les années 1980). Cette pluviométrie permet des cultures remarquablement diversifiées, exigeantes en eau, comme l'igname et le maïs (productions les plus importantes), ou communes sous de plus faibles précipitations, comme le sorgho, le manioc, le coton et l'arachide. Des cultures secondaires s'ajoutent, qui peuvent constituer chez certaines familles des apports substantiels, notamment le niébé, le voandzou ou le mil (SDAC, 2010). Les cultures maraîchères (généralement en saison des pluies) et l'anacardier sont également présents, mais pratiqués sur des surfaces qui demeurent modestes.

En culture pluviale de plein champ, l'igname nécessitant des sols riches est toujours en tête d'assolement, suivent deux ou trois années de cultures de type maïs/sorgho, arachide/sorgho ou arachide, coton et maïs par exemple. Le manioc est relativement commun en fin d'assolement. La fertilité du sol est entretenue par des jachères longues et des brûlis qui précèdent la remise en culture. La pression démographique, bien qu'incomparable à celle de Niakhar, a néanmoins des effets directs sur les

4. Les informations ont été collectées en entretiens avec supports cartographiques permettant une évaluation de surfaces.

temps de jachère qui étaient de l'ordre de 10-15 ans ou plus et qui sont aujourd'hui de l'ordre de 3 ans. Les surfaces en culture ne représentent que 40 % de l'espace de la commune en 2012 (Leroux, 2012 ; Robert *et al*., soumis) mais connaissent une forte croissance. Elles sont passées de 13 % de la surface totale en 1991 à 22 % en 2000 et à 36 % en 2006, (Judex *et al*., 2009 : 85), et les terres de défriche se sont raréfiées à proximité des noyaux villageois : à Sew Sewga et à Alhéri, il n'y a plus de terres disponibles depuis les années 2000.

L'entretien de la fertilité des sols repose essentiellement sur les jachères et accessoirement sur les conquêtes de terres neuves, l'une et l'autre alternative devenant plus délicates sous l'effet de la pression démographique. Comme à Niakhar, le système de production s'appuie sur la famille élémentaire, et les successions concernent plusieurs garçons au moment du mariage. Les terres parentales se trouvent ainsi fragmentées, donc divisées entre plusieurs enfants à chaque génération. Pour maintenir les productions nécessaires à la nouvelle famille, ce ne sont pas les surfaces cultivées qui sont touchées (elles restent de l'ordre de 5 ou 6 ha par unité de production) mais les temps de jachère qui sont raccourcis, et c'est donc la capacité de restaurer la fertilité du sol qui est mise en question. Seuls les champs de case enrichis de fumure animale maintiennent leurs niveaux de production. Pour le reste, la fumure animale est relativement rare, excepté chez quelques DjugureeBe qui ont réussi à maintenir des activités d'élevage (plusieurs dizaines de têtes) tout en cultivant.

L'essentiel des productions agricoles et animales sont disjointes, les éleveurs cultivent peu ou pas, les agriculteurs possèdent peu ou pas d'animaux. Les deux mondes, sociologiquement éloignés, ne coopèrent pas plus qu'au nord du Bénin où on ne relève aucun contrat de fumure[5] (De Haan, 1997). Les grands éleveurs de la région sont désormais les MbororooBe et les BarguuBe. Leurs relations avec les agriculteurs sont toujours tendues, ces derniers interdisant parfois le pâturage des résidus de culture après récolte. Or, les solutions agronomiques du transfert de matière organique sur les champs sont simples et montrent de bons résultats (Landais et Lhostes, 1993). Le problème est d'ordre sociologique, les agriculteurs et les éleveurs sont régulièrement en conflit d'usage (pour les ressources du sol, pour la circulation du bétail) et de légitimité (les éleveurs sont considérés comme des étrangers, ils n'ont pas de droits). La confiance réciproque nécessaire à cette association reste à construire.

Enfin, l'alternative des engrais minéraux suppose leur achat ; il faudrait pour cela réaffecter une partie des ressources monétaires des productions de rente, or elles suffisent à peine aux autres dépenses (santé, éducation, transport…). L'emploi de l'engrais est uniquement observé sur le maïs et le coton.

Niakhar

Sur le site de Niakhar, comme à Djougou, la gestion de la terre et le calendrier agricole s'organisent selon deux finalités et deux modalités distinctes. D'un côté, les parcelles familiales dont les productions sont destinées à l'alimentation de la maisonnée, le chef

5. Dans ces contrats, oraux, les animaux sont laissés dans les champs à fumer. En contrepartie, les agriculteurs fournissent du mil ou du sorgho aux éleveurs.

de famille assurant la maîtrise du calendrier. De l'autre, des petits champs individuels (cultivés par des femmes, des cadets sociaux, voire le chef de famille lui-même) accueillent des cultures pour la vente. Il ne s'agit pas nécessairement de deux logiques concurrentes mais hybrides, la priorité calendaire est donnée aux productions vivrières des parcelles familiales, mais la famille et ses membres aspirent aussi à disposer de ressources monétaires. Une partie de l'argent issue des champs individuels revient à la famille (dépenses de santé, frais pour l'école, matériaux de construction pour l'habitat…), le reste permet d'assurer quelques dépenses plus personnelles (achat de pagnes, frais de téléphonie…). Les cultures de rente à Djougou sont le coton, la noix de cajou, le riz ; les productions maraîchères et une partie des cultures vivrières (le maïs et de l'igname) peuvent aussi être vendues. À Niakhar où la pluviométrie est moins généreuse et ne montre pas de signe de reprise[6], le choix des cultures est plus restreint. En cultures pluviales, l'arachide, vendue par toutes les familles, et les pastèques peuvent localement constituer des compléments monétaires substantiels. La production de mil fournit la base alimentaire.

L'assolement habituel depuis la fin du XIX^e^ siècle jusque dans les années 1960 (LERICOLLAIS, 1972) qui était triennal (mil hâtif – parfois en mélange avec du mil à cycle long – ou sorgho, puis arachide, puis jachère) s'est simplifié avec la disparition progressive de la jachère du fait de la pression sur le sol et de l'introduction de la culture attelée. À Sob, la pression confine à la saturation : toutes les terres exploitables sont cultivées et les jachères ont disparu. À Sanghaï, Ndoffane Mouride et Ndoffane Nomad, elles se maintiennent un peu plus. Ce qui diffère entre Sob et les autres sites ne sont pas les surfaces cultivées, elles sont sensiblement identiques, mais le maintien ou la disparition des jachères. Il n'est donc pas certain que si les familles de Sob avaient davantage d'espaces, elles cultiveraient plus, mais probablement réintroduiraient-elles les jachères dans la sole qui se limite actuellement en une alternance biennale de mil et d'arachide, ou à des cultures associées de mil/arachide puis de mil ou sorgho/haricot par exemple. Dans ce système, l'entretien de la fertilité, ne pouvant s'appuyer sur le repos de la terre, implique l'importation de matière organique dans le champ. Les Sereer étant de tradition agropastorale, le cycle agronomique animal/végétal se trouve incomparablement plus aisé à entretenir qu'à Djougou. Malgré la réduction globale des effectifs de bovins, la fertilité s'appuie toujours sur l'apport des fèces et des urines animales. Le recyclage, très sophistiqué emprunte plusieurs voies. La fumure des ovins, caprins, asins et équins se collecte proche des habitats, sur les lieux de repos. Pour ceux qui ont des animaux d'embouche, pratique courante à Sob, toute la matière organique est récupérée des enclos. Elle peut être simplement stockée puis incorporée avant le début de culture ; elle est parfois compostée en tas ou dans des fosses. Lorsque *le ngak* dispose de bovins, ils sont mis au piquet en saison sèche et sont déplacés tous les trois jours. Ces pratiques témoignent d'un processus de densification car « traditionnellement, le principal apport en matière organique provient du parcage des animaux sur les jachères pendant la saison des cultures et sur les parcelles destinées à la culture du mil pendant la saison sèche » (LERICOLLAIS et WANIEZ, 1993).

6. 520 mm durant la période 1968-1987, 463 mm pour 1988-1998 (DELAUNAY *et al.* 2003), 440 mm pour 1999-2007 (VANDERMEERSCH et NAULIN, 2007 ; CHIPAUX, 2005 ; ANSD, 2009).

Le bilan de matière organique n'est pas forcément excellent dans la mesure où ce qui est incorporé est essentiellement une réimportation des résidus de cultures, donnés en alimentation au bétail. Pour les cultures de pastèque, les techniques de fertilisation encore plus sophistiquées se font directement dans les poquets ou les sillons des semis avec du fumier ou du compost. Malgré ces techniques d'optimisation du cycle animal/végétal[7], tous les agriculteurs s'inquiètent de la baisse de rendement des sols. Dans la région de Diakhao, les rendements de mil seraient passés de 700-1 100 kg/ha à 350-600 kg/ha en une décennie (selon le Plan local de développement de la communauté rurale de Diakhao, 2001). Par ailleurs, l'arbre champêtre et la haie, qui constituaient un trait caractéristique du paysage sereer jusque dans les années 1970 et 1980, se sont assez mal maintenus, à cause de la pression sur la ressource bois, de la disparition des jachères (qui laissaient une ou deux années de croissance aux jeunes arbres et donc permettaient leur émergence) et de la mécanisation agricole. Certaines espèces constituaient un des piliers de fertilisation champêtre, comme *Faidherbia albida* qui avait déjà connu une régression de ses effectifs de 34 % entre 1965 et 1985 à Sob (Lericollais, 1999) et qui n'a depuis lors cessé de se poursuivre.

Le recours aux engrais minéraux reste comme à Djougou peu fréquent. Les réformes structurelles ont imposé la fin des aides en 1989 mais, depuis 2003-2004, l'État a repris les subventions des engrais ; d'abord modestes, elles se sont accrues en 2008, suite à l'augmentation des prix mondiaux des denrées agricoles fin 2007. Au total, alors qu'elles étaient encore nulles en 2002, elles s'élèvent à 9 milliards en 2011 (Usaid, 2011).

En définitive, excepté pour le *pombod* (champ de petit mil hâtif près des concessions) qui dispose d'apports réguliers de fumier, on assiste à la dégradation des rendements sur les autres espaces cultivés, avec la mise en place d'un assolement biennal et un faible amendement en matière organique, malgré des techniques relativement sophistiquées.

Comparaisons des dynamiques

La pression démographique s'exprime donc sous deux aspects : d'une part, la disponibilité du sol, à travers la question des droits et usages locaux qui conduisent sur les deux sites à la fragmentation des exploitations, ainsi qu'à l'exclusion des populations allochtones sur Djougou ; d'autre part, l'entretien de la fertilité, qui montre aussi des limites par la réduction ou la disparition des jachères et par les difficultés d'entretenir

7. Un interlocuteur de Ndoffane Mouride explique les types de fèces et leur utilisation selon les saisons : *loli* – entre octobre et décembre, l'herbe est encore chargée d'eau, les excréments sont humides et ils disparaissent rapidement ; *nour* – entre janvier et mars, il fait sec et les animaux ne sont abreuvés qu'une fois dans la journée, les femmes s'en servent aussi comme combustible ; *thoron* – entre avril et juin, il y a moins de nourriture, les excréments sont petits et secs, ils peuvent durer un an sans être décomposés ; *nawet* – la pluie décompose les excréments de suite, c'est le meilleur.

ou de mettre en place un cycle durable animal/végétal. Les dynamiques qui ont conduit à la situation présente se sont opérées selon des processus conjugués – certains lents (processus continus), d'autres rapides (ruptures et transitions) – et des permanences à l'échelle des vingt-trente dernières années.

Nous proposons de procéder à une relecture synthétique ajoutant quelques éléments de contexte.

Permanences

À Djougou et à Niakhar, les transmissions des droits d'usage s'opèrent entre parents et plusieurs garçons, mais :

– à Djougou, une aristocratie foncière scinde les nombreux groupes sociaux en « autochtones » et « allochtones » ; les pasteurs sont en situation de relégation territoriale et politique ;

– à Niakhar, les *mbind/ngak* ont l'autonomie foncière par rapport aux lignages ; la terre est inaliénable.

La gestion de la fertilité s'opère selon deux modalités :

– à Niakhar, son entretien est basé sur le cycle animal/végétal ;

– à Djougou, les jachères et, secondairement, la conquête de terres neuves sont la base de la gestion de la fertilité. Les tensions entre agriculteurs et éleveurs constituent un verrou à l'intégration agriculture/élevage.

Malgré des manifestations d'autonomisation des cadets sociaux (en particulier des jeunes non-mariés qui migrent pour leur compte ou qui refusent parfois le travail gratuit pour la maisonnée), la main-d'œuvre reste encore assez facile à mobiliser sur les deux sites.

Continuités

Sur les deux sites, la démographie reste très vigoureuse :

– à Niakhar, la densification se poursuit encore ; elle atteint un niveau très élevé pour un milieu sahélien, grâce à une forte intensification agricole ;

– à Djougou, la densification se poursuit à un rythme soutenu ; les potentiels environnementaux sont encore importants, mais limités par des permanences des systèmes de production qui reposent sur des jachères longues et une technologie exclusivement manuelle (pas de traction animale).

Dans les deux cas, l'agriculture demeure familiale et vivrière, mais elle s'est nettement monétarisée du fait de l'émergence de nouveaux besoins (fournitures scolaires, santé, habitats, transports, téléphonie…). L'agriculture répond désormais à une logique hybride, dans laquelle les productions pour le marché ont acquis une place importante.

L'appauvrissement progressif des sols et la baisse des rendements sont observés.

La fragmentation des terres due aux systèmes de succession réduit les surfaces agricoles par ménage.

Discontinuités

Seul Niakhar a connu une véritable rupture, au cours des années 1970, suite à la généralisation rapide de la traction animale (chevaux, ânes) et à la diffusion de la charrue et du semoir.

À Djougou, les premières tentatives d'introduction de la traction animale sont un échec. Par contre, une rupture est possible ; la récente loi foncière (2013) qui pousse à l'immatriculation du sol risque de fragiliser brutalement certains profils d'exploitants (en particulier ceux installés récemment), ainsi que les pasteurs mobiles sans droit coutumier.

Retour sur Boserup

La croissance démographique – processus continu – dans les deux sites constitue un point majeur dans la dynamique des systèmes. La densification rurale peut être considérée comme une charge supplémentaire pour l'environnement, mais elle ne prend tout son sens qu'au regard des systèmes de production et de leurs transitions ; elle serait même « la mère de l'innovation », un des principaux facteurs d'évolution et/ou de mutation des systèmes de production.

L'apport de Boserup est d'avoir compris ce lien et d'avoir décrit les formes d'intensification, et notamment les cinq modalités d'usage du sol dans le processus d'intensification (Boserup, 1970). Elle les décrit ainsi : la jachère-forêt (la plus extensive qui laisse la terre au repos 25 ans environ), la jachère-buisson (avec un temps de repos inférieur à 10 ans), la jachère courte (avec 2 ou 3 années seulement de jachère), la récolte annuelle et enfin la récolte pluri-annuelle. Ces formes d'intensification d'usage des sols vont de pair avec l'intensification du travail, les sauts technologiques et les changements des droits au sol. Sur les cinq formes d'utilisation des sols, il est facile de classer les deux sites.

Boserup enseigne dans des travaux déjà anciens (1970, 1985) qu'« une grande partie de l'Afrique » dispose d'espaces de conquêtes agricoles et de ressources environnementales encore abondantes dans des espaces modérément anthropisés. Elle ajoute que les possibilités de gagner de l'argent par les activités agricoles sont faibles, du fait de la relative rareté des marchés et de l'enclavement des aires de production par rapport aux lieux de consommation. Ces facteurs, associés à une mobilisation de la force de travail de tous dans la maisonnée (hommes, femmes et enfants), constituent des éléments de permanences. Il est clair que nous n'en sommes plus là, sur les deux sites d'étude : les marchés (et même les filières de distribution ou de transformation et distribution) sont désormais bien présents, et les deux zones ne sont en rien enclavées. Les ventes d'arachide, d'animaux d'embouche et de pastèques sur Niakhar le confirment ; la commercialisation animale s'opère aisément à Djougou, avec plusieurs marchés de réexportation de bétail ; les productions de coton, de noix de cajou, de riz ou du bois en témoignent aussi.

Quelles perspectives ?

La fertilité, les techniques et la main-d'œuvre

Niakhar en a pratiquement terminé avec les jachères, sans espoir de passer à des récoltes pluri-annuelles, la pluviométrie ne le permettant pas. L'intensification prend une autre forme avec les productions maraîchères et de pastèques, pour lesquelles il ne s'agit pas de double récolte sur un espace unique mais de l'usage de la force de travail en dehors de la saison des cultures pluviales. En effet, les productions maraîchères s'insèrent parfaitement dans le calendrier agricole puisqu'elles succèdent directement aux récoltes de mil, tant que l'eau reste facilement accessible (jusqu'en décembre ou janvier). Les pastèques peuvent être produites selon le même calendrier que les cultures pluviales, mais elles conviennent aussi pour des cultures décalées sur les mêmes périodes que le maraîchage. Il s'agit donc d'une optimisation et d'une densification du calendrier de travail, ainsi que d'un processus de conquête sur les bas-fonds et les bords du Sine, espaces jusqu'à peu sans grand enjeu.

Une autre voie d'intensification porterait sur l'évolution des technologies agricoles qui restent à peu de chose près les mêmes que dans les années 1970-1980, après l'adoption de la traction animale. L'hypothèse d'un passage à des outils motorisés semble exclue, à cause de la petitesse et du morcellement des exploitations ainsi que des trop faibles revenus susceptibles d'être dégagés, au regard de l'investissement à consentir. Le recours aux engrais minéraux, malgré les faibles revenus de l'agriculture, semble une hypothèse plus probable, du moins si la politique de subvention des engrais se maintient.

En décalant quelque peu notre regard des pratiques agricoles vers l'ensemble des activités, nombre d'initiatives de diversification se font jour ou se renforcent hors des champs, mais toujours dans le *ngak* (dans une logique de subsistance familiale). Ces diversifications ne sont pas à proprement parler nouvelles, mais elles sont une source de revenus de plus en plus commune dans un monde relativement ouvert. Aux côtés des activités anciennes (guérisseurs, dont l'exercice se pratique désormais contre rémunération en numéraire, fabricants de greniers, de briques, de matelas, forgerons, bourreliers…) s'affirment des « métiers » : maçons, commerçants, tailleurs, chauffeurs, mécaniciens, menuisiers, cuisinières, métiers de lettrés (dans les administrations, les associations, les programmes d'aide…). Ces activités, en forte croissance, redessinent petit à petit un paysage humain rural, qu'il est opportun d'observer non plus uniquement à travers les activités agricoles mais dans un complexe de pluri-activités permettant de maintenir un tissu rural dense.

À Djougou, sur l'échelle boserupienne, l'usage du sol se situe entre la jachère-buisson et la jachère courte et n'est pas (encore ?) accompagné de sauts technologiques. La commune dispose d'une marge d'intensification de la gestion du sol et du travail, au moins sous deux aspects.

L'introduction dans le cycle agricole de l'élevage permettrait l'importation de matière organique, mais elle se heurte à l'obstacle d'une totale déconnexion sociale entre cultivateurs autochtones et pasteurs allochtones. Il est difficile d'imaginer un véritable rapprochement de ces deux groupes. De plus, les anciens systèmes de

confiage entre DjugureeBe et Yom ont pratiquement disparu. L'interdiction faite aux éleveurs de laisser paître les bovins dans les champs après récolte semble même une tendance lourde, propre à renforcer les clivages entre agriculteurs et éleveurs. L'émergence d'un continuum agropastoral, tel que chez les Sereer du Sénégal, ne semble pas envisageable : les divisions décrites plus haut paraissent irréductibles, et l'intégration de l'élevage bovin[8] par les groupes de cultivateurs reste pour l'heure inimaginable.

Le second aspect porte sur l'introduction de la traction animale. Contrairement à Niakhar, les cultures restent manuelles, les outils se limitant à la daba et au coupe-coupe. Les agents du Cerpa (Centre régional pour la promotion agricole) ont tenté dans les années 1990-2000 d'introduire la culture attelée, mais cela s'est soldé par un échec et aujourd'hui la traction animale, les charrues et les charrettes sont pratiquement inexistantes. Les échecs de mécanisation par des processus exogènes ne sont pas rares, et les raisons peuvent en être de plusieurs ordres. Dans tous les cas, la connaissance de technologies plus productives est une condition nécessaire, mais non suffisante à leur adoption. La charrue, connue en Europe depuis 3 000 ans, a mis longtemps à s'imposer (Boserup, 1970 : 62). Tout d'abord, les savoirs pour l'entretien d'animaux de trait (rations alimentaires, détection de symptômes…) ne vont pas de soi, les agriculteurs djougois n'en ont pas l'expérience ; de plus, le coût pour investir dans une paire de bœufs reste conséquent, même avec des subventions. Mais le facteur déterminant est sans doute la relative disponibilité de la main-d'œuvre familiale. La logique familiale du système d'exploitation reste assez prégnante, et l'organisation du travail de toute la maisonnée (enfants et célibataires des deux sexes, épouse-s) est de règle ; pourtant, des mouvements d'autonomisation se font sentir. L'affirmation des cadets sociaux a pris de la vigueur ; les champs individuels et les initiatives de diversification sont bien souvent portés par des désirs d'individuation. Les mouvements migratoires depuis la commune vers les villes du Sud et le Nigeria montrent d'ailleurs des évolutions. Alors qu'ils ont longtemps exprimé les stratégies des chefs de famille – envoyer des jeunes gagner un peu d'argent à l'extérieur, tout en gardant une main-d'œuvre suffisante à demeure –, ils traduisent de plus en plus la volonté même des migrants. Ceux-ci n'hésitent d'ailleurs pas à partir, contre l'avis du père, pour exercer, contre rémunération, des fonctions agricoles qu'ils refusent de remplir gratuitement pour la famille. La mobilisation de la main-d'œuvre familiale tend donc à devenir plus délicate. De plus, la monétarisation progressive de l'agriculture laisse supposer qu'une nouvelle tentative d'introduction de la culture attelée aurait plus de succès qu'en 1990-2000.

Le foncier

De même que pour la problématique de la fertilité des sols, les hypothèses d'insécurité foncière croissante ne se présentent pas sous le même jour sur l'un et l'autre site. À Niakhar, seule la fragmentation des exploitations semble source de difficultés et les

8. Par contre, les petits ruminants (ovins et caprins), voire les porcs chez les Ditamari, sont courants mais jamais assez nombreux pour assurer la fertilisation des champs.

populations, quelles que soient leurs appartenances, Sereer, assimilées ou Toucouleur, ne semblent pas menacées. L'action publique et les politiques publiques foncières, si elles perdurent, ne sont pas davantage une source d'inquiétude.

À Djougou (et sur l'ensemble des zones rurales béninoises), on peut par contre émettre une hypothèse de rupture. Les rapports des hommes à la terre sont engagés dans un processus de réification, les tombes des ancêtres sont délaissées, les cérémonies abandonnées, les lieux sacrés mis en culture. Cette terre, aux mains d'autorités qui entendent conserver des privilèges coutumiers revisités, commence à faire l'objet des premières transactions. Impensables il y a une vingtaine d'années, elles deviennent réalisables (c'est-à-dire moralement acceptables), et la fragilisation foncière de ceux qui n'ont que des droits secondaires constitue un véritable risque. Du côté étatique, les plans fonciers ruraux (PFR), émanations des lois foncières (2007 et surtout 2013), sont en capacité de les rendre juridiquement possibles. Ils sont présentés comme un simple outil technique, destiné à recenser les droits coutumiers oraux à transposer en droits écrits légaux. Mais ils sont plus que cela : ils sont un outil politique de réforme foncière. Ils produisent (ou accompagnent) un glissement des faisceaux de droits (sur le sol, sur les ressources, de prélèvement ou de culture, des chefs de terre, des exploitants, des pasteurs) vers des formes se rapprochant d'une logique de marché. Le PFR de Djougou, en phase de démarrage sur la commune, doit ouvrir de nouveaux droits par l'établissement de « certificats fonciers », qui sont une base pour le lancement d'une procédure d'immatriculation foncière (Le Meur, 2008 ; Lavigne Delville, 2010). En effet, les certificats, qui ne constituent qu'une « présomption de propriété », peuvent être transformés en titres fonciers, c'est-à-dire en propriété au sens du droit romain[9]. Certains destinataires de ces nouveaux droits – les chefs de terre et quelques notables de leurs lignées – sont, dans cette logique, érigés en propriétaires disposant de droits d'usage, d'usufruit et de vente. Les relations au sol tendent ainsi à se transformer en rapports économiques, fragilisant la grande majorité des futurs non-propriétaires. Ce seront alors essentiellement les groupes considérés comme allochtones (agriculteurs et surtout pasteurs) qui pourraient se voir contester leurs droits au sol et aux ressources environnementales.

Conclusion

Nous n'avons pas à proprement parler observé de transition rapide d'un système de production à un autre plus intensif, plus productif, sous l'effet de la pression démographique. Les deux systèmes perdurent, l'un à jachère avec une main-d'œuvre abondante et des techniques manuelles, l'autre sur des terres travaillées chaque année, avec des apports de matière organique animale de plus en plus insuffisants.

9. Ces opérations se sont accélérées depuis que la MCA (Millenium Challenge Account), agence de coopération des États-Unis, a pris en charge la réforme foncière aux côtés du nouveau ministère de l'Urbanisme.

Les agriculteurs continuent pourtant de vivre, et souvent mieux qu'à la génération précédente. S'ils n'ont pas (encore) produit de transition agraire, ils font pourtant œuvre de stratégies, d'innovations, tout en assurant la fonction historique de leurs agricultures : produire pour se nourrir. Les initiatives, généralement prudentes (petites parcelles d'anacardier ou de maraîchage…), se sont peu à peu développées et diversifiées au point de concerner toutes les familles ou presque, d'abord sous forme de nouvelles productions puis par des activités qui se détachent de l'agriculture.

Dans tous les cas, ces diversifications visent à disposer de numéraire, c'est là l'évolution la plus notable des petites agricultures familiales des deux sites. Les modes de vie inspirés des standards citadins ont pénétré les milieux ruraux. Les téléphones mobiles et les motos par exemple se sont très largement diffusés. L'habitat s'est sensiblement transformé avec l'arrivée des tôles et du béton. Même les habitudes alimentaires ont changé, en témoigne l'introduction du pain. À Niakhar, un repas sur trois (celui du midi) est couramment constitué de riz, généralement acheté : ce dernier a remplacé le mil ou le sorgho produit, qui n'est plus consommé que le matin ou le soir. Ces changements ne sont pas des ruptures boserupiennes, mais l'affirmation progressive d'une agriculture « hybride » qui continue d'assurer la fonction première d'autoconsommation, malgré les baisses des rendements, tout en développant des cultures de rente pour accéder au marché. Les difficultés exposées dans cette étude ne sont donc pas résolues, mais contournées ou surmontées par l'effet d'hybridation/monétarisation de la petite agriculture familiale.

Si les pouvoirs publics parviennent à sécuriser les droits fonciers des producteurs, quelles que soient leurs appartenances (en prenant quelque distance avec les procédures d'immatriculation par exemple), s'ils parviennent à les accompagner de politiques de formation et de subventions (traction animale, semences…), la densification agricole fera mieux que permettre aux agriculteurs de survivre ; elle assurera durablement une autre fonction essentielle de la petite agriculture familiale, l'approvisionnement des villes toujours plus consommatrices (voir à ce propos FAO, 2014).

Références

ANSD (Agence nationale de la statistique et de la démographie), 2009
Situation économique et sociale de la région de Fatick, édition 2008. Service régional de la statistique et de la démographie de Fatick, république du Sénégal.

Aubreville, 1949
Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Paris, Société d'éditions géographiques, coll. Maritimes et coloniales, 351 p.

Boserup E., 1970
Évolution agraire et pression démographique. Paris, Flammarion, 224 p.

Boserup E., 1985
Economic and demographic interrelationships in sub-saharan Africa. *Population and development review*, 11 (3) : 383-397.

Chipaux J.-P., 2005
Recherche intégrée sur la santé des populations à Niakhar. Paris, IRD Éditions, 32 p.

De Haan L. J., 1997
Agriculteurs et éleveurs au Nord-Bénin, écologie et genre de vie.
Paris, Karthala, 217 p.

Delaunay V., Marra A., Levi P., Etard J.-F., 2003
« SSD de Niakhar, Sénégal ».
In : *Population et santé dans les pays en développement.1-Population, santé et survie dans les sites du réseau INDEPTH*, Centre de recherches pour le développement international, 376 p.

Delaunay V., Adjamagbo A., Lalou R., 2006
Questionner la transition de la fécondité en milieu rural africain : les apports d'une démarche longitudinale et institutionnelle.
Les Cahiers québécois de démographie, 35 (1) : 27-50.

FAO, 2014
La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Rome.

Faye J., 2008
Foncier et décentralisation. L'expérience du Sénégal.
IIED, dossier 149, 20 p.

Gangneron F., 2011
Heurs et malheurs de la gestion communautaire du barrage de Daringa dans la commune de Djougou au Bénin.
Mondes en développement, 155 : 23-36.

Guigou B., Lericollais A., Pontié G., 1995
« La gestion de la terre en pays sereer siin (Sénégal) ». *In* Blanc-Pamard C., Cambrézy L., éd. : *Dynamiques des systèmes agraires. Terre, terroir, territoire : les tensions foncières*,
Paris, Orstom : 183-223.

Insae (Institut national de la statistique et de l'analyse économique), 2013
Recensement général de la population et de l'habitation (RGPH4).

Judex M., Thamm H.-P, Röhrig J., Schulz, éd., 2009
Impetus, Atlas du Bénin, résultats de recherche 2000-2007.
Département de géographie, université de Bonn, Allemagne, 3e édition traduite en français, 128 p.

Kouassigan, 1966
L'homme de la terre, droits fonciers coutumiers et droits de propriété en Afrique occidentale.
Paris, Orstom, coll. L'homme d'outre-mer, 283 p.

Landais E., Lhostes P., 1993
Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines.
Agricultures, 2 (1) : 9-25.

Lavigne Delville P., 2010
La réforme foncière rurale au Bénin. Émergence et mise en question d'une politique instituante dans un pays sous régime d'aide.
Revue française de science politique, 3 (60) : 467-491.

Le Houérou H. N., 1989
The grazing land Ecosystem on the African Sahel.
Ecological studies, 75, Springer-Verlag, 282 p.

Le Meur P-Y., 2008
L'information foncière, bien commun et ressource stratégique. Le cas du Bénin.
IIED, dossier 147, 27 p.

Lericollais A., 1972
SOB, étude géographique d'un terroir sereer (Sénégal).
Paris, Orstom, coll. Atlas des structures agraires au sud du Sahara, 7, 110 p.

Lericollais A., éd., 1999
Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs, 668 p.

Lericollais A., Waniez P., 1993
Les terroirs africains, approche renouvelée par l'emploi d'un SIG.
Mappemonde, 2 : 31-36.

Leroux L., 2012
Analyse diachronique de la dynamique paysagère sur le bassin supérieur de l'Ouémé (Bénin) à partir de l'imagerie Landsat et Modis. Cas d'étude du communal de Djougou.
Rapport d'ANR (C. Peugeot, dir.), 62 p.

Le Roy E., 2000
De la propriété aux maîtrises foncières. Biodiversité et appropriation, les droits de propriété en question. Actes du colloque « Biodiversité *et* appropriation*,* les droits *de* propriété *en* question », Paris, 20-21 juin.

Loi n° 64-46 du 17 juin 1964
relative au Domaine national.

Loi n° 2007-03., 2007,
portant régime foncier rural en république du Bénin.

Loi n° 2013-01., 2013,
portant code foncier rural et domanial en république du Bénin.

Lombard J., 1995
Sénégal : quand l'agriculture passe par la migration.
Histoires de développement, 30 : 7-9.

Plan local de développement de la communauté rurale de Diakhao, 2001
Conseil rural de Diakhao, 142 p.

Plançon C., 2009
Droit, foncier et développement de la notion de propriété, étude de cas au Sénégal.
Revue Tiers Monde : 837-851.

Robert E., Gangneron F., 2015
Un « SIG à dires d'acteurs » : décryptage des vulnérabilités environnementales des agro-éleveurs et pasteurs au Bénin. *Cybergéo*.

Robert E., Merlet S., Auda Y., Gangneron F., Hiernaux P., soumis
Dynamiques de l'occupation du sol en milieu agropastoral dans la commune de Djougou au Bénin à partir d'images Landsat acquises entre 1984 et 2012 : une approche régressive associant télédétection et enquêtes de terrain.
Journal canadien de télédétection.

Sdac (Schéma directeur d'aménagement communal), 2010
Ministère de la décentralisation, de la gouvernance locale, de l'administration et de l'aménagement du territoire, département de l'Atacora-Donga, commune de Djougou, 113 p.

Usaid (*United States Agency for Internation Development*), 2011
Projet croissance économique, analyse de la filière engrais au Sénégal et de son évolution sur la période 2000-2010. 13 p.

Vandermeersch C., Naulin A., 2007
Sécurité alimentaire des ménages et stratégies alternatives de diversification des sources de revenus en milieu rural : le cas de la zone de Niakhar au Sénégal entre 2000-2003.
Communication à la Chaire Quetelet 2007, 19 p.

Chapitre 13

Rôle des migrations saisonnières et pluriannuelles dans la réduction de la vulnérabilité

Les communes de Hombori et Djougou

Alain Bonnassieux
Fabrice Gangneron

Crises climatiques et environnementales et migrations : des positions divergentes

La question de la place des crises climatiques et environnementales dans l'expansion des migrations fait débat (Gemmene, 2007). Lorsqu'ils évoquent la détérioration des conditions de subsistance des populations et l'accroissement des migrations, les spécialistes de l'environnement mettent l'accent sur le rôle prépondérant, d'une part, de l'irrégularité et de la baisse de la pluviométrie et, d'autre part, de la dégradation des sols. Leurs travaux, qui ont contribué à l'émergence de la catégorie de réfugiés de l'environnement, ont été fortement médiatisés dans un contexte de verrouillage des frontières de l'Europe, de crainte d'un afflux massif et incontrôlé de migrants des zones les plus fragiles d'Afrique de l'Ouest (Cambrezy et Lasailly Jacob, 2010). Les chercheurs qui travaillent sur l'évolution des migrations dans la longue durée sont réservés sur le rôle déterminant conféré aux crises climatiques et environnementales dans les déplacements de population. Ils reconnaissent que les déficits et les variabilités interannuelles de la pluviométrie contribuent à l'augmentation temporaire des migrations et à leur transformation (Gonin et Lasailly Jacob, 2002). Mais ils estiment que les migrations sont liées une imbrication de facteurs environnementaux, économiques, sociaux et politiques, dont la portée varie en fonction de contextes territoriaux et des périodes. Se focaliser sur les causes climatiques et environnementales des migrations comporte le risque d'occulter d'autres facteurs qui exercent un rôle aussi important sinon plus.

Dans les régions sahéliennes et soudano-guinéennes, le développement des migrations est favorisé par des contraintes – pauvreté, manque d'activités pendant la saison sèche, insuffisance et irrégularité de la pluviométrie, coût élevé du mariage, subordination de catégories en position d'infériorité – dont l'importance varie en fonction des écosystèmes et des sociétés. Il s'explique aussi par des facteurs attractifs, notamment les potentialités offertes par les zones d'émigration sur le plan économique, social pour s'affirmer, aider la famille, acquérir des compétences nouvelles, mobilisables au retour dans le cadre d'activités agricoles et extra-agricoles (Mounkaila, 2010). L'ouverture croissante des territoires sur l'extérieur, l'amélioration des moyens de communication, la généralisation de certains besoins contribuent aussi aux mobilités. Les ressources monétaires et relationnelles exercent un rôle important dans la décision de migrer, en particulier les contacts que les migrants ont avec leurs compatriotes déjà installés dans les zones d'immigration. La migration à longue distance a un coût élevé et comporte des risques auxquels ne peuvent faire face les plus pauvres, qui ont souvent une mobilité réduite par le manque d'argent et de capital social (Brown, 2008). Après les mauvaises récoltes, les migrations pour préserver les réserves de vivres et trouver de quoi aider la famille sont souvent associées à d'autres stratégies pour assurer la subsistance : vente d'animaux, salariat agricole, petit commerce, recours à la solidarité, cueillette d'aliments de substitution… (Yayé et Gado, 2006).

Pour apprécier la portée des facteurs environnementaux et climatiques sur les migrations par rapport à d'autres facteurs, nous allons analyser l'évolution des dynamiques migratoires dans une commune sahélienne, Hombori au Nord-Mali, et une commune soudano-guinéenne, Djougou au Nord-Bénin[1]. Après avoir présenté les deux communes, nous mettrons l'accent pour chacune d'entre elles sur les caractéristiques des migrations, leurs évolutions, leurs finalités. Puis, afin de cerner ce qui les différencie, nous reviendrons sur les spécificités des contextes dans lesquels les migrations se déploient et les stratégies que poursuivent leurs acteurs.

Hombori, une commune à dominante pastorale où les migrations sont anciennes

La commune de Hombori, située à mi-distance entre le pays dogon et Gao dans le nord du Mali, est un espace à dominance pastorale. L'agriculture, essentiellement pluviale, n'est pratiquée que sur 3 à 5 % du territoire (Cheula, 2009). La population, estimée à 18 000 habitants en 2009, est constituée de plusieurs groupes ethniques.

1. Ces enquêtes se sont déroulées dans le cadre de plusieurs programmes de recherche : Amma (Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine) et Eclis (Élevage, climat et sociétés) à Hombori en 2008 et 2009 ; Eclis et Escape à Djougou en 2010, 2012, 2013. Depuis 2010, du fait de l'insécurité dans le nord du Mali, il n'a pas été possible d'effectuer de nouvelles recherches à Hombori.

Les Songhaï sont les plus nombreux. Les autres groupes par ordre décroissant sont les groupes peuls, les Tamachek et les Dogons. Les différenciations sont fortes entre nobles et communautés d'ascendance servile chez les Songhaï, Peuls et Tamachek. Les densités de population sont modestes, 6,3 hab./km^2, et le tiers des habitants réside à Hombori-ville, le chef-lieu de la commune. Les moyennes pluviométriques, qui ont diminué d'un tiers depuis la fin des années 1960, passant de 466 mm entre 1950 et 1970 à 324 mm après 1990 et la variabilité interannuelle qui a augmenté après 1990 ont accru la précarité des activités agricoles et pastorales (Mougin *et al.*, 2009). Les migrations à Hombori ne sont pas des phénomènes nouveaux. Elles constituent une activité ordinaire des familles pratiquant l'agriculture ou l'élevage, et permettent la reproduction économique et sociale des groupes d'agro-éleveurs. Mais leurs caractéristiques ont évolué.

Avant 1970, des migrations vers les pays côtiers liées à des logiques composites

Les migrations des Homboriens vers les villes des pays côtiers, Ghana, Côte d'Ivoire, et dans une mesure limitée vers les villes de l'intérieur du Mali, comme Mopti, sont anciennes. Les plus documentées étant celles en direction de la Gold Coast (Ghana actuel) dans les années 1920 et 1930. Les zones sahéliennes jouaient un rôle de pourvoyeur de main-d'œuvre pour l'édification des villes et le développement des cultures de rente, principalement dans les régions côtières et accessoirement dans les zones de savane (Dougnon, 2008). Jusqu'à la grande sécheresse de 1973-74, à Hombori, comme dans les autres régions sahéliennes, les migrations étaient surtout le fait de jeunes hommes. La grande majorité d'entre elles avaient lieu pendant la période morte des travaux agricoles et étaient motivées par la recherche d'activités permettant de gagner de l'argent. Les finalités sociales des migrations étaient importantes. La subordination des membres des groupes d'ascendance servile chez les Songhaï (Banney), les Peuls (Rimaïbé) et les Tamachek (Bella) par rapport à leurs anciens maîtres et celle des cadets par rapport aux aînés étaient fortes. La vie et le travail à l'étranger dans des métropoles côtières « prestigieuses » favorisaient les stratégies d'autonomisation. Mais les migrations étaient aussi le fruit de stratégies familiales qui consistaient à économiser les productions alimentaires en envoyant les jeunes à l'extérieur, avec l'espoir de remises d'argent à leur retour pour les travaux des champs en début de saison des pluies.

La Gold Coast a été à l'époque coloniale la principale destination des migrants de Hombori. On pouvait y trouver un emploi plus librement que dans les territoires colonisés par la France, où le travail forcé n'a été aboli qu'en 1946. L'économie de ce pays était alors la plus avancée d'Afrique de l'Ouest, et ce jusqu'en 1950-1960. À cause du manque de routes et de moyens de transport dans les régions sahéliennes, les voyages se faisaient en grande partie à pied. À leur arrivée, les migrants étaient hébergés par des parents. Dans les grandes villes en expansion (Accra, Koumassi), les besoins en main-d'œuvre non qualifiée étaient importants dans le secteur des travaux publics et de la construction, dans les usines, les magasins et sur les marchés (Verlet, 2005). Beaucoup de migrants partaient peu de temps, les sept-huit mois

de la saison sèche et revenaient au village pour les travaux agricoles. Toutefois, lorsqu'ils avaient un emploi stable ou qu'ils parvenaient à ouvrir une boutique, un atelier, ce qui a été le cas de beaucoup de Songhaï installés à Koumassi (DOUGNON, *op. cit.*), ils pouvaient rester plusieurs années sans revenir au pays.

La migration vers la Côte d'Ivoire a pris son essor dans les années 1960 et a supplanté celle vers le Ghana, qui était entré en récession. C'était l'époque du « miracle ivoirien », Abidjan était en pleine expansion et attirait des migrants de toute l'Afrique de l'Ouest. Les migrants trouvaient facilement du travail dans les usines, au port, dans les grands magasins, chez des Européens comme employés de maison ou gardiens, pouvant changer facilement d'employeurs. Plusieurs jeunes songhaï partis à Abidjan à cette époque y sont restés vingt ans et parfois plus longtemps, employés comme manutentionnaires aux abords des grands magasins du Plateau ou comme ouvriers dans les usines près du port. Certains d'entre eux ont utilisé leurs économies pour acheter du bétail lorsqu'ils se sont réinstallés dans leur village. Une minorité constituée de Homboriens scolarisés a trouvé des emplois dans des secteurs où il y avait besoin de personnel qualifié. Plusieurs d'entre eux sont restés sur place et ont pris la nationalité ivoirienne.

Migrations de crise des années 1970-1980

Les migrations ont changé de dimension à partir des grandes sécheresses et des crises alimentaires de 1973-74 et de 1984-85. Les pénuries alimentaires ont entraîné une extension considérable des migrations qui ont concerné toutes les catégories de la population, hommes, femmes, personnes âgées, et tous les groupes sociaux. Les contacts ne se sont pas forcément maintenus avec ceux qui sont partis à cette époque. La sécheresse a contribué à Hombori, à l'instar de ce qui a été observé dans le nord du Mali, à un morcellement des familles (GRÉMONT *et al.*, 2004).

Durant ces périodes de disette, les destinations ont été beaucoup plus diversifiées qu'auparavant. Dans l'urgence, parce qu'ils avaient tout perdu, beaucoup de Homboriens sont allés là où ils pouvaient subsister, y compris dans des régions proches, à Konna, Mopti, au nord du Burkina Faso. Selon le témoignage d'un chef de village, « ceux qui partaient, tout ce qu'ils trouvaient, ils le faisaient pour gagner de quoi manger ». Au moment et après les grandes sécheresses, les migrations vers la Côte d'Ivoire et le Nigeria ont aussi connu une croissance exceptionnelle, l'économie de ces pays étant encore en plein essor. Selon un notable songhaï de Hombori, à cause du grand nombre de Homboriens en Côte d'Ivoire et des aides qu'ils envoyaient à leurs parents, « la Côte d'Ivoire était de 1975 à 1985 le poumon économique de la commune de Hombori ».

Bien que, après 1990, les sécheresses n'aient plus été de la gravité de celles des deux décennies précédentes, elles ont marqué le début d'une ère où les problèmes récurrents de subsistance sont devenus une des causes prédominantes des migrations.

L'agriculture est souvent perçue comme une activité de plus en plus aléatoire, à cause de la faible pluviométrie et de sa variabilité interannuelle. Mais les difficultés chroniques de subsistance sont aussi dues aux équipements, manuels, peu productifs, ne permettant pas d'accroître les surfaces d'exploitation par unité de production.

Seule une minorité d'agriculteurs, généralement dogons, a recours à la culture attelée. La baisse et l'irrégularité de la pluviométrie, dans ce contexte de faible évolution des systèmes de production et de médiocre fertilité des sols, ont entraîné une dégradation des conditions de subsistance par rapport aux années 1950 et 1960. Mais des différences importantes en termes d'autosuffisance alimentaire sont à mettre au compte des disparités d'équipement et du niveau de mobilisation de la force de travail. Lors d'une enquête effectuée en 2009 auprès d'un échantillon de 112 exploitants, près de la moitié (46 %) avait des réserves de vivres inférieures à deux mois après récoltes, et le tiers disposait entre quatre mois et huit mois de réserves (Aguilhon, 2009). Une minorité d'exploitants (7 %) étaient autosuffisants et avaient des excédents.

Profils des migrants d'aujourd'hui et raisons des migrations

Si la majorité des migrants sont encore des hommes célibataires, le nombre de ménages, d'hommes d'âge mûr, de femmes, de jeunes filles qui partent dans le cadre des migrations saisonnières et/ou pluri-annuelles est nettement plus élevé qu'autrefois.

Beaucoup parmi les jeunes hommes considèrent que l'activité agricole est aléatoire et peu valorisante. Selon un enseignant de Hombori, « quand les jeunes restent deux ou trois ans sans presque rien récolter, ça les décourage ». Mais la désaffection des jeunes vis-à-vis des travaux agricoles n'est pas seulement provoquée par l'irrégularité et l'insignifiance des récoltes. Elle provient de leurs difficultés à satisfaire leurs besoins personnels en travaillant dans l'exploitation familiale, sans rémunération, sous l'autorité du père. Dans les villages, les jeunes qui s'en sortent sont ceux qui peuvent exercer des petites activités indépendantes : exploitation individuelle d'une parcelle maraîchère, salariat agricole, convoyage de bétail qui leur procure un revenu personnel. Les jeunes qui sont allés à l'école ont souvent perdu l'habitude des travaux durs dans les champs et ont envie de partir gagner de l'argent à l'extérieur pour leur compte. Leur résistance au travail gratuit au sein de l'exploitation familiale est source de tensions et d'incompréhension avec les anciens. Pour ceux-ci, les jeunes sont « paresseux, moins endurants qu'eux autrefois, plus matérialistes », parce qu'ils ont d'autres besoins qu'eux qu'ils ne peuvent satisfaire qu'en se démarquant de la famille : achats de téléphones portables, de motos, de vêtements… Aussi, les séjours des jeunes à l'extérieur ont tendance à s'allonger.

La migration est aussi une stratégie qui permet d'économiser des réserves en vivres. Les possibilités d'activités étant très réduites dans la majorité des villages pendant la saison sèche, beaucoup de jeunes et un nombre croissant de ménages migrent dans des régions peu éloignées de Hombori, au Mali ou au Burkina Faso, pour y exercer une activité qui leur permet de subsister pendant la saison sèche. Avant leur départ en exode, les céréales qu'ils ont récoltées sont conservées pour assurer la nourriture de leurs vieux parents restés sur place et leur permettre d'avoir de quoi se nourrir lors de leur retour à l'hivernage. Même si les promesses d'améliorer le quotidien par quelques remises d'argent ne sont pas tenues, ces migrations permettent d'économiser sur le grenier familial. Les bouches à nourrir partent en saison sèche, et les bras pour les champs reviennent en saison des pluies.

En plus de la croissance de ces migrations, celles des jeunes filles progressent et, dans une moindre mesure, celles des femmes mariées qui se déplacent sans leur mari. La plupart vont s'employer comme domestiques dans les villes du nord du Mali. Ces migrations féminines sont assez fréquentes chez les Dogons et dans les groupes d'ascendance servile, notamment chez les Peuls Rimaïbe. Par contre en milieu songhaï, le départ des jeunes filles est mal perçu et assez rare.

Les envois périodiques d'argent et les remises effectuées par les migrants à leur retour sont utilisés pour acheter des vivres sur les deux grands marchés de la commune, à Hombori et à Wami. Les ressources monétaires fournies par les migrants sont souvent complémentaires de celles procurées par quelques activités locales : petit élevage pour l'embouche, commerce de bétail, artisanat, salariat agricole, fabrication et vente de charbon de bois, collecte et vente de fourrage pour nourrir les animaux. Lorsque l'activité exercée rapporte suffisamment d'argent pour acheter des vivres – ce qui peut être le cas lorsque le commerce de bétail prend de l'ampleur –, la contribution des migrants à la subsistance est marginale. Par contre, elle joue un rôle important dans les familles qui n'ont pas la capacité de diversifier leurs activités de subsistance.

Lorsque les récoltes sont mauvaises, la migration n'est plus seulement une stratégie pour gérer au mieux des réserves limitées, mais elle devient une stratégie de survie, et les migrants se font plus nombreux. À Dakakouko, en novembre 2008, après les mauvaises récoltes imputées à une pluviométrie insuffisante, il y avait selon le responsable du village une centaine de migrants sur une population estimée à 515 habitants, Dans ces moments de crise, les départs ont lieu plus tôt et les retours sont plus tardifs. Les sommes envoyées par les migrants contribuent plus que d'habitude à l'achat de vivres

Des migrations dans un espace aux potentialités plus réduites

Au niveau sous-régional, cette évolution des migrations a lieu dans un contexte territorial de plus en plus contraignant, du fait des crises économiques et des conflits politiques qui se sont produits dans les aires « traditionnelles d'immigration ». Déjà, en 1969, plusieurs Homboriens qui avaient des emplois stables à Accra et à Koumassi avaient dû quitter le Ghana lors des mesures massives d'expulsions des migrants ouest-africains. Mais, à cette époque, au Nigeria et en Côte d'Ivoire, on avait encore besoin de la main-d'œuvre sahélienne. À partir des années 1980, la montée du chômage et de la pauvreté au Nigeria, en Côte d'Ivoire, ainsi que dans d'autres pays, a provoqué de nombreux départs. Les émigrants de Hombori ont été les témoins et les victimes des crises dans les anciens bassins d'immigration. Certains qui travaillaient à Lagos ont perdu tous leurs biens lorsque, en 1983, deux millions d'étrangers ont été expulsés du Nigeria pour calmer une opinion publique déstabilisée par l'accroissement de la précarité et de la violence, suite à la fin du boom économique des premières années de l'exploitation du pétrole.

À Abidjan au début des années 1980, plusieurs de ceux qui étaient ouvriers ou manœuvres ont fait les frais des mesures prises pour limiter le recours à la main-

d'œuvre étrangère, suite à la fermeture d'entreprises et à la contraction du marché de l'emploi. Lorsque la pauvreté s'est aggravée durant les années 1990, des jeunes de Hombori ont dû faire face à la concurrence d'Ivoiriens prêts pour subsister à exercer des tâches qu'ils jugeaient auparavant dégradantes, comme celle de tireurs de charrettes. Plusieurs parmi eux ont été victimes des violences xénophobes attisées par la mise en œuvre de « l'ivoirité ». À cause des exactions subies, la migration à Abidjan des jeunes Bella de Doungouri, fréquente avant le mariage, a quasiment cessé. Suite à la précarisation croissante de leur situation dans différents pays côtiers, certains migrants ont rapatrié femmes et enfants dans leur village d'origine.

Face à ces crises et aux difficultés rencontrées sur les routes migratoires, racket notamment, les migrations se sont réorientées vers les pays plus proches géographiquement et culturellement. Plusieurs migrants ont été hébergés et aidés par des parents songhaï à Niamey, où ils ont travaillé notamment comme maçon ou marabout. Dans le village bella de Doungouri, plusieurs jeunes ont été vendeurs d'eau à Niamey, un métier souvent exercé par les Maliens de la région de Gao. Les mines d'or du nord du Burkina Faso, à Essakane, vers Djibo et Gorom-Gorom, ont attiré un nombre croissant de jeunes et de familles de Hombori, bien que l'orpaillage soit perçu comme une activité dangereuse et aléatoire. Selon une opinion exprimée par un jeune Songhaï : « Dans les sites aurifères, c'est plus la chance que le travail qui permet de s'enrichir. »

Quelques Homboriens ont tenté leur chance dans les villes du sud de l'Algérie, et en Lybie, mais les discriminations à l'égard des émigrés d'Afrique noire dans ces pays, les exactions subies, les expulsions fréquentes des migrants subsahariens ont limité l'importance de ces migrations.

À cause de la diminution des emplois salariés et de la difficulté d'une insertion durable dans l'économie des aires d'immigration, il y a eu une extension des logiques de circulation, les migrants se déplaçant en fonction des opportunités d'emploi et d'activités dans des espaces essentiellement sahéliens, voire maliens. Ceux qui s'en sortent le mieux sont ceux qui ont acquis une compétence (maçonnerie, mécanique, fonçage de puits) leur permettant de trouver plus aisément du travail, y compris dans de petites localités. C'est à Bamako, où ils sont actifs dans le petit commerce et le gardiennage, que les Homboriens sont les plus nombreux. Grâce à l'accroissement du commerce du bétail et des activités d'embouche, les jeunes Peuls et parfois les Songhaï sont facilement recrutés par des citadins, notamment des commerçants, pour s'occuper de leurs animaux. Les migrations saisonnières sont désormais fréquentes dans des régions plus proches, dans des capitales régionales comme Mopti-Sévaré ou dans des villes moyennes comme Douentza, Konna. Ces migrations de proximité ouvrent plus encore qu'avant la possibilité de petits boulots, peu qualifiés, dans le secteur informel : charretier, gardiennage, entretien du bétail, orpailleur, berger. Les gains sont faibles et irréguliers, inférieurs aux sommes perçues dans les anciens bassins d'immigration. Beaucoup de migrants, notamment ceux qui en milieu urbain vivent avec femmes et enfants, ne sont pas en mesure d'aider leurs parents au village parce qu'ils ont de la peine à assurer leur propre subsistance.

Des systèmes migratoires basés sur l'interconnaissance

L'insertion dans des réseaux socioprofessionnels oriente les trajectoires des migrants et facilite la réalisation de leurs projets. À Hombori, à l'instar de ce qui se passe dans d'autres régions sahéliennes, les déplacements ont lieu souvent à l'intérieur de communautés villageoises et/ou ethniques dont les membres sont dispersés dans des espaces, souvent transnationaux (DOUGNON, *op. cit.*). Le dénuement et le manque de ressources relationnelles limitent drastiquement les capacités de déplacement. Ceux qui n'ont personne qui puisse les aider à payer le prix du voyage partent souvent à pied vers les localités les plus proches pour trouver un travail et gagner l'argent pour aller plus loin. Lorsque les jeunes qui veulent se rendre dans les grandes villes n'ont pas pu réunir la somme nécessaire pour voyager, ils ont recours au système « arrivée-payer ». Il consiste à voyager à crédit, en faisant payer le prix du trajet à l'arrivée par un parent que le migrant remboursera ultérieurement. L'existence de petites communautés de Homboriens dans les villes de la côte, Abidjan particulièrement, mais aussi au Mali, à Bamako et dans d'autres villes, joue un rôle important dans la recherche de logement et de travail. Ainsi, les ressortissants du village de Kelmi, installés à Abidjan, cotisent pour louer une maison dans le quartier de Treichville pour l'hébergement des jeunes du village qui viennent travailler dans la grande agglomération ivoirienne. La forte présence de Homboriens dans de nombreux secteurs – portage de marchandises, entretien et vente de bétail, gardiennage, petit commerce, emplois domestiques pour les jeunes femmes – facilite l'insertion de nouveaux arrivants. Dans les villes, fréquemment, les jeunes migrants célibataires partagent le même logement pour réduire au maximum les dépenses de loyer et de nourriture, afin de pouvoir aider leurs familles et accumuler une épargne pour leurs projets personnels.

Les processus d'affirmation individuelle et de diversification des activités

Les migrations ne sont pas seulement la manifestation de stratégies d'adaptation ou de survie, face à l'acuité des problèmes de subsistance. Elles permettent d'accumuler des ressources, au moins les migrants ont-ils cet espoir, pour améliorer leurs positions économiques et sociales. La mise en œuvre de ces stratégies proactives est favorisée par une ouverture de la commune sur l'extérieur, avec le bitumage de la route depuis 1986 et la diffusion du téléphone portable.

Une partie importante du revenu de la migration est consacrée à des stratégies d'autonomisation. Le séjour à l'extérieur pour les jeunes célibataires permet d'échapper à la tutelle des aînés et d'accéder à des revenus personnels. Les migrations des jeunes célibataires constituent une étape importante pour l'acquisition d'une expérience et de nouvelles compétences, notamment avant le mariage. Les périodes de migration ont favorisé l'apprentissage de nouveaux métiers : tailleur, réparateur de radios, puisatier, courtier en bétail. L'expérience acquise à l'extérieur et les petites économies de migration constituent des ressources qui sont utilisées pour accroître le cheptel ou démarrer d'autres activités. Par exemple, à Kelmi, plusieurs anciens

migrants ont utilisé les compétences acquises au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire dans la conduite, le commerce et l'entretien du bétail pour monter, au retour au village, un commerce de bétail entre Hombori, Bamako et le Burkina Faso. En dépit du caractère aléatoire des productions agricoles, quelques migrants cherchent à renforcer les capacités de production de l'exploitation. Dans celles détenues par les Dogons, les remises des migrants ont favorisé la diffusion de la culture attelée et la diversification des productions.

Une grande partie, parfois la totalité, de l'argent gagné par les jeunes migrants est utilisée pour le paiement de la dot, dont il faut s'acquitter pour se marier. Acquérir le statut d'homme, à la majorité, c'est se marier. Le reste sert à l'achat de biens de consommation (habits, téléphone portable…) qui sont la marque de la modernité, de l'inscription dans des cultures transnationales, de l'urbanité et qui permettent de se distinguer dans la communauté.

Djougou : des productions agricoles diversifiées, mais une précarité des groupes en position d'infériorité

Djougou est une commune sous climat soudano-guinéen du centre-nord du Bénin, peuplée en majorité d'agriculteurs yom et de nombreuses minorités. Les productions alimentaires, relativement variées (igname, maïs, sorgho, manioc, etc.) permettent de nourrir la plus grande partie des 180 000 habitants. Toutefois 10 % des ménages sont confrontés à l'insécurité alimentaire et les disparités sont fortes. 30 % des enfants de la commune ont un retard de croissance à cause d'une mauvaise nutrition (Droy *et al.*, 2014). Le niveau de la pluviométrie, bien qu'en baisse, reste élevé, en moyenne 1 200-1 300 mm par an. Mais la disponibilité des ressources agricoles et pastorales se réduit du fait de l'accroissement continu de la densité rurale, qui est passée de 34 à 68 hab./km^2 entre 1992 et 2013, et certains espaces sont proches de la saturation. Cette augmentation des densités résulte de la croissance naturelle de la population et de l'arrivée d'agriculteurs bétaramibé (ou ditamari) et lokpa du nord et de l'est, d'éleveurs peuls du nord du Nigeria, du Niger et de la province du Borgou, attirés par la relative disponibilité des ressources agricoles et pastorales dans certaines zones. Au sein de la commune, les modes de tenure du foncier en milieu rural, qui privilégient les lignages dominants d'agriculteurs yom, entraînent une réduction de l'accès aux ressources agricoles et pastorales des groupes en position d'infériorité : agriculteurs allochtones et les différents groupes d'éleveurs. Dans les ménages qui disposent de moyens limités, les migrations saisonnières et temporaires des jeunes gens et des jeunes femmes dans les pays proches du Bénin (Nigeria, Niger)

ou dans les villes du Bénin sont très fréquentes. Elles sont perçues par leurs acteurs comme des moyens d'échapper à la pauvreté, d'accéder à un revenu personnel et de se procurer des ressources permettant d'améliorer leur situation dans le milieu d'origine.

Une main-d'œuvre semi-captive dans des exploitations agricoles au Nigeria

De nombreux jeunes, Yom, Bariba, Peuls, partent travailler dans des exploitations agricoles frontalières du Bénin, au Nigeria. Ces migrations ne sont pas nouvelles, mais leur mode d'organisation évolue (Imorou *et al.*, 2011). Auparavant, les chefs de famille contrôlaient l'organisation des migrations de leurs enfants, afin de disposer de la main-d'œuvre nécessaire pour les travaux agricoles et espérer quelques remises au retour. Aujourd'hui, un nombre croissant de jeunes partent à l'insu de leurs parents, les privant d'une main-d'œuvre qu'ils n'ont pas à rémunérer. De plus, ces derniers considèrent que leurs enfants s'exposent à des risques importants, du fait de la dangerosité de la vie et de la dureté des conditions de travail au Nigeria.

Les jeunes sont en majorité recrutés par des intermédiaires, appelés *Oga* ou *Waga*[2] (grand frère et/ou patron en Yorouba), qui s'occupent du convoyage des jeunes, de leur hébergement à l'arrivée au Nigeria, conviennent avec leurs employeurs (sans consultation des jeunes) du montant et de leur mode de rémunération. Ces intermédiaires sont fréquemment d'anciens migrants qui se sont lancés dans le business assez lucratif de l'acheminement et du placement des jeunes. Dans le village bariba de Gaounga, entre 2009 et 2013, un ancien migrant, qui s'est installé comme maçon au terme de son troisième séjour comme manœuvre au Nigeria, a placé 48 jeunes de son village dans des exploitations agricoles au Nigeria. Les *Oga* ont acquis un capital relationnel, dont ils tirent profit pour procurer du travail aux jeunes qui ne disposent d'aucune connaissance dans la zone de migration. Lorsque ces derniers ont déjà séjourné au Nigeria, ils ne passent plus nécessairement par un intermédiaire. Ils préfèrent convenir directement de leur mode de rémunération avec les exploitants agricoles. Mais beaucoup de ceux qui partent pour la première fois, par manque d'expérience et de relations, s'exposent à plus de risques s'ils ne passent pas par un intermédiaire. C'est pourquoi beaucoup recourent à leurs services.

Les jeunes sont, pour beaucoup d'entre eux, employés par des agriculteurs yom et bariba, qui résident depuis plusieurs années au Nigeria et ont souvent un statut de métayer (Imorou *et al.*, 2011). Le rythme de travail est intense, les manœuvres doivent absolument réaliser les tâches assignées dans le temps imparti, il faut travailler six jours sur sept. Ils vont au champ le matin dès 7 h et, si le champ est éloigné, ils doivent partir à 5 h 30. L'après-midi, le travail se poursuit selon les cas jusqu'à 19 h. Les travaux à effectuer, tous manuels (buttage, défrichage, sarclage), exigent beaucoup d'efforts physiques. Les travailleurs sont logés et nourris par

2. L'orthographe du nom de ces intermédiaires varie selon les sources : à Djougou, on dit *Waga* ; dans un rapport sur la migration juvénile, on utilise *Oga* (Imorou *et al.*, 2011).

l'employeur, avec d'autres manœuvres qui peuvent venir d'autres régions du Bénin ou d'autres pays (Togo, Burkina Faso). Pendant leur unique jour de repos de la semaine, beaucoup travaillent chez d'autres employeurs, afin d'avoir un peu d'argent de poche pour les dépenses courantes. Si ces travaux supplémentaires sont bien rémunérés, certains manœuvres quittent les entreprises qui les ont embauchés pour aller travailler chez ces patrons.

Les formes de capitalisation pour le retour au pays : une moto et des savoirs

Le paiement des manœuvres est établi à l'embauche, sans contrat écrit, par le *Oga* et l'employeur. Le montant de la rémunération est établi en fonction de la durée du recrutement. Il peut varier en fonction du rendement du travailleur. La rémunération n'est versée qu'au terme de la période d'embauche, dont la durée varie de six mois à fréquemment un an, deux ans et parfois trois ans. Ce mode de rémunération en fin de travail n'est pas nouveau. Il existait dans les pays francophones à l'époque coloniale. Il était utilisé pour maintenir sur place jusqu'à la fin des travaux une main-d'œuvre considérée comme instable, voire « irresponsable » (Viti, 2013). Les travailleurs saisonniers employés pour six mois dans les plantations de café et de cacao en Côte d'Ivoire étaient souvent rémunérés ainsi. Ce système permet de garder sous tutelle des jeunes travailleurs, d'éviter que les sommes gagnées soient utilisées pour des dépenses considérées comme futiles (être à la mode, se distraire, séduire les filles) et aussi, pour certains employeurs, de gruger leurs employés. Beaucoup de jeunes de Djougou, lors de leur premier départ au Nigeria, ont entre 15 ans et 17 ans. Ils préfèrent le paiement en fin de contrat pour ne pas dépenser leurs gains au fur et à mesure et pour que cette épargne forcée contribue à la réalisation de leurs projets de retour chez eux. La plupart d'entre eux, en effet, après avoir fait deux ou trois contrats au Nigeria, reviennent dans leur région d'origine pour monter une activité autonome et fonder une famille.

Le plus souvent, le pécule ne se présente pas sous forme d'argent, mais sous la forme d'une moto. Dans ce cas, une petite somme est également remise au travailleur, destinée à couvrir les dépenses de retour au Bénin (carburant pour le transport, habits). Un ancien migrant du hameau d'Angara est revenu avec une moto et 100 000 FCFA, après avoir travaillé deux ans chez le même employeur. Dans le village de Gaounga, un ancien migrant bariba, devenu *Oga* depuis quelques années, a reçu une moto au terme d'un engagement de dix mois. La valeur de la moto dépend de ce qui a été convenu entre l'employeur et l'intermédiaire lors de l'embauche du travailleur. Une moto neuve de marque chinoise coûte environ 550 000 FCFA ; d'occasion, les prix varient de 150 000 à 350 000 FCFA. C'est en général l'intermédiaire qui s'occupe de l'achat de la moto.

Le fait que la plupart des rémunérations soient basées sur l'obtention d'une moto au terme du contrat ou que les jeunes ramènent parfois d'autres biens plutôt que de l'argent s'explique par la faible valeur de la monnaie nigériane, le naira, par rapport au franc CFA. Il est plus intéressant de ramener des biens à vendre plutôt que de changer des nairas contre du franc CFA.

Le non-respect des contrats oraux est fréquent, concernant notamment les engagements pris au sujet de la rémunération du travailleur. Il est le fait des employeurs ou des *Oga*. Les *Oga* sont souvent incriminés, car ce sont eux qui rémunèrent les jeunes ; ceux-ci, lorsqu'ils reviennent chez eux sans la moto ou avec une moto de valeur inférieure à ce qui était convenu, s'en ouvrent aux parents. Ce sont donc eux souvent qui se retournent contre les *Oga* et, s'il le faut, les convoquent auprès des autorités locales (chef coutumier, gendarmerie, tribunal) pour les contraindre à payer leur dû.

Dans la majorité des cas, les migrants vendent dès leur retour les motos qu'ils ont ramenées. Les sommes obtenues sont destinées à plusieurs types d'usages : aide à la famille (équipement de la maison, appui à la scolarité des frères et sœurs plus jeunes), construction et équipement de leur propre logement, dépenses de mariage. Trois types de dépenses qui montrent que les logiques familiales composent avec les logiques d'individuation et les stratégies matrimoniales.

Plus discrets, mais parfois fondamentaux, sont les retours d'expériences acquises à l'extérieur qui contribuent à diffuser nombre d'innovations et d'équipements, qu'ils soient agricoles (nouvelles méthodes de culture d'igname, culture de pastèques, moulins) ou non agricoles (appareil vidéo, télévision, groupes électrogènes, etc.).

Les jeunes hommes font fréquemment trois ou quatre séjours de près d'une année au Nigeria, entre lesquels ils reviennent quelques mois chez eux. Ensuite, ils s'installent dans la localité d'origine ou ailleurs dans la commune de Djougou, fondent une famille et s'occupent de leurs activités sur place. La majorité des jeunes qui partent veulent revenir au pays. Il y a plus d'opportunités au pays de réaliser une activité durable qu'au Nigeria, où les conditions de travail sont dures. Les liens qu'ils ont conservés avec leur famille sont très forts, et l'aide qu'ils apportent à leur retour contribue au renforcement de leur position.

Dans quelques cas toutefois, les migrants restent au Nigeria, notamment lorsqu'au sein de leur communauté d'origine, ils ont eu des conflits ou des problèmes avec la loi et risquent de s'exposer à des difficultés s'ils rentrent.

Migrations féminines pour des services domestiques ou dans des micro-entreprises informelles

Les migrations féminines vers les villes d'autres régions du Bénin et des pays voisins, notamment du Nigeria, plus rarement du Niger, sont elles aussi importantes dans la commune de Djougou. Elles sont le fait de filles parfois très jeunes, de 13 à 20 ans, et aussi de femmes mariées, qui ont des enfants. Ces migrations sont importantes dans les ménages pauvres et dans ceux où l'homme n'assume pas ses obligations, parce qu'il est polygame ou fréquemment absent (Droy *et al., op. cit.*).

Les raisons de ces migrations temporaires sont liées à différents facteurs. Pour les plus jeunes filles, dans les ménages pauvres, elles prennent la forme de « confiage » à des familles plus aisées, pour alléger les charges familiales et bénéficier en retour d'une petite somme d'argent. Certaines sont placées chez des patronnes d'apprentissage (coiffure, couture, etc.). Pour les autres, elles partent afin de se constituer un petit pécule et sont recrutées dans des micro-entreprises tenues par des femmes

(transformation de produits alimentaires, restauration de rue), dans des commerces familiaux ou dans des ménages comme domestiques. Leur départ peut être également motivé par des stratégies d'évitement du conjoint qui leur est imposé.

Elles partent dans l'espoir de se constituer un petit capital pour le trousseau de mariage (ustensiles de cuisine, pagnes…), mais aussi pour entreprendre une activité économique à leur retour et ne pas dépendre du mari, ou pour tenir leur rang dans le ménage en apportant leur contribution. Des femmes mariées partent aussi, parfois à l'insu de leur mari, pour acquérir un petit capital et démarrer une activité économique. Les modalités d'organisation de ces migrations féminines dépendent de plusieurs facteurs : l'âge, les raisons du départ et les contacts dans les lieux d'immigration. Comme dans le cas des jeunes hommes, d'anciennes migrantes s'improvisent intermédiaires et s'occupent de l'acheminement et du recrutement des jeunes filles ou des femmes par des employeurs au Nigeria. De façon plus occasionnelle, des proches des parents d'une jeune fille, qui ont des contacts à l'extérieur, proposent leur service pour l'obtention d'un emploi.

Dans les villes africaines, la demande de main-d'œuvre féminine est forte pour les travaux domestiques, le petit commerce, les micro-entreprises de service et de transformation. Leurs journées sont souvent très longues, de 5 h à 6 h le matin jusque tard le soir, mais le rythme du travail dépend de la personnalité de l'employeur, de son bon vouloir.

Le niveau des rémunérations est souvent assez modeste. Par exemple, celles de deux femmes du village de Sew Sewga employées comme cuisinières chez des restauratrices, l'une à Niamey, l'autre à Kandi, étaient respectivement de 7 000 FCFA et 5 000 FCFA par mois. Ces travailleuses étaient nourries et logées par les femmes chez lesquelles elles travaillaient, ce qui est fréquent pour ce genre d'emploi. Les gains que peuvent obtenir celles qui partent au Nigeria semblent un peu plus élevés, notamment quand elles perçoivent une rémunération journalière qui peut varier de 1 000 à 2 000 FCFA, selon les témoignages recueillis. Comme pour les garçons, les engagements concernant les rémunérations ne sont pas toujours tenus par les employeurs et les intermédiaires.

Lorsque les jeunes filles ont accumulé un pécule et un certain savoir-faire, qui leur permet d'entreprendre une activité économique et d'acheter quelques biens (habits, ustensiles de cuisine), elles se marient et cessent alors la migration. Le fait d'avoir des enfants limite leurs possibilités de partir travailler à l'extérieur. Mais les conditions économiques médiocres du foyer (mari démissionnaire ou sans ressource, polygamie, récoltes faibles, surfaces insuffisantes…) peuvent les obliger à reprendre la migration. Parmi celles qui vont au Nigeria, certaines restent là-bas et se marient avec des compatriotes qui y vivent.

Les biens ramenés (habits, ustensiles de cuisine), l'apparence affichée au retour par la tenue, l'éventuel embonpoint témoignent de la réussite à l'extérieur, rehaussent le statut de celles qui se marient et incitent d'autres jeunes filles à partir.

Les activités économiques que les jeunes femmes démarrent à leur retour les libèrent de la tutelle masculine, mais les maintiennent proches des autres activités de la famille (petit commerce de proximité, fabrication de beurre de karité…). Ces activités non

agricoles ou péri-agricoles sont plus rémunératrices que celles qu'elles exercent dans l'exploitation (sur de toutes petites parcelles). Les revenus dégagés contribuent à l'économie familiale et permettent la prise en charge des dépenses de santé, d'habillement, de scolarité des enfants. Au sein même des familles, l'autonomie économique des femmes est parfois assez poussée, puisque certaines d'entre elles prêtent de l'argent à leur époux.

Divergences et convergences entre les migrations temporaires à Hombori et Djougou

À Hombori comme dans une grande partie du Sahel, du fait des conditions écologiques et climatiques, les circulations et les mobilités dans un espace élargi contribuent depuis longtemps au maintien des exploitations familiales (MOUNKAILA, *op. cit.*). Leur ancienneté et leur importance s'expliquent par le peu d'activités pendant la longue saison sèche et par la précarité des activités agricoles pastorales, du fait de l'insuffisance des pluies et des ravages provoqués par différents parasites (chenilles, criquets, oiseaux granivores). Alors qu'avant 1970, la plus grande partie des migrants était des jeunes hommes, depuis les grandes sécheresses et les crises alimentaires des années 1970 et 1980, les profils des migrants se sont diversifiés. Les sécheresses et les migrations ont provoqué l'émergence de nouveaux comportements économiques qui se sont pérennisés.

Les migrations temporaires ne durent majoritairement que le temps de la saison sèche. Mais depuis les années 1970, les perturbations climatiques et la fréquence des attaques de parasites contraignent beaucoup de migrants à partir plus tôt et à différer leur retour. L'ancienneté et l'importance des migrations à Hombori s'expliquent aussi par la rigidité des structures sociales dans cette région, comme dans l'ouest du Niger et le nord du Mali. Dans des sociétés hiérarchisées sur la base des statuts hérités à la naissance, les migrations ont depuis l'époque coloniale constitué des opportunités pour les membres des groupes d'ascendance servile, Banney, Rimaïbé, Bella, d'échapper à la domination de leurs anciens maîtres songhaï, peuls et touaregs et d'améliorer leurs conditions de vie.

En raison des potentialités agricoles, dans la commune de Djougou, les migrations vers l'extérieur sont moins anciennes qu'à Hombori, et leur importance est longtemps restée modeste. Elles se sont accrues depuis les années 1980 du fait, principalement, de la densification démographique sur fond d'inégalités foncières. Dans les vieux terroirs densément peuplés, les jeunes et les femmes ont été les premiers et les premières affectés par l'accroissement des disparités et des tensions autour de l'accès à la terre. Mais, jusqu'au début des années 1990, les installations restaient faciles dans les zones de la commune où les densités étaient faibles. Depuis lors, la croissance rapide de

la population partout dans la commune a réduit les opportunités pour les jeunes agriculteurs qui voulaient créer leur propre exploitation (Bidou et Droy, 2012). Les ménages les plus vulnérables sont ceux d'agriculteurs allochtones sans droit au foncier, d'agriculteurs autochtones appauvris, de Peuls sans bétail, notamment dans les familles où le nombre d'enfants est élevé et où les charges qui pèsent sur les actifs sont importantes. Ce sont ces populations qui contribuent le plus aux flux migratoires.

Beaucoup de jeunes à Djougou, plus encore qu'à Hombori, sont tentés de partir travailler à l'extérieur, car les tâches qu'ils effectuent au sein de l'exploitation familiale ne sont pas rémunérées, qu'ils profitent peu des revenus issus des productions commercialisées et que les chefs d'exploitation sont réticents à leur accorder une parcelle à mettre en valeur pour leur propre compte.

À Djougou, les caractéristiques des migrations se distinguent de celles de Hombori. Leurs temporalités ne sont pas liées à la saisonnalité des travaux agricoles. Les jeunes, qui vont au Nigeria, partent travailler dans des exploitations agricoles pour des périodes continues, relativement longues, de un à deux ans. Ils ne reviennent pas au village pour participer aux travaux agricoles, comme le font la majorité des jeunes de Hombori.

Djougou est une des régions du Bénin où la traite des enfants est importante et où beaucoup sont confiés ou placés dans des ménages contre une modique rémunération. Les migrations y sont souvent le fait de plus jeunes qu'à Hombori. La frontière entre migration et confiage est d'ailleurs difficile à distinguer ; les jeunes sont embrigadés dans des réseaux d'exploitation de main-d'œuvre juvénile, mais ils ne partent pas non plus contre leur gré. Du fait de la précarité de la situation de la famille, du déficit de prise en charge des parents, la mobilité est perçue par beaucoup de garçons et de filles comme la principale opportunité pour sortir de la pauvreté, trouver les moyens pour réaliser ses projets et s'affirmer dans le milieu d'origine. Dans les familles aux ressources limitées, le travail précoce (fréquemment à six/sept ans pour les deux sexes) prédispose les jeunes à affronter des conditions de travail éprouvantes à l'extérieur.

À Djougou, du fait de la plus grande autonomie économique des femmes, les migrations féminines sont plus importantes qu'à Hombori. La migration des jeunes filles et des femmes seules est beaucoup mieux acceptée qu'à Hombori. Dans cette commune, bien qu'un nombre croissant de jeunes filles dogons et d'ascendance servile partent s'employer comme domestiques à l'extérieur, les migrations féminines concernent en majorité des femmes qui accompagnent leur mari à l'extérieur ou vont le rejoindre.

De même, les systèmes migratoires, les déplacements et circulations des migrants ne présentent pas les mêmes caractéristiques. À Djougou, les *Oga* exercent un rôle déterminant et particulièrement ambigu dans l'organisation des migrations juvéniles. La plupart sont d'anciens migrants qui profitent de leurs capacités relationnelles dans les zones de départ et d'accueil pour s'enrichir, en s'occupant du convoyage des jeunes vers les zones d'immigration, en les faisant travailler pour eux, en les plaçant chez des employeurs, en convenant avec ces derniers des modes et niveau de

rémunération et en s'occupant de leur attribution. À Hombori, les migrations des jeunes sont moins encadrées, et ceux-ci disposent de plus d'autonomie en matière de choix des activités, de conditions de travail, de rémunération et des destinations. Toutefois, leurs migrations sont facilitées par les ressortissants de Hombori installés dans les lieux d'immigration, qui aident à la prise en charge des déplacements, exercent la fonction de logeur et contribuent à la recherche d'activité.

Du fait des crises qui ont affecté les anciens bassins d'immigration, notamment les villes de la côte où les Homboriens trouvaient du travail, leurs migrations se recentrent sur le Mali et les régions proches au Burkina Faso et au Niger. Mais dans ces régions, les opportunités en termes d'activités et de revenus sont souvent limitées, ce qui contribue à la réduction des ressources obtenues. Les migrants qui s'en sortent sont ceux dont les compétences leur permettent de s'employer en circulant dans des espaces principalement sahéliens.

À Djougou, la proximité du Nigeria offre beaucoup d'opportunités. Les besoins en main-d'œuvre dans l'agriculture commerciale sont importants, grâce à une urbanisation élevée et à l'augmentation de la demande en vivres qui stimule le développement des productions agricoles. Les femmes et les jeunes filles trouvent facilement à s'employer dans les petites activités de service des villes. Le tissu urbain est plus dense au Bénin qu'au Mali et recèle plus de possibilités d'activités pour les jeunes filles de Djougou. La ville de Djougou et ses 80 000 habitants, les centres urbains secondaires de la commune dont l'économie est relativement dynamique offrent plus d'opportunités de réinsertion aux jeunes de retour de migration. À Hombori, les potentialités déjà modestes se sont nettement réduites suite à la crise et aux conflits qui ont affecté le nord du Mali.

Les conditions de travail de la majorité des migrants, tant à Hombori qu'à Djougou, sont très dures, du fait des caractéristiques de l'emploi dans le secteur informel et l'agriculture. Mais l'embrigadement des travailleurs contraint davantage la jeunesse de Djougou.

Les finalités assignées aux migrations diffèrent partiellement. À Hombori, les ressources migratoires sont principalement utilisées pour réduire l'insécurité alimentaire. Les investissements effectués par les migrants dans la majorité des cas ne concernent pas le renforcement des exploitations, parce que l'agriculture est une activité aléatoire. Par contre, ils visent à diversifier les activités pour doter les familles de meilleurs moyens d'existence. Cette diversification porte fréquemment sur le développement du petit élevage et du commerce du bétail, dopé par l'expansion de la demande de produits animaux dans les villes maliennes et dans les pays voisins.

À Djougou, à la grande différence de Hombori, la pluviométrie semble avoir eu peu d'impact sur les migrations. À Hombori, dans les années 1970-1980, et même plus récemment lors d'années de mauvaise pluviométrie, les départs, plus nombreux, prennent la forme de migrations de survie. Le lien entre les migrations et la réduction de l'insécurité alimentaire est très limité à Djougou. L'argent gagné par les migrants est en partie utilisé pour la scolarité des frères et sœurs, les dépenses de santé, l'habillement, les cérémonies familiales… Sur les deux sites, les gains des migrants servent aussi à monter des activités en dehors de l'agriculture. À Djougou, les

ressources migratoires des jeunes femmes sont en grande partie utilisées pour renforcer leurs activités extra-agricoles. L'accroissement de la demande de services dans les villages, qui se modernisent à un rythme rapide à Djougou, et la modernisation de l'habitat favorisent le développement de nouveaux métiers.

Références

Aguilhon M., 2009
Typologie des stratégies rurales et rôle de l'élevage dans la commune rurale de Hombori au Mali.
Rapport de stage de 2e année, Cirad, université Montpellier-2, 119 p.

Bidou J.-E., Droy I., 2012
Rapport sur les bases de données sur la densité de la population, sa structure et les migrations. Réflexion sur les indicateurs démographiques de la vulnérabilité.
Bénin, Niger, ANR Eclis, 39 p.

Brown O., 2008
Migrations et changements climatiques.
Genève, Office international des migrations, série *Migration research*, 31, 61 p.

Cambrézy L., Lassailly-Jacob V., 2010
Du consensus de la catastrophe à la surenchère médiatique. Introduction.
Revue Tiers Monde, 2010 (4) : 7-18.

Cheula A., 2009
Dynamiques de l'occupation des sols en milieu sahélien. Espaces cultivés et couverture ligneuse dans la commune de Hombori, Mali. Mémoire de Master 2 professionnel « Télédétection et géomatique appliquée à l'environnement », université Paul-Sabatier, Toulouse.

Dougnon I., 2008
Étude comparative des tendances migratoires des Songhaï et des Dogons vers le Ghana.
Université de Bamako, 22 p.

Droy I., Pascual C., Bidou J.-E., 2014
« Inégalités de genre et vulnérabilité alimentaire au Bénin ». *In* Guétat-Bernard H., Saussey M., éd. : Genre et savoirs, *Pratiques et innovations rurales au Sud*, Marseille, IRD Éditions, coll. À travers champs : 85-115.

Gemmene F., 2007
Migrations et environnement. Introduction sur une relation méconnue et souvent négligée. Etopia, 8 p.

Gonin P., Lasailly-Jacob V., 2002
Les réfugiés de l'environnement.
Revue européenne des migrations internationales, 18 (2) : 139-160.

Grémont C., Marty A., Mossa R. Ag, Touré Y. H., 2004
Les liens sociaux au Nord-Mali. Entre fleuves et dunes.
Iram, Karthala, 254 p.

Hadjer K., 2009
« Traits fondamentaux du comportement social et économique ».
In Judex M., Thamm H.-P, Röhrig J., Schulz O., éd. : *Impetus, Atlas du Bénin,* Département de géographie, université de Bonn : 117-118.

Imorou A.-B. *et al.*, 2011
Itinéraires de réussite ? Mobilités des enfants et des jeunes au Bénin, Burkina Faso et Togo.
Mouvement africain des enfants et des jeunes travailleurs, Jeuda 21, http://eja.enda.sn

Mariko K. A, 1984
Souvenirs de la boucle du Niger.
Nouvelles éditions africaines, 178 p.

Mougin E. *et al.*, 2009
The Amma catch observatory site in Mali relating variations to change in vegetation surface, hydrology, fluxes and natural resources.
Journal of hydrology, 375 : 14-33.

Mounkaila H., 2010
« Transition agraire et migration dans les écosystèmes fragiles à forte croissance démographique. Les régions de Tillabery et Niamey au Niger ». *In* Koffi A., Zoungrana P. T., éd. : *Logiques paysannes et espaces en Afrique*, Paris, Karthala : 37-51.

Verlet M., 2005
Grandir à Nima (Ghana), Les figures du travail dans un faubourg populaire d'Accra.
Paris, IRD, Karthala, 325 p.

Viti F., 2013
Travail et apprentissage en Afrique de l'Ouest.
Paris, Karthala, 311 p.

Yayé D., Gado B., 2006
Histoire des crises alimentaires au Sahel : cas du Niger.
Niamey, université Abdou Moumouni, 20 p.

Chapitre 14

Migrations saisonnières et changement climatique en milieu rural sénégalais

Forme ou échec de l'adaptation ?

Richard LALOU
Valérie DELAUNAY

Introduction

Les déplacements humains comme conséquence des changements de l'environnement et du climat ne sont pas un phénomène nouveau. Pendant des siècles, les populations ont migré, souvent de façon saisonnière, suite aux modifications de leur environnement. Il s'agit même d'un principe de vie pour les populations nomades et pastorales, toujours en quête de nouvelles ressources. Cependant, la question des relations entre les migrations et l'environnement n'a investi le débat scientifique que très récemment, une première fois dans les années 1980, à l'occasion de la crise écologique majeure que furent les grandes sécheresses du Sahel et, une seconde fois, avec l'émergence du paradigme du changement climatique, dans les années 1990.

Tous les auteurs se sont accordés pour reconnaître que les sécheresses de 1968-1974 et de 1982-1985 ont accru les migrations au Niger, au Mali, au Sénégal et au Burkina Faso, de façon instantanée comme sur le long terme (COULIBALY et VAUGELADE, 1981 ; FAULKINGHAM et THORBAHN, 1975 ; FINDLEY, 1994 ; GERVAIS, 1987 ; HENRY *et al.*, 2004). Le recours à cette stratégie d'adaptation est d'autant plus systématique que la sécheresse est associée à une croissance rapide de la population et de la pauvreté (Henry *et al.*, 2004 ; KNERR, 2004 ; PEDERSEN, 1995 ; TAMONDONG-HELIN et HELIN, 1991). D'une manière générale, ces auteurs notent que l'émigration intercontinentale (vers la France) n'apparaît pas comme une réponse spontanée à la crise écologique, contrairement aux migrations internes ou transfrontalières, circulaires et de courte durée, qui ont plus que doublé durant les sécheresses (FINDLEY, 1994).

Enfin, ils relèvent que la migration produite par les sécheresses survient surtout au sein des familles les plus pauvres et concerne davantage les jeunes femmes et les enfants, que l'on confie en plus grand nombre.

Cette réflexion se globalise au début des années 1990, quand la communauté internationale commence à reconnaître le défi mondial qu'est le changement climatique, ainsi que ses liens et ses impacts sur la mobilité humaine. À cette occasion, le débat se polarise entre deux visions théoriques de la migration environnementale. La première approche, qui tend à dominer le débat, repose sur les théories conventionnelles de « répulsion/attraction » (*push-pull theories*). Classiquement, les changements environnementaux dans les pays pauvres résultent d'une pression démographique sur les ressources naturelles, supérieure à la capacité de charge du territoire, provoquant en retour l'exode des populations. D'inspiration néo-malthusienne, cette approche propose donc une explication « naturalisante », mécanique et totalisante, où la migration est le résultat d'une croissance de la population qui dépasse les limites des ressources naturelles. La migration environnementale est ainsi *une fuite* face à une menace urgente – *un abandon* du milieu d'origine devenu inhospitalier –, *un échec* de l'auto-adaptation des individus et des systèmes. Pour ce courant de pensée, il s'agit par conséquent d'un déplacement forcé, commandé essentiellement par le facteur environnemental. À ce titre, certains travaux sur les pays les plus pauvres décrivent la migration rurale-urbaine comme la réponse définitive aux difficultés des ménages ruraux qui ne parviennent à s'adapter ni à la pression foncière, ni au désengagement de l'État dans les filières agricoles (Mortimore et Tiffen, 2004), ni à la dégradation de l'environnement.

D'un autre côté, les autres théories migratoires, qui incluent la *New Economics of Labour Migration*, l'approche structuraliste, la théorie des réseaux sociaux ou encore celle du transnationalisme, suggèrent toutes à leur façon que la migration environnementale n'est pas seulement une réponse à un stimulus fort du milieu naturel, mais qu'elle est aussi une migration à part entière, avec ses causalités complexes et son processus décisionnel, et qu'elle ne doit donc pas être analysée totalement différemment des autres migrations. Les personnes se déplacent rarement sous la contrainte d'un seul facteur, à l'exception peut-être des catastrophes naturelles majeures.

Même si les migrations des ruraux surviennent plus souvent quand les pluies annuelles sont insuffisantes et que la sécurité alimentaire des ménages n'est plus assurée, elles répondent aussi à une stratégie collective, définie au niveau de l'exploitation agricole (Stark, 1980). Ces analyses considèrent que les relations entre les changements environnementaux et les migrations sont dynamiques et complexes, et qu'elles relèvent non seulement de facteurs contextuels (macro), mais qu'elles répondent aussi de facteurs à l'échelle des individus (micro) et des exploitations agricoles (méso). En ce sens, les migrations environnementales constituent, comme toute autre migration, un phénomène socialement construit et un choix concurrent à bien d'autres options d'adaptation (Henry *et al.*, 2003).

La migration, qu'elle soit une stratégie de survie ou une opportunité pour améliorer les conditions de vie, n'est pas nécessairement synonyme de rupture ou d'abandon du

territoire d'origine, même quand elle est motivée par des causes environnementales. La migration des campagnes vers les villes est observée en tout lieu en relation avec le milieu de départ. En Afrique de l'Ouest, les études montrent que les mouvements de population sont plus généralement le fait de migrations de travail temporaires et/ou circulaires (Beauchemin et Bocquier, 2004 ; Hampshire, 2002 ; Konseiga, 2007). Les migrants entretiennent le lien avec leur village d'origine et participent activement à la sécurité alimentaire et, parfois, au développement d'activités agricoles ou extra-agricoles de leur communauté.

Il peut s'agir alors de stratégies de survie à court terme, qui visent à répondre aux besoins de subsistance du ménage resté au village, par des transferts utilisés pour la consommation ou par un allégement de la pression sur les denrées, avec le départ de consommateurs (De Haas, 2008). La migration peut constituer aussi une opportunité, dans laquelle les stratégies collectives et individuelles s'entremêlent et permettent l'amélioration de la vie des individus et du groupe (Harbison, 1981 ; Katz et Stark, 1986 ; Root et De Jong, 1991 ; Stark et Levhari, 1982). Les antécédents migratoires dans le ménage et les liens de parenté avec des résidents en ville réduisent le coût économique et émotionnel de la migration et ainsi renforcent la motivation individuelle et facilitent la migration (Root et De Jong, 1991). Ce sont donc les ménages les mieux dotés en capital humain et en réseaux sociaux urbains qui s'engagent le plus aisément et le plus fortement dans le processus migratoire.

L'évaluation de la migration en termes de réussite ou d'échec est une démarche complexe qui réclame de prendre en compte à la fois le projet qui a motivé le déplacement, l'expérience migratoire de la personne et les contextes qui ont prévalu au départ et au retour du migrant (Cassarino, 2004 ; Cerase, 1974). En outre, elle est dynamique, dans la mesure où le projet d'un migrant se reconstruit sans cesse au rythme des déconvenues et des succès qu'il rencontre sur son parcours. Pourtant, de la même façon que les théories économiques néoclassiques affirment que tout retour de migration traduit l'incapacité du migrant à maximiser ses revenus attendus dans son lieu de destination (Todaro, 1969), les tenants d'une « approche maximaliste » (Suhrke, 1994) de la théorie des facteurs répulsion/attraction considèrent que les départs en migration pour des raisons environnementales expriment très souvent un échec de l'adaptation de l'individu et du groupe au changement de leur environnement naturel d'origine (Myers, 1993, 2002 ; Myers et Kent, 1995). D'ailleurs, ils utiliseront volontiers le terme de « réfugié » qui ne répond pas à une stratégie d'adaptation.

La migration saisonnière, bien que résultant en partie de causes environnementales, peut difficilement s'analyser exclusivement en termes d'échec. Les nombreuses études menées sur cette question en Afrique ont montré que cette forme de mobilité répond souvent à une logique collective, dont la finalité est de maintenir l'exploitation agricole, malgré les contraintes auxquelles elle fait face, et de lui donner les moyens techniques et financiers de se développer davantage.

Le site d'observation de Niakhar au Sénégal fournit une possibilité intéressante d'interroger sur un temps long la relation entre les migrations internes et les changements environnementaux et climatiques à évolution lente (à l'exclusion des

désastres naturels soudains). Des observations y sont menées depuis plus de cinquante ans, qui fournissent des informations sur l'évolution des migrations, leur intensité, leurs formes et leurs causes. L'observatoire de population procède aussi depuis 1982 au relevé des quantités de précipitations journalières et documente depuis une dizaine d'années, grâce à plusieurs enquêtes, les performances agricoles et la sécurité alimentaire des exploitations agricoles.

D'un point de vue économique, le territoire de Niakhar, constitué de 30 villages, est dominé par une agriculture pluviale à base de mil et d'arachide. Après une longue période sèche, qui a duré près de trois décennies (1970-1999), on assiste depuis le début des années 2000 à une remontée des cumuls pluviométriques, avec en particulier une amélioration entre août et la mi-septembre (Salack *et al.*, 2011). Dans le même temps, nous constatons que les trajectoires des exploitations agricoles se sont diversifiées et que leurs performances se sont davantage contrastées. Au regard donc de ce nouveau contexte, le propos de ce chapitre est de voir, dans un premier temps, si les migrations circulaires de travail sont sensibles aux évolutions pluviométriques récentes et à leur forte variabilité. Nous proposerons ensuite d'évaluer l'impact de ces migrations sur l'autosuffisance céréalière des ménages, notamment durant les années de mauvaises récoltes. Enfin, si la migration saisonnière s'avère une réponse aux aléas climatiques, nous tenterons de montrer que les exploitations agricoles n'utilisent pas toutes aussi intensivement ce levier d'ajustement. Au total, le recours massif à la migration saisonnière de travail pourrait donc être fonction de la survenue d'années sèches et de la trop grande vulnérabilité de certaines exploitations agricoles pour faire face à la crise alimentaire qui s'en serait suivie.

Le contexte de l'étude

La zone étudiée recouvre le nord de l'ancien royaume sereer du Sine dans la région administrative de Fatick (Becker, 2014 ; Becker et Mbodj, 1999). Elle se situe en zone sèche semi-aride (avec un cumul des pluies de 500 à 650 mm/an depuis le milieu des années 2000), dans le sud-ouest du bassin arachidier. L'économie de la zone d'étude s'organise autour de l'agriculture, dominée par la production vivrière de mil et d'une production de rente d'arachide, associée à l'élevage (bovins, ovins et caprins). Cet agrosystème séculaire prend place dans un parc arboré où chaque espèce a été sélectionnée par l'homme pour son utilité. L'espèce dominante, l'acacia (*Faidherbia albida*), procure à la fois des ressources fourragères, alimentaires et ligneuses et assure – tout comme l'association avec l'élevage – le maintien de la fertilité des sols.

La zone d'étude couvre l'ensemble des 30 villages de l'observatoire de suivi de population et de santé de Niakhar, soit environ 45 000 habitants en 2013, sur une superficie de 200 km^2. La densité moyenne y est de 215 hab./km^2, avec des villages atteignant une densité proche ou supérieure à 400 hab./km^2 (Delaunay *et al.*, 2013 a).

En dépit de certains signes de début de transition, la fécondité à Niakhar demeure très élevée (Delaunay et Becker, 2000 ; Delaunay *et al.*, 2003) et reste le moteur de la croissance démographique. La fécondité se maintient à plus de six enfants par femme (Buiatti *et al.*, à paraître). La scolarisation massive est récente et influence encore faiblement les comportements de fécondité. En revanche, la mortalité a nettement baissé depuis les années 1960. L'espérance de vie est passée de 30 ans sur la période 1962-1968 à 69 ans sur la période 2009-2011. La croissance naturelle est donc très forte (3,5 %).

Au cours des cent dernières années, les pouvoirs publics et les populations ont tenté d'alléger la charge anthropique pesant sur le territoire et ses ressources, grâce aux migrations internes définitives et temporaires. Dès les années 1930, la densité de la population est jugée très élevée dans la région du Sine par les autorités coloniales (Dubois, 1975). En outre, ces dernières considéraient les Sereer du Sine et du Saloum comme d'excellents agriculteurs, capables de valoriser les terres pionnières de l'est du Sénégal par la culture de l'arachide. C'est ainsi qu'un premier mouvement d'émigration rurale dirigé s'est mis en place, en direction notamment de la région de Kaffrine où l'administration coloniale attribuait des terres non cultivées aux paysans (Garenne et Lombard, 1991). Cette politique de peuplement a été reprise et amplifiée, après l'Indépendance, avec le 3e plan quadriennal (1969-1973). De 1972 à 1980, les autorités du Sénégal ont favorisé le déplacement de plusieurs milliers de familles sereer. Ces flux de population, d'abord dirigés puis spontanés, n'ont pourtant pas eu l'intensité escomptée (5,3 % des familles recensées en 1976 dans l'arrondissement de Niakhar sont parties coloniser les fronts pionniers des « terres neuves » du Sénégal oriental entre 1972 et 1987). En outre, même s'ils ont contribué à libérer quelques terres, ils n'ont que faiblement décongestionné le territoire et n'ont permis une pause de l'accroissement démographique que pendant cinq années (Garenne et Lombard, 1991). Ces mouvements migratoires se sont doublés enfin, après la Seconde Guerre mondiale, par les premiers déplacements volontaires vers les grands centres urbains, en passant souvent par des lieux d'étape comme Fatick, Kaolack ou Thiès (Becker *et al.*, 1987 ; Becker et Mbodj, 1999).

C'est dans les années 1960 qu'ont débuté les mouvements saisonniers de migration de travail des jeunes hommes et jeunes femmes vers les grandes villes. Ils concernaient alors les villages proches des axes routiers, et essentiellement des ménages appartenant à des castes (les griots, les forgerons, etc.) (Guigou, 1999). Les jeunes partaient quelques mois de l'année en dehors de la période de culture, afin de trouver une activité rémunératrice (Roch, 1975). Les migrations saisonnières se sont répandues à tous les villages du site d'observation dans les années 1970 et 1980, avec le démarrage de la grande période sèche. C'est également à cette époque que des réseaux d'accueil des migrants se mettent en place dans les principales villes de destination (Fall, 1991). Dans les années 1990 et 2000, l'État sénégalais se désengage de la filière arachidière, sous la pression des programmes d'ajustement structurels imposés par les organisations de Bretton Woods (Adjamagbo et Delaunay, 1998 ; Mortimore et Tiffen, 2004). L'arrêt des subventions des semences, des intrants et du prix d'achat de l'arachide aux producteurs a largement affaibli le rôle de cette culture dans l'économie locale. Le « bassin arachidier » doit alors faire face à une grave crise agricole qui force les

paysans à l'innovation agricole et à la diversification des revenus. C'est à cette période que les migrations saisonnières se généralisent et atteignent une ampleur considérable, touchant la population à de très jeunes âges, surtout chez les filles (Becker et Mbodj, 1999 ; Delaunay, 1994 ; Delaunay et Enel, 2009 ; Delaunay et Waïtzenegger Lalou, 1998). Malgré une diversification des profils et des motivations migratoires, le rôle de la vulnérabilité alimentaire reste important encore aujourd'hui (Chung et Guénard, 2013).

Face à la dégradation des conditions climatiques, à la libéralisation de la filière de l'arachide et à la crise agricole qui s'en suivit, le phénomène de migration s'est peu à peu diffusé à l'ensemble des villages, à tous les groupes sociaux et à toutes les classes d'âge. Il s'est intensifié en parallèle à l'amélioration des transports (Lombard et Seck, 2008) et a évolué tant dans ses formes (destinations, caractéristiques des migrants) que dans sa durée. Le migrant est donc devenu selon les stratégies des ménages un facteur d'ajustement (stratégie de subsistance) ou un acteur du changement social et économique local (stratégie d'enrichissement).

Les migrations de saison sèche, les *noranes*, sont les plus nombreuses et concernent principalement les jeunes partant vers la ville. Les hommes, très souvent célibataires, partent chercher un emploi en ville afin de soulager la famille, préparer leur mariage ou encore subvenir à leurs besoins personnels. Les jeunes filles profitent généralement de la migration en ville pour constituer, grâce à l'argent de leur travail, le trousseau de leur mariage (Delaunay, 1994 ; Delaunay et Enel, 2009). Filles comme garçons reviennent au moment de la saison agricole. Pendant la saison pluvieuse, des jeunes hommes peuvent partir en zone rurale comme travailleur agricole ou berger. Ces migrations saisonnières, les *navetanes*, sont moins fréquentes que les *noranes* et se produisent généralement quand les exploitations agricoles ont un surplus de main-d'œuvre agricole. Enfin, à côté de ces mouvements saisonniers calés sur le calendrier des cultures, se développent, depuis le début des années 2000 et avec la massification de la scolarisation, des migrations à dominante féminine dépendantes du calendrier des vacances scolaires. Cette migration leur permet d'assumer les coûts de la scolarité et leurs nouveaux besoins d'écolier (habits, cosmétique, téléphone…) (Moullet et Engeli, 2013).

Matériel et méthodes

Le système de suivi démographique et de santé de Niakhar est l'observatoire de population le plus ancien du continent africain. Les premières observations démographiques ont été menées dans l'arrondissement de Niakhar en 1962 par Pierre Cantrelle, médecin démographe, et avaient pour objectif la mesure de la mortalité des enfants et la collecte de données d'état civil (Cantrelle, 1965 a, 1965 c). Les enquêtes se sont ensuite répétées, et ce site s'est rapidement transformé en une plateforme de recherche pluridisciplinaire qui a accueilli de nombreuses recherches en démographie, médecine, géographie, agronomie et sociologie.

À partir de 1983, le suivi démographique de Niakhar se met en place dans sa forme actuelle. Il fournit des données longitudinales, collectées en continu, pour tous les résidents des 30 villages. Plusieurs fois par année, une enquête de routine est administrée dans chaque concession de la zone, pour consigner tous les événements (grossesses, naissances, mariages, décès, sevrages, migrations...) qui se sont produits depuis le passage précédent. Les entrées et sorties des individus y sont enregistrées de manière fine, et une attention particulière est portée à la migration saisonnière de travail à partir de 1998. Ainsi, au cours de chaque passage démographique, les personnes absentes sont identifiées, et les membres du ménage présents sont interrogés sur les motifs de ces absences, le lieu de destination du migrant et l'activité qu'il y exerce.

Des enquêtes spécifiques sont également réalisées de façon périodique, entre deux passages démographiques. Elles portent principalement sur la scolarisation, l'équipement des ménages, la qualité de l'habitat et la production agricole. Ainsi, l'enquête « Biens et équipements » a été conduite dans tous les ménages en 1998, 2003 et 2014. Elle permet notamment de mesurer les pauvretés patrimoniale et multidimensionnelle des ménages et d'inventorier le matériel agricole possédé par les exploitations agricoles. L'enquête « Cultures et élevage » a été réalisée entre 1998 et 2003 pour évaluer les rendements agricoles, le niveau de suffisance alimentaire et le rôle des migrations dans les stratégies des ménages. Enfin, le site d'observation de Niakhar facilite l'exécution d'enquêtes ponctuelles, comme l'enquête « Escape-Sénégal » en 2013-14. Cette dernière opération de collecte a porté sur un échantillon aléatoire de 1 061 exploitations agricoles familiales (32 % des ménages sous observation). Un questionnaire « ménage », soumis au responsable de l'exploitation agricole, a permis de reconstituer le système des cultures pratiqué au cours de la saison des pluies 2013. Il renseigne en outre sur le niveau économique du ménage, sur les activités extra-agricoles et sur les caractéristiques socioculturelles du chef de ménage. Un questionnaire « individuel » a ensuite été adressé à un agriculteur du ménage ayant cultivé au moins une parcelle au cours des trois années précédant l'enquête. Ce questionnaire portait sur certaines cultures destinées à la vente, comme l'arachide et la pastèque, ou encore la pratique de l'embouche bovine.

Les définitions et mesures de la migration

La mobilité des populations est un phénomène complexe à mesurer, même lorsque nous disposons de données fiables et précises. À l'échelle de l'individu, les déplacements prennent des formes différentes selon la destination, la durée et la motivation. La mesure quantitative des migrations nécessite donc d'établir des critères précis qui permettent de déterminer si le mouvement d'une personne doit être considéré comme une migration ou comme un simple déplacement.

Le système de suivi démographique enregistre les absences des individus, qui, selon leur durée et leur motivation, définissent leur statut de résidence. Les absents depuis plus de six mois sont considérés comme émigrés et sortent du champ de l'observation. Cependant, quelques exceptions sont prévues à cette règle, comme les élèves qui s'absentent pour étudier (mais reviennent au moins un mois pendant les vacances),

les travailleurs saisonniers (qui rentrent au moins un mois dans l'année) et les migrants de travail, qui restent chefs de famille (DELAUNAY *et al.*, 2013 b). De même, les étrangers deviennent immigrés selon la règle des six mois de présence sur la zone d'observation ou après la déclaration de leur intention de s'y installer. Dans les cas contraires, ils sont considérés comme des visiteurs ou des personnes de passage.

Si les absences faisaient l'objet d'un enregistrement écrit sur les cahiers de terrain, elles n'ont commencé à être saisies dans la base de données qu'à partir de 1998. C'est donc à partir de cette année-là que nous disposons d'une base de données sur la migration temporaire, avec les dates d'absence et de retour de migration, le lieu de destination et le motif.

Les migrations permanentes sont des départs ou des arrivées qui ne correspondent pas aux définitions précédentes des migrations temporaires et des visites. Les taux d'émigration et d'immigration sont calculés en rapportant le nombre de migrations effectuées dans un groupe (défini par l'âge ou le sexe) à la population résidente de ce groupe (en années vécues). Ces indicateurs renseignent sur la proportion de migrants (émigrants et immigrants) au sein de la population résidente, une année donnée.

Pour mesurer la migration saisonnière de travail, on aura recours à deux calculs. Le premier, à l'instar des migrations permanentes, compte le nombre de départs en migration temporaire de travail et le rapporte au nombre d'individus résidents pour obtenir un taux de migration. En plus de mesurer la proportion des migrants saisonniers, nous avons calculé l'intensité de la migration saisonnière. Au lieu de considérer les personnes ayant connu l'événement migratoire et celles soumises à ce risque, nous prenons en compte, pour une année donnée, les durées de migrations saisonnières, au numérateur, et le temps total d'exposition au risque (personnes-années) vécu au cours de la période par ceux qui ont échappé à la migration saisonnière, au dénominateur. Grâce à cette mesure plus précise, on obtient alors un indicateur qui reflète le poids réel des migrations dans la population, en tenant compte des durées de présence et d'absence.

Méthode de classification des exploitations agricoles

La migration saisonnière est une option à laquelle les exploitations agricoles recourent parfois, soit pour faire face à certaines contraintes, comme le déficit pluviométrique ou l'insécurité alimentaire, soit pour améliorer le niveau de vie des migrants et du ménage d'origine. Afin de mettre en évidence ces relations, nous avons analysé la migration saisonnière selon différents types d'exploitation agricole.

Notre typologie a été établie à partir des informations disponibles dans le fichier de population (système de suivi démographique) et dans les enquêtes « Biens et équipements 2013 » et « Escape-Sénégal 2013-14 ». Habituellement, la littérature distingue deux catégories de typologie des exploitations agricoles : une typologie structurelle, qui consiste à définir des groupes de fermes par rapport à leurs moyens de production, et une typologie fonctionnelle, qui propose de discriminer les exploitations agricoles selon les stratégies élaborées pour répondre aux contraintes. Notre objectif

étant de catégoriser les exploitations agricoles selon leurs capacités d'adaptation et leurs vulnérabilités, nous avons conjugué ces deux approches à l'intérieur d'une seule typologie. La construction de cette catégorisation s'est faite en deux étapes.

Pour définir d'abord une typologie structurelle, nous avons considéré les ressources agricoles (foncier, main-d'œuvre, matériel, animaux de traction), dont dispose l'exploitant. Une première factorisation a été réalisée, par analyse des correspondances multiples, pour réduire les dimensions de cette information. Ce plan factoriel a ensuite servi de base pour opérer une catégorisation des exploitations agricoles, à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique.

Dans un deuxième temps, nous avons établi une typologie fonctionnelle en prenant en compte les stratégies paysannes identifiées, la typologie structurelle, le système de cultures des exploitations familiales, le bilan alimentaire, ainsi que le niveau économique et les caractéristiques sociodémographiques du ménage. Au total, 40 variables définissant la structure des exploitations agricoles et leurs stratégies économiques ont été retenues.

À la différence de la typologie structurelle, la typologie fonctionnelle est plus complexe à réaliser, en raison des relations non linéaires qui existent entre les variables considérées. En effet, les stratégies paysannes varient selon les contraintes auxquelles est soumis le ménage et sont parfois concurrentes entre elles. Afin de prendre en compte la complexité des relations existant entre les variables, nous avons utilisé une méthode de classification non hiérarchique et non supervisée, dont l'algorithme d'apprentissage est mieux adapté aux structures de données non linéaires. Il s'agit des cartes d'auto-organisation ou cartes de Kohonen (1995) (du nom de son concepteur), une technique perfectionnée de la méthode des *K-means* (ou nuées dynamiques) qui présente une capacité de séparation des groupes non linéaires.

Au total, nous avons obtenu quatre classes d'exploitation agricole. Elles se définissent comme suit.

1– Les très petites exploitations ayant un niveau d'équipement agricole, un niveau de main-d'œuvre et un patrimoine foncier très faibles, mais adossées assez fortement sur les revenus des activités extra-agricoles. Elles représentent 27 % des exploitations totales du site d'observation.

2– Les exploitations agricoles en sous-production. Leur capital foncier est important, mais elles ont une faible capacité d'investissement et un faible niveau d'équipement. Elles disposent d'une main-d'œuvre sous-utilisée. Ce groupe forme 19 % des exploitations agricoles.

3– Les grandes exploitations agricoles assurant la sécurité alimentaire de leur ménage et tournées en grande partie vers la commercialisation de leur production agricole. Elles ont une forte capacité de mise en valeur des terres, d'investissement et d'innovation. Elles constituent 25 % de l'ensemble des exploitations agricoles.

4– Les exploitations agricoles de taille moyenne, assez bien dotées en terre et en équipements, mais n'assurant pas la sécurité alimentaire de leur très grand ménage et ayant de faibles capacités d'investissement. Elles sont globalement en décapitalisation, et leurs ressources en main-d'œuvre sont principalement utilisées dans l'agriculture. Ce groupe réunit 29 % des exploitations agricoles de la zone d'étude.

Des mouvements de population dominés par la migration saisonnière

Les migrations de longue durée

Les déplacements de population, quand ils occasionnent un changement de résidence, sont soit de longue durée (plus d'un an) et parfois définitifs, soit saisonniers et donc temporaires. L'intensité des mouvements de la première catégorie est relativement faible et plutôt équilibrée entre les entrées et les sorties du territoire sous observation. Les taux d'émigration et d'immigration sont de l'ordre de 50 ‰. On notera aussi que ces mouvements tendent à diminuer, sur l'ensemble de la période (fig. 1). Mais cette évolution est sans doute en partie un artefact produit par la mise en place, à partir de 1998, des procédures de suivi des migrations temporaires. Entre 1984 et 1998, le système de collecte ne permettait pas de distinguer clairement les

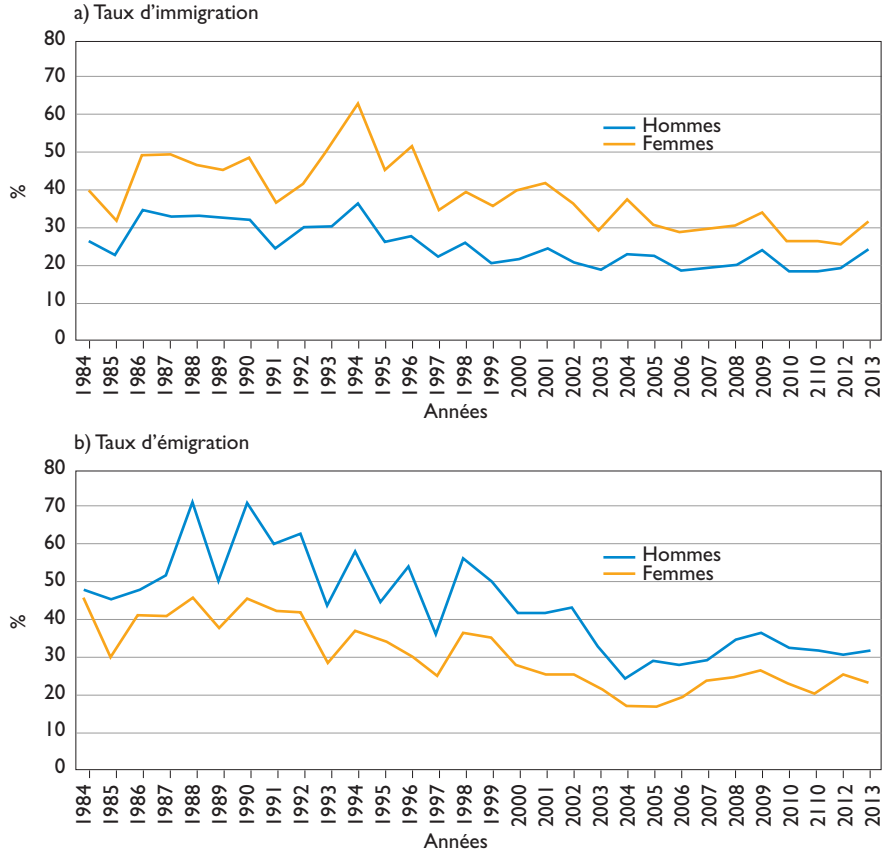


Figure 1.
Taux d'immigration (a) et d'émigration (b). Observatoire de Niakhar, 1984-2013.

formes migratoires, saisonnières et de longue durée. Certains départs de plus de six mois, considérés avant 1998 comme une émigration, sont désormais bien enregistrés comme une migration temporaire.

Même si l'évolution de cet indicateur est sensible aux modifications des règles de collecte, on peut néanmoins tirer quelques enseignements, notamment après 1998. Entre 1998 et 2013, les taux d'immigration et d'émigration évoquent une tendance à la baisse, plus marquée pour les femmes (fig. 1). Le solde migratoire – la différence entre les entrées et les sorties – est presque toujours négatif durant cette période (fig. 2), de très faible ampleur et équilibré entre les deux sexes. *Depuis 1998, le territoire de Niakhar perd en moyenne chaque année 50 hommes et 50 femmes par migration de longue de durée*. Face à de si faibles effectifs, la migration permanente ne paraît donc pas être un facteur d'ajustement, ni par rapport à la pression démographique (le croît naturel est pourtant supérieur à 2,5 % par an entre 1994 et 2013), ni au regard des variations pluviométriques (la pluviométrie est entre 2002 et 2006 bien en deçà du niveau d'après 2007).

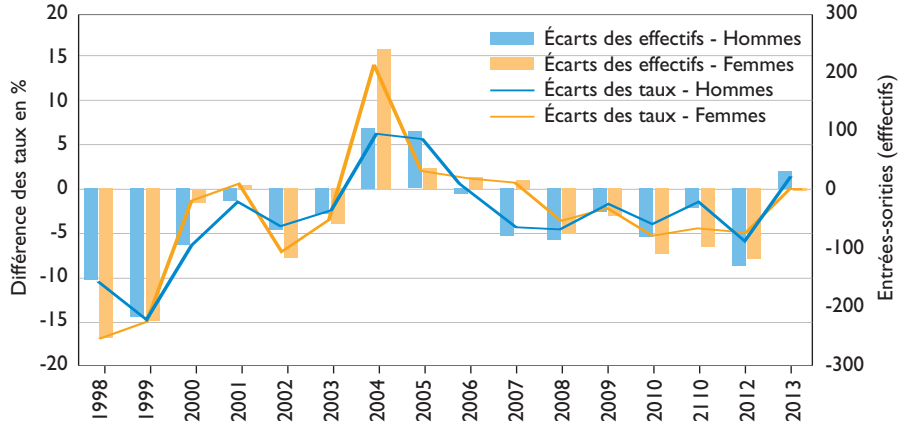


Figure 2.
Solde migratoire, en différence des taux (taux d'immigration - taux d'émigration) et des effectifs (entrées - sorties).
Observatoire de Niakhar, 1998-2013.

Qu'ils s'agisse d'entrer ou de sortir de la zone d'observation de Niakhar, les femmes sont plus sujettes à la migration permanente que les hommes pendant toute la période (fig. 1). Les motifs d'arrivée et de départ des femmes sont principalement liés au mariage et au divorce (fig. 3), puisque c'est l'union qui détermine le lieu de vie de la femme (mariage virilocal). À l'issue du processus matrimonial, la femme rejoint le domicile de son époux et, après un divorce ou même parfois après le décès du mari, la femme regagne le domicile de ses parents. Le motif de travail reste néanmoins le deuxième motif d'émigration (36 % des sorties masculines et 25 % des sorties féminines) et concerne en effectifs autant de femmes que d'hommes (- 5 420 contre - 5 375 sur la période). En revanche, il n'est que très rarement un motif d'immigration de longue durée (7 % pour les hommes et 2 % pour les femmes).

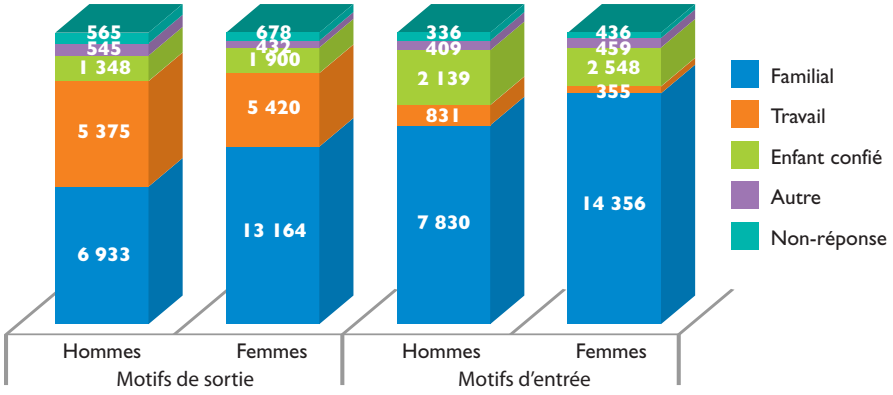


Figure 3.
Répartition (en %) des émigrations et immigrations selon le sexe et le motif. Observatoire de Niakhar, 1984-2013.

Les migrations saisonnières de travail

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la mesure de l'intensité des migrations saisonnières peut se faire en comptant le nombre de départs en migration temporaire de travail et en le rapportant au nombre d'individus résidents pour obtenir un taux de migration (fig. 4). Cet indicateur témoigne du fait, qu'en moyenne depuis 1998, la part des individus concernés par la migration saisonnière de travail est de 30 % pour les hommes et 20 % pour les femmes. En d'autres termes, il signifie qu'un homme sur trois et une femme sur cinq partent en migration de travail au moins une fois par an. L'intensité des mobilités saisonnières est donc très largement supérieure à celle des migrations de longue durée, qui ne concernent en moyenne qu'une personne sur vingt (5 %). Elles touchent aussi davantage les hommes que les femmes (fig. 4), avec néanmoins un séjour en migration d'une durée moyenne de 4,7 mois, pour les deux sexes. Exprimés en volume, *les déplacements saisonniers représentent, depuis 1998, 58 000 migrations masculines et 40 000 migrations féminines, soit en moyenne respectivement 3 600 et 2 500 migrations circulaires par année.*

Dans la zone d'observation de Niakhar, la migration temporaire de travail a probablement été amorcée avec le choc écologique des années 1970, mais elle s'est ensuite généralisée au point de devenir aujourd'hui un passage quasi obligé pour les jeunes de la région du Sine. Parmi les résidents au 1er janvier 2014, 90 % des hommes de 30-34 ans et 70 % des femmes de 20-24 ans ont déjà effectué une migration temporaire de travail. Comme nous le détaillerons dans la section suivante, la proportion des migrants saisonniers est encore sensible aux aléas climatiques et aux performances agricoles de l'année ; en témoigne le pic de 2003 pour la migration masculine. La récolte de mil et d'arachide en 2002 a été particulièrement catastrophique, en raison d'un très important déficit pluviométrique (moins de 200 mm dans l'année). Cependant, ce système migratoire répond désormais à des logiques sociales et économiques – individuelles et de ménage – qui dépassent le seul déterminisme du climat et de l'environnement. À aucun moment, une bonne pluviosité et de bonnes récoltes ne parviennent à tarir les flux migratoires.

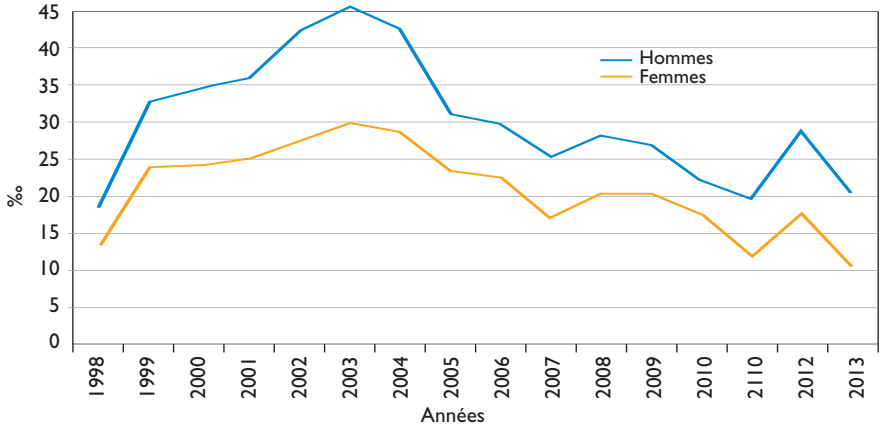


Figure 4.
Évolution du taux de migration de travail saisonnier. Observatoire de Niakhar, 1998-2013.

Le taux de migration ainsi calculé accorde le même poids à chaque migration, que celle-ci dure une semaine ou 11 mois révolus. Nous avons donc choisi d'affiner nos calculs en tenant compte des durées de séjour en migration. Pour cela, nous avons décompté les personnes-années, c'est-à-dire précisément le temps passé par chaque individu en migration au cours d'une année. Une personne-année en migration correspond à 12 mois cumulés d'absence issus d'un ou de plusieurs individus. Si l'on rapporte cet indicateur au nombre de résidents dans l'observatoire (mesurés eux aussi en personnes-années de résidence), on obtient alors un indicateur qui reflète le poids réel des absents dans les ménages, tout en prenant en compte la durée d'absence.

La migration temporaire de travail représente un poids important dans la population : au cours de la période, 11 % des hommes et 8 % des femmes sont absents du fait de la migration de travail. *En d'autres termes, à tout moment, 1 personne sur 10 est absente de la zone d'observation de Niakhar en raison d'une migration temporaire de travail.* Cette proportion varie au cours de la période, indiquant le même pic important en 2003, avec une moyenne (en personnes-années) de près de 15 % d'absence pour les hommes et 11 % pour les femmes (fig. 5). Si la migration saisonnière de travail s'est intensifiée après la crise agricole de 2002, on observe néanmoins une tendance à la baisse de l'intensité – exprimée en durée d'absence – depuis 2010 (fig. 5). Cet affaiblissement du temps d'absence survient un peu plus tard que la diminution du nombre de migrations (fig. 4), indiquant que le ralentissement des effectifs de migration a été compensé – entre 2005 et 2010 – par un allongement des durées de migration.

La généralisation de la migration saisonnière peut être saisie à partir des ménages qui ont au moins un migrant temporaire de travail au cours d'une année donnée. Globalement, la proportion de ces ménages est très élevée entre 1998 et 2013, oscillant autour de 70 %, avec une tendance à la hausse au cours de la période ; on atteint même les 80 % à partir de 2008. Le recours accru des familles à la migration de travail a conduit à allonger les temps d'absence et à dissocier la migration du calendrier agricole.

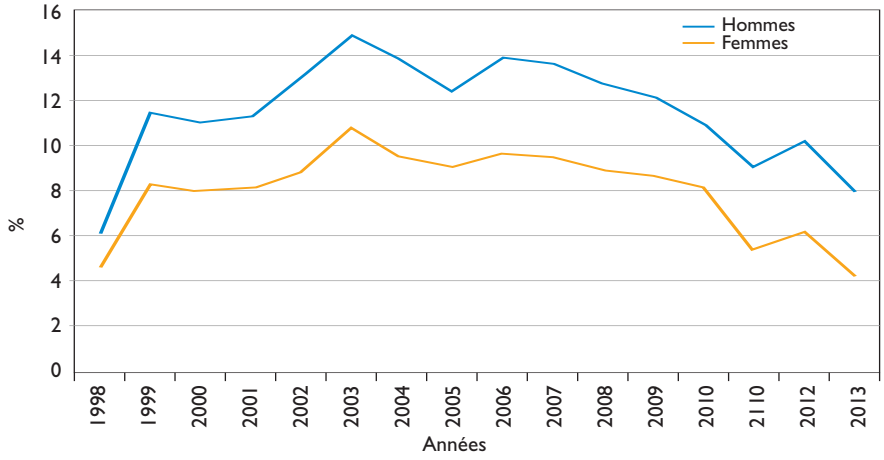


Figure 5.
Proportion des migrants temporaires de travail en personnes-années.
Observatoire de Niakhar, 1998-2013.

Entre 1998 et 2005, la durée moyenne d'absence était de 3,9 mois pour les hommes et de 4,1 mois pour les femmes. Depuis 2005, les hommes prolongent leur absence de 1,5 mois et les femmes de 1,2 mois en moyenne. Les formes et le calendrier des migrations temporaires de travail sont aujourd'hui sensiblement les mêmes que ceux décrits par le passé. Entre 1999 et 2012, nous notons que, quel que soit le mois de l'année, c'est au moins 400 personnes qui, en moyenne, partent chaque mois en migration saisonnière (fig. 6a). Ces mouvements de population s'accélèrent toutefois en saison sèche (pic de janvier-février) et en saison des pluies (pic de juin), dessinant les deux flux migratoires habituels au Sénégal : les migrations de saisons sèches (les *noranes*) et les migrations de saisons pluvieuses (les *navétanes*) (Pontié et Lericollais, 1999 ; Roquet, 2008). Les premières, qui ont été jusqu'à récemment les plus importantes, sont des migrations qui surviennent à la fin des travaux agricoles. Les migrants partent alors le plus souvent en ville à la recherche d'un travail manuel rémunéré (maçons, charretiers, pêcheurs…). Les femmes travaillent essentiellement comme employée de maison à Dakar et à Mbour. Les *navétanes* se produisent en début des travaux de champs, quand la main-d'œuvre abondante ne peut être toute employée dans les champs familiaux. Les hommes quittent alors leur résidence pour aller vendre leur force de travail, là où la main-d'œuvre agricole est insuffisante (régions du Saloum et du Sénégal oriental).

Ce modèle général des migrations saisonnières a connu quelques évolutions au cours de ces dernières années. Si l'intensité et le calendrier des migrations de saison sèche restent commandés par les récoltes (calendrier des travaux et rendements), nous observons avec la figure 6b, que les départs tendent aussi à s'ajuster aux dates de la fête de la Tabaski (Aïd al-Adha), quand celle-ci se produit aux dates habituelles de départ en migration (début de l'année civile). Ainsi, nous remarquons un décalage dans le temps du pic des migrations, d'une période à l'autre (fig. 6b). Le maximum

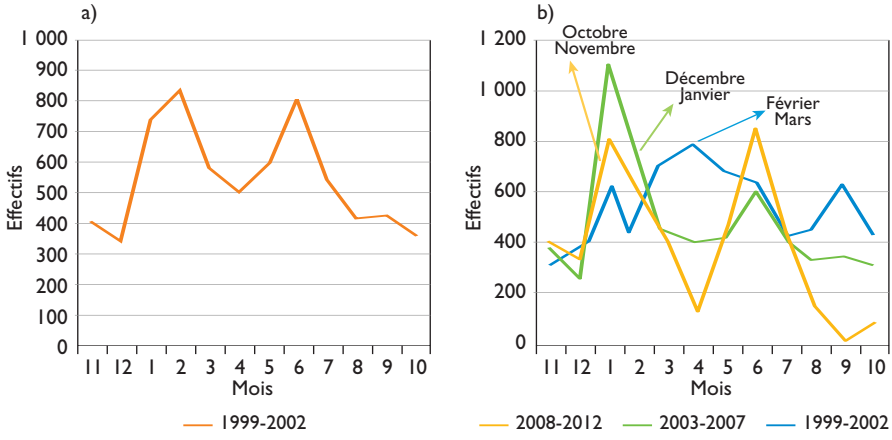


Figure 6.
Nombre des départs en migration temporaire de travail, selon le mois et la période de départ. Observatoire de Niakhar.
a : période 1999-2012 ;
b : trois périodes différentes : 1999-2002, 2003-2007 et 2008-2012.
En encadré, les mois pendant lesquels ont eu lieu la fête de la Tabaski (Aïd al-Adha) au cours de chaque période considérée.

des départs de saison sèche est enregistré en mars-avril pour la période 1999-2002, en février pour la période 2003-2007, et en janvier pour la dernière période, soit toujours un à deux mois après le mois de la Tabaski.

Le second point à relever est la progression importante que connaissent les migrations de saison pluvieuse depuis quelques années. Entre 2005 et 2010 (milieu des deux dernières périodes), les départs de mai, juin et juillet ont augmenté de près de 30 %, faisant du début de l'hivernage un temps des départs en migration saisonnière tout aussi important que celui du début de l'année (fig. 6b). Cette situation doit s'expliquer en partie par la croissance démographique. La taille des ménages a doublé entre 1984 et 2012, passant de 6,7 personnes en moyenne à 13 actuellement, provoquant sans doute un surcroît de main-d'œuvre pendant les travaux des champs, qui a trouvé à s'employer par la migration. Mais la généralisation de la scolarisation des jeunes – et surtout des filles – au primaire et au secondaire constitue sans doute le phénomène qui a le plus modifié la saisonnalité des migrations temporaires de ces dernières années. Aujourd'hui, 76 % des 10-14 ans et 72 % des 15-19 ans sont ou ont été scolarisés. Ces temps passés dans les établissements scolaires ne permettent plus au plus grand nombre de partir en migration, les obligeant à repousser leur projet migratoire à la période des vacances de fin d'année scolaire.

Comme le montre la figure 7, ce phénomène récent concerne essentiellement les jeunes filles. Contrairement aux hommes – qui migrent massivement en début d'année –, les femmes et les jeunes filles migrent davantage pendant la saison des pluies (elles migrent en juin 2,5 fois plus que la moyenne annuelle), mais sans doute pour une durée un peu plus courte. Ce raccourcissement des temps d'absence

explique probablement le fait que la proportion de migrants atteint le niveau de 30-40 % (en personnes-années) à 25-29 ans pour les hommes et 15-19 ans pour les femmes ; l'intensité de la migration (exprimée en durée d'absence) des jeunes filles diminue à partir de 2008.

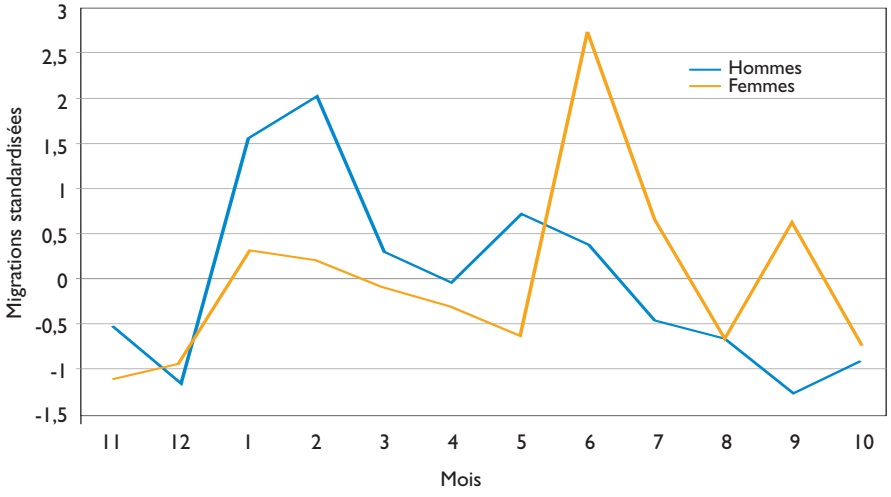


Figure 7.
Variations mensuelles (variable centrée-réduite) des migrations temporaires de travail selon le sexe.
Observatoire de Niakhar, 1999-2012.

Migrations saisonnières, facteurs climatiques et sécurité alimentaire

La migration temporaire de travail est de loin la forme de mobilité humaine qui domine sur la zone d'observation de Niakhar. Ces mouvements ont trouvé leurs origines principalement dans les aléas de la pluviosité (les sécheresses des années 1970 et 1980), dans leurs impacts sur les performances de l'agriculture et dans la pression foncière qu'a favorisée la croissance démographique (Garenne et Lombard, 1991 ; Roquet, 2008). Mais, avec le temps et la diffusion des comportements migratoires, les mouvements de population ont pris en partie leur autonomie par rapport aux causes qui les ont engendrés, et l'existence de réseaux migratoires en constitue certainement aujourd'hui un élément d'amplification (Fall, 1991).

Même si la relation entre les migrations saisonnières et la pluviométrie est aujourd'hui plus difficile à mettre en évidence – ne serait-ce parce que ces déplacements tendent à devenir une pratique homogène au sein de la population –, nous observons que les

migrations temporaires conservent une sensibilité assez forte aux variations climatiques. Pour les besoins de cette analyse, nous avons d'abord sélectionné les migrations masculines, qui se révèlent être plus sensibles à la variabilité pluviométrique. Puis, nous avons fait coïncider la proportion des migrants d'une année *n* avec le niveau de pluviosité de l'année *n-1*. Si nous reprenons donc la fonction de densité des migrations saisonnières (calculée à partir des durées d'absence), nous constatons que les absences des hommes sont à leur niveau le plus élevé (13,0 % en moyenne) quand le cumul annuel des pluies est bas (en moyenne 529 mm), pendant la période 1999-2007 (fig. 8). *A contrario*, cette proportion de migrants diminue quand la pluviosité augmente : de 2008 à 2013, le cumul moyen des pluies est de 790 mm et le pourcentage des migrants oscille autour de 10 % (10,4 % en moyenne). Cette liaison est bien plus évidente lorsque l'on considère l'année 2002, qui a été marquée par une sécheresse sévère (moins de 200 mm de pluie sur l'année) et de très mauvais rendements agricoles. Nous notons que les migrations masculines qui se sont produites en 2003 ont atteint leur maximum avec une absence moyenne sur l'année de près de 15 % des hommes. Finalement, l'association statistique entre ces deux variables est relativement forte puisque, après un ajustement logarithmique (voir équation sur la fig. 8), l'intensité de la relation est de $R^2 = 0{,}41$. Une estimation identique pour les migrations féminines indique une association un peu plus faible entre pluviosité et proportion

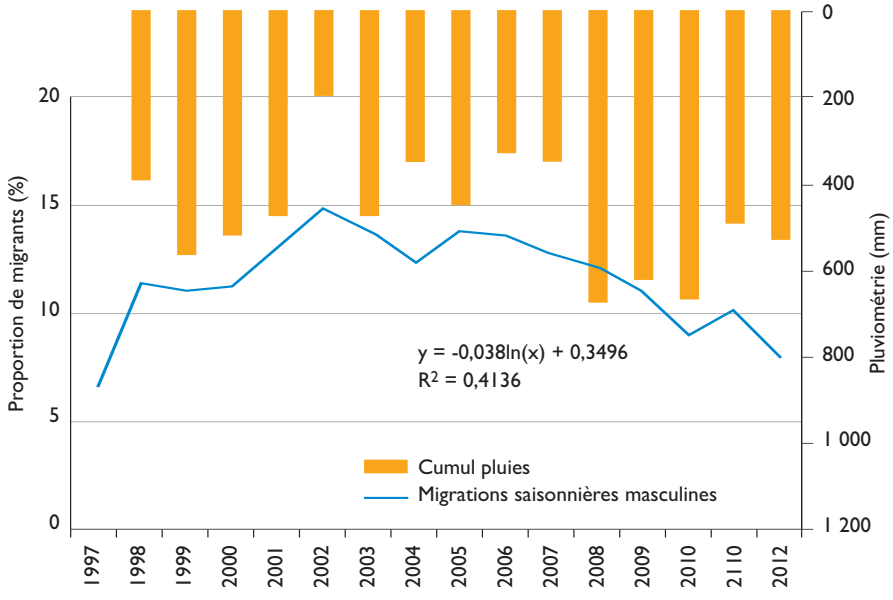


Figure 8.
Proportion de migrants temporaires de travail en personnes-années et cumul annuel des pluies. Observatoire de Niakhar, 1998-2012.
Les pourcentages de migrants ont été décalés d'un an vers la gauche (n-1). Ainsi, les migrations masculines associées sur le graphique à l'année 2002 se sont réellement produites en 2003.

des migrantes, avec un coefficient de corrélation de R^2=0,36. Toutes ces observations suggèrent par conséquent que les migrations saisonnières sont encore assez fortement commandées par le climat (et ses impacts sur les rendements agricoles), et que les populations se montrent très réactives face aux revers de situation.

Les migrations temporaires de travail répondent à des motivations diverses, selon que l'on a affaire à des jeunes ou à des adultes, à des hommes ou à des femmes, à des ménages pauvres ou plus aisés. Face aux changements environnementaux et climatiques, les migrations sont vues comme des stratégies – souvent de survie –, destinées à la fois à atténuer la pression sur les ressources du milieu et à favoriser les transferts de biens et de capitaux qui pourront permettre aux familles de se maintenir sur leur territoire d'origine.

Qu'on les considère sous l'angle du nombre ou de la durée d'absence, les migrants temporaires ne représentent généralement pas plus de 10 % de la population totale de la zone d'observation de Niakhar. Lors de la pire année sèche du XXIe siècle connue jusqu'ici, soit en 2002-03, cette proportion est montée tout au plus à 15 % pour les hommes et 11 % pour les femmes. Autrement dit, même aux moments les plus difficiles, la migration saisonnière de travail n'a jamais été massive et a encore moins provoqué de dépeuplement du territoire d'origine. Si nous calculons la densité de population à partir des durées de présence (et non pas seulement des effectifs), nous constatons que la migration temporaire réduit en moyenne la densité, entre 1998 et 2013, de 18 hab./km^2 ; la densité de population passant de 184 hab./km^2 à 166, après avoir retiré les durées d'absence des migrants saisonniers. Une fois rappelée que le territoire de Niakhar ne perd chaque année que 100 personnes du fait des migrations permanentes, on admettra donc que la fonction première des migrations temporaires n'est pas véritablement de réduire la pression anthropique sur des ressources devenues plus rares.

La seconde explication qui prévaut généralement est qu'une grande partie des migrants temporaires de travail entretiennent des flux de denrées alimentaires et d'argent – de la ville vers la campagne – pour assurer la survie des familles restées au village (Adjamagbo *et al.*, 2006). Afin d'évaluer l'impact des migrations temporaires de travail sur la sécurité alimentaire des populations non migrantes, nous avons eu recours à l'enquête renouvelée « Cultures et élevage », menée entre 1999 et 2003. Cette opération de collecte a permis une évaluation des rendements de mil récoltés pendant quatre ans (1999-2002) par les ménages enquêtés, ainsi que des quantités de céréales acquises par les ménages grâce à la migration (fig. 9). Ces quantités récoltées et consommées ont ensuite été analysées par rapport à la norme FAO (210 kg/pers./an de mil). Récemment, le Sénégal a fixé cette norme de consommation de mil à 185 kg/pers./an.

Au cours des quatre années d'enquête, la production de mil, telle que déclarée par les paysans du Sine, n'atteint jamais le seuil de l'autosuffisance céréalière, fixé à 210 kg de mil par personne (fig. 9, ligne orange). Pourtant, ce manque n'est peut-être pas toujours d'origine climatique. Ainsi, l'association entre la quantité de pluies et la production de céréales n'est pas totalement linéaire sur la courte période considérée (1999-2002). Durant les trois premières années, une baisse de 15 % des pluies

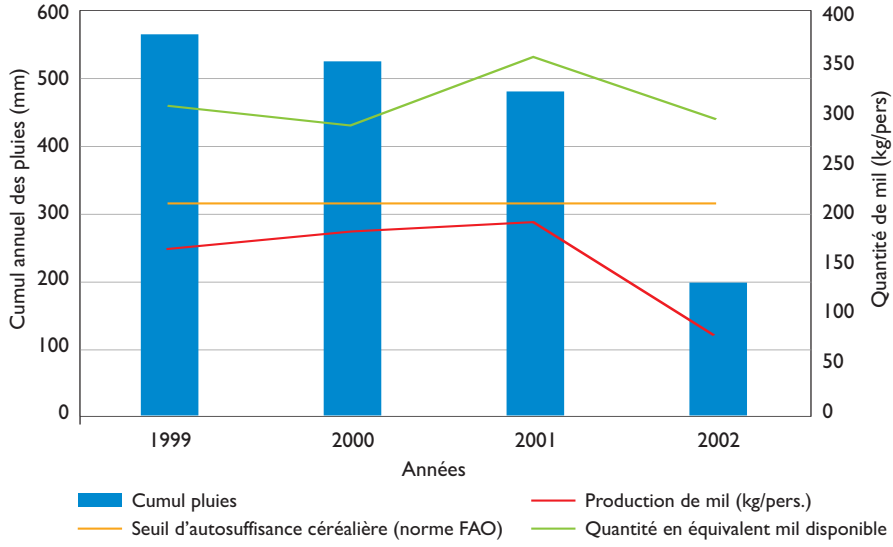


Figure 9.
Pluviosité, quantité de mil produite et quantité totale de céréales consommées, après transferts de la migration, par personne et par an. Observatoire de Niakhar, 1999-2002.

– dont le cumul se situe toujours au-delà du niveau de 400 mm – n'affecte pas le déficit de mil produit par habitant (fig. 9, écarts entre les courbes rouge et orange). Il faut dire que la faiblesse des rendements et l'insuffisance de la production céréalière pour répondre aux besoins des familles paysannes relèvent aussi d'autres facteurs, comme le manque de terres fertiles et la croissance rapide de la population. En revanche, quand le manque de pluie devient très important, comme en 2002 où la baisse atteint 60 % par rapport à l'année précédente, la production de mil s'en trouve alors très fortement diminuée (à peine plus de 80 kg de mil produits par personne). Mais tous les ans, que le déficit du bilan alimentaire soit d'origine structurel ou conjoncturel, il est résorbé grâce aux transferts d'argent (achats de riz, mil…) et aux dons réalisés par les migrants (la ligne verte est toujours au-dessous de la ligne orange). Finalement, sur l'ensemble de la zone d'observation, les migrants temporaires de travail ont permis, par différents mécanismes d'entraide, que les populations restées au village puissent amortir les chocs climatiques et agricoles et se maintenir sur leur terroir.

Les deux séries de cartes représentées sur la figure 10 confirment les résultats du graphique précédent. Les performances de la production de mil sont sensibles aux très fortes variations pluviométriques et parviennent très difficilement à être suffisantes pour nourrir toutes les familles paysannes. Selon les années, c'est entre 21 à 28 villages, sur les 30 enquêtés, qui ne réussissent pas, au cours de ces quatre ans, à satisfaire les besoins céréaliers de tous leurs habitants (cartes du haut, villages en rouge). Les achats et les dons de céréales, permis par les migrations temporaires de

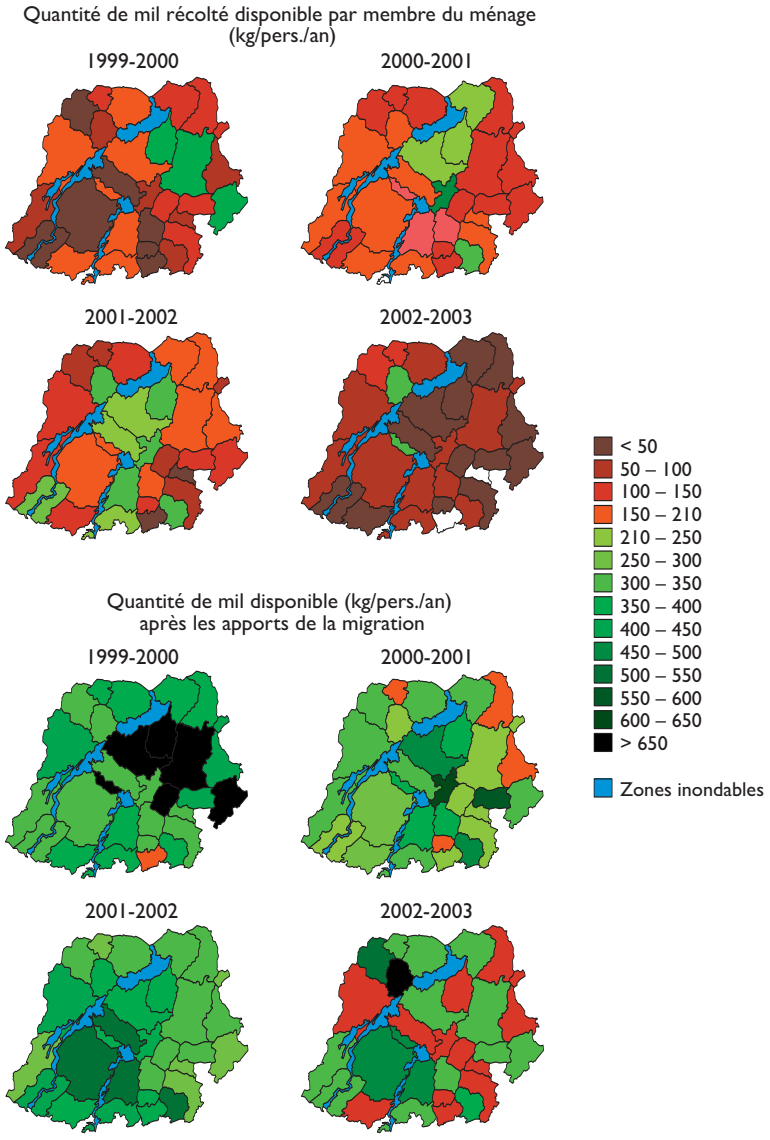


Figure 10.
Distribution par village des quantités de mil produites et des quantités totales de céréales consommées, après apports de la migration, par personne et par an.
Observatoire de Niakhar, 1999-2003.
Les surfaces dans les tons de rouge indiquent des quantités de mil inférieures aux 210 kg nécessaires par personne et par année.
Les surfaces représentées dans les tons de vert signalent au contraire des quantités supérieures à cette norme.
Plus la teinte est foncée et plus l'on s'éloigne de façon positive ou négative du seuil des 210 kg par personne.

travail, parviennent néanmoins à compenser les manques de la production en céréales. En 2001, tous les villages de la zone d'observation réussissent à répondre aux besoins de leurs habitants avec les apports de la migration, en plus de la production céréalière locale. Cependant, quand le manque de pluies est catastrophique (comme en 2002), la faiblesse de la production de céréales est alors trop forte pour pouvoir être compensée par les transferts de la migration. En 2002-03, un tiers des villages ne sont pas parvenus à pourvoir aux besoins de leurs habitants, malgré les effets positifs de la migration. *Compte tenu des faibles capacités agronomiques et écologiques de l'agriculture familiale du Sine, la fonction de régulation des migrations saisonnières atteint, semble-t-il, ses limites lorsque le manque de pluies compromet gravement les récoltes de céréales.*

L'intensité des migrations temporaires de travail est commandée en partie par la pluviosité, – nous venons de le montrer –, mais elle répond aussi aux capacités de production développées par les exploitations agricoles. Pour mettre en évidence cette dernière relation, nous avons réévalué les taux de migration pour chacun des quatre types d'exploitation agricole identifiés par la méthode des cartes auto-organisatrices de Kohonen (voir *supra*). Comme précédemment, nous avons considéré uniquement les migrations masculines mieux corrélées aux trajectoires et aux performances des exploitations agricoles. Cette typologie structurelle et fonctionnelle ayant été établie à partir d'informations collectées en 2013, nous avons limité notre analyse des migrations temporaires aux cinq dernières années (2009-2013), afin que les exploitations agricoles qui ont favorisé la migration des hommes correspondent au mieux à la situation observée en 2013. Plus on repoussera l'analyse dans le passé (avant 2009) et plus notre typologie s'éloignera des conditions des exploitations agricoles qui ont été à l'origine des migrations.

D'une manière générale, nous constatons, nonobstant ces réserves d'interprétation, que la migration temporaire de travail est un comportement partagé par tous les types d'exploitation agricole ; et, quelle qu'en soit la motivation (migration de survie ou de capitalisation), la migration saisonnière masculine est, pour toutes ces catégories d'exploitation, un phénomène lié à la pluviométrie (fig. 11). Les exploitations en décapitalisation (i.e. où toute la production est consommée) ou en sous-capacité de production, comme les exploitations ayant des capacités d'innovation et d'investissement, font moins appel aux migrations temporaires masculines quand le niveau annuel des pluies augmente, à l'instar de ce qui est survenu pendant la période 2008-2013 (fig. 11).

Si une même tendance migratoire se retrouve chez chacune des catégories d'exploitation agricole, les niveaux sont en revanche sensiblement différents. Considérant les situations extrêmes, soit celles des exploitations en sous-capacité de production et des exploitations capables d'investir, nous observons qu'à tout moment les premières ont en moyenne 25 % de migrants de plus que les secondes, au cours des cinq dernières années.

Les exploitations agricoles en sous-production se définissent ainsi : elles ont un capital foncier important (5 ha), mais qui n'est exploité que pour moitié. Elles ont une assez faible capacité d'investissement et un très faible niveau d'équipement.

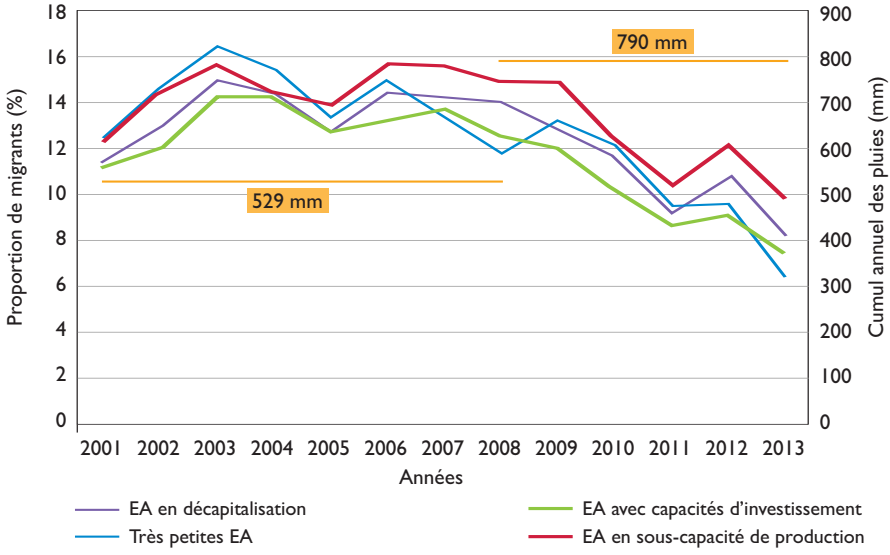


Figure 11.
Proportion des migrations masculines temporaires de travail (calcul en personnes-années) selon le type d'exploitation agricole (EA).
Observatoire de Niakhar, 1998-2013.

Elles disposent d'une main-d'œuvre sous-utilisée (3,1 actifs par hectare exploité) et ont en moyenne 41 % des membres du ménage qui exercent une activité extra-agricole. Presque toutes les exploitations de cette catégorie achètent des céréales (94 %) pour nourrir le ménage. La migration de travail est donc pour ce type d'exploitation une stratégie d'adaptation à des moyens de production agricole structurellement carencés et insuffisants pour satisfaire les besoins alimentaires du ménage.

À l'opposé, les exploitations agricoles qui recourent le moins à la migration temporaire sont généralement de grande taille (4,5 ha possédés, et un ménage sur deux exploite en plus des terres empruntées), disposant de beaucoup de main-d'œuvre (10,2 actifs) et de beaucoup d'équipements. Leur production agricole est en bonne partie tournée vers la commercialisation, avec 40 % de la surface agricole utile destinée aux cultures de l'arachide et de la pastèque, et un ménage sur deux pratiquant l'embouche bovine. Ces exploitations assurent enfin la sécurité alimentaire des membres du ménage ; seules 20 % des exploitations agricoles achètent des céréales en raison d'une récolte insuffisante. En somme, compte tenu de leurs performances agricoles et commerciales, ces exploitations ne s'appuient que faiblement sur les migrations masculines de travail pour assurer les besoins essentiels du ménage. Néanmoins, la migration n'est pas totalement négligée dans la panoplie des stratégies mobilisées par ces exploitations. Entre 2009 et 2013, en moyenne 9,5 % des hommes sont absents de leur exploitation agricole, avec probablement le projet d'augmenter la capacité d'investissement et de capitalisation de leur ferme.

Après 50 ans de mobilité circulaire intense entre les grandes villes de l'ouest du Sénégal et les villages de la zone de Niakhar, la migration temporaire de travail

concerne aujourd'hui presque toutes les personnes en âge d'activité et répond aussi bien à des contraintes – celles attachées à une pression anthropique croissante sur les ressources en sol et en eau, à l'insécurité alimentaire et aux faibles capacités de transformation de la petite agriculture familiale –, qu'à des choix – satisfaire les besoins en numéraire des jeunes, scolarisés ou en âge de se marier, et des adultes désireux d'investir dans un projet économique. Pourtant, en dépit de la complexification des facteurs causaux, l'aléa climatique maintient encore aujourd'hui une empreinte forte sur l'intensité des migrations saisonnières.

Conclusion

Les mouvements migratoires internes à partir du sud-ouest du bassin arachidier ont depuis longtemps été associés – avant même que le changement climatique n'investisse le débat public – à la forte densité démographique du milieu d'origine et aux chocs environnementaux du Sahel au XX^{e} siècle. À présent, les migrations se généralisent et s'intensifient, alors que la population croît à un rythme jamais atteint et que le climat change dans le sens de plus d'incertitude et de situations extrêmes.

Pourtant, pas plus aujourd'hui que par le passé, les déplacements de population ne sont assimilables à un exode ou à un abandon. Les migrations définitives restent anecdotiques sur le territoire de Niakhar, et les migrations de travail – qui sont très nombreuses – impliquent toujours des relations à distance avec les villages d'origine et le retour des migrants à plus ou moins courte échéance.

Ces mouvements circulaires ne sont pas davantage une fuite. Une fraction de la population peut, certaines années extrêmement sèches, fuir la crise alimentaire qui en résulte. Ce fut le cas notamment en 2003, après la récolte catastrophique de la saison des pluies de 2002. Mais à aucun moment, et même pendant la crise écologique des années 1970, les paysans n'ont fui leurs champs de façon provisoire ou définitive. Depuis 50 ans, les changements climatiques et environnementaux ont certes altéré, parfois de manière dramatique, les rendements agricoles et la sécurité alimentaire, sans que les terres deviennent pour autant impropres à l'agriculture ou même durablement insuffisantes pour nourrir le plus grand nombre. Donc, les paysans de la zone de Niakhar peuvent décider par stratégie de s'absenter de leur terroir, sans jamais le quitter brutalement et définitivement, ou simplement manquer une saison agricole de façon volontaire.

Enfin, les migrations temporaires de travail ne sont pas la marque d'un échec de l'adaptation. Bien entendu, ces mouvements pourraient être moins intenses si l'agriculture familiale du Sine avait les capacités de se transformer et d'être plus performante. Mais, nous avons vu aussi que même les exploitations agricoles les plus innovantes et qui assurent au mieux la sécurité alimentaire de leur famille ne renoncent pas à la migration. Cette stratégie, ancrée dans les habitudes, reste utile

pour les jeunes, qui doivent financer leurs études, ou pour les adultes qui veulent investir dans leur exploitation agricole. Par ailleurs, la migration traduirait véritablement un échec si elle s'accompagnait d'une déprise agricole et qu'elle répondait à une incapacité totale à nourrir les populations. Or, cette stratégie est tout à fait le contraire ; c'est grâce aux transferts d'argent et aux dons alimentaires de quelques-uns que la majorité peut rester au village, continuer à cultiver et répondre à une partie de ses besoins essentiels. La migration est bien une adaptation, plutôt qu'un échec à l'adaptation.

Références

Adjamagbo A., Delaunay V., 1998
« La crise en milieu rural ouest-africain : implications sociales et conséquences sur la fécondité. Niakhar (Sénégal), Sassandra (Côte d'Ivoire); deux exemples contrastés ». *In* Gendreau F., éd. : *Crises, pauvreté et changements démographiques dans les pays du Sud*, Paris, Estem : 339-356.

Adjamagbo A., Delaunay V., Lévi P., Ndiaye O., 2006
Production et sécurité alimentaire : comment les ménages d'une zone rurale du Sénégal gèrent-ils leurs ressources ? *Études rurales,* 177 : 71-90.

Beauchemin C., Bocquier P., 2004
Migration and urbanisation in Francophone West Africa: An overview of the recent empirical evidence. *Urban Studies*, 41 (11) : 2245-2272.

Becker C., 2014
Traditions villageoises du Siin. Recueillies par C. Becker, V. Martin et A. Ndène. Dakar, IRD, révision 2014, 319 p.

Becker C., Mbodj M,. 1999
« La dynamique du peuplement sereer. Les Sereer du Sine ». *In* Lericollais A., éd. : *Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal*, Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs : 39-73.

Becker C., Diouf M., Mbodj M., 1987
« L'évolution démographique régionale du Sénégal et du bassin arachidier (Sine-Saloum) au XXe siècle, 1904-1976 ». *In* Cordell D. D., Gregory J. W., eds : *African Population and Capitalism, Historical Perspectives*, Westview Press, Boulder and London : 76-94.

Buiatti A., Delaunay V., Douillot L., Dione D., à paraître
« L'évolution de la fécondité dans la zone de Niakhar ». *In* : *Niakhar : 50 ans de recherche en Population et santé*.

Cantrelle P., 1965 a
« Aperçu sur les méthodes d'observation de la mortalité de l'enfance en milieu rural, en Afrique et au Sénégal ». *In* Cantrelle P., Debroise A., Lacombe B., Raybaud N., Dan V., Satgé P. : *Mortalité de l'enfant en zone rurale au Sénégal*, Orstom : 28-130.

Cantrelle P., 1965 b
Étude démographique dans la région du Sine-Saloum (Sénégal). Déroulement de l'enquête. Dakar, centre Orstom, 23 p.

Cassarino J.-P., 2004
Theorising return migration: The conceptual approach to return migrants revisited. *International Journal on Multicultural Societies (IJMS),* 6 (2) : 253-279.

Cerase F. P., 1974
Expectations and reality: a case study of return migration from the United States to Southern Italy.
International migration review : 245-262.

Chung E. H.-C., Guénard C., 2013
« Mobilité en milieu rural sénégalais : une exploration de la relation avec la vulnérabilité alimentaire et le réseau social ». *In* Duchêne-Lacroix C., Mäder P., éd. : *Ici et là : ressources et vulnérabilités dans la vie multilocale, Itinera, 34*, Basel, Société suisse d'histoire : 161-184.

Coulibaly S., Vaugelade J., 1981
« Impact de la sécheresse 1969-1974 sur les migrations en Haute Volta ».
In : Congrès général de Manille,
Liège, UIESP, 12 p.

De Haas H., 2008
Migration and development: A theoretical perspective.
University of Oxford, 57 p.

Delaunay V., 1994
L'entrée en vie féconde. Expression démographique des mutations socio-économiques.
Paris, Ceped, Les études du Ceped n°7, 326 p.

Delaunay V., Becker C., 2000
« Vers une demande réelle de contrôle de la fécondité en milieu rural sénégalais ».
In Pilon M., Guillaume A., éd. : *Maîtrise de la fécondité et planification familiale au Sud*, Paris, IRD Éditions, coll. Colloques et séminaires : 127-145.

Delaunay V., Enel C., 2009
« Les migrations saisonnières féminines : le cas des jeunes bonnes à Dakar ».
In Vallin J., éd. : *Du genre et de l'Afrique. Ouvrage en hommage à Thérèse Locoh*, Paris, Ined : 389-401.

Delaunay V., Waïtzenegger Lalou F., 1998
« Migrations saisonnières ».
In : La situation démographique et épidémiologique dans la zone de Niakhar au Sénégal 1984-1996 (version mise à jour et augmentée du rapport Chahnazarian 1992), Dakar, Laboratoire population et santé : 33-38.

Delaunay V., Marra A., Lévi P., Etard J., 2003
« SSD de Niakhar, Sénégal 2003 ».
In : *Population et santé dans les pays en développement,* Ottawa, CRDI, Indepth Networ : 313-321.

Delaunay V., Douillot L., Diallo A., Dione D., Trape J., Medianikov O., Raoult D., Sokhna C., 2013 a
Profile: The Niakhar Health and Demographic Surveillance System.
International Journal of Epidemiology, 42 (4) : 1002-1011.

Delaunay V., Ndiaye E., Fall B. 2013 b
Manuel des enquêteurs.
Dakar, IRD, 18 p.

Dubois J., 1975
Les Sereer et la question des Terres Neuves au Sénégal. *Cahiers Orstom, série Sciences humaines,* 12 (1) : 81-120.

Fall A. S., 1991
Une réponse à la crise de l'agriculture. La migration des Sereer du Siin (Sénégal).
Sociétés-Espace-Temps, 1 (1) : 138-149.

Faulkingham R. H., Thorbahn P. F., 1975
Population dynamics and drought: a village in Niger.
Population Studies, 29 (3) :463-477.

Findley S. E. 1994
Does drought increase migration? A study of migration from rural Mali during the 1983-1985 drought.
International migration review : 539-553.

Garenne M., Lombard J. 1991
« La migration dirigée des Sereer vers les Terres neuves ». *In* Quesnel A., Vimard P., éd. : *Migration, changements sociaux et développement*, Paris, Orstom, coll. Colloques et séminaire : 317-332.

Gervais R. 1987
« Pour une problématique démographique des catastrophes dites naturelles. L'exemple du Niger 1969-1974 ».
In D. Gauvreau, J. Gregory, M. Kempeneers, V. Piché, éd. : *Démographie et sous-développement dans le Tiers-monde*, Montréal, université de Montréal et Mc Gill University, 316 p.

Guigou B., 1999
« Les fondements de l'économie locale ».
In Lericollais A., éd. : *Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal*, Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs : 485-520.

Hampshire K., 2002
Fulani on the Move: Seasonal Economic Migration in the Sahel as a Social Process.
The Journal of Development Studies, 38 (5) : 15-36.

Harbison S., 1981
« Family Structures and Family Strategy in Migration Decision Making ».
In De Jong G., Gardner R. W., eds : *Migration Decision Making*, Pergamon Press : 225-251.

Henry S., Boyle P., Lambin E. F., 2003
Modelling inter-provincial migration in Burkina Faso, West Africa: the role of socio-demographic and environmental factors.
Applied Geography, 23 (2) : 115-136.

Henry S., Schoumaker B., Beauchemin C., 2004
The impact of rainfall on the first out-migration: A multi-level event-history analysis in Burkina Faso.
Population and Environment, 25 (5) :423-460.

Katz E., Stark O., 1986
Labor migration and risk aversion in less developed countries.
Journal of Labor Economics, 4 : 131-149.

Knerr B., 2004
« Desertification and Human Migration ».
In Werner D., éd. : *Biological Resources and Migration*, Springer, Berlin Heidelberg : 317-337.

Konseiga A., 2007
Household migration decisions as survival strategy: The case of Burkina Faso.
Journal of African Economies, 16 (2) : 198-233.

Lombard J., Seck S. M, 2008
« Mouridoulahi ou les logiques d'investissement des Mourides dans le transport au Sénégal ».
In Bredeloup S., Bertoncello B., Lombard J., éd. : *Abidjan, Dakar : des villes à vendre ? La privatisation made in Africa des services urbains*,
Paris, L'Harmattan : 81-100.

Mortimore M., Tiffen M., 2004
Introducing Research into Policy: Lessons from District Studies of Dryland Development in Sub-Saharan Africa.
Development Policy Review, 22 (3) : 259-285.

Moullet A., Engeli E., 2013
Migrations saisonnières féminines du village de Toucar, Sénégal. Une analyse qualitative au travers de quatre profils migratoires.
Genève, université de Genève, IRD, 74 p.

Myers N., 1993
Environmental refugees in a globally warmed world.
Bioscience : 752-761.

Myers N., 2002
Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century.
Philosophical Transactions of the Royal Society B:Biological Sciences, 357 (1420) : 609-613.

Myers N., Kent J., 1995
Environmental exodus: an emergent crisis in the global arena. Climate Institute, *multigraph*., 214 p..

Pedersen J., 1995
Drought, migration and population growth in the Sahel: The case of the Malian Gourma: 1900-1991.
Population Studies, 49 (1) :111-126.

Pontié G, Lericollais A., 1999
« Migrations et relations à distance ».
In Lericolais A., éd. : *Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal*, Paris, IRD Éditions, coll. À travers champs : 555-574.

Roch J., 1975
Les migrations économiques de saison sèche en bassin arachidier sénégalais.
Cahiers Orstom, série Sciences humaines, 12 (1) : 55-80.

Root B., De Jong G., 1991
Family Migration in a Developing Country.
Population Studies: A Journal of Demography, 45 (2) : 221-233.

Roquet, D., 2008
Partir pour mieux durer : la migration comme réponse à la sécheresse au Sénégal ?
Espace populations sociétés, 2008/1 : 37-53.

Salack S., Muller B., Gaye A., 2011
Rain-based factors of high agricultural impacts over Senegal. Part I: Integration of local to sub-regional trends and variability. *Theoretical and applied climatology,* 106 (1-2) : 1-22.

Stark O., 1980
On the Role of Urban-to-Rural Remittances in Rural Development.
Journal of Development Studies, 16 (1) : 369-374.

Stark O., Levhari D., 1982
On migration and risk in LDCs.
Economic development and cultural change : 191-196.

Suhrke A., 1994
Environmental degradation and population flows.
Journal of International Affairs, 47 (2) :473.

Tamondong-Helin S., Helin W. H., 1991
Migration and the Environment: Interrelationships in Sub-Saharan Africa.
Universities Field Staff International and the Natural Heritage Institute.

Todaro M. P., 1969
A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries.
The American Economic Review : 138-148.

Chapitre 15

La migration féminine, une stratégie extra-agricole d'adaptation aux changements climatiques et environnementaux dans l'Imanan (Niger)

Amadou Oumarou

Introduction

En Afrique subsaharienne, les migrations de travail des jeunes filles d'origine rurale partant s'employer en ville comme domestiques constituent un phénomène largement répandu. Au Niger, malgré le développement remarquable de ce phénomène au cours de ces dernières décennies, il reste mal connu. Ce phénomène est cependant d'une ampleur considérable dans diverses localités du pays. Ces migrations sont principalement saisonnières et se produisent pendant les périodes de faibles activités économiques de l'année, c'est-à-dire entre octobre et mai. Elles sont appelées couramment « exode » et jouent, au-delà du rôle économique, un rôle social et culturel non négligeable pour les populations rurales.

Mais, depuis près de deux décennies, une nouvelle forme de migration se développe dans la commune de l'Imanan. Il s'agit de l'immigration des femmes à Niamey, la capitale du Niger, où elles viennent pendant la saison sèche travailler comme « bonnes » auprès d'un ménage urbain. Cette pratique concerne, dans des proportions variables, la plupart des groupes socioculturels de la commune et touche à la fois les jeunes filles et les femmes mariées.

À partir des résultats d'une recherche[1], ce texte se donne trois objectifs : a) analyser les causes de l'ampleur de la migration féminine dans la commune de l'Imanan ;

1. Ce texte présente les résultats du projet de recherche interdisciplinaire « Les changements environnementaux et sociaux en Afrique : passé, présent et futur (Escape) », réalisé dans quatre pays de l'Afrique de l'Ouest (Bénin, Mali, Niger et Sénégal) depuis 2011. Au Niger, une équipe de trois chercheurs du Lasdel conduisent les recherches sur le volet sciences humaines. Ce chapitre est un résultat de l'axe « Perceptions et manifestations des changements climatiques et environnementaux, et les réponses extra-agricoles apportées » investigué dans deux communes nigériennes : Imanan et Dantiandou.

b) s'interroger sur les liens qui peuvent être établis entre cette pratique et les divers effets des changements climatiques et environnementaux dans cet espace ; c) enfin, examiner les formes de transformations sociales dans la commune nées de cette migration de jeunes femmes.

Des études récentes mettent en évidence l'importance de la mobilité géographique des femmes dans leur capacité à occuper des emplois qui améliorent leur quotidien (JACQUEMIN, 2009 ; DESTREMAU et LAUTIER, 2002 ; COMOE, 2005). Cette forme de mobilité spatiale est analysée à la fois comme un besoin stratégique pour les femmes et comme un moyen pratique d'accès à des biens (financiers, matériels et humains). Dans le cadre de ce chapitre, la théorie de la nouvelle économie de la migration de travail (Stark *in* FLAHAUX, 2011) semble appropriée pour comprendre cette forme de migration féminine. En effet, cette théorie présente deux caractéristiques majeures : a) elle place la décision de migrer au centre de l'unité familiale ; b) elle analyse le migrant comme un individu qui entend atteindre un objectif précis et qui retournera dans son lieu d'origine dès que sa situation économique lui permettra de faire face aux risques auxquels son ménage est soumis dans l'espace d'origine.

La présente étude a été réalisée sur la base d'une approche socio-anthropologique impliquant l'utilisation d'un ensemble de techniques de collecte de données qualitatives. Il s'agit à la fois d'entretiens semi-directifs, d'observations et d'études de cas. Les « groupes stratégiques »[2] enquêtés sont : les migrantes elles-mêmes ; leurs employeurs et/ou tuteurs à Niamey ; leurs parents (consanguins et par alliance) ; ainsi que les autorités religieuses, coutumières et administratives locales. Les entretiens, au nombre de quarante-huit (48), ont été réalisés à la fois dans le lieu d'origine des migrantes (commune de l'Imanan) et dans le lieu d'accueil (Niamey).

– Dans la commune de l'Imanan, quatre villages ont été investigués, à savoir : Bonkoukou (le chef-lieu de la commune), Balley et Kochilan Bella, qui connaissent une forte migration féminine, et Kochilan Surgu, village à faible migration féminine.

– Dans la ville de Niamey (site d'accueil de ces migrantes), quatre lieux ont été identifiés comme espaces de concentration de migrantes venues de la commune de l'Imanan. Il s'agit de deux espaces où les migrantes sont hébergées par un ressortissant de la commune : le Musée national et le siège de l'Union des syndicats des travailleurs du Niger (USTN) ; et deux autres lieux où les migrantes sont logées dans un hangar, dans une case ou à l'air libre. Ces lieux sont Bukka Bokoye et l'Hôtel *Sabka Lahiya*.

Ce travail présente d'abord le cadre d'évolution de la migration féminine dans la commune de l'Imanan, il analyse ensuite ses principaux déterminants et enfin il situe ses enjeux.

2. OLIVIER DE SARDAN (2003 : 179) parle de « groupes stratégiques » pour désigner « des agrégats sociaux plus empiriques à géométrie variable, qui défendent des intérêts communs, en particulier par le biais de l'action sociale et politique ».

La commune de l'Imanan, un cadre d'analyse de la migration féminine au Niger

Ce premier point présente le contexte géographique de la commune rurale de l'Imanan et les formes de transformations climatiques et environnementales avant l'analyse de l'évolution de la pratique migratoire féminine.

La migration féminine, un objet d'étude pertinent dans la commune de l'Imanan

Les migrations se présentent sous diverses formes, selon la motivation de la décision du départ (économique et/ou sociale) et les acteurs concernés (hommes, femmes, jeunes, vieux).

Dans plusieurs communes nigériennes, « la migration interne déclenchée par la pauvreté des campagnes » est la plus observable. Elle est restée longtemps une pratique masculine. Mais les travaux de Locoh (1995) et de Comoe (2005) ont montré qu'en Afrique de l'Ouest, les courants migratoires traditionnels dominés par les hommes se féminisent progressivement. Cette féminisation de la migration est expliquée par deux facteurs majeurs : les mutations socio-économiques qui affectent les sociétés d'origine des migrantes et la politique en faveur du regroupement familial dans les espaces de destination. En effet, « les rôles sociaux assignés à chaque sexe constituent des contraintes incontestables pour la migration des femmes » (Tahdani et Torado *in* Locoh, 1995 : 92).

Mais, dans l'espace rural nigérien (surtout dans la commune de l'Imanan), cette organisation sociale instituant « les rôles sociaux », consacrant une répartition sexuée des tâches entre les membres de la communauté, semble en évolution progressive. La mobilité féminine apparaît aujourd'hui comme une dynamique nouvelle qui transforme les logiques locales de constructions économiques, sociales et culturelles. Une présentation géographique et socio-économique de la commune de l'Imanan permet de mieux comprendre les enjeux de la mobilité féminine dans cet espace.

La commune rurale de l'Imanan est située à environ 140 km à l'est de Niamey. Elle a une superficie de 506 km^2. Elle est limitée à l'est par la commune rurale de Kourfeye-Centre, à l'ouest et au sud par celle de Tondikandia, et enfin au nord par la commune urbaine de Flinguée.

La commune de l'Imanan présente dans l'ensemble une morphologie de bas plateaux latéritiques, relativement fertiles, situés au sud et au nord-ouest de l'espace communal entaillé par la vallée du Dallol Bosso, moins fertile.

Du point de vue démographique, la commune abrite 37 772 habitants selon le recensement général de la population et de l'habitat (RGP/H, 2012). Cette population est constituée à 70 % de Touaregs (répartis en Surgu, Bella et Garassa), de Zarma, de Peuls et de Haussa qui sont minoritaires et répartis dans l'ensemble de la commune.

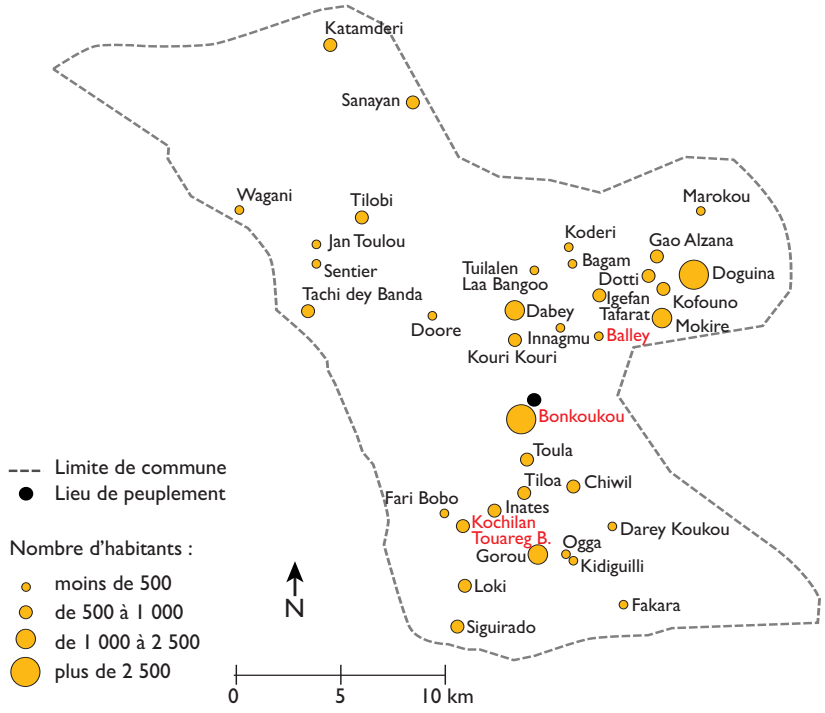


Figure 1.
Carte de la commune de l'Imanan.
En rouge, sites d'enquête Escape.

Sur le plan économique, la population de la commune de l'Imanan pratique principalement l'agriculture et l'élevage. L'agriculture pluviale est pratiquée par tous les habitants. En revanche, la pratique de l'élevage revient essentiellement à deux groupes socioculturels : les Peuls et les Touaregs. L'embouche animale est la forme d'élevage pratiquée dans les autres communautés.

Ces activités restent encore tributaires des aléas climatiques et de la pression démographique. En effet, depuis plus de deux décennies, les variations climatiques, qui se traduisent par une mauvaise répartition spatio-temporelle des précipitations et par la dégradation continue des sols, font que les systèmes de production ne répondent plus aux besoins des ménages.

La déforestation et le rétrécissement drastique des couloirs de passage et des aires de pâturage, la disparition progressive du couvert végétal et la forte marchandisation des résidus agricoles et de la paille constituent également une entrave majeure à la pratique de l'élevage.

Face à la précarité des rendements de leurs activités principales, les populations semblent de plus en plus tournées vers des activités comme l'artisanat, le petit commerce, le maraîchage et la migration. Ces activités, bien que secondaires encore, sont essentielles pour la survie des populations. C'est dans ce contexte que

la migration féminine, bien qu'étant une pratique ancienne, prend aujourd'hui de l'ampleur. Le point suivant examine les formes et l'ampleur récente de cette pratique à l'échelle de la commune.

La migration féminine, une pratique évolutive dans l'Imanan

La mobilité des femmes dans la commune de l'Imanan a connu une évolution tant du point de vue de l'effectif des migrantes que de leurs statuts et des motivations profondes qui les conduisent à partir à Niamey.

Les enquêtes réalisées dans le cadre de cette étude ont montré qu'il y a encore vingt ans, la migration des femmes était une pratique conjoncturelle. Les femmes ne partaient à Niamey que très rarement et dans des circonstances bien exceptionnelles. À cet effet, étudiant la migration féminine en Côte d'Ivoire, Comoe (2005 : 113) note que « pour la femme, la migration est d'abord une question de rôle, migrer est une décision individuelle, un comportement contraire aux attentes de la société et donc considéré comme un acte non conforme ».

La migration des femmes était observée seulement lorsque la campagne agricole s'avérait déficitaire. Dans ce cas, seules les femmes chefs de ménage qui avaient des parents en ville pouvaient se déplacer pour chercher un complément à leur stock alimentaire[3].

La migration vers Niamey permettait à ces femmes de se procurer de vivres : mil, maïs, riz, farine de manioc *(gari)* ou encore des « croûtes »[4] d'aliments, appelées localement *kussu maassa*. Parfois, au-delà des vivres, elles recevaient également un peu d'argent destiné à l'achat de céréales.

Ce type de déplacement est une forme de migration de survie de courte durée visant à répondre à des difficultés alimentaires ponctuelles. La quête d'une assistance alimentaire, financière ou vestimentaire consécutive aux années de mauvaises récoltes était donc le mobile principal pour lequel ces femmes partaient à Niamey.

Cette forme de migration a concerné par la suite dans une faible proportion les jeunes mariées et les jeunes filles qui rendaient visite à un parent résidant à Niamey. Derrière cet acte de courtoisie se cache la recherche de nouveaux vêtements et « d'espaces de repos ». En effet, vivre à Niamey est, pour la « villageoise », une vie sans efforts physiques, et donc sans travail. Le travail dont il est question ici consiste à aller chercher l'eau au puits (souvent profond et/ou lointain), à ramasser le bois de chauffe, à piler le mil et à préparer les repas. Ne pas accomplir ces tâches quotidiennes constitue pour ces femmes un véritable moment de repos. Venir à Niamey représente donc une occasion de « se soigner le corps », comme le disent ces migrantes lors de différents entretiens.

3. Plusieurs auteurs (Bisillat, 1996; Koné et N'Gessan, 2005; Hambally, 2012) définissent la femme chef de ménage par divers indicateurs : veuvage, absence prolongée d'un époux faisant que la femme vit seule, précarité économique du conjoint poussant la femme à prendre en charge les besoins essentiels du ménage. En général, cette catégorie de femmes a plusieurs personnes à charge et développe une diversité de stratégies pour les nourrir (main-d'œuvre salariale, petit commerce, recours aux réseaux sociaux locaux, migration saisonnière…).

4. Pellicules solides se formant au fond de la marmite après cuisson d'un repas.

> « Les femmes les plus âgées partaient à Niamey seulement en période de crise alimentaire pour chercher de la nourriture, et les plus jeunes, pour avoir des vêtements et profiter de la vie en ville : se reposer quelque temps, grossir et devenir très propre. Mais avant d'aller à Niamey, elles devaient s'assurer que le parent chez qui elles partaient était une personne qui s'autosuffit et qui pourrait faire face à leurs sollicitations » (une migrante du village de Bonkoukou, novembre 2013).

Le séjour à Niamey est de ce fait un temps durant lequel les femmes profitent « des conditions de vie en ville » pour se rendre propres, pour rechercher une nouvelle apparence physique qui exprime une certaine « aisance », un certain « confort » (comme relevé dans différents entretiens). Quand elles reviennent au village, elles se distinguent des autres femmes par leur parure (type d'habits et niveau de propreté).

La recherche d'habillement en ville est intimement liée à la précarité de la situation alimentaire des ménages au village. L'achat des habits est essentiellement conditionné par la vente d'une partie des récoltes. Et cela n'est possible que lorsque les récoltes annuelles sont satisfaisantes.

Ce type de déplacement n'a concerné que peu de familles, car les années de mauvaises récoltes et de crises alimentaires aiguës étaient peu fréquentes.

> « Auparavant, même si on enregistrait des années de sécheresse et de crise alimentaire, c'était à un rythme moins régulier. On passait cinq, six ans et même plus sans qu'une crise alimentaire n'intervienne. Les pluies étaient plus abondantes, plus équilibrées. On avait de la pluie des semailles à la récolte, et tous les villages de la zone avaient la même saison. Or maintenant, il est possible qu'un village soit à la période de sarclage et l'autre à la récolte malgré leur proximité géographique » (entretien réalisé avec un cultivateur du village de Bonkoukou, novembre 2013).

De ce qui précède, deux éléments majeurs permettent d'analyser cette forme de migration des femmes. Il s'agit d'abord des mauvaises récoltes, qui sont la résultante d'événements météorologiques, et ensuite du fait de disposer d'un parent en ville.

> « […] on ne pouvait aller à Niamey si on ne connaissait personne ! Une femme qui le ferait serait mal vue car aucune ne partait en ce moment pour chercher du travail » (une femme du village de Bonkoukou, novembre 2013).

Les jeunes filles qui partent en ville vont chez un parent et y résident pendant un temps déterminé. Elles aident la famille d'accueil dans les travaux domestiques sans que leur participation ne soit perçue comme une activité rémunérée. Cette forme de migration est comparable à celle de la « petite nièce » décrite par Jacquemin (2009), qui montre qu'à Abidjan la petite nièce n'est jamais payée en numéraire, mais elle est logée, nourrie, habillée et assistée en cas de maladie par sa patronne-tutrice, qui devra également « faire quelque chose » (trousseau de mariage, pagnes, vaisselle, machine à coudre, petit pécule, etc.).

Cette forme de mobilité peut être définie comme une pratique rare qui se réalisait lors des crises alimentaires ponctuelles, suivant des motivations moins complexes, clairement définies et liées à la recherche de vivres ou de vêtements.

Mais aujourd'hui, ce type de déplacement, même s'il existe encore dans la commune de l'Imanan, laisse progressivement place à une autre forme de mobilité féminine beaucoup plus affirmée et plus systématique.

La nouvelle forme de mobilité féminine : des motivations multiples

La mobilité des femmes de la commune de l'Imanan vers Niamey est devenue aujourd'hui une forme de mobilité dont la motivation première est la recherche d'un travail salarié. Mais en dehors de cette motivation globale se cachent des logiques plus individualisées, liées pour l'essentiel au statut matrimonial de la migrante ou à son âge, à son groupe socioculturel ou à la nature de son réseau social.

Une production agricole qui s'amenuise

L'agriculture et l'élevage, qui sont les activités essentielles de l'économie locale, sont sérieusement affectés par les changements climatiques et environnementaux observés dans la zone. Ces changements se traduisent par une baisse drastique des rendements agricoles et des effectifs du cheptel. Plusieurs enquêtés mettent en évidence la pauvreté des terres de culture (« *Laboo bu !* » « La terre est morte ! ») en comparant leurs récoltes à celles des décennies passées.

> « Dans le même champ où je cultive actuellement, j'ai l'habitude de récolter 150 à 200 bottes de mil. Mais actuellement, c'est à peine si je récolte la moitié alors que j'ai plus de personnes à nourrir […] » (un agriculteur du village de Balley, août 2012).

En effet si, dans les années 1970, les revenus tirés de l'agriculture et de l'élevage suffisaient à couvrir les besoins alimentaires et d'autres types de besoins essentiels des ménages, il ressort clairement des propos des enquêtés que l'agriculteur du terroir communal de l'Imanan n'arrive plus à tirer de son champ une quantité suffisante de céréales pour satisfaire effectivement les besoins alimentaires de son ménage.

> « Avant 1984 (année de grande sécheresse), j'avais toujours du mil dans mon grenier avant les récoltes de l'année en cours. Mais depuis lors, je suis obligé d'acheter du mil avant même le 7e mois de l'année agricole. Les champs ne produisent plus bien. Ces dernières années, s'il ne pleut pas en retard, ce sont de grandes pluies qui se succèdent et ne permettent pas aux semences de grandir ; sinon, ce sont des ennemis de cultures qui viennent [...] » (un habitant de Belley Koira, août 2012).

Pour combler ce déficit, diverses stratégies sont développées par l'agriculteur, à savoir : la vente d'animaux, la vente de biens ou de matériel, le travail salarié, la vente des résidus agricoles, de la paille ou du charbon, la migration saisonnière, etc. Une large littérature existe sur les stratégies qu'adoptent les paysans face aux crises alimentaires (Alpha Gado, 2010 ; Drame Yaye et Alpha Gado, 2006 ; Balla *et al.*, 2009 ; Mounkaila, 2004; Oumarou, 2013).

Face aux faibles performances de l'agriculture conjuguées à une forte croissance démographique (3,9 %)[5], les ressources tirées de la migration des hommes n'arrivent plus à satisfaire les divers besoins des ménages. Mais ce rôle s'est progressivement

5. Rapport de l'Institut national de la statistique (2012).

effrité, du fait de l'incapacité continue des chefs de ménage à prendre en charge les obligations familiales basiques que sont l'alimentation et les autres besoins primaires des femmes et des enfants (habillement, soins de santé, produits de soins corporels pour les femmes, constitution du trousseau de mariage pour les filles).

Les causes évoquées pour expliquer cet effritement de la responsabilité des chefs de ménage sont liées essentiellement à la pauvreté. Divers éléments sont énoncés pour caractériser les changements climatiques et environnementaux par les enquêtés. Il s'agit entre autres :

– de la variation pluviométrique : les populations de la commune de l'Imanan évoquent des modifications importantes de la pluviométrie annuelle depuis plusieurs années. Ces modifications sont observées sur la quantité des pluies enregistrées (la mesure locale de quantification des pluies est la profondeur des mares non permanentes et le temps qu'elles mettent pour tarir à partir de la date de la dernière pluie), sur leur répartition à la fois dans le temps (nombre de mois couverts par la saison des pluies) et dans l'espace (étendue spatiale couverte par une pluie) mais aussi dans le retard ou la précocité des premières pluies ;

– des perturbations dans la nature et la qualité des vents : il s'agit ici de l'apparition d'une poussière rougeâtre à la veille des premières pluies (phénomène antérieurement inconnu des populations de la commune) et des changements de direction des vents dans une même saison ;

> « […] en saison froide "*jaw*", l'harmattan souffle habituellement d'ouest en est. Mais les saisons froides des dernières années sont entremêlées de vents de toutes directions sans qu'on arrive à les comprendre ! » (un enquêté du village de Bonkoukou, octobre 2012).

– de la modification sensible des températures : les saisons de l'année n'ont plus les températures que l'on connaît habituellement (plus élevées en saison chaude et plus basses en saison froide) ;

> « Nous maîtrisons de moins en moins les limites des saisons. Habituellement, quand la fin de la saison froide arrive, nous le comprenons à travers la température qui monte sur toute la journée. Maintenant, il peut faire froid aujourd'hui, très chaud le lendemain et le froid revient le surlendemain. Nous sommes perdus dans ce mélange ! » (un chef coutumier de la commune de l'Imanan, octobre 2012).

– de la perturbation des connaissances locales des signes annonciateurs de changement de saisons[6].

Ces transformations climatiques qui viennent d'être citées vont de pair avec des modifications de l'environnement dont les populations ont de la peine à expliquer les causes, même si dans le fond elles établissent des liens implicites. Les changements environnementaux sont évoqués ainsi :

– disparition de plusieurs espèces arbustives, notamment *Ziziphus mauritania (darey), Balanites aegyptiaca (garbey), Acacia polyacantha* spp. *(dan), Grewia bicolor (kélli),*

6. Ce point est détaillé dans le chapitre 5 de cet ouvrage : « Quand la nature nous parle. Une analyse comparée des représentations des changement climatiques et environnementaux ».

Acacia macrostachya (tchidi), Adansonia digitata L. Bombacaceae *(koo nya), Combretum nigricans (déli-nya)* et de plantes herbacées comestibles ou à usage médicinal : le *délounfa*, le *hanza, Gynandropsis gynandra (fubey), Leptadenia Hastata (hanamm),* etc. ;

– apparition de nouvelles espèces arbustives et d'herbacées peu utilitaires : *Piliostigma reticulatum* (*kosorey*) ;

– disparition des espèces fauniques dans le terroir : plusieurs entretiens ont expliqué la disparition récente de la faune dans le terroir communal ;

> « […] quand nous étions jeunes, c'est au pied de cette colline et sur le plateau que nous partions pour la chasse. Des séances de chasse étaient organisées chaque année et les gens capturaient des lièvres, des biches, des perdrix, etc. Mais, maintenant, il n'y a plus rien. C'est à peine que tu croises une souris dans ces espaces ! » (un homme âgé d'une quarantaine d'années du village de Bonkoukou, novembre 2012).

– dégradation continue des sols : elle est causée par divers facteurs, dont les plus cités sont l'érosion, le lessivage et l'ensablement.

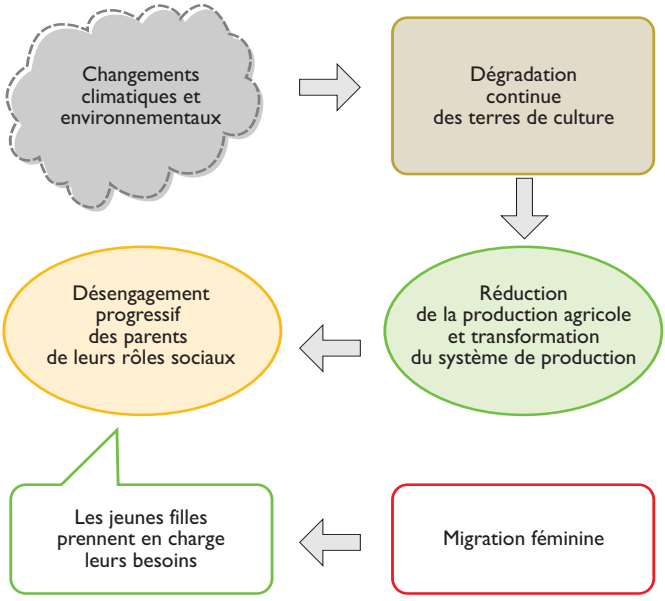
La littérature existante sur la relation entre migration et facteurs environnementaux oriente la réflexion autour des catastrophes naturelles soudaines telles que les inondations, les ouragans, les glissements de terrain, les sécheresses, etc. Ces événements produisent naturellement des départs massifs de populations. Par exemple au Niger, en 1985, la sécheresse a provoqué le déplacement d'un million de personnes (Hammer *in* Piguet, 2008).

Ici, les changements climatiques et environnementaux sont compris comme un processus lent qui induit des effets certains sur l'économie des ménages et contribue de fait à un déplacement de femmes vers la ville. En effet, tous ces changements climatiques et environnementaux évoqués ont des effets sur la qualité des terres de culture, et donc sur la productivité agricole des ménages, dont les activités principales restent l'agriculture pluviale et l'élevage. Les activités connexes, non moins importantes, sont aussi perturbées du fait de la limitation à l'accès aux ressources naturelles (notamment pour la réalisation d'équipements ménagers : habitat, trousseau de mariage).

Les effets de ces changements climatiques et environnementaux se présentent en termes de succession de causalités qui affectent l'ensemble de la vie des ménages et peuvent être schématisés dans la figure ci-dessous.

Dans plusieurs entretiens, un lien étroit est établi entre les difficultés économiques des ménages issues, entre autres, de ces changements climatiques et environnementaux et la mobilité de travail des femmes dans la ville de Niamey. Cependant, plusieurs autres facteurs interviennent à de degrés variables dans l'amplification de ce phénomène, qui porte à la fois sur des effectifs de plus en plus importants et sur la diversité des figures migrantes.

> « Il est difficile de donner le chiffre exact des femmes qui partent à Niamey à l'échelle de la commune, mais nous savons que sur cinq ménages, on peut dire que quatre sont concernés. Dans un ménage, si la femme elle-même n'y va pas, au moins une de ses filles part […] » (un conseiller local de la commune de l'Imanan, novembre 2013).



Cycle causal de la migration féminine dans la commune de l'Imanan

Il est important de se demander si la situation économique des ménages peut être le seul facteur pouvant expliquer l'ampleur de cette pratique. Les observations sur le terrain ont relevé l'existence de plusieurs familles appartenant à des groupes sociaux précis, non concernées par la migration des femmes. Cela permet de s'interroger sur divers autres aspects qui peuvent influencer l'ampleur de cette pratique dans la commune de l'Imanan. Il s'agit, entre autres, de l'appartenance socioculturelle, du statut matrimonial, de l'âge et du réseau social de la migrante, qui peuvent constituer des indicateurs d'analyse pertinents.

L'appartenance socioculturelle comme facteur prédisposant à la mobilité féminine

Dans la commune de l'Imanan, la migration féminine n'a pas la même ampleur dans tous les groupes socioculturels qui composent la commune. Y a-t-il un lien entre migration féminine et appartenance à un groupe socioculturel ? Les Touaregs qui, il faut le rappeler, constituent le groupe dominant regroupent des Bella, des Surgu et des Garassa. Les Bella constituent le groupe dans lequel se recrutent le plus de migrantes. En revanche, les femmes surgu et garassa sont rarement concernées par la mobilité, en raison de leur position sociale et de leur niveau économique.

Les Surgu constituent pour les enquêtés « la classe des nobles », celle qui détient le pouvoir coutumier local. La position sociale qu'ils occupent les oblige au respect de normes sociales parmi lesquelles, entre autres, « le fait de s'abstenir de pratiquer un

travail rémunéré pour une personne autre qu'un Surgu ». Cette considération est celle qui est mise en avant par les enquêtés pour expliquer l'absence des femmes surgu dans la migration. Pour eux, une femme surgu employée comme domestique en ville est « une aberration » *(kan si hagu),* « une honte » *(haawi)* pour elle-même, pour sa famille et pour la communauté tout entière. Mais, au-delà de ces considérations purement culturalistes, il existe des raisons d'ordre économique qui participent à l'explication de la non-migration de la femme surgu. En effet, les Surgu disposent des terres de bas-fond, donc des terres plus fertiles, et ont un capital en bétail leur permettant de faire face aux périodes de soudure annuelles. Cela les rend moins vulnérables que les autres communautés de la localité. En revanche, il est à préciser que les femmes surgu partent à Niamey pour des visites de courtoisie chez leurs parents.

Les Garassa constituent un autre sous-groupe touareg. Ils se sont spécialisés dans diverses activités artisanales. Les femmes de cette communauté travaillent le cuir, font de la tannerie, confectionnent des oreillers et des objets de décoration. La commercialisation de ces produits leur procure des revenus assez importants. Ce sont également elles qui sont les spécialistes de la coiffure traditionnelle (les tresses). Toutes les femmes des autres communautés dans le terroir se coiffent chez les femmes garassa. Celles-ci sont rémunérées en nature ou en espèces. Cette rémunération prend le plus souvent la forme d'un contrat annuel et elle est composée d'une botte[7] de mil ou de sorgho au moment des récoltes. Sur ce contrat tacite se greffent divers autres cadeaux. Par exemple, les femmes venant se faire tresser apportent une à deux mesures de céréales[8]. De même, à chaque accouchement d'une de leurs clientes, les Garassa reçoivent de l'argent et un morceau de viande de l'animal immolé le jour du baptême. À l'occasion des mariages, elles reçoivent des sommes d'argent qui peuvent atteindre 15 000 FCFA.

Toutes ces activités procurent aux femmes garassa des revenus relativement élevés. Cela explique en partie leur absence dans la migration féminine. Les rares déplacements des femmes garassa à Niamey entrent dans le cadre du regroupement familial. En effet, plusieurs hommes garassa fréquentent la ville de Niamey pour y exercer leurs activités traditionnelles d'artisanat. Ils confectionnent des chaussures, des sacs et des ceintures en cuir, des tableaux décoratifs. Lorsqu'ils sont rejoints par leurs femmes, celles-ci exercent le métier de coiffeuse. Cette forme de migration féminine est celle que Comoe (2005) qualifie de « valorisée », dans le sens où la femme migre avec le conjoint, le rejoint ou encore suit un membre de sa famille ; la migration indépendante de la femme est très vite associée à la prostitution (Pittin *in* Comoe, 2005 : 92).

De ce qui précède, on comprend que les femmes surgu et garassa sont moins touchées par la migration. Pour les premières, même si la raison avancée est le fait d'appartenir à un groupe social noble, la réalité est surtout le fait de disposer de ressources suffisantes pour faire face aux besoins familiaux. Le cas des Garassa exprime mieux le

7. Une botte de mil est un bouquet d'épis de mil constituant pour le paysan la mesure d'évaluation de sa récolte annuelle. Une botte peut équivaloir à 25 kg de mil dans la commune d'Imanan.

8. La mesure dont il est question ici est un récipient local qui a une contenance de deux litres.

lien entre conditions économiques et migration des femmes. La pratique d'activités traditionnelles rentables, qui procurent une certaine assise économique au niveau communal, épargne aux femmes la migration vers la ville.

L'appartenance à un groupe social influence la possibilité d'une femme de pratiquer la migration dans le sens où elle détermine les possibilités d'accès aux ressources des membres d'un ménage au niveau local. Par exemple, être d'une famille de Garassa offre plus d'opportunités à une femme d'exercer des activités rémunératrices. C'est aussi que, comme le dit Locoh (1995 : 8), « les groupes familiaux, loin de se limiter à la sphère de la reproduction biologique et à la solidarité des générations, ont une influence déterminante comme unités de production et contribuent largement au contrôle social par la transmission des normes et des valeurs qui régissent les comportements ».

Le statut matrimonial et l'âge, des facteurs potentiels de migration

Si, auparavant, la mobilité féminine était une pratique de femmes chefs de ménage, le phénomène s'étend aujourd'hui aux autres catégories de femmes de la commune de l'Imanan, notamment les femmes mariées et les jeunes filles.

Âgées de 20 à 35 ans, ces jeunes femmes sont bien présentes dans cette pratique migratoire, même si elles constituent la catégorie la moins importante en termes d'effectif et séjournent moins longtemps à Niamey que les autres. La raison avancée est essentiellement le refus de certains maris d'autoriser leurs épouses à aller travailler en ville. Pour celles qui arrivent à convaincre leur conjoint, un délai de retour leur est fixé à l'avance. Une maxime populaire assez partagée est encore prégnante dans cet espace : « Le devoir premier d'un mari est de pouvoir subvenir aux divers besoins de son épouse. » Les hommes qui laissent leurs épouses aller à Niamey en prennent un coup et, pour cela, ne souhaitent pas qu'elles y restent trop longtemps.

> « Nous ne voulons pas toujours que nos femmes aillent en ville. Mais, souvent, quand on n'a pas de quoi leur acheter ce que les migrantes rapportent à leur retour de Niamey, on est obligé de les laisser aller tenter aussi leur chance » (un époux de migrante du village de Kochilan Bella, décembre 2013).

Les jeunes filles dont l'âge est compris entre 10 et 19 ans constituent la catégorie la plus importante des migrantes. Il n'existe pas de statistiques pour connaître de manière exacte leur effectif, mais le croisement des données des entretiens indique que huit familles sur dix de la commune ont des filles qui migrent. Ce sont principalement des filles qui viennent de se marier mais qui n'ont pas encore regagné le foyer conjugal et des filles en instance de mariage. Les plus jeunes d'entre elles (moins de 15 ans) constituent un sous-groupe numériquement peu important et viennent à Niamey par « *fosterage* »[9].

9. Terme de Goody (1969), emprunté par Jacquemin (2002 : 308) pour désigner une forme de circulation d'enfants entrant dans le cadre de réseaux de solidarités familiales, mais différente de l'adoption, et qui permet à la famille d'accueil de garder la jeune fille pour une aide dans des tâches domestiques.

La raison principale évoquée pour justifier l'ampleur de la migration des jeunes filles est la constitution du trousseau de mariage, qui représente l'équipement de la case de la jeune mariée.

Ce trousseau a connu une évolution, aussi bien dans la nature des produits qui le constituent que dans son rôle au sein des différents ménages. Le tableau ci-dessous montre la composition du trousseau dans son évolution.

Tableau 1.
Évolution du trousseau de mariage dans la commune de l'Imanan

	Ancienne forme	**Nouvelle forme**
Composition	– un lit en bois *(tessat)* – un lit en tige de mil *(dangarsa)* – une natte en feuilles de palmier doum *(tangara)* – un oreiller en cuir *(furu kanga)* – des tasses *(cansi)* – des calebasses *(gaasu)* – des objets de suspension *(deegara)*	– deux lits *dungunkuturu, mairunfa, karbanda, kano-ize*, ou *formica* – deux matelas – une table – un parterre – un cache-murs – une douzaine de tapis – deux chaises – des tasses
Stratégie d'accès	Confection ou achat	Achat
Acteurs en charge	Parents de la jeune mariée	Jeune mariée

Source : données de terrain, septembre-décembre 2013

Ce tableau montre que le trousseau de mariage était auparavant constitué essentiellement d'articles à base de produits locaux, donc facilement accessibles. Mais, avec la dégradation de l'environnement qui a entraîné la disparition de plusieurs espèces arbustives et herbacées, la confection de ces articles devient moins aisée. L'introduction de nouveaux types d'articles plus modernes sur les marchés locaux a contribué significativement à la transformation des produits constituant le trousseau actuel de mariage des jeunes filles de la commune de l'Imanan. L'accès à ces articles nécessite une mobilisation de ressources qui ne sont pas toujours disponibles localement. Les parents étaient au départ ceux qui s'investissaient dans la constitution du trousseau, mais le faible niveau de la productivité agricole ne leur permet plus de faire face à cette dépense, poussant ainsi les filles à s'investir elles-mêmes dans sa constitution.

> « Auparavant, peu d'argent suffisait à un jeune homme pour se marier. Personnellement, je me suis marié deux ans après que Kountché ait pris le pouvoir (1976) avec 12 500 FCFA seulement. C'était une somme largement suffisante pour équiper la case d'une jeune mariée. Cet équipement comprenait très peu de chosss par rapport à ce qui se fait aujourd'hui. Il fallait juste acheter un lit en traverses de bois *(tessat),* un lit en tiges de mil *(dangarsa),* une natte en feuilles de palme, un oreiller en cuir et quelques tasses et calebasses. Tout était si simple et facile. D'ailleurs, certaines femmes confectionnaient elles-mêmes les nattes et les lits en tiges de mil pour leurs filles et donc pas toujours besoin d'en acheter. Il n'y avait vraiment pas toutes ces grosses dépenses qui compliquent le mariage des jeunes d'aujourd'hui » (un habitant de Bonkoukou, novembre 2012).

Aujourd'hui, les trousseaux sont constitués d'une nouvelle génération de meubles, d'objets utilitaires et de décoration. Aux lits *tessat* et *dangarsa* se substituent d'autres types de lits dont les plus cités sont les lits *karbanda*, *doungounkoutourou*, *kano izé*, et le lit formica. À l'apparition de ces lits dans le milieu villageois s'ajoute celle de tables, de parterres, de cache-murs, de chaises, etc.

Au-delà de son coût élevé, le trousseau de mariage est devenu comme une arène de compétition entre jeunes mariées. Chacune cherche à se distinguer par la quantité et la qualité des articles constituant son trousseau. Le trousseau de mariage apparaît ainsi dans cet espace comme une expression de l'identité économique et sociale de la jeune mariée. La taille et la qualité des produits qui le composent constituent un facteur d'intégration ou de marginalisation d'une jeune mariée dans le réseau de ses pairs.

> « Lorsqu'une fille se marie, les gens prêtent beaucoup attention à ce qu'elle amène comme habits, lits, effets de décoration, etc. Les gens viennent de tout le village et même des villages environnants pour assister au mariage et faire des commentaires autour du trousseau. De ce fait, chaque jeune fille a pour souhait premier d'avoir un trousseau complet et appréciable le jour de son mariage » (une femme du village de Bonkoukou, novembre 2013).

Cet esprit de compétition dans la constitution du trousseau de mariage est le facteur principalement évoqué lorsqu'il s'agit d'expliquer les causes de l'ampleur des déplacements des jeunes filles vers la ville de Niamey.

Les migrantes, toutes catégories confondues, s'adonnent une fois en ville à diverses formes d'activités :

– le travail domestique : cette activité est la plus pratiquée par les migrantes de l'Imanan, mais concerne surtout les jeunes filles et les jeunes mariées. Les domestiques exercent plusieurs tâches ménagères : faire la cuisine, la vaisselle, la lessive, et quelquefois même la garde des bébés. Cette dernière tâche est généralement réservée aux filles migrantes les plus jeunes dont l'âge est compris entre 9 et 12 ans. En termes de revenus, les domestiques reçoivent un salaire qui varie de 3 000 à 20 000 FCFA par mois. Quatre facteurs essentiels déterminent le montant : l'âge de la migrante, la nature et la taille des tâches à assumer, l'expérience de la migrante dans l'activité, le niveau de revenu de l'employeur ;

– le petit commerce : il s'agit de la vente de beignets ou de feuilles de *moringa,* connu sous le nom de *copto* en langue zarma, etc., commerce pratiqué surtout par les femmes chefs de ménage ;

– la vente de nourriture : cette activité est spécifique, dans le sens où elle n'est pas à la portée de toutes les migrantes. Elle demande un fonds de démarrage important. Celles qui la pratiquent se constituent souvent en équipe de quatre à cinq pour préparer et vendre du riz ; c'est le cas des migrantes dans l'enceinte du Musée national. Ce qui est important ici, c'est le fait qu'elles emploient et/ou logent d'autres migrantes de la même commune dans leur espace de vente.

Toutes ces activités permettent aux femmes migrantes d'accéder à des ressources afin de faire face aux besoins divers dont les plus importants évoqués lors des entretiens sont : la constitution du trousseau de mariage pour les jeunes filles, compléter

le stock alimentaire du ménage, renouveler sa garde-robe et acheter des cadeaux pour les autres membres de la famille restés au village, « se soigner le corps » (soigner son physique par la bonne nourriture et le repos).

Le réseau social, une incitation à la migration

La décision de la migration pour les femmes de la commune de l'Imanan n'est pas seulement liée à la nécessité de satisfaire des besoins immédiats ou à une prédisposition de la migrante à voyager. Elle a également besoin de s'informer sur les éléments pratiques qui conditionnent la vie et l'accès à l'emploi une fois qu'elle sera à Niamey. L'accès à l'information est fonction du réseau social de la candidate à la migration. Traitant de la théorie des réseaux et du capital social, PIGUET (2013 : 150) montre que « les réseaux sont à la fois des sources d'informations et des fournisseurs d'aides et d'appui pour le voyage et l'installation dans un pays de destination ».

De ce fait, disposer d'un réseau assure au candidat à la migration des possibilités de trouver du travail et d'appui pratique pour le séjour.

> « […] ce sont celles qui reviennent qui disent comment faire pour avoir du travail une fois à Niamey. Elles nous aident à chercher du travail à travers les amies de leurs employeurs ou leurs tutrices. »

Cette forme de placement est la plus courante et la plus efficace. Elle permet de nouer une confiance plus rapide entre la nouvelle employée et sa patronne.

> « Lorsque tu trouves du travail par l'intermédiaire d'une amie, c'est vraiment mieux parce que si elle-même est bien avec sa patronne, tu seras aussi bien avec la tienne et tu peux recevoir divers cadeaux en dehors de ton salaire. »

La deuxième forme de placement est le porte-à-porte : la migrante se promène dans la ville et passe de maison à maison pour demander du travail de bonne. Mais cette stratégie de recherche d'emploi relève des migrantes qui ont un faible réseau social.

Par ailleurs, pour chercher du travail en ville, il faut que la migrante dispose d'un espace d'accueil. Cet espace est le lieu de résidence des migrantes à Niamey pendant la durée de leur séjour. Le croisement des données recueillies montre que les migrantes de la commune de l'Imanan ont différents espaces d'accueils possibles à Niamey :

– chez des ressortissants de la commune : plusieurs migrantes se retrouvent chez un parent ou simplement chez un ressortissant de leur village d'origine. Ce sont pour la plupart des ouvriers, des gardiens ou des maçons dont les épouses accueillent les migrantes. C'est le cas des maçons qui se trouvent dans l'enceinte du Musée national ou du gardien du siège de l'USTN où plusieurs migrantes sont hébergées. Entre les migrantes et leurs tutrices, il s'établit une sorte de partenariat tacite « gagnant-gagnant », mais sans que cela soit une condition exprimée. En effet, chacune des migrantes ramène de son lieu de travail un repas qu'elle partage avec les membres de sa famille d'accueil. Plus le nombre de migrantes est important, plus le nombre de plats se multiplie et permet à la famille d'accueil de mieux se prendre en charge ;

– seules (dans des habitats indépendants): selon des propos recueillis, certaines migrantes vivent de façon indépendante à l'abri d'un hangar ou dans une case qu'elles

construisent dans des parcelles non bâties, dans la zone industrielle (Bukka Bokoye), aux alentours de la ceinture verte ou dans des lieux publics abandonnés comme l'hôtel *Sabka Lahia*. Ce type d'habitat concerne surtout les femmes chefs de ménage qui peuvent héberger des jeunes migrantes.

– au domicile de l'employeur : certains employeurs acceptent d'héberger leurs domestiques, même si ce cas est peu courant. Les migrantes qui vivent chez les patronnes sont considérées comme « bonnes à tout faire » même si elles doivent tout apprendre. Les patronnes doivent leur apprendre les travaux ménagers (la cuisine, faire le marché, nettoyages divers), mais aussi la vie en ville. Rester chez la patronne implique à la fois une forme d'intégration familiale (espace d'habitation dans le ménage, relation plus visible avec les membres de la famille) et une forme de « marginalisation voilée ». En effet, l'imbrication spatiale dans laquelle se juxtaposent la vie de la domestique et celle de l'employeur crée un sentiment d'empiètement, de manque d'intimité et d'agacement dans nombre de situations (Destremau et Lautier, 2002 : 253).

Les enquêtes font ressortir que la plupart des migrantes ne souhaitent pas loger chez la patronne parce que leur liberté sera réduite, surtout en soirée, ce qui explicite une revendication de liberté de la migrante.

Un phénomène ambivalent

La migration féminine telle que pratiquée dans la commune de l'Imanan présente à la fois pour les migrantes, leur famille et la communauté en général des avantages et des limites qui méritent d'être examinés.

Un facteur d'autonomisation de la femme ?

La migration des femmes à Niamey génère des avantages à la fois financiers, matériels et symboliques. Grâce aux revenus de la migration, les femmes qui s'y adonnent acquièrent une certaine autonomie.

Une participation plus visible des femmes dans la prise en charge des besoins alimentaires du ménage

Les ressources tirées de la migration permettent aux femmes de participer de façon plus active à la prise en charge des besoins alimentaires et matériels des ménages. Dans le cas particulier des jeunes filles, la migration leur permet de financer une part importante de leur trousseau de mariage. À cet effet, une des enquêtées explique :

> « Pour nous, la migration présente plusieurs aspects positifs. D'abord, nous aidons les hommes dans la prise en charge alimentaire des ménages. Ensuite, les filles arrivent à prendre en charge la totalité ou, à la limite, une bonne partie des dépenses liées à la constitution de leur trousseau de mariage et cela compense en partie la pauvreté des parents qui se sentent ainsi soulagés » (une migrante du village de Kochilan Bella, novembre 2013).

Ainsi, les migrantes participent en grande partie à la gestion des ménages à travers l'achat de vivres, l'envoi de sommes d'argent ou de restes de nourriture « *hauru kogo* » lorsqu'elles sont à Niamey.

Une autonomisation économique plus marquée des jeunes filles

Le séjour à Niamey permet aux jeunes filles de disposer de ressources leur permettant de prendre en charge la constitution du trousseau de leur mariage. Ce rôle nouveau modifie quelque peu les relations hommes-femmes dans la commune de l'Imanan. En effet, les filles, en prenant en charge les grandes dépenses liées à leur mariage, assument une responsabilité et, de ce fait, sont plus décisionnaires dans le choix de leur partenaire.

Une « nouvelle apparence », un nouveau « look » pour la migrante

Toutes les catégories de migrantes (de la jeune fille à la femme plus âgée), au retour de la ville, marquent une différence avec les femmes restées au village par leur parure, leur habillement et leur physique. En effet, le fait de rester quelques mois sans exercer « un travail physique » (piler le mil, puiser l'eau ou ramasser le bois) permet à la femme migrante d'avoir un corps plus doux, plus féminin comparativement à celle qui est restée au village. Ce nouvel état de son corps fait d'elle une femme convoitée par les villageois. La migration participe donc à l'amélioration de l'image sociale de la femme dans la commune de l'Imanan

Au-delà de ces aspects positifs de la migration féminine, pour de nombreux interlocuteurs, la mobilité des femmes est plutôt porteuse de conséquences néfastes à la fois pour la migrante, pour sa famille et pour la communauté tout entière.

Une perversion des valeurs sociales dans la commune de l'Imanan

Le séjour en ville est une période de faible contrôle social pour les femmes migrantes et plusieurs d'entre elles adoptent des comportements considérés comme contraires à « l'éthique villageoise ». Il s'agit :

– des grossesses non désirées : plusieurs jeunes femmes migrantes reviennent au village avec des grossesses non désirées ou des maladies vénériennes (MST). Les lieux de regroupement des migrantes après leur temps de travail constituent pour les jeunes femmes des espaces pour chanter et danser en présence de leurs amants, qui sont des petits commerçants, migrants eux aussi. Ces lieux sont appelés *alzanaye,* un terme zarma qui signifie « réjouissances » et, en d'autres termes, « vivre pleinement le temps de jeunesse ». Les filles migrantes qui fréquentent ces espaces contractent facilement des grossesses non désirées et deviennent de ce fait marginalisées en raison de diverses considérations socioculturelles et religieuses ;

– des divorces inattendus : la mobilité des femmes en ville est vectrice de divorces réguliers, surtout chez les jeunes mariés. Selon les enquêtés, les femmes demandent le plus souvent le divorce. La tentation de la vie en ville peut entraîner du dédain pour la vie villageoise et le premier acte pour pouvoir y retourner librement est la

rupture du mariage. Certaines d'entre elles prennent des amants en ville et finissent par rompre le mariage qu'elles ont contracté au village. D'autres considèrent leur mari comme trop proche des traditions et ne répondant plus désormais à leur goût. Elles décident dans ces cas-là de rembourser elles-mêmes la dot versée lors du mariage, ou la font payer par leur nouvel amant.

> « Mon neveu qui vit à Arlit s'est marié à une fille migrante. Quand il est venu à Bonkoukou pour amener sa femme à Arlit, il ne l'a pas trouvée. La jeune mariée était à Niamey. Alors, le père de celle-ci a décidé d'aller la chercher. Mais il est revenu sans elle. Il nous a dit qu'elle s'est cachée et qu'il n'a pas pu la retrouver. Mon neveu a attendu quelques jours et sa femme ne voulait toujours pas rentrer […]. Elle ne voulait plus de son mariage. Les gens racontent qu'elle a un travail où elle gagne 50 000 FCFA par mois et qu'elle préfère divorcer que perdre son emploi. Mon neveu ne voulait pas retourner à Arlit sans une femme parce que, dans ce cas, il serait la risée de ses camarades. Donc, il a fini par prendre une autre fille en mariage pour repartir avec » (entretien réalisé avec une femme du village de Bonkoukou, novembre 2013).

Les rares fois où les hommes demandent le divorce, cela concerne des cas de femmes mariées qui contractent des grossesses non désirées ou qui ont des amants de manière affichée ;

– du refus d'exercer certaines activités ménagères au village : certaines migrantes, de retour au village, refusent d'exercer les travaux qui demandent un effort physique ou qui sont exécutés au soleil : piler, puiser de l'eau ou aller chercher du bois de chauffe ;

– des refus de retour au village : il existe, bien que cela soit peu fréquent, des cas de migrantes qui, après un séjour prolongé en ville, décident de ne plus revenir au village. Elles se marient sur place et ne retournent plus dans le village d'origine.

Au-delà de ces formes de rupture des valeurs locales qu'elle entraîne dans la commune, la pratique migratoire des femmes constitue une barrière à la scolarisation des jeunes filles. En effet, plusieurs filles abandonnent l'école pour se lancer dans le cycle de la migration saisonnière.

> « La migration des femmes est un phénomène dangereux pour l'école. Ici à Balley, nous enregistrons chaque année des abandons de filles à partir de la classe de CE1. Mais le gros effectif concerne les classes de CM1 et CM2. En tout, nous avons enregistré 17 abandons de filles cette année. C'est grave ! C'est rarement que nous avons des filles qui vont au collège du fait de la migration. Chacune cherche à aller à Niamey, et les parents ne peuvent rien car eux-mêmes, ils profitent de la situation […] » (un enseignant du village de Balley, novembre 2013).

De ce qui précède, il ressort clairement que la migration féminine dans la commune de l'Imanan, même si elle apparaît comme une alternative offrant aux ménages la possibilité d'accéder à des ressources et à la migrante celle de s'émanciper, crée de réels problèmes, aussi bien chez certaines migrantes (divorces, grossesses, maladies, refus de retour au village, etc.) que dans la communauté en général (transformation des relations familiales, déscolarisation des filles).

Conclusion

La migration féminine dans la commune rurale de l'Imanan se présente aujourd'hui comme une composante essentielle du mode de vie des femmes. Elle participe à la prise en charge alimentaire et vestimentaire des ménages et aide les jeunes filles à constituer le trousseau de leur mariage qui, auparavant, était entièrement pris en charge par les parents. La faiblesse des revenus et des opportunités d'emplois rémunérés est au fondement du désengagement des parents dans la prise en charge de certains de leurs rôles sociaux. Cela légitime de fait la migration des femmes, et notamment celle des jeunes filles, qui touche désormais plusieurs ménages de la commune.

Seuls deux groupes socioprofessionnels restent encore peu concernés par cette pratique : les Garrassa, familles d'artisans pour lesquelles le travail du cuir et le métier de la tresse constituent d'importantes activités génératrices de revenus, et les Surgu, groupe qui détient le pouvoir coutumier et les terres les plus fertiles. Quatre éléments principaux peuvent être retenus à l'issue de cette étude :

– même si la migration est pratiquée de longue date, celle des femmes est récente dans la commune de l'Imanan et prend de l'ampleur depuis ces dernières décennies ;

– l'ampleur de cette migration peut s'interpréter comme une réponse à la fois individuelle et collective (elle engage aussi les autres membres de la famille) aux difficultés économiques des ménages ;

– la migration dans la ville de Niamey devient progressivement une étape de la vie (un passage obligé) pour nombre de jeunes femmes de la commune de l'Imanan ;

– la migration féminine est vectrice de perturbations de l'ordre familial local, notamment par une fragilisation de l'autorité parentale et maritale (autonomisation de la femme).

Références

Alpha Gado B., 2010
Crises alimentaires en Afrique sahélienne : les réponses paysannes, Cotonou, *Les Éditions du Flamboyant*, 210 p.

Balla A., Yamba B., Adam T., Abdou D., 2009
L'insécurité alimentaire au Niger : entre réalité et espoir. Numéro hors-série, *Annales de l'Université de Niamey*, 148 p.

Bisillat J., 1996
Femmes du Sud, chefs de famille.
Paris, Karthala, 387 p.

Comoe E. F., 2005
Femmes et migration en Côte d'Ivoire : mythe de l'autonomie.
Études de la population africaine,
20 (1) : 89-117.

Destremau B., Lautier B., 2002
Femmes en domesticité, les domestiques du Sud au Nord et au Sud.
Revue Tiers Monde, 170, avril-juin, PUF : 249-264.

Drame Yaye A., Alpha Gado B., 2006
Histoire des crises alimentaires au Sahel : cas du Niger.
Document présenté lors du Forum régional sur la souveraineté alimentaire en Afrique de l'Ouest (FORESA), du 7 au 10 novembre 2006, à Niamey, 20 p.

Flahaux M.-L., 2011
Rôle de la situation familiale des migrants dans l'intention et la décision du retour. Analyse comparative Sénégal-RD Congo.
Texte présenté à la 6e Conférence africaine sur la population organisée à Ouagadougou en décembre 2011 par l'UEPA, 29 p.

Hambally Y., 2012
Les femmes chefs de ménages : une évolution des modèles de famille au Niger.
Les Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, tome XII : 27-36.

Jacquemin M., 2009
« Petites nièces » et « petites bonnes » à Abidjan, les mutations de la domesticité juvénile.
Travail, genre et sociétés , 22 : 53-74.

Jacquemin M., 2012
Travail domestique et travail des enfants, le cas d'Abidjan (Côte d'Ivoire).
Revue Tiers Monde, 170, avril-juin, PUF : 307-326.

Koné Marietou, Kouame N'Gessan, 2005
Socio-anthropologie de la famille en Afrique. Évolution des modèles en Côte d'Ivoire.
Abidjan, Les Editions du Cerap, 227 p.

Locoh T., 1995
Familles africaines, population et qualité de la vie. *Les Dossiers du Ceped ,* 31, Paris, Ined/Ceped, 48 p.

Mounkaila H., 2004
Migration, chefferie et accès aux ressources foncières dans le canton de Torodi (ouest du Niger).
Les Cahiers d'Outre-Mer, 226-227 : 137-154.

Oumarou A., 2013
Les politiques publiques en matière de sécurité alimentaire au Niger.
Rapport de recherche du programme « Évaluation des risques sur l'axe Niger/Nigéria », Ifra/Lasdel, 31 p.

Oumarou A., Moussa M., 2012
Perceptions et adaptations des populations rurales face aux changements climatiques et environnementaux dans les communes d'Imanan et de Dantiandou.
Rapport de recherche du programme Escape, Lasdel, 37 p.

Olivier de Sardan J.-P., 1995
Anthropologie et développement. Essai en socio-anthropologie du changement social.
Paris, Karthala, 221 p.

Peyre De Fabregues B., 1979
Lexique de noms vernaculaires de plantes du Niger (2e édit.).
Niamey, Inran.

Piguet E., 2008
Migration et changement climatique.
Futuribles, 341, 31-43.

Piguet E., 2013
Les théories des migrations. Synthèse de la prise de décision individuelle.
Revue européenne des migrations internationales, 20 (3) : 141-161.

Chapitre 16

Changements politiques, dynamiques foncières et recompositions socio-économiques

La commune de l'Imanan (Niger)

Abdoulaye MOHAMADOU
Harouna ABDOUTAN

Introduction

La région du Sahel est emblématique de la dynamique de l'évolution des liens entre société et environnement dont l'adaptation au changement climatique, thème très en vogue aujourd'hui, constitue l'une des manifestations. En effet, depuis les années 1970, la sécheresse, la dégradation des ressources naturelles, la pauvreté, etc. structurent les stratégies de vie et de survie des populations sahéliennes. Cette interaction entre les hommes et le milieu naturel ne se réduit pas qu'aux impacts et stratégies d'adaptation. Elle affecte aussi la dynamique des rapports sociaux, en particulier autour de la terre et des ressources naturelles. Jean-Pierre JACOB (2007) a souligné le lien entre pouvoir et foncier dans les sociétés traditionnelles africaines. Dans la plupart de celles-ci, le groupe ou le lignage qui détient le capital foncier, qui est souvent le premier occupant, contrôle aussi le pouvoir politique et le conforte en utilisant la terre comme arme de négociation dans ses liens avec les autres groupes sociaux, autochtones comme allochtones. Les configurations politiques locales conditionnent aussi les systèmes de production et les droits fonciers. En effet, les rapports sociaux autour de la production sont liés aux statuts sociaux et à la division sociale du travail. Ces rapports évoluent, à cause notamment des conditions écologiques liées dans le cas du Sahel aux effets des changements climatiques (sécheresses, appauvrissement des terres, dégradation du couvert végétal, etc.) sur la terre et les ressources naturelles. Ainsi en est-il par exemple des droits sur les arbres qui ont changé au cours des dernières années, avec une tendance à leur individualisation.

L'objectif de ce travail est d'analyser les transformations économiques, spatiales et politiques intervenues dans le territoire de la commune de l'Imanan, en les situant dans le contexte global de construction de l'État nigérien et des changements écologiques et économiques

La commune de l'Imanan : un territoire « nomade-pastoral » en zone agricole

Le canton de l'Imanan a été érigé en commune en 2004 dans le cadre du nouveau découpage territorial, lié au choix du Niger d'une décentralisation intégrale. Avec une superficie de 506 km^2, elle est l'une des plus petites communes au Niger. Elle a une population estimée à 36 665 habitants, soit une densité d'environ 72,46 hab/km^2, et compte 45 villages administratifs avec comme chef-lieu de commune le village de Bonkoukou.

La commune est située dans une vallée fossile (localement appelée *dallol bosso*) encastrée entre deux plateaux, l'un au nord-ouest et l'autre, appelé *Fakara* en langue zarma, au sud. Les trois espaces présentent des caractéristiques assez contrastées, tant du point de vue des sols, de la végétation qu'en termes de densités de population et d'activités.

La vallée est un espace composé de bas-fonds aux sols sablonneux et de plus en plus lessivés, en raison de l'érosion hydrique et éolienne et de la surexploitation agricole et pastorale. La nappe phréatique y est peu profonde et varie de 3 à 7 m par endroits. Cette disponibilité d'eau a permis le développement des cultures maraîchères, notamment la pomme de terre devenue la principale culture de rente. La végétation a pratiquement disparu selon les paysans, du fait de la pression démographique et foncière. On rencontre par endroits des parcs arborés d'*Acacia albida* et de palmiers doums. Si le premier arbre sert de fertilisant pour les champs, le second constitue une source non négligeable de revenus par la vente de ses sous-produits. Un paysan d'Amassaghal disait : « Un peuplement de palmiers doums vaut mieux que deux vaches, il assure la sauce de la semaine. »

Les peuplements des palmiers doums sont plus importants dans la partie sud de la commune, dans le *zango* (village touareg) de Kochlane en raison de la présence des sols argileux.

Les deux plateaux sont des zones de glacis, mais on rencontre aussi de petits bas-fonds. L'occupation de celui du sud de la commune est consécutive à la remontée du front agricole, tandis que celui du nord-ouest a une vocation agricole plus ancienne du fait d'un peuplement d'agriculteurs zarma. Les terres des plateaux ont de meilleurs rendements agricoles que les terres des vallées appauvries par plusieurs

décennies d'exploitation. Les plateaux servent aussi d'aires de pâturage et de zones de transit pour les éleveurs de la commune et ceux d'autres régions, y compris les transhumants qui arrivent du Bénin et du Nigéria.

La commune rurale de l'Imanan dispose de trois mares permanentes et de quatre à cinq mares semi-permanentes en fonction du niveau de la pluviométrie. Les mares permanentes sont généralement aménagées, empoissonnées et exploitées dans le cadre de l'intervention de l'État et des projets de développement. C'est le cas de la mare de Tashi où un seuil a été réalisé, ce qui a eu pour conséquence l'apparition de nouvelles activités (maraîchage et pêche) et un changement des règles d'accès (Mohamadou et Moussa, 2013).

D'autres actions de l'État et de ses partenaires sur l'environnement s'orientent vers la défense et la restauration des sols des plateaux. Ce sont souvent des terres incultes relevant du domaine des communautés locales. Une demi-douzaine de sites ont été répertoriés dans la commune. Quand la végétation y pousse, ils constituent des aires de pâturage pour les villages environnants. Mais ces actions de récupération des terres restent limitées et ne peuvent inverser les tendances générales de la dégradation des terres et de l'environnement. Il faut cependant noter que, de plus en plus, les paysans pratiquent la régénération naturelle assistée pour certaines espèces économiquement utiles, notamment le palmier doum et le gao (*Acacia albida*).

La pluviométrie n'a pas véritablement changé quand on se réfère aux relevés pluviométriques des quarante dernières années.

Les données pluviométriques révèlent que les précipitations ont été plus élevées au cours des années 2000 que vers la fin des années 1960. De plus, on constate que le nombre de jours de pluies est plus élevé au cours de la décennie 2000 que lors de la décennie 1960. Ces données contredisent les perceptions des populations qui

Tableau 1.
Évolution de la pluviométrie à Bonkoukou de 1965 à 2011.

Années	Pluviométrie enregistrée (en mm)	Nombre de jours de pluie
1965	**595,5**	**34**
1966	**307,9**	**22**
1967	**454,3**	**26**
1968	**454,3**	**22**
1969	**339,5**	**27**
2006	**608,9**	**31**
2007	**413,6**	**28**
2008	**487,8**	**40**
2009	**451,4**	**34**
2010	**535,8**	**36**
2011	**433,5**	**30**

Source : station météorologique de Bonkoukou.

considèrent qu'il ne pleut plus assez. Mais les raisons de ce décalage sont certainement à rechercher dans les variabilités intra-annuelles des précipitations, avec des périodes de sécheresse plus longues et plus fréquentes, mais surtout dans la combinaison de plusieurs facteurs qui affectent négativement le développement des plantes et les rendements agricoles. Même si les précipitations sont les mêmes, les sols n'ont plus le même niveau de fertilité, et de nouveaux ennemis des cultures (insectes, maladies) ont souvent fait leur apparition. Les paysans disent qu'ils sont venus avec les sécheresses et la variabilité climatique.

Mobilités et sédentarité sur un espace en dégradation

Par la conjugaison de facteurs politiques, écologiques et économiques, le mode de vie et les systèmes de production ont connu des changements importants dans l'Imanan.

La conquête de l'espace par les Touaregs

La population de la commune de l'Imanan est majoritairement touareg, et le pouvoir politique local est détenu par ce groupe à travers la chefferie de canton. À leur arrivée au début du XX^{e} siècle, les Touaregs ont trouvé sur place des populations composées de Zarma et de Hausa (Gubé et Soudjé). Les Touaregs sont arrivés par vagues successives. Il y a eu d'abord des guerriers et ensuite des groupes. Les premiers étaient composés des Iwillimenden et des Lissawan, alors que les seconds étaient des Kel Esuk, des artisans, des Iboghileten, etc. Les Touaregs sont venus de la région de Tahoua. Environ sept noyaux villageois existaient avant la période coloniale : Diguina, Bonkoukou, Koshlane, Jami, Dakfao, Shett et Shiwil, où les familles nobles touaregs s'étaient installées avec leurs dépendants (GUILLAUME, 1974).

Avant l'arrivée des colons français, le système social était très stratifié chez les Touaregs de l'Imanan. Il existait en effet des familles nobles, des dépendants et des communautés libres.

Les dépendants, principalement des esclaves de case, les affranchis, les artisans, les Kel Esuk exploitaient les terres que les familles aristocratiques mettaient à leur disposition. Les esclaves domestiques cultivaient des domaines sous le contrôle direct de leurs maîtres, tandis que les autres groupes disposaient de champs donnés par l'aristocratie à laquelle ils réservaient une partie de la production. En ce qui concerne les populations zarma, goubé et soudjé, elles entretenaient des rapports tributaires avec les familles nobles touaregs. Après chaque récolte, une dîme était donnée au chef de famille noble en signe de leur allégeance.

> « À la fin des récoltes, si ce n'est pas aujourd'hui, nous, notre concession là, tous ces villages là, toutes les bottes qu'ils enlèvent comme dîme ou quelque chose d'autre, ils

> doivent nous les amener ici. Mais actuellement, c'est au chef de canton qu'ils amènent, mais pas tout le monde. La *zakkat* là qu'ils enlèvent, ça lui revient, ça, c'est quelque chose qui existe même aujourd'hui. Quand ça marche bien, le chef, ce qu'il a, ça peut faire des greniers. […] Au temps du chef Bizo, il est décédé en 1952, au moment où il régnait, il envoie seulement ses *dogaris* [gardes] pour aller dans les zones où on lui a réservé les cadeaux de mil, on fait le grenier là-bas, il peut se retrouver avec 10 greniers » (H. S.).

Après leur migration dans l'Imanan, les Touaregs se sont progressivement sédentarisés et ont associé l'agriculture à l'élevage. Les familles ne pratiquent plus la transhumance depuis très longtemps, et les animaux sont surtout confiés à des bouviers touaregs ou peuls qui les conduisent en zone pastorale pendant la saison des pluies.

Le premier chef touareg s'étant marié à la fille d'un chef zarma, il a ouvert la voie à des alliances matrimoniales avec différents chefs locaux. Ce choix a profondément marqué la société touareg de l'Imanan. Suite aux métissages avec les sédentaires, les Touaregs actuels ont dans leur grande majorité un teint foncé, et les nouvelles générations ont perdu l'usage de la langue tamacheq au profit du zarma et du hausa. On peut véritablement parler de Touaregs zarmaphones. L'usage du turban reste cependant de rigueur chez les adultes nobles. Si les Touaregs hommes nobles peuvent se marier avec des Zarma, des Hausa et des anciennes dépendantes, en revanche, il est extrêmement rare de voir un ancien dépendant se marier à une femme touareg noble.

Les cadres d'origine servile se marient aussi à des femmes zarma et hausa et tissent ainsi des alliances avec les groupes de leurs épouses.

Nous avons recueilli de nombreuses versions sur l'histoire de l'implantation des Touaregs. Il est fort probable que les premiers Touaregs soient arrivés seuls, fuyant les guerres dans la région de Tahoua. Ils se sont mariés sur place et ont capturé et acheté des esclaves. Par la suite, des familles entières les ont rejoints et se sont mises sous leur protection.

Les Touaregs ont évincé les Zarma de leurs villages (Shet, Duiguina, Bonkoukou, etc.). Ces derniers ont migré vers d'autres régions à l'ouest et au sud. Les villages zarma actuels ont été rattachés au canton en 1920 pour ceux du plateau ouest. Ceux du plateau sud se sont implantés plus tardivement.

Le canton compte un quartier hausa dans le chef-lieu de la commune. Il est habité par d'anciens vendeurs ambulants originaires de la région de Tahoua. Les villages hausa soudié et gubé ont été rattachés au canton du kurfey.

Le redécoupage du territoire par l'administration coloniale

Après la pacification, l'administration coloniale créa des chefferies de canton, aussi bien pour les sédentaires que les nomades. Ce traitement particulier, alors qu'ailleurs les chefferies nomades sont appelées groupements (organisés plus sur des bases tribales que sur le lieu de résidence), traduit la spécificité des territoires des Touaregs de l'Imanan et du Taghazar (autre canton touareg du département situé plus au sud) par leur isolement dans la zone agricole et leur mode de vie plutôt sédentaire.

L'administration coloniale a rétréci l'espace des Touaregs de l'Imanan, au profit des cantons zarma du Tondikandia, au sud, et hausa du Kurfey, au nord. Certains foyers historiques touaregs seront amputés, comme le village de Shet, premier site d'implantation des Touaregs, qui a été rattaché au canton du Kurfey. Ce rétrécissement de l'espace touchera surtout la vallée du dallol, espace agricole par excellence. Aux nomades, on laissera surtout les plateaux plus propices à l'élevage.

> « Notre canton, c'est un petit canton. Il a été rétréci par les Blancs. Vous savez à l'arrivée des Blancs, les Touaregs créaient des problèmes par les guerres. Quelque chose qui a été interdit. Alors pour les maîtriser, de chaque côté, on les a serrés, on a diminué le canton de chaque côté, on leur a donné un petit espace. Quand vous quittez ici, vous avez à peine 7 à 8 km pour avoir la limite, et quand vous allez du côté de Filingué, c'est la même chose, moins de 12 km. La commune est longue dans le sens est-ouest constitué de plateaux, mais pas dans le sens sud-ouest dans la vallée. Il y avait nos champs qui se sont retrouvés de l'autre côté, mais qui pouvait dire quelque chose, au temps des Blancs ? » (A. I.).

La frontière entre le canton de l'Imanan et celui de Tondikandia reste encore à tracer, et les litiges fonciers perdurent encore aujourd'hui. Le canton de Tondikandia considère aussi que le plateau nord-ouest ne fait pas partie de l'Imanan historique, mais a été rattaché au canton par l'administration coloniale lors de la création des cantons en 1920.

L'ancien chef de canton de l'Imanan (1952-1974), ancien député et ancien ministre sous le régime de Diori Hamani (1960-1974), a tenté d'user de son influence pour déplacer la frontière mais n'a pas réussi. Sous le régime du général Seyni Kountché (1974-1987), ressortissant du canton de Tondikandia, son grand frère, qui était à l'époque chef de canton, a unilatéralement annexé des terres du canton de l'Imanan. Le chef du canton d'alors, Ahmed Sada, a refusé de se plier à cette décision. Il sera révoqué sur ordre du général Kountché. D'autres évoquent son comportement et son jeune âge pour justifier sa destitution. L'actuel chef, nommé par Seyni Kountché, serait selon ses opposants un allié du Tondikandia, ce qui explique les intrusions permanentes des ressortissants de ce canton sur les terres de l'Imanan.

Les conflits sur la frontière des deux cantons sont en effet très fréquents, surtout sur le plateau ouest. Selon le représentant du chef de canton de l'Imanan, de nombreux dossiers sont pendants devant la justice.

Libération d'esclaves et nouveaux modes d'accès au foncier

L'administration coloniale a pris une autre décision qui bouleversera l'occupation de l'espace, le système de production, le contrôle et l'accès au foncier. En effet, les mesures prises pour la libération des esclaves et leur accès au foncier – libération décidée par les colonisateurs après la révolte touareg de 1916, dont les Touaregs de l'Imanan ont été partie prenante – ont donné naissance à une nouvelle occupation de l'espace et à de nouvelles dynamiques foncières et économiques.

Les anciens esclaves domestiques vont pour certains s'éloigner de leurs maîtres pour fonder de nouveaux villages, tandis que d'autres sont restés cultiver dans leurs villages. C'est le cas du village de Diguina, où les nobles cohabitent toujours avec leurs

anciens esclaves. Ces derniers exploitent des champs, ne donnent plus la dîme, mais ne peuvent vendre, prêter ou donner les terres sans l'autorisation des anciens maîtres. Ils n'en ont que l'usufruit. Ils sont encore dans un lien de dépendance vis-à-vis de leurs maîtres.

Les affranchis (Ighawelan et Iboghiliten), eux, cultivaient des terres prêtées par les familles nobles auxquelles ils payaient la dîme. Après les décisions de l'administration coloniale, les affranchis se sont approprié les terres. Par la suite, ils ont accru leur capital foncier dans le cadre de nouveaux défrichements, principalement sur le plateau sud, et aussi grâce aux achats de terres auprès des Zarma.

Les situations sont très contrastées selon les secteurs de la commune, le statut des anciens dépendants, l'attitude de la famille aristocratique. Dans les villages du nord-est de la commune, fief de l'aristocratie, les nobles gardent une maîtrise sur les terres. Dans le sud, à l'exception du village de Kochlane Touareg, tous les autres villages ont été fondés par des affranchis qui sont propriétaires des terres. Au centre et au nord-ouest, les Touaregs avaient moins d'emprise sur les terres. C'est principalement dans cette dernière zone que se concentrent les villages bella (noms des anciens esclaves en zarma). C'est sous les règnes de Akkomar ag Yogo (1905-1932) et de Bizo ag Wadéghun (1933-1952) que de nombreux anciens esclaves ont accédé à la terre par donation ou défrichement dans cette partie du canton, anciennement occupée par des Djerma. L'administration coloniale a unifié les principautés touaregs et a choisi un chef dans l'un des lignages aristocratiques. L'ensemble des terres vacantes est alors tombé dans le domaine foncier de la chefferie de canton. Mais progressivement, les sous-groupes aristocratiques se sont re-autonomisés. Le chef de canton actuel a peu d'emprise sur les terres des autres familles aristocratiques, notamment à Diguina, Kochlane et Shiwill. Ainsi Shiwil et Kochlane contrôlent plus le plateau sud, Diguina a plus d'emprise sur le nord-est, et la chefferie (Feraw) est plus présente dans la gestion du plateau ouest.

Grâce aux maîtrises foncières, les anciens dépendants ont acquis une autonomie économique. Ils s'enrichiront grâce à l'agriculture et à la rente de la migration, alors que les nobles vont s'appauvrir faute de main-d'œuvre. La carte d'occupation actuelle de l'espace communal montre que les villages des anciens dépendants sont de loin plus nombreux que ceux des lignages aristocratiques touaregs et des autres groupes ethnolinguistiques. Cela montre aussi le poids démographique des esclaves dans cette société.

L'aristocratie touareg perd donc un levier important de sa domination, mais elle a conservé un capital foncier important qui lui assurera une clientèle parmi les anciens dépendants. Le contrôle du pouvoir local va lui permettre aussi d'être l'interlocutrice de l'administration coloniale et, plus tard, de l'État postcolonial. Elle investit dans l'éducation en envoyant ses enfants à l'école (les colons avaient créé des écoles pour les enfants des chefs), contrairement à d'autres chefferies nomades. Les premiers élèves serviront comme commis de l'administration coloniale, et, dès les années 1960, des cadres issus de l'aristocratie touareg de l'Imanan seront élus députés ou nommés dans la haute fonction publique, avec des postes ministériels notamment. Parmi ces derniers, Mouddour Zakara est le plus connu et celui qui a joué un rôle politique

important au niveau national. Malgré son inféodation à l'administration, l'aristocratie garde le pouvoir coutumier, dispose d'un capital foncier conséquent et a acquis un capital culturel non négligeable. Elle dispose ainsi de ressources importantes, malgré son faible poids démographique.

De l'habitat groupé à l'habitat dispersé

La libération des esclaves a donné naissance à de nombreux villages qui étaient auparavant des hameaux de cultures. Après plusieurs années d'exploitation, les terres de la vallée où était concentrée la population se sont appauvries. Plusieurs stratégies ont été mobilisées pour faire face à la situation. Il y a eu d'abord la mise en culture des terres des plateaux pour pallier les faibles rendements des terres des vallées. Ceux qui ne pouvaient avoir des terres sur les plateaux se sont appauvris. Les systèmes de prêts auprès des anciens maîtres se sont amplifiés. Mais l'innovation la plus spectaculaire a été la dislocation de certains villages et l'installation des paysans dans leurs champs. Il s'agit d'une stratégie de gestion de la fertilité des sols. Les familles installent leurs cases en paille sur les parties dégradées du champ pour fertiliser les sols grâce aux déchets domestiques et à la fumure organique. Les animaux sont attachés au piquet dans des endroits dénudés. L'emplacement des cases et des animaux changent tous les deux-trois ans, en fonction du niveau de fertilité des différentes parties de l'exploitation agricole.

> « Ici, chaque chef de famille est installé dans son champ. C'est pour enrichir nos sols devenus très pauvres avec le temps. Mais on n'a pas toujours été dispersé comme ça. Nos familles étaient de Shet, après les grands-parents ont migré à Takarwet (Tassi), c'est de là que chacun s'est installé dans son champ avec ses animaux pour faire au moins du fumier pour son champ » (chef de village de Toulouwa).

> « Avant le chef était ici mais, depuis environ une trentaine d'années, il a quitté le village-mère pour s'installer dans son champ, à 5 km d'ici. Quelques villageois ont fait comme lui » (représentant du chef de village de Tillobi).

Les noyaux villageois ne comptent que quelques familles, celles notamment des chefs de village et de certains notables, et les infrastructures socio-économiques (classe, case de santé, banque céréalière, etc.). Certains chefs de village, comme celui de Amassaghal, sont installés sur leurs champs.

D'origine nomade, les populations de l'Imaman ont gardé la mobilité comme stratégie de gestion des terres et de la fertilité.

Le retour aux terres de la vallée : le développement du maraîchage

L'introduction de la culture de la pomme de terre dans les années 1970 a joué un rôle important dans l'évolution des systèmes de production, les stratégies de survie des populations et l'accroissement des revenus des ménages. Le chef de village de Kochlan bella résume ainsi la situation : « Si tu ne fais pas la pomme de terre, tu vas mourir. »

Le développement de la culture de la pomme de terre et d'autres cultures maraîchères, comme le poivron, la tomate et même *Moringa olifera,* ont donné un nouveau regain d'intérêt pour les terres des vallées. Toutes les terres de la vallée ne sont pas aptes pour le maraîchage, en raison de la profondeur de la nappe phréatique et de la nature des sols. Tous ceux qui ont des terres propices au maraîchage n'ont pas non plus les moyens de l'exploiter. De nouvelles transactions se sont mises en place. Très souvent, les membres d'une exploitation ou leur parentèle s'associent pour financer la production de la pomme de terre. L'investissement concerne le puisard et les intrants agricoles. Ces derniers sont financés à crédit auprès des fournisseurs du petit marché de Niamey, qui sont aussi les acheteurs de la production de pomme de terre. Deux commerçants de ce marché ont même acheté des terres dans le village de Bella Koira, à la périphérie de Bonkoukou, pour produire de la pomme de terre.

L'introduction des cultures maraîchères a provoqué la généralisation des clôtures pour protéger les champs. Elles sont souvent en grillage pour les paysans aisés, et en haies sèches pour les moins nantis. Les projets de développement ont contribué à amplifier cette tendance. Certains producteurs associent l'élevage et l'arboriculture fruitière aux cultures maraîchères.

La pomme de terre a engendré des phénomènes de différenciation sociale entre les paysans qui traversent tous les groupes sociaux. Les grands producteurs de pomme de terre constituent une petite bourgeoisie locale. Ils ont mis en place une coopérative pour défendre leurs intérêts. Le président de cette coopérative a été président régional du réseau des chambres d'agriculture du Niger (RECA). Il est aussi un leader politique local.

La commission foncière communale comme innovation institutionnelle

Dans le cadre de la sécurisation du foncier, le secrétariat permanent du code rural qui est l'instance officielle de régulation du foncier a mis en place une commission dans la commune de l'Imanan. L'objectif est de formaliser les transactions foncières et de permettre aux producteurs de disposer de titres fonciers.

Tableau 2.
Établissement des actes de transaction foncière pour la période 2006-2014.

Désignation	Nombre d'actes délivrés	Localités concernées
Attestation de détention coutumière	15	Shiwil et Bonkoukou
Attestation de vente de terres	38	Plateau du Fakara
Attestation de donation	01	Bonkoukou
Contrat de prêt de terrains	12	Toute la commune
Contrat de gage coutumier de terrains	02	Bonkoukou
Contrat de location de terrains	02	Bonkoukou
Total	**70**	

Source : commission foncière communale de Bonkoukou.

Les données du tableau 2 ne sont certainement pas représentatives de l'ensemble des transactions foncières dans la commune de Bonkoukou. On sait que de nombreux arrangements se font entre les producteurs sans être déclarés. On peut cependant observer que certaines transactions prennent de l'importance et témoignent de certaines évolutions. Ainsi, il y a un nombre élevé de vente de terres sur le plateau sud (Fakara). Ce sont les Zarma qui vendent leurs terres à des Touaregs, notamment de Amassaghal. Selon le secrétaire permanent de la commission foncière, c'est la contrainte alimentaire qui les pousserait à vendre. Les demandes de détention coutumière sont le fait de paysans qui constituent des dossiers pour emprunter de l'argent. C'est une exigence des institutions financières de crédit. Les contrats de prêt de terrains sont demandés par des ressortissants de la commune, propriétaires fonciers vivant hors de la commune, souvent à l'étranger. Il s'agit pour eux d'une mesure de sécurisation de leurs terres.

Les dépendants : de l'autonomie économique à la représentation politique

L'administration coloniale a permis aux anciens dépendants d'acquérir la liberté et surtout l'autonomie économique. Mais, sur le plan politique, ils restaient dominés, la chefferie cantonale étant l'institution dominante du paysage politique local. Les chefs de village restaient inféodés au chef de canton, qui avait un grand pouvoir en matière de collecte des impôts et de gestion des conflits fonciers. Un grand nombre d'anciens esclaves ont acquis la terre à travers les donations ou les autorisations de défrichement des chefs de canton successifs.

L'ouverture démocratique des années 1990 a permis aux anciens dépendants de disposer de nouveaux cadres institutionnels de mobilisation, en vue d'accéder à l'espace public et de s'assurer une représentation politique. Ce sont les partis politiques et les organisations de la société civile qui offriront cette opportunité. Les anciens esclaves militeront en masse dans une association anti-esclavagiste appelée Timidria. Celle-ci s'est donné pour objectifs la lutte contre les pratiques esclavagistes et la défense des droits des anciens esclaves. Cette posture va conduire ses militants de l'Imanan à entrer dans une lutte de positionnement dans le jeu politique local.

Deux grands partis politiques se partageaient l'Imanan dans les années 2000 : le Parti nigérien pour la démocratie et le socialisme (PNDS-Tarraya) et le Mouvement national pour la société développement (MNSD-Nassara).

Le PNDS-Tarraya est surtout le parti des cadres de l'aristocratie, dont certains sont présents dans les structures dirigeantes nationales du parti. Toutes les grandes familles aristocratiques du canton ont adhéré au PNDS, à l'exception de celle détentrice de

la chefferie qui a préféré rester dans le giron du parti-État, une stratégie largement mobilisée par les chefferies traditionnelles pour éviter de se mettre à dos le pouvoir dont elles sont le dernier maillon au niveau local. En 1998, après la création par le général Baaré (arrivé au pouvoir par un coup d'État militaire en 1996) du Rassemblement pour la démocratie et le progrès (RDP-Jamaà), une partie des cadres de l'aristocratie, militants du PNDS, rejoignent ce nouveau parti pour des questions de leadership. Ces mêmes cadres s'affilieront plus tard au MNSD après l'arrivée au pouvoir de Tanja en 2000, dont l'épouse est ressortissante du village de Diguina, un des fiefs de l'aristocratie. La section MNSD de Bonkoukou est dirigée par un aristocrate, ressortissant de ce village. Les cadres de l'aristocratie entraîneront avec eux une partie de leurs dépendants, en particulier ceux qui cohabitent avec eux.

Le MNSD attirera les Zarma et les anciens dépendants. Une des figures importantes de cette communauté, Torda Hainikoye, ancien officier supérieur, ancien préfet, président de la communauté urbaine de Niamey, ancien secrétaire particulier du président Tanja, sera l'artisan de l'implantation du MNSD au sein de son groupe d'origine. Il deviendra le premier maire de la commune de l'Imanan en 2005. Le vice-maire, Issouf Amouane, est le frère du chef de canton, lui-même militant du MNSD. Ancien cadre de commandement, le vice-maire est un produit du parti-État et a naturellement rejoint les rangs du MNSD. Aristocrates et anciens dépendants se retrouvent dans le MNSD avec des légitimités et des projets différents.

Lors de sa gestion du conseil municipal, le maire a utilisé les ressources de la commune et de ses partenaires pour investir dans les villages des anciens dépendants. La gestion du foncier est restée sous le contrôle du chef de canton, qui en a usé pour ses propres intérêts (Mohamadou et Moussa, 2013). Les procès traînent en longueur, avec des suspicions de corruption de la part des protagonistes.

En 2009, le MNSD s'est scindé en deux avec la création de Lumana FA, nouveau parti de Hama Amadou, ancien président du MNSD en rupture de ban avec le président Tanja, dont il fut le premier ministre mais qui finira par l'envoyer en prison. De nombreux militants du MNSD de l'Imanan s'affilieront au nouveau parti. Il s'agit alors essentiellement d'anciens dépendants qui considèrent que les dirigeants locaux du MNSD ne défendent pas leurs intérêts, en particulier en raison de l'arbitraire dont ils sont victimes dans la gestion foncière.

En effet, les aristocrates, y compris ceux appartenant à la chefferie actuelle, utilisent le foncier comme moyen de pression sur les anciens dépendants. Ils menacent de retirer les terres données par leurs grands-parents et parents à tous ceux qui ne militent pas dans leur parti.

Des recensements des terres sont réalisés par les aristocrates dans le but, selon l'un d'entre eux, de rappeler aux anciens dépendants qu'ils ne sont pas propriétaires et de sécuriser ainsi leurs terres. Un ancien dépendant de Diguina a confirmé que les terres qu'ils cultivent sont toujours sous le contrôle des familles aristocratiques. C'est, du reste, ce qui explique que les ventes des terres de la vallée sous emprise touareg sont très rares. Les anciens dépendants savent qu'il y aura une réaction des propriétaires historiques. Les ventes des terres ont surtout lieu sur le plateau, dont une partie des terres appartiennent à des Zarma.

Les enjeux politiques ont créé une certaine insécurité foncière dans la commune. À cela s'ajoute le regain d'intérêt pour les terres des vallées, dans lesquelles investissent de plus en plus les cadres ressortissants qui ont une surface financière et qui peuvent mobiliser des financements de projets et des crédits bancaires.

Conclusion

Le regard rétrospectif sur l'évolution de la société touareg de l'Imanan et de son territoire, depuis près de deux siècles, montre de profondes transformations politiques, socio-économiques et écologiques. À l'origine éleveurs nomades, les Touaregs de l'Imanan se sont sédentarisés et se sont reconvertis à l'agriculture, tout en maintenant la mobilité des troupeaux et de l'habitat quand cela s'avère nécessaire. Cette dernière stratégie est une réponse à la dégradation des terres de culture. Ainsi, un type particulier d'agropastoralisme a vu le jour, avec un habitat dispersé pour mieux gérer la fertilité et les troupeaux. L'intervention coloniale a favorisé l'éclosion de nouvelles dynamiques foncières et l'autonomisation économique des anciens dépendants. Ces derniers se sont disséminés sur l'ensemble de l'espace cantonal, créant de nouveaux villages et défrichant de nouvelles terres. Moins d'un siècle plus tard, les terres de la vallée ont été entièrement colonisées et se sont appauvries, obligeant les paysans à cultiver les plateaux. La crise écologique des années 1970-1980 a accentué cette dégradation des ressources naturelles. La pomme de terre est devenue le levier principal de l'économie locale. Elle a accru de façon significative les revenus des producteurs et a créé des lignes de fracture dans les différents groupes sociaux, tout en favorisant l'autonomisation économique des jeunes.

Les terres de la vallée, devenues impropres aux cultures céréalières pluviales, retrouvent une certaine valeur grâce aux cultures maraîchères et à l'arboriculture fruitière. Elles cristallisent les luttes politiques entre les différents acteurs et donnent lieu à de nouvelles transactions foncières.

Cette étude montre les interactions entre la société et son environnement. Le changement climatique et environnemental influe sur les transformations économiques, sociales et politiques et vice-versa. La culture de la pomme est une stratégie d'adaptation pour pallier les faibles rendements des cultures pluviales. Elle a été rendue possible grâce à la présence d'une nappe phréatique peu profonde et à la demande de la ville de Niamey. Son développement a changé les rapports sociaux autour de la terre et dans les ménages.

Références

Guillaume H., 1974
Les nomades interrompus : introduction à l'étude du canton touareg de l'Imanan.
Niamey, Centre nigérien de recherches en sciences humaines, 141 p.

Jacob J.-P., 2007
Terres privées, terres communes. Gouvernement de la nature et des hommes en pays winye (Burkina Faso).
Paris, IRD Éditions,
coll. À travers champs, 284 p.

Mohamadou A., Harouna A., 2013
Évolution des relations entre les différents groupes autour de la terre et des ressources naturelles et leur médiatisation à travers les nouveaux cadres institutionnels dans la commune de l'Imanan.
Rapport d'enquête, projet Escape.

Mohamadou A., Moussa H., 2013
« La commune de l'Imanan dans la gestion de la mare de Tashi ».
In L. Boutinot, éd. : *Acteurs et réformes de la gestion des ressources forestières en Afrique de l'Ouest*, *Anthropologie et développement*, revue de l'Apad, 37-38-39/2013.

Salifou E. O., 2004
La nouvelle destinée de l'Imanan.
Manuscrit, 16 p.

Partie IV

Adaptation des systèmes de production et innovations



© IRD/J.-J. Lemasson
Récolte et stockage des épis de mil dans la région de Niakhar (Sénégal).

Introduction

Richard Lalou

Au cours de la première décennie du XXIe siècle, la question de l'adaptation des humains au changement climatique s'est brusquement répandue dans le débat public, à la fois comme objet de la recherche scientifique, comme enjeu de la planification technico-politique aux échelles locale, nationale et internationale, et comme thème de sensibilisation de l'opinion publique (Adger *et al.,* 2007 ; Smit *et al.,* 2009). Dans son quatrième rapport de synthèse, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) justifiait cet intérêt en montrant que la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) ne réussirait pas à éviter tous les impacts des changements climatiques, dont certains se font déjà sentir (Parry *et al.,* 2007). Les émissions d'hier et d'aujourd'hui auront demain des conséquences inéluctables, en raison de leur très longue durée de vie dans l'atmosphère. Des mesures d'adaptation sont donc urgentes et nécessaires, en plus des efforts pour diminuer les GES.

L'objectif de l'adaptation est globalement de réduire les vulnérabilités des systèmes naturels et socio-économiques, pour faire face à moindre coût aux changements climatiques. C'est ce que le Giec a défini par la formule désormais classique : « L'adaptation est l'ajustement des systèmes naturels et humains pour répondre aux stimuli des changements climatiques actuels ou attendus, pour en modérer les conséquences négatives et tirer profit des opportunités » (Adger *et al.*, 2007). En ce sens, l'adaptation s'oppose à l'atténuation, puisque ses mesures ont un caractère avant tout local et que les horizons temporels des bénéfices qui peuvent en être tirés en termes de réduction de la vulnérabilité sont beaucoup plus immédiats. En revanche, les impacts des actions d'adaptation sur la vulnérabilité des personnes, des sociétés et des territoires sont plus difficilement mesurables ; nous ne disposons pas d'une

mesure de même nature que l'empreinte carbone (la tonne de CO_2-équivalent) utilisée pour la quantification des réductions des GES. Enfin, l'adaptation est comprise, selon le Giec, de façon extrêmement spécifique, sans référence à toute la complexité d'un concept qui a pourtant été forgé – pour d'autres paradigmes – par une longue histoire de recherches interdisciplinaires. Ainsi, l'adaptation se justifie ici par le seul changement climatique, et les mesures d'adaptation ne peuvent avoir d'autres objectifs que d'atténuer les impacts d'un choc climatique ou d'exploiter les bénéfices d'une opportunité climatique. Or, nous savons que les processus globaux de transformation des sociétés et d'amélioration de la qualité de vie des personnes peuvent contribuer aussi de façon directe ou indirecte à une diminution des vulnérabilités du sociosystème vis-à-vis des changements climatiques, et cela sans produire nécessairement des effets adverses majeurs sur l'environnement naturel et le climat (Adger *et al.,* 2009 ; Moser et Ekstrom, 2010).

L'adaptation individuelle ou sociétale n'a rien de nouveau dans l'histoire de l'humanité, ni comme expérience empirique, ni même comme construit théorique. Depuis très longtemps, les humains font face à la précarité des ressources et des conditions de vie engendrée par des changements climatiques, notamment en développant des innovations technologiques (irrigation, sélection de plantes agricoles résistantes, prévisions météorologiques, etc.) et socio-économiques (dont l'assurance contre les catastrophes naturelles). Pourtant, selon de nombreux auteurs, la question n'est pas tant de savoir si les sociétés humaines peuvent s'adapter – dans l'absolu elles en font la démonstration tous les jours –, mais de prouver que des adaptations passées peuvent présager des capacités qui seront utiles aux générations futures pour s'adapter aux changements globaux de demain. En effet, les adaptations passées paraissent souvent sans commune mesure au regard des réponses qui, demain, devront être apportées aux impacts d'un changement climatique dont l'échelle, l'intensité, la rapidité et les variabilités sont jusqu'ici inédites (Adger et Barnett, 2009 ; Adger *et al.,* 2009 ; Berrang-Ford *et al.,* 2011). L'adaptation des sociétés humaines au changement climatique appelle donc la question quasi consubstantielle des limites de l'adaptation.

Les chercheurs recourent souvent aux concepts de limites, de barrières mais aussi de contraintes ou de stress de façon presque interchangeable, là où toutefois les significations diffèrent notablement. Si les barrières évoquent généralement des contraintes ou des facteurs de stress qui peuvent être surmontés, les limites renvoient, conformément à la compréhension qu'en propose le Giec (Adger *et al.,* 2007), à des obstacles absolument infranchissables, à des seuils au-delà desquels les activités humaines, l'occupation du sol, les écosystèmes, les espèces ne peuvent être maintenus, même sous une forme modifiée. Les contraintes écologiques et physiques constituent donc communément les limites à l'adaptation. Celles-ci peuvent prendre des formes diverses, allant des seuils des écosystèmes (habitat, biodiversité, fonctionnement) après lesquels l'adaptation (la résilience) n'est plus possible aux limites géologiques et géographiques et à l'épuisement des ressources (Parmesan et Yohe, 2003 ; Fischlin *et al.,* 2007 ; USGS, 2009). Comme on le voit, les limites de l'adaptation sont donc définies comme exogènes au système social, à l'instar des contraintes physiques et écologiques.

Les autres facteurs qui, généralement, contrarient l'adaptation – mais sans l'interdire totalement – sont le plus souvent des barrières qui proviennent de la société et de ses interactions avec la nature. En effet, l'adaptation n'est pas uniquement une nécessité objectivée par les expertises internationales et imposée par les conditions naturelles extérieures, elle est aussi le choix des individus et des communautés, construit à partir des connaissances scientifiques et des expériences collectives des dangers, des dispositions (normes et valeurs individuelles et collectives) qui modèlent les façons de penser et d'agir, des coûts économiques, socioculturels et symboliques de l'adaptation, et de la finalité de l'adaptation (retour à l'équilibre *ante* ou étape vers un progrès technico-économique nouveau). Ces barrières, subjectives et fortement évolutives en fonction des contextes et des histoires, recouvrent en partie les facteurs habituellement mobilisés par les notions de *capacités d'adaptation* et de *vulnérabilités*. Pour les individus comme pour les collectivités, le faible niveau des ressources économiques, l'accès réduit aux technologies et le manque de compétences pour les exploiter sont clairement des facteurs réduisant l'adaptation. Ils expliquent même pour de nombreux chercheurs la persistance d'un déficit d'adaptation dans les pays à faibles revenus, et particulièrement en Afrique (Adger *et al.,* 2005a et b ; Smit et Wandel, 2006 ; Hulme *et al.*, 2007 ; Moser et Ekstrom, 2010 ; Dow *et al.,* 2013).

En règle générale, les stratégies d'adaptation doivent intégrer trois niveaux d'incertitude : l'incertitude sur le climat futur, l'incertitude concernant les impacts des changements climatiques sur les systèmes naturels et socio-économiques (Meehl *et al.,* 2007) et l'incertitude sur les bénéfices futurs d'une adaptation engagée dès aujourd'hui (Magnan, 2013) ; chacune de ces incertitudes pouvant devenir une barrière dans le processus d'adaptation (phase d'identification du problème et phase de planification de l'action) (Moser et Ekstrom, 2010). Ces incertitudes sont généralement d'autant plus fortes en amplitude et déterminantes pour l'action que l'adaptation est par définition souvent locale, alors que les projections du climat et de ses impacts sont continentales ou régionales. En outre, les zones d'incertitude des prévisions à long terme s'amplifient en Afrique, faute de données météorologiques fiables et suffisantes. Finalement, c'est sans doute tout cet environnement incertain qui justifie que l'on privilégie, un peu partout dans le monde, l'adaptation réactive à l'adaptation anticipatrice. Plusieurs auteurs ont montré que les coûts (économiques, sociaux et environnementaux) des impacts aux changements climatiques seront nécessairement beaucoup plus élevés sans une anticipation des mesures d'adaptation (Stern, 2006 ; Parry *et al.*, 2009). Mais, que ce soit dans les pays pauvres ou dans les pays riches, force est de constater que les adaptations réactives sont de loin les plus fréquentes (Adger *et al.,* 2003 ; Amundsen *et al.,* 2010). Elles sont mises en œuvre après l'occurrence du phénomène extrême et n'ont donc pas à anticiper les risques associés à ses impacts. De même, les bénéfices des adaptations réactives sont souvent immédiats ou de court terme – ce qui là encore limite les possibilités d'une maladaptation (quand l'adaptation a augmenté les vulnérabilités des populations et des territoires face au climat) ou évite celles d'une adaptation avec regret (le risque environnemental contre lequel l'adaptation a été élaborée ne se matérialise pas).

Plusieurs études récentes sur les pratiques d'adaptation et sur leur processus ont indiqué que la capacité d'un système à répondre de manière efficace au changement et aux variations du climat ne dépend pas uniquement des connaissances qui réduisent l'incertitude et augmentent la prise de conscience, ni totalement du développement économique et technologique, mais qu'elle est aussi déterminée par les normes sociales, les valeurs et les règles culturelles (Brooks et *al.*, 2005 ; Naess *et al.,* 2005 ; Ford *et al.,* 2006 ; Coulthard, 2008 ; Adger *et al.,* 2009). L'adaptation est locale et elle est tributaire du contexte social et culturel dans lequel elle est construite ; elle varie donc entre les individus, à l'intérieur des communautés et entre les communautés, les territoires et les pays (O'Brien *et al.,* 2006 ; Adger *et al.,* 2007).

L'accès et le contrôle des ressources à l'échelle de la communauté sont souvent régis par des institutions sociales et des droits locaux ; une institution, selon E. Ostrom (2005), étant les « règles » qui gouvernent les systèmes de croyances, les structures organisationnelles et les pratiques d'une communauté. Ces règles incluent généralement les droits d'accès à la terre, les règles d'administration des jachères collectives, des mises en défens, les règles d'accès et de gestion des ressources communes, etc. De même, la caste, l'ethnie, le genre sont dans certaines sociétés des institutions qui produisent des normes, des valeurs et des règles susceptibles d'influencer les comportements des individus face à des stress ou à des chocs. Quand elles sont bien établies et reconnues par tous, ces institutions permettent aux communautés de mieux répondre aux changements sociaux et environnementaux. Mais lorsque ces règles, dont la légitimité repose souvent sur la tradition, ne parviennent plus à prendre en charge les évolutions des systèmes écologique et social, elles peuvent alors devenir de vraies barrières normatives à l'adaptation. Il en va ainsi des réponses adaptatives adoptées de façon répétitive et en conformité avec la culture et la tradition, mais qui peuvent s'avérer inappropriées face aux futurs changements environnementaux (maladaptation), et non durables (Jones *et al.*, 2010 ; Jones et Boyd, 2011 ; Nielsen et Reenberg, 2010). En d'autres termes, les rigidités institutionnelles peuvent parfois limiter les capacités d'innovation des sociosystèmes confrontés à des chocs climatiques et environnementaux.

En Afrique de l'Ouest, comme ailleurs dans le monde, l'adaptation de l'agriculture à l'évolution du climat n'est pas une idée neuve. Principalement pluviale, la petite agriculture africaine est fortement soumise au changement et à la variabilité du climat, ce qui oblige constamment les agriculteurs et leur famille à mettre en œuvre des stratégies d'adaptation pour conserver leur niveau de vie et de production biologique (denrées agricoles, fourrage, bois de chauffage et matériaux de construction, etc.). Même en l'absence de moyens économiques et techniques, les paysanneries africaines ne sont donc ni nécessairement ni totalement vulnérables face à des événements menaçants et dommageables. Pour autant, leurs réponses doivent aussi composer avec toutes les contraintes, les incertitudes, les barrières et les limites que nous avons énoncées et qui réduisent leurs manières d'agir. Il en résulte alors des adaptations à minima – que l'on peut qualifier de « survie » –, pas toujours performantes et rarement durables.

Dans cette dernière partie consacrée aux adaptations agricoles, nous avons considéré quatre trajectoires agricoles différentes, situées dans trois contextes géoclimatiques

ouest-africains (le Bénin, le Niger et le Sénégal). Comme nous l'avons vu au chapitre 4 de l'ouvrage, le changement climatique se manifeste diversement sur les trois sites d'étude : la tendance au réchauffement est partout observable, mais les pluies ont toujours des évolutions singulières. Dans le nord du Bénin, elles sont stables autour de 1 200 mm/an depuis le début des années 1990. Au centre du Sénégal, les pluies augmentent rapidement à la fin des années 1990, pour atteindre une moyenne de plus de 600 mm/an au cours des dix dernières années. Dans le sud du Niger enfin, si la pluviométrie a connu une reprise après la grande sécheresse, on retrouve une baisse significative des cumuls annuels au cours de ces dix dernières années. L'adaptation des agriculteurs est bien de dimension locale ; elle répond aux conditions météorologiques du moment, tout en prenant en compte les contraintes et les opportunités du milieu. Ainsi, les agriculteurs sénégalais tirent profit des saisons des pluies plus abondantes et plus longues en cultivant des variétés de céréales à cycle long (chap. 18), là où les paysans du Niger pallient le manque de pluies et la faiblesse des rendements de l'agriculture sous pluie par des cultures de contre-saison et la mise en valeur de l'eau souterraine (chap. 20). Mais, les adaptations décrites dans cette partie de l'ouvrage ne répondent pas toutes à la seule logique climatique. Les innovations culturales, comme la pomme de terre au Niger (chap. 20), la noix de cajou et le soja au Bénin (chap. 17), ou encore la pratique de l'embouche bovine au Sénégal (chap. 19) tentent plutôt de tirer bénéfice des opportunités commerciales créées par le développement du marché urbain. Reste que toutes ces adaptations – qu'elles soient reliées ou pas au changement climatique – ont pour effet de réduire les vulnérabilités des familles, notamment face au climat. Rappelons, à ce propos, que les activités de contre-saison comme la pratique de l'embouche ou la culture de la pomme de terre ont tendance à fixer les paysans sur leur terroir et à réduire les migrations saisonnières de travail, là où les années de sécheresse pouvaient provoquer des exodes ruraux.

Tous les exemples d'adaptation étudiés dans cet ouvrage confirment d'une certaine façon la « règle » : l'adaptation de la petite paysannerie africaine est le plus souvent spontanée (sans concertation et coordination importantes entre les acteurs), réactive et à faible risque. Au Sénégal, le retour à des pluies plus abondantes a généralement permis aux agriculteurs de revenir à un système agraire ancien (d'avant les sécheresses), c'est-à-dire à des pratiques traditionnelles et moins risquées, car culturellement acceptables et économiquement viables. C'est ainsi qu'ils ont réintroduit le mil à cycle long, qui avait presque disparu entre 1970 et 2000 (chap. 18). De même, l'association vertueuse entre les cultures et l'élevage, rendue très difficile pendant la période sèche, est réapparue avec le développement de l'embouche bovine. Cette pratique a non seulement permis de renouer avec l'usage ancien du transfert de la fertilité, mais elle s'est révélée être une source de matière organique plus riche et plus performante que l'élevage extensif traditionnel (chap. 19). En d'autres termes, l'adaptation n'a pas été ici un frein à la transformabilité de l'agrosystème. Tout en conservant les principes directeurs qui garantissent sa durabilité (association de la culture et de l'élevage), le système agraire a intégré une innovation qui le rend plus performant dans la conservation de la fertilité des sols.

Plus généralement, nous pouvons dire que toutes ces adaptations montrent combien les sociétés agricoles d'Afrique parviennent à s'adapter aux changements globaux,

sans que pour autant elles en deviennent trop résistantes aux perturbations, c'est-à-dire incapables de se transformer – de se réinventer totalement – face à des chocs aussi aléatoires et créatifs que destructeurs. Il s'agit là, lorsque les contraintes écologiques, sociales et politiques l'imposent, de changer en profondeur les caractéristiques du système, à l'instar de ce qu'il pourrait advenir à une échelle planétaire avec la transition vers les économies à bas-carbone. L'adaptation suppose donc de la résilience mais aussi de la transformabilité, c'est-à-dire la capacité dynamique du système à se reconstruire différemment, à l'intérieur d'un nouveau bassin d'équilibre.

Références

Adger W. N., Huq S., Brown K., Conway D., Hulme M., 2003
Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in development studies,* 3 (3) : 179-195.

Adger W. N., Hughes T. P., Folke C., Carpenter S. R., Rockström J., 2005a
Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science,* 309 (5737) : 1036-1039.

Adger W. N., Arnell N. W., Tompkins E. L., 2005b
Successful adaptation to climate change across scales. *Global environmental change*, 15 (2) : 77-86.

Adger W., Agrawala S., Mirza M., Conde C., O'Brien K., Pulhin J., Pulwary R. S., Smit B., Takahashi K., 2007
« Working group II: impacts, adaptation and vulnerability ». *In* : *Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change,* Cambridge, UK, Cambridge University Press : 717-743.

Adger W. N., Dessai S., Goulden M., Hulme M., Lorenzoni I., Nelson D. R., Næss L. O., Wolf J., Wreford A., 2009
Are there social limits to adaptation? *Clim. Change,* 93 : 335-354.

Adger W. N., Barnett J., 2009
Four reasons for concern about adaptation to climate change. *Environment and Planning A,* 41 (12) : 2800-2805.

Amundsen H., Berglund F., Westskogô H., 2010
Overcoming barriers to climate change adaptationöa question of multilevel governance? *Environment and Planning C*: *Government and Policy,* 28 : 276-289.

Berrang-Ford L., Ford J. D., Paterson J., 2011
Are we adapting to climate change? *Global environmental change,* 21 (1) : 25-33.

Brooks N., Adger W. N., Kelly P. M., 2005
The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global environmental change*, 15 (2) : 151-163.

Coulthard S., 2008
Adapting to environmental change in artisanal fisheries - insights from a South Indian Lagoon. *Global Environmental Change,* 18 (3) : 479-489.

Dow K., Berkhout F., Preston B. L., Klein, R. J., Midgley G., Shaw M. R., 2013
Limits to adaptation. *Nature Climate Change*, *3* (4) : 305-307.

Fischlin A., Midgley G. F., Price J. T., Leemans R., Gopal B., Turley C., Rounsevell M. D. A., Dube O. P., Tarazona J., Velichko A. A., 2007
« Ecosystems, their properties, goods, and services. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability ».

In Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P.,. van der Linden P. J., Hanson C. E., eds : *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press : 211-272.

Ford J. D., Smit B., Wandel J., 2006
Vulnerability to climate change in the Arctic: a case study from Arctic Bay, Canada. *Global Environmental Change,* 16 (2) : 145-160.

Hulme M., Adger W. N., Dessai S., Goulden M., Lorenzoni I., Nelson D., Næss L. O., Wolf J., Wreford A., 2007
Limits and barriers to adaptation: four propositions. Tyndall Center for Climate Change Research.

Jones L., Ludi E., Levine S., 2010
Towards a characterisation of adaptive capacity: a framework for analysing adaptive capacity at the local level. Overseas Development Institute.

Jones L., Boyd E., 2011
Exploring social barriers to adaptation: insights from Western Nepal. *Global Environmental Change,* 21 (4) : 1262-1274.

Magnan A., 2013
Éviter la maladaptation au changement climatique. *Policy briefs*, 8, 2013.

Meehl G. A., Stocker T.F., Collins W.D., Friedlingstein P., Gaye A.T., Gregory J.M., Kitoh A., Knutti R., Murphy J.M., Noda A., Raper S.C.B., Watterson I.G., Weaver A.J., Zhao Z.-C., 2007
« 2007: Global Climate Projections ». *In* Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L., eds : *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Cambridge, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, USA : 747-845.

Moser S. C., Ekstrom J. A., 2010
A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (51) : 22026-22031.

Næss L. O., Bang G., Eriksen S., Vevatne J., 2005
Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environmental Change*, 15 (2) : 125-138.

O'Brien K., Eriksen S., Sygna L., Naess L. O., 2006
Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *AMBIO: a journal of the human environment,* 35 (2) : 50-56.

Ostrom E., 2005
Understanding Institutional Diversity. Princeton University Press.

Parmesan C., Yohe G., 2003
A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421 (6918) : 37-42.

Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J., Hanson C. E., 2007
« Working Group II Report. Impacts, Adaptation and Vulnerability ». Contribution of Working Group II to the *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Parry M., Arnell N., Berry P., Dodman D., Fankhauser S., Hope C., Kovats S., Nicholls R., Satterthwaite D., Tiffin R., Wheeler T. 2009
Assessing the costs of adaptation to climate change: A review of the UNFCCC and other recent estimates. London, International Institute for Environment and Development & Grantham Institute for Climate Change.

Nielsen J. Ø., Reenberg A., 2010
Cultural barriers to climate change adaptation: A case study from Northern Burkina Faso. *Global Environmental Change,* 20 (1) : 142-152.

Smit B., Wandel J., 2006
Adaptation, adaptive capacity and vulnerability.
Global environmental change, 16 (3) : 282-292.

Smith J. B., Vogel J. M., Cromwell J. E. III., 2009
An architecture for government action on adaptation to climate change.
An editorial comment.
Clim. Change, 95 : 53-61.

Stern N. H., 2006
Stern Review: The economics of climate change (Vol. 30).
London, HM treasury.

USGS, 2009
Tresholds of Climate Change in Ecosystems: Final Report, Synthesis and Assessment Product 4.2. University of Nebraska, US Geological Society.

Chapitre 17

Innover en milieu rural ouest-africain

Quels changements dans les pratiques agricoles des exploitants ?

Frédéric Kosmowski, Moustapha Gibigaye, Bertrand Muller, Richard Lalou

Introduction

En milieu rural ouest-africain, l'activité agricole s'exerce dans un contexte de pauvreté et les exploitants, déjà confrontés à de multiples stress, devront faire face aux changements climatiques. Face à ce risque, l'adaptation aux changements climatiques s'est imposée ces dernières décennies comme une thématique de recherche majeure.

Politiquement, le concept d'adaptation aux changements climatiques ne souffre d'aucune ambiguïté : il s'agit, par des politiques appropriées, de renforcer la capacité des populations les plus vulnérables à répondre aux défis posés par les changements climatiques (UNFCCC, 2007). L'International Panel on Climate Change (IPCC) définit l'adaptation comme « un changement au sein des systèmes de production en réponse à des changements/variabilité climatiques dans un contexte de changements sociaux et environnementaux en interaction. L'adaptation est une manifestation des capacités d'adaptation » (Adger, 2007). Guidée par des objectifs politiques, l'adaptation est une réponse directe et intentionnelle, imposée par une évolution climatique extérieure aux systèmes humains et naturels.

Une vaste littérature empirique existe sur l'adaptation des pratiques agricoles aux changements climatiques. Mesurer l'adaptation aux changements climatiques suppose que soit établie une relation de causalité entre un stress, le climat et une réponse adaptative à ce stress. Dans certains contextes, comme en milieux arides, l'origine climatique de l'adaptation apparaît comme évidente (Mortimore et Adams, 2001). Mais, bien souvent, il est difficile de singulariser la réponse au stress climatique. À

l'évidence, les phénomènes climatiques constituent un élément en interaction avec d'autres stress et le climat n'est jamais un facteur unique d'adaptation (Mertz *et al.,* 2009) ; Berrang-Ford, 2012 ; Huq et Reid, 2004 ; Smit et Wandel, 2006 ; Kristjanson *et al.,* 2012). Cela rend le concept d'adaptation difficile à opérationnaliser dans la perspective des changements climatiques.

Une façon d'opérationnaliser le modèle stimuli/réponse de l'IPCC consiste à prendre en compte la perception du stress climatique. Cette méthode de recueil repose sur l'idée qu'avant d'agir, les acteurs doivent nécessairement percevoir le risque (Vedwan et Rhoades, 2001 ; Grothman et Patt, 2005). De nombreuses études adoptent ainsi une mesure « en deux temps », qui repose sur ce lien entre perception et adaptation (Maddison, 2007 ; Gbetibouo, 2009 ; Bryan *et al.,* 2009 ; Ouédraogo *et al.,* 2010 ; Fosu-Mensah *et al.,* 2012 ; Silvestri *et al.,* 2012). Maddison (2007) décrit cette méthode de recueil : « Les exploitants devaient décrire les changements de long terme liés à la température ou aux précipitations observées, tout comme les mesures qu'ils avaient prises en vue de s'adapter à ces changements constatés. » D'autres auteurs adoptent une mesure similaire mais remplacent la perception des changements par la perception des risques (Hisali *et al.,* 2001 ; Wilk *et al.,* 2013 ; Tambo et Abdoulaye, 2012).

Cette approche, dominante dans la littérature sur les changements climatiques, présente plusieurs limites. D'abord, si la perception des stress joue un rôle dans les processus de décision, la perception n'est pas suffisante pour entraîner une réaction adaptative (Grothman et Patt, 2005). De plus, la collecte des perceptions peut être affectée par des biais (Maddison, 2007 ; Gbetibouo, 2009). Devant un enquêteur, les enquêtés peuvent adopter une attitude positive face aux questions posées (en répondant le plus souvent par l'affirmative), et le recueil de la perception des changements montre souvent une faible variance dans les réponses (cf. chap. 4, ce volume). Ensuite, une adaptation peut diminuer les risques associés à la variabilité/changements climatiques sans avoir été consciemment mise en œuvre dans cette perspective (Fauroux, 1989). Le cas des variétés améliorées est un bon exemple, car elles présentent généralement de nombreux avantages, parmi lesquels la tolérance à la sécheresse, la résistance aux parasites, une meilleure qualité de grains et l'augmentation des rendements. Enfin, une adaptation à un stress climatique peut résulter d'un phénomène collectif, passant au travers du filtre des perceptions individuelles. Cette idée que certains phénomènes sociaux échappent à la conscience des individus est à l'origine de la sociologie (Durkheim, 1897). Ainsi, la dynamique globale d'adaptation d'un système socio-écologique peut entraîner de nombreuses réactions mimétiques et l'adaptation peut potentiellement survenir dans ce cadre collectif.

Une approche compréhensive, qui placerait les changements de pratiques au cœur de sa démarche, nous semble constituer un modèle d'analyse beaucoup plus pertinent pour l'étude des stratégies d'adaptation aux changements climatiques. C'est cette démarche que nous présentons dans cet article, en décrivant les changements mis en œuvre par les exploitants. Ainsi, pour permettre de renforcer la résilience aux changements climatiques et s'inscrire dans la durabilité, une mesure de l'adaptation devrait satisfaire les conditions suivantes : 1) intégrer à la fois les systèmes sociaux

et écologiques ; 2) saisir le caractère contextuel des phénomènes d'adaptation (dimension spatiale) ; 3) prendre en compte le contexte de multiples stress (d'origine climatique et non climatique) dans lequel s'inscrivent ces changements, et qui sont facteur de vulnérabilité.

Dans cet article, l'adaptation est envisagée sous l'angle d'un changement, d'une prise de décision et d'une dynamique sociale. Elle est un changement des pratiques agricoles, mis en œuvre par les exploitants et s'inscrivant dans un contexte plus large. Elle est une prise de décision, mais aussi une dynamique sociale. Une étude de cas menée à Djougou (Bénin) décrit quels changements les exploitants ont apporté à leurs pratiques agricoles, et quel sens ils donnent à ces changements. Basé sur une méthodologie mixte – qualitative et quantitative –, notre modèle d'analyse utilise différentes échelles spatiales. Cinq changements récents introduits par les exploitants sont ensuite décrits dans cet article. Ces changements ont en commun d'être peu coûteux, motivés par la recherche de bénéfices rapides et ils n'impliquent que des modifications mineures des systèmes de production. Les raisons avancées pour expliquer ces changements sont liées à des opportunités commerciales, à des perspectives d'augmentation des rendements ou de diminution des risques en période de soudure.

Méthode

Cette recherche s'appuie sur une méthodologie qualitative et quantitative. D'une part, une enquête qualitative a été réalisée auprès de plusieurs villages (focus groups) et de personnes ressources (entretiens). L'objectif principal était d'identifier des changements ou introductions de nouvelles pratiques afin d'orienter le questionnaire. D'autre part, une enquête quantitative a été menée auprès de 1 211 exploitants (1 102 ménages) dans la commune de Djougou au Nord-Bénin. Carrefour commercial, la ville de Djougou se trouve au centre de six axes routiers autour desquels se concentre le peuplement. Deux transects, au nord et au sud de la commune, ont été choisis pour mener l'enquête quantitative (cf. chap. 4, fig. 1a).

Empruntée aux sciences agronomiques et écologiques, la méthode du transect offre plusieurs avantages dans le cadre de l'étude des changements de pratiques agricoles : 1) utilisée de manière exhaustive, elle permet d'étudier la dimension spatiale des phénomènes, ce qui est d'ordinaire rendu difficile par l'utilisation de méthodes d'échantillonnage. Ainsi, elle permet de tenir compte du fait que la production agricole est soumise à des contraintes d'accès aux intrants (semences, engrais, pesticides) et de revente de la production. L'éloignement du centre urbain de Djougou peut en effet représenter une contrainte aux changements de pratiques ; 2) elle permet d'adopter plusieurs échelles d'analyse : les deux transects constituent un système socio-écologique, c'est-à-dire un système cohérent de ressources sociales et écologiques en interaction à différentes échelles spatiales, temporelles et organisationnelles (Berkes, 2003). Les villages, aux limites géographiques et au système de gouvernance bien

définis, constituent des sous-systèmes contraints par le système socio-écologique. Ainsi, les infrastructures du système socio-écologique conditionnent la production agricole (intrants, revente) comme les accès ou privations en termes de santé et d'éducation des ménages de chaque sous-système.

Les transects ont été choisis pour obtenir des zones différemment dotées en infrastructures (routes, centres de santé et écoles). Les zones d'étude s'étendent sur un total de 155 km^2. Ces zones sont comprises entre les latitudes N 10°02'30 - 09°27'14 et les longitudes E 01°53'05 - 01°39'07. Dans ces deux transects, chaque ménage a été enquêté. Le ménage est défini comme un ensemble de personnes apparentées ou non reconnaissant l'autorité d'un même individu appelé « chef de ménage » et qui habitent sous un même toit. Le questionnaire « ménage » comportait différents modules liés à la composition du ménage, à l'accès à la terre, aux dépenses et aux conditions de vie du ménage. Le questionnaire « exploitant » était quant à lui centré sur le profil de l'exploitant, sa perception des changements climatique et son activité agricole.

Contexte

La zone d'étude est située à la frontière sud de la zone soudano-guinéenne, avec une pluviométrie moyenne de 1 100 mm/an (Mahé et *al*., 2012). Les ménages vivent de l'agriculture pluviale, qu'ils pratiquent sur de petites surfaces. Ayant un rôle historique de carrefour commercial « où passent presque toutes les caravanes de l'Est à l'Ouest » (Fonssagrives, 1900), la commune de Djougou possède de par cette situation un potentiel de développement agricole important, qui reste inexploité.

L'activité agricole s'exerce dans un contexte de pauvreté. Un indice de consommation agrégée des dépenses montre que 54 % des ménages vivent sous le seuil d'extrême pauvreté de 1,25 $/jour. La pauvreté monétaire s'accompagne de privations en éducation et en santé. Dans un ménage sur deux, aucun membre du ménage n'a achevé cinq années de scolarisation. En matière de santé, l'accès à l'eau potable varie beaucoup d'un sous-système à l'autre et le paludisme est endémique. La difficulté d'accès aux soins, en cas d'accès palustre, entraîne une forte mortalité infantile : près de deux tiers des ménages ont connu le décès d'un enfant.

Au niveau des sous-systèmes, la gouvernance locale est assurée par les représentants de l'État (conseillers et délégués) et les détenteurs du pouvoir coutumier (Roi). Ce dernier est responsable du droit foncier et décide de l'attribution des terres au sein du village. Institution décentralisée du ministère de l'Agriculture, le Centre régional de promotion de l'agriculture (CeRPA) vise à assurer le développement de l'agriculture à un niveau local. Des agents sont chargés de dispenser des formations et de fournir des conseils sur certaines cultures identifiées comme importantes. Le CeRPA est également chargé de distribuer les intrants et certaines semences certifiées (maïs, coton, soja et riz).

Le système socio-écologique de notre zone d'étude se compose de 18 sous-systèmes de tailles différentes (tabl. 1). En termes d'origine ethnique, le transect Nord est beaucoup plus hétérogène. Il comprend notamment des zones de peuplement récent, par des populations peules ou ditamari. La totalité ou presque des ménages vivent de l'agriculture pluviale et la main-d'œuvre est essentiellement familiale. Les ménages, en majorité polygames, sont de taille importante. La surface moyenne possédée par les ménages enquêtés est proche de 10 ha. Des différences existent entre sous-systèmes et sont liées à la qualité des sols (sols rocailleux), à la disponibilité des terres et à l'ancienneté de l'installation. De façon générale, le foncier n'est pas limitant et 79 % des ménages recourent à la jachère, ce qui est positif en termes de maintien de la fertilité des sols. Les surfaces consacrées à chaque culture sont faibles, avec en moyenne 0,8 ha par culture. On pourrait considérer deux grands types de cultures : 1) des cultures d'autosuffisance : igname, manioc, maïs, sorgho, mil. Si une part de la production peut être vendue, ces cultures sont fondamentales pour la sécurité alimentaire ; 2) des cultures à objectif commercial : arachide, coton, soja, niébé, riz et sésame. L'utilisation des intrants est faible, puisque 82 % des cultures sont réalisées sans apports. Les intrants concernent le coton, subventionné par l'État qui les fournit (92 % des cultures), le maïs (41 %) et le riz de bas-fond (24 %).

Tableau 1.
Caractéristiques des ménages et activité agricole des différents sous-systèmes composant les deux transects.

	Population	Taille moyenne des ménages	Principales ethnies	Terres possédées (en ha)	Terres cultivées (en ha)
Transect Nord					
Route Kpéré - Fin transect	52	9,3	Peuls	5,0	3,4
Kpéré (+ Route Barri)	51	9,1	Peuls, Bariba	9,1	7,7
Kpébouco	86	8,8	Yoa, Lokpa, Ditamari et autres	13,7	5,4
Aféou Nor	41	8,2	Yoa, Lokpa, Peuls	12,7	6,2
Route Tébou - Aféou Nor	32	7,6	Ditamari, Peuls, Yoa	12,3	6,4
Tébou	80	9,4	Bariba, Yoa, Peuls	14,9	6,6
Foumdea	125	8,1	Lokpa	8,3	5,0
Kolokondé	138	7,9	Peuls, Yoa, Lokpa ; Ditamari	6,0	3,7
Transect Sud					
Route Kpayerou	28	9,3	Yoa	16,5	5,5
Wassa	18	7,8	Yoa	5,4	2,9
Route Djeou	49	8,0	Yoa	11,1	2,8
Faka-Faka	25	8,4	Yoa	8,1	3,3
Goumbakou (+ Route Kpahouya)	113	8,1	Yoa	8,4	3,2
N'Kontaga + Tchognari	47	8,0	Yoa, Peuls, Lokpa, autres	7,5	3,3
Kakindoni (+ Route Kokohou)	43	7,9	Yoa, Lokpa	9,6	3,8
Route Koutouga	12	8,5	Yoa, Peuls	14,0	6,4
Pélébina	130	7,8	Yoa, Peuls, Lokpa, autres	8,0	6,7
Gbessou	32	9,1	Peuls, Yoa, Lokpa	5,5	2,6

Changements dans les pratiques agricoles

L'identification des changements s'est faite en deux temps. Les changements identifiés par les méthodes qualitatives au moyen d'entretiens et de focus groups ont ensuite fait l'objet d'un recueil quantitatif. La part des exploitants ayant adopté une pratique varie de façon importante d'un sous-système à l'autre, comme le montre la figure 1.

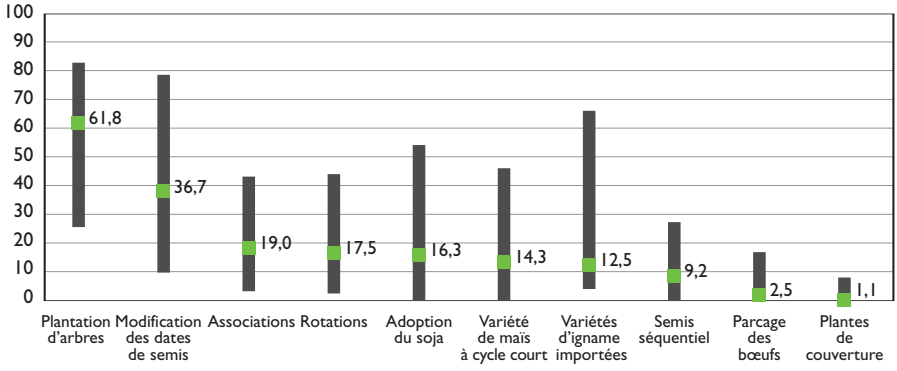


Figure 1.
Changements introduits par les exploitants de la zone d'étude.
Le graphique affiche la part moyenne des exploitants ayant modifié leur pratique et montre les valeurs minimales et maximales observées dans les sous-systèmes composant la zone d'étude. (Par exemple, si 62 % des exploitants ont planté au moins un arbre, ce chiffre n'est que de 26 % à Kpéré et de 83 % à Kpébouco et à Goumbakou).

Dans ce texte, nous aborderons les changements les plus courants chez les exploitants au cours des dix dernières années : 1) la plantation d'arbres ; 2) la modification des dates de semis ; 3) l'introduction de nouvelles associations de cultures ; 4) l'adoption de nouvelles cultures et particulièrement le cas du soja ; 5) l'adoption de nouvelles variétés. Pour chaque changement, on prendra soin de préciser le contexte dans lequel il s'inscrit, de même que le sens que les acteurs donnent à cette pratique.

La plantation d'arbres

Planter un arbre est le changement de pratiques le plus répandu chez les exploitants de la zone d'étude : 62 % ont planté un arbre au cours des 10 années précédant l'enquête. Parce qu'ils absorbent le CO_2, les arbres sont considérés comme un moyen de diminuer la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Au sein du système socio-écologique, les arbres permettent de ralentir les vents violents, ils diminuent l'évaporation et représentent un apport de matière organique pour le sol.

Le tableau 2 permet de montrer l'étendue de la plantation d'arbres au sein des différents sous-systèmes. Trois sous-systèmes ont massivement adopté cette pratique,

Tableau 2.
Descriptif de la plantation d'arbres au cours des dix dernières années au sein des deux transects.

	% des exploitants ayant planté un arbre	Nb total d'arbres plantés	Nb arbres/habitant
Transect Nord			
Route Kpéré - Fin transect	25,0	28	0,5
Kpéré (+ Route Barri)	68,6	130	1,8
Kpébouco	81,4	167	1,4
Aféou Nor	75,6	256	5,7
Route Tébou - Aféou Nor	34,4	88	2,4
Tébou	73,8	239	2,4
Foumdea	72,8	86	0,6
Kolokondé	45,7	74	0,5
Transect Sud			
Route Kpayerou	57,1	116	3,5
Wassa	50,0	241	12,7
Route Djeou	67,4	113	2,4
Faka-Faka	76,0	295	11,3
Goumbakou (+ Route Kpahouya)	81,4	171	1,6
N'Kontaga + Tchognari	55,3	147	2,9
Kakindoni (+ Route Kokohou)	72,1	153	3,2
Route Koutouga	58,3	126	9,7
Pélébina	56,2	185	1,4
Gbessou	62,5	106	3,1
Total	61,8	2 721	2,2

plantant l'équivalent de 10 arbres/exploitant au cours de la dernière décennie. Ces sous-systèmes (Wassa, Faka-Faka et Koutouga) sont de petite taille et disposent d'un vaste système écologique à leur portée. À l'inverse, on trouve moins de plantations dans les zones à plus grande densité de population (Kolokondé, Foumbéa, Pélébina) et dans les zones de peuplement récent (Route de Kpéré ; route de Tébou-Aféou Nor). Ce dernier résultat, plutôt contre-intuitif au regard de la disponibilité du foncier sur des fronts pionniers, suggère une difficulté à planter dans un contexte de droits fonciers nouvellement acquis et encore incertains. En effet, planter un arbre signifie que l'on s'approprie la terre, ce qui ne peut se réaliser sans l'approbation des autorités coutumières.

En grande majorité, ce sont des anacardes qui ont été plantés (69 %). Les entretiens mentionnent que la revente des noix d'acajou a connu une embellie ces dix dernières années, les débouchés étant assurés par les marchés locaux. Certains enquêtés mentionnent également que des formations ont été assurées par le CeRPA. Viennent ensuite le teck, et l'eucalyptus (17 %). Enfin, une partie des exploitants ont planté des arbres fruitiers (13 %) : agrumes, manguiers et papayers. Les types d'arbres plantés se distinguent selon les objectifs de la plantation, l'horizon temporel du bénéfice attendu de la plantation et le mode d'accès aux plants.

Les raisons avancées par les exploitants varient en fonction des arbres. La vente est un objectif clair dans le cas de l'anacardier, des agrumes et des palmiers à huile. L'eucalyptus, le teck et le bois blanc sont plantés pour servir à construire une charpente, ou à la revente du bois dans cet objectif. L'horizon temporel du bénéfice attendu de la plantation d'arbres est un élément important de la prise de décision des exploitants. L'anacarde est un arbre qui possède la spécificité de donner des fruits après quelques années seulement. Dans le cas du teck, celui-ci peut être coupé pour être utilisé au bout de cinq années. Dans un contexte de multiples stress, le long terme paraît incertain et les bénéfices de la plantation doivent apparaître aux yeux des exploitants sur un temps court. Cela est souligné avec force par plusieurs focus groups (FG) :

> « Pour l'anacarde, il faut 3-4 ans avant de pouvoir bénéficier de l'argent de leur revente. Avec les tecks, si tu n'as pas de chance tu vas mourir avant d'en bénéficier » (FG, Kpébouco).

Pour les plantations les plus courantes (anacardiers et tecks), l'accès aux plants ne représente aucune difficulté. Une noix de cajou est récupérée sous forme de dons ou de cueillette dans la nature. Dans le cas des tecks, des plants sauvages sont repiqués sur les terres possédées. Les arbres plantés de façon minoritaire sont conditionnés par l'accès à une pépinière. C'est le cas à Kolokondé, où une pépinière récemment ouverte propose des plants d'eucalyptus ou d'arbres fruitiers au prix de 100 FCFA/plan.

La modification des dates de semis

La date de semis des cultures est d'une importance cruciale. Après le labour, le semis marque le début des travaux agricoles et est généralement assuré par les femmes. Le choix d'une date de plantation est en lien avec le début de la saison des pluies, le cycle des variétés choisies et le système de culture. Soulignée par la littérature sur

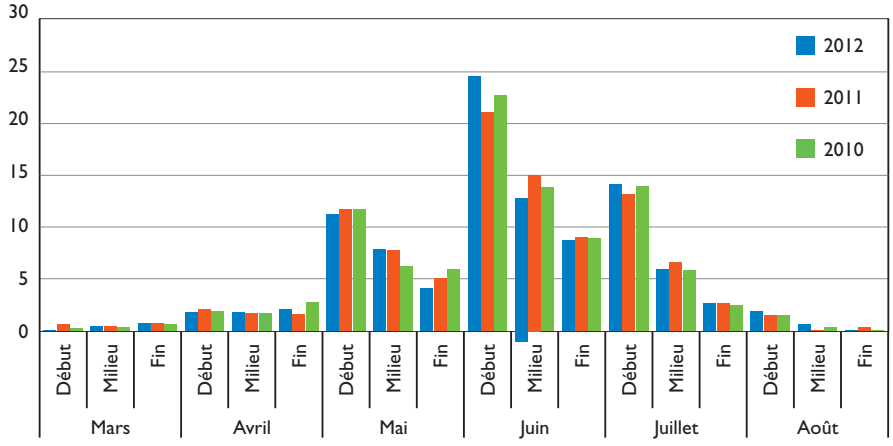


Figure 2.
Dates de semis du maïs en 2012, 2011 et 2010.

l'adaptation (Bryan *et al.*, 2009 ; Fosu-Mensah *et al.*, 2012), la modification des dates de plantation est souvent présentée comme une adaptation aux changements climatiques. De façon générale, les agricultures traditionnelles cherchent à avoir le cycle le plus long possible, car cela est synonyme d'un rendement plus grand (Rosenzweig et Tubiello, 2007). L'ajustement du semis permet aux exploitants de caler le cycle (sa longueur) par rapport au déroulement « moyen » (au sens statistique) de la saison des pluies.

S'il peut être une opportunité, le choix d'une date de semis représente également une prise de risque. Les focus groups réalisés auprès des exploitants ont permis d'identifier deux situations pluviométriques opposées, dangereuses pour les cultures aux dires des agriculteurs : d'une part, les saisons avec des pluies très (trop) abondantes, en fréquence (distribution) ou volume (et intensité), qui provoquent des dégradations, pertes d'engrais et inondations. Les cultures plantées en bas-fonds y sont particulièrement vulnérables. L'abondance des pluies peut également empêcher la floraison du maïs ou son séchage, qui doit s'effectuer dans des conditions de faible humidité. D'autre part, les périodes de sécheresse. Le maïs et le soja en particulier sont des cultures pour lesquelles une bonne répartition des pluies est essentielle : une pause pluviométrique peut gravement les compromettre (Foyet-Rabot et Wybrecht, 2006).

Parmi les exploitants, 37 % ont ajusté leurs dates de plantation du maïs au cours des trois années précédant l'enquête. Cela signifie qu'ils ont planté à une date différente au moins une fois au cours des trois précédentes années. La figure 3 montre les dates de semis des exploitants de maïs en 2012, 2011 et 2010. On observe que peu d'exploitants prennent le risque de semer en début de saison des pluies, c'est-à-dire avant le mois de mai (7 % des exploitants). Le mois de juin est perçu par les exploitants comme la période la plus propice, puisqu'il concentre un peu moins de la moitié des semis. Sur les trois années considérées, il n'est pas possible de dégager de tendance claire de modification des dates de plantation d'une année à l'autre.

Si la modification des dates de plantation est un changement souvent considéré comme une adaptation aux changements climatique, ce constat semble un peu rapide. En effet, des contraintes telles que la maladie ou l'indisponibilité de la main-d'œuvre (structurelle à l'exploitation, ou occasionnelle suite à la maladie par exemple), le non-accès au crédit et/ou aux intrants à temps, et/ou tout simplement une hiérarchisation de leurs priorités parmi plusieurs cultures peuvent amener les exploitants à modifier leurs dates de plantation sans qu'il s'agisse pour autant d'une réponse à l'arrivée des pluies. Ainsi, les dates de plantation apparaissent ici déterminées non pas en fonction de l'arrivée des pluies, mais selon une stratégie de minimisation des risques. Le semis s'effectue à une période où la pluie est bien installée (juin) et où le risque de poche de sécheresse est jugé comme faible par les exploitants (FG, Kpébouco).

L'introduction de nouvelles associations

Parmi le total des cultures pratiquées par les exploitants, un quart seulement sont associées à une seconde culture. L'association culturale – définie comme le fait de

cultiver plusieurs espèces sur une parcelle avec chevauchement des cycles – se traduit généralement par une concurrence entre cultures (eau, enracinement, lumière), mais peut également, en associant certaines espèces, générer une complémentarité de cycles et d'espaces (FOYET-RABOT et WYBRECHT, 2006).

L'introduction de nouvelles associations concerne près d'un exploitant sur cinq. Dans la majorité des cas, c'est le sorgho qui est associé. On l'associe au maïs, à l'arachide et à l'igname. Le sorgho possède une propriété importante pour l'association culturale : c'est une plante à cycle long, capable de réguler sa physiologie. Associé au maïs, le sorgho peut avoir une production voisine de celle qu'il obtiendrait en culture pure. Les autres associations concernent le maïs, principalement associé à l'igname, et le mil, associé à l'igname ou l'arachide.

Parmi les introductions de nouvelles associations ces dix dernières années, une majorité concerne l'association maïs/sorgho et l'association igname/maïs. Ainsi, l'introduction de nouvelles associations représente surtout la progression d'une association déjà pratiquée par bon nombre d'exploitants (maïs/sorgho). Les associations avec des légumineuses (maïs/niébé), permettant de régénérer les sols, sont tout à fait minoritaires. Conseillée par les agronomes du CeRPA, l'association maïs/soja est quasiment inexistante.

Ces résultats ne permettent pas de mettre en lumière une association nouvellement introduite qui serait une réponse à une modification des paramètres climatiques. L'association culturale à Djougou est une pratique agricole pour laquelle une perspective d'amélioration importante existe. Une réponse à l'augmentation des températures liée aux changements climatiques, qui représentera un stress pour de nombreuses espèces, pourrait être envisagée *via* des associations culturales pertinentes.

L'introduction de nouvelles cultures : le cas du soja

À l'échelle des deux transects, près d'un exploitant sur deux (47 %) a introduit une nouvelle culture au cours des dix dernières années (fig. 3). L'éventail de ces cultures fournit un aperçu de l'importante dynamique des systèmes agricoles.

Les cultures le plus souvent introduites au cours des dix dernières années sont le soja (16 %), le maïs (12 %) et le riz de bas-fond (11 %). Le soja affichant la progression la plus importante avec des dynamiques spatiales évidentes, nous nous focaliserons sur cette culture dans cet article. Innovation majeure dans certains sous-systèmes, le soja présente en outre différentes possibilités (consommation, transformation en fromage ou commerce).

Dans certains sous-systèmes, l'introduction de la culture de soja a concerné un exploitant sur deux. C'est le cas à Kpéré, où le soja introduit il y a vingt ans s'est depuis largement diffusé. On plante davantage le soja de 3 mois (71 %) que le soja de 4 mois et le marché local est le principal lieu d'approvisionnement en semences. La culture du soja donne lieu à des stratégies très différentes.

D'une part, le soja est une opportunité commerciale et permet de rapporter des revenus immédiats. Il se revend plus cher que le maïs (de 300 FCFA à 700 FCFA/kg contre

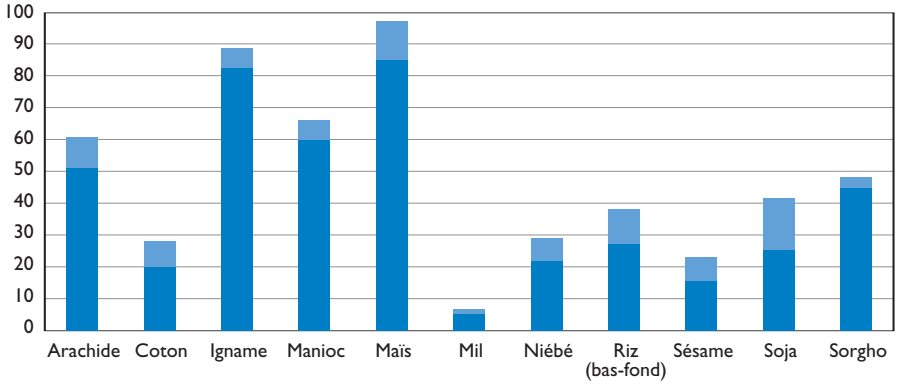


Figure 3.
Part des exploitants ayant emblavé la culture indiquée au cours de la saison agricole 2012. La couleur bleu clair est utilisée pour indiquer les cultures introduites au cours des 10 dernières années.

200 FCFA à 500 FCFA/kg pour le maïs selon la période) et se conserve bien. Le soja peut se consommer et se vendre à tout moment de l'année, pour pallier les difficultés. D'autre part, le soja est utilisé par les femmes pour la fabrication du fromage. Si seulement 10 % des exploitants de notre zone d'étude sont des femmes, elles représentent 28 % des producteurs de soja. Il peut être consommé au sein du ménage, généralement en accompagnement de la sauce. Les centres de santé promeuvent son intérêt nutritionnel, notamment pour les enfants (FG, Wassa). Il peut également être vendu et fournit une source de revenus pour les femmes. Plusieurs projets sont intervenus dans la zone pour promouvoir la technique de transformation du soja en fromage. À Wassa, des foyers à trois pieds viennent d'être installés au centre de village, pour permettre aux femmes de fabriquer et revendre du fromage de soja. La maîtrise de la technique se fait généralement par l'intermédiaire d'un membre de la famille, souvent originaire d'un autre village. Le soja est acheté au prix moyen de 1 000 FCFA et les fromages sont revendus à 1 500 FCFA.

Les exploitants n'ayant pas adopté le soja mentionnent la mauvaise qualité de leurs sols, la non-maîtrise de la technique (FG, Koutouga) ou encore la présence de prédateurs (FG, Wassa). Le manque de main-d'œuvre disponible est également un facteur important (FG, Goumbakou et Aféou Nor), ce qui laisse supposer des stratégies de mobilisation de la force de travail de la part des adoptants du soja. En effet, parmi les exploitants chefs de ménage, la culture du soja est toujours réalisée en complément des cultures vivrières traditionnelles que sont l'igname, le sorgho et le maïs.

Introduction de nouvelles variétés de maïs et d'igname

Maïs et igname ont été adoptées par les exploitants. Ces cultures sont à la base de la sécurité alimentaire des ménages, et les exploitants ont su profiter des opportunités offertes par de nouvelles variétés. Il s'agit de variétés à cycle court, vendues par

le CeRPA dans le cas du maïs, ou de variétés offrant un rendement supérieur, généralement importées du Nigeria dans le cas de l'igname.

S'accompagnant la plupart du temps d'un abandon des variétés traditionnelles, l'adoption d'une variété de maïs à cycle court concerne 14 % des exploitants. Mises au point par l'Institut national des recherches agricole du Bénin (Inrab) en collaboration avec l'International Institute for Tropical Agriculture (IITA), deux variétés sont vendues au CeRPA de Djougou. Sont décrits comme des variétés tolérantes à la sécheresse (Document technique du MAEP, 2010) les maïs EV DT 97 STR W dit *Mougnangui* (« l'endurant ») de 90 jours et 2000 syn. EE W dit *Ku Gnaayi* (« combat la famine ») de 75 jours. Ce raccourcissement du cycle du maïs représente une avancée par rapport au maïs traditionnel, d'une période de 120 jours (Inspection générale de l'agriculture coloniale, 1908). Ces variétés de maïs sont des variétés composites dont les semences peuvent être utilisées 2-3 années, même si leurs performances diminuent avec le temps.

Se fournir en semences auprès du CeRPA, situé à Djougou, reste une barrière pour bon nombre d'exploitants. Ces barrières sont d'origine géographique et économique. D'une part, certains sous-systèmes sont situés loin du CeRPA, ce qui encourage le recours aux semences achetées sur les marchés, disponibles plus facilement. Ainsi, on observe que quelques sous-systèmes, généralement de petite taille et non situés sur l'axe principal (Kpayérou, Koutouga, Kpéré), n'ont presque pas adopté le maïs à cycle court. D'autre part, les variétés à cycle court proposées par le CeRPA sont vendues plus cher sur les marchés. En 2012, le maïs EV DT 97 STR W se vendait 500 FCFA/kg, alors qu'un maïs de 90 jours peut être trouvé au marché pour l'équivalent de 300 FCFA/kg. Les exploitants sont toutefois nombreux à mentionner la certitude d'obtenir un maïs de 3 mois avec le CeRPA, ce qui n'est pas le cas lorsque les semences sont achetées au marché :

> « Au marché, les gens mélangent les variétés et on se retrouve avec n'importe quoi. On ne peut jamais être sûr que c'est bien du maïs 3 mois » (FG, Faka-Faka).

En conséquence, parmi les exploitants ayant planté un maïs à cycle court en 2012, un exploitant sur deux s'était effectivement fourni auprès du CeRPA. L'adoption d'une variété à cycle court présente des liens évidents avec la variabilité climatique : plus une variété est longue à mûrir, plus elle est exposée au risque de non-atteinte de la maturité de la plante.

Contrairement à celle du maïs, plante d'origine américaine importée en Afrique, la culture de l'igname possède une profondeur historique dans la région (Inspection générale de l'agriculture coloniale, 1908 ; Chevalier, 1912). Il existe deux groupes d'ignames : *Dioscorea cayenensis,* grosses ignames de 12 mois, et *Dioscorea rotundata*, petites ignames de 8 mois. Les grosses ignames sont généralement cultivées sur les sols sablonneux, et les petites sur des sols durs. L'igname est une culture exigeante en fertilité et en matières organiques, particulièrement les variétés précoces (Foyet-Rabot et Wybrecht, 2006).

À côté des variétés traditionnelles « Assouna » et « Noudoss » se sont développées des variétés en provenance d'autres régions, parfois appelées dans le langage courant ignames « Bariba » ou « Yoruba ». Les principales variétés importées dans la zone

et adoptées par les exploitants sont Yanouha, Morkonnoudje, Coutonouma, Kpataga, Idolona, Palacana et Wotanam. Exprimées en langues vernaculaires, ces variétés n'ont pas pu être rattachées à leur nom scientifique. Il s'agit en grande majorité de variétés précoces. Ces variétés se distinguent également par leur mode de multiplication, réputé plus facile.

Ce sont 12,5 % des exploitants qui ont adopté une nouvelle variété d'igname au cours des dix dernières années. Mais ce chiffre cache des différences considérables d'un sous-système à l'autre. Certains sous-systèmes ont été particulièrement novateurs, puisque cette pratique y concerne parfois un exploitant sur deux (Wassa), et même deux sur trois (Faka-Faka). Elle est en revanche très faible dans certaines zones, comme Tébou, Kpébouco ou la Route de Koutouga (moins de 5 % des exploitants). Les phénomènes migratoires semblent expliquer l'origine et la dispersion géographique des variétés dans la zone d'étude. L'introduction d'une variété dans un sous-système peut remonter à la migration des parents des exploitants (FG, Pélébina) : lorsqu'ils revenaient, ils n'avaient plus de semences et emportaient avec eux les variétés d'igname originaires de leur zone de migration. Elle peut également être liée à des migrations plus récentes. À Faka-Faka, la variété Yonouha s'est imposée au détriment des autres, en raison d'une meilleure productivité et du mode de multiplication des semences (qui peut se réaliser à partir d'un bout d'igname, contrairement aux variétés locales que l'on plante à partir des semences constituées après la récolte des premiers tubercules). Elle a été importée par un des exploitants du village parti effectuer des travaux agricoles à Kissi, au Nigeria. La variété s'est ensuite répandue dans le village par des dons, puis par des ventes de semences. Aujourd'hui, quelques années plus tard, elle est cultivée par deux tiers des exploitants de Faka-Faka.

Le tableau 3 expose les raisons de l'adoption de variétés de maïs à cycle court ou d'ignames importées. On observe que, dans les deux cas, les raisons climatiques (sécheresse/pluies irrégulières pour le maïs à cycle court) ou environnementales (sols pauvres pour l'igname) sont minoritaires. Dans le cas du maïs, ce sont les caractéristiques variétales de la plante (cycle court et meilleur rendement) qui apparaissent comme les principales raisons mises en avant. Les exploitants soulignent le fait que cette variété permet de récolter en période de soudure, durant laquelle les ressources font généralement défaut. Dans le cas du maïs à cycle court, si le climat est un facteur d'adaptation, il n'est ni le seul, ni l'élément déclencheur. Concernant l'igname, un meilleur rendement est la principale raison mise en avant par les exploitants (25 %). Viennent ensuite les qualités gustatives et le fait qu'il permet de récolter plus tôt, ce qui coïncide avec la période de soudure. La mise en avant de qualités gustatives et de préparation culinaire et le fait de davantage s'appuyer sur des recommandations distingue l'igname du maïs.

Dans les deux cas, ces changements de pratiques sont liés à la sécurité alimentaire des ménages. Un meilleur rendement et surtout une production qui arrive plus tôt sont les principales raisons poussant les exploitants à adopter de nouvelles variétés. Ce faisant, en considérant les incertitudes et les risques agricoles, les exploitants se réfèrent en premier lieu à l'échelle temporelle qui est celle du cycle agricole et de la période de soudure pour justifier ces changements. L'échelle temporelle de la pluviométrie ne semble pas, ou peu, intervenir dans leur prise de décision. Tout au

Tableau 3.
Raisons avancées pour justifier l'introduction d'une nouvelle variété de maïs ou d'igname au cours des 10 dernières années. Plusieurs réponses possibles.

	Maïs	Igname
Accès aux semences		
Variétés aux semences gratuites/peu chères	0,8	6,3
Variétés aux semences faciles à obtenir	7,3	7,5
Variété recommandée par le CeRPA	1,1	0,0
Variété recommandée par un ami/famille	3,5	7,7
Caractéristiques variétales		
Meilleur rendement	18,6	24,9
Permet de faire plusieurs récoltes dans l'année	1,4	4,0
Permet de récolter plus tôt	30,9	9,1
Demande moins d'engrais	4,3	0,7
Plus résistante à la sécheresse/pluies irrégulières	3,0	1,0
Plus résistante aux inondations	0,1	0,0
Plus résistante aux mauvaises herbes	0,1	0,2
Contient plus de farine	4,6	/
Mieux adaptée aux sols appauvris	0,0	0,9
Meilleur goût	6,9	12,2
Récolte et débouchés		
Plus facile à revendre	4,7	6,8
Se conserve mieux	0,5	0,3
Arrive à point pendant la soudure	5,8	8,7
Autre	6,1	9,8
Total	*100*	*100*

plus peut-on voir une convergence d'intérêts entre la diminution du risque pluviométrique et le fait de pouvoir récolter plus tôt, au cours d'une période généralement difficile.

Conclusion

Dans un contexte de pauvreté caractéristique des communautés rurales ouest-africaines, les exploitants innovent et modifient leurs pratiques agricoles. Les changements décrits dans ce chapitre ont en commun leur faible coût, un degré d'ajustement des systèmes relativement faible et la recherche de bénéfices sur un horizon temporel restreint. Dans leurs modifications, les exploitants privilégient avant tout la sécurité alimentaire de court terme. Ainsi, ces stratégies peuvent apparaître comme des formes de réponse à la pauvreté et à ses conséquences et nous renseignent sur la capacité d'adaptation passée et présente des exploitants agricoles aux changements climatiques.

Les raisons des changements de pratiques, saisies de manière compréhensive, nous ont permis de montrer qu'un changement peut diminuer les risques associés à la variabilité/changements climatiques sans avoir été consciemment mise en œuvre dans cette perspective. D'une part, le sens que les acteurs donnent à leurs pratiques adaptatives laisse peu de place aux raisons climatiques ou environnementales. Les opportunités commerciales offertes, la perspective d'augmentation des rendements ou de diminution des risques en période de soudure sont davantage exprimées par les exploitants. Ainsi, l'introduction de nouvelles variétés de maïs résistantes à la sécheresse, qui permet d'augmenter la résilience aux changements climatiques, n'est que minoritairement présentée comme telle par les exploitants. D'autre part, comme c'est le cas avec la plantation d'arbres, on observe que certains changements peuvent permettre d'augmenter la résilience aux changements climatiques futurs en apportant une plus-value écologique (apport de matières organiques, absorption du CO_2). S'il ne s'agit en aucun cas de l'objectif visé par les exploitants, dans une perspective de développement durable, il nous semble important de considérer les conséquences des adaptations sur le système socio-écologique.

Notre démarche a également permis de montrer que l'adaptation apparaît comme intrinsèquement liée au contexte dans lequel elle s'exprime, guidée par des normes sociales et des interactions qui, au-delà des décisions individuelles, expriment la dynamique des sous-systèmes. En adoptant différentes échelles spatiales (le système socio-écologique, les sous-systèmes et les ménages), ce travail a permis de montrer que chaque sous-système dessine une figure différente de l'adaptation. Au niveau du système socio-écologique, les variables spatiales jouent un rôle important, conditionnant les contraintes et opportunités des exploitants ; au niveau des sous-systèmes, des phénomènes sociaux échappant potentiellement à la perception des exploitants sont probablement à l'œuvre ; au niveau des ménages et des exploitants, différents objectifs et priorités peuvent expliquer la prise de décision menant à l'adaptation. Dès lors, il semble tout à fait envisageable qu'une stratégie d'adaptation puisse résulter d'un phénomène collectif, passant au travers du filtre des perceptions individuelles.

Remerciements

Nous aimerions particulièrement remercier Pascal Marnotte, malherbologue (Cirad) pour ses conseils lors de la conception de l'enquête et de l'interprétation des résultats. Ce travail n'aurait pas été possible sans toute l'équipe des enquêteurs que nous aimerions également remercier ici.

Références

Adger W. N., Agrawala S., Mirza M. M. Q., Conde C., O'Brien K., Pulhin J., Pulwarty R., Smit B., Takahashi K., 2007
« Assessment of adaptation practices, options constraints and capacity ».
In Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J., Hanson C. E., eds : *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability,* Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK, Cambridge University Press : 717-743.

Berkes F., Colding J., Folke C., 2003
Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change.
Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Berrang-Ford L., Ford J. D., Paterson J., 2012
Are we adapting to climate change?
Global Environmental Change, 21 (1) : 25-33.

Bryan E., Deressa T.G., Gbetibouo A. G., Ringler C., 2009
Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: Options and constraints.
Environmental Science & Policy, 12 (4) : 413-426.

Chevalier A., 1912
Rapport sur une mission scientifique dans l'Ouest africain (1908-1910).

Document technique du MAEP, 2010
Répertoire des variétés de maïs vulgarisées du Bénin. Bibliothèque nationale du Bénin.

Durkheim E., 1897
Le suicide.
Paris, Presses universitaires de France, Quadrige Grands textes.

Fauroux E., 1989
« La grêle à Cangahua (Équateur andin) ».
In Eldin M. et Milleville P., éd. : *Le risque en agriculture,* Paris, Éditions de l'Orstom, coll. À travers champs.

Fonssagrives J.-B., 1900
Notice sur le Dahomey : publiée à l'occasion de l'Exposition Universelle/sous la direction de M. Pierre Pascal.

Fosuh-Mensah B. Y., Vlek P. L. G., MacCarthy D. S., 2012
Farmers' perception and adaptation to climate change: a case study of Sekyedumase district in Ghana.
Environment Development Sustainability, 14 : 495-505.

Foyet-Rabot C., Wybrecht B., 2006
« Les associations et les successions de cultures ».
In Le Mémento de l'agronome, Paris, éditions Quae.

Gbetibouo A. G., 2009
Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability. The Case of the Limpopo Basin, South Africa.
IFPRI Discussion Paper 00849.

Grothmann T., Patt A., 2005
Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change.
Global Environmental Change, Part A 15 : 199–213.

Hisali E., Birungi P., Buyinza F., 2011
Adaptation to climate change in Uganda: evidence from micro level data.
Global Environmental Change, 21 : 1245-1261.

Huq S., Reid H., 2004
Mainstreaming Adaptation in Development.
IDS Bulletin, 35 (3).

Inspection générale de l'agriculture coloniale, 1908
L'Agriculture pratique des pays chauds.

Kristjanson P., Neufeldt H., Gassner A., Sayula G., Thiede B., Förch W., Coe R., 2012
Are food insecure smallholder households making changes in their farming practices? Evidence from East Africa.
Food Security, 4 : 381-397.

Liebmann B., Marengo J. A., 2001
Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon basin.
Journal of Climate, 14 : 4308-4318.

Maddison D., 2007
The perception of and adaptation to climate change in Africa.
CEEPA Discussion Paper 10, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, University of Pretoria, South Africa.

Mahé G., Rouché N., Dieulin C., Boyer J.-F., Ibrahim B., Crès A., Servat E., Valton C., Paturel J.-E., 2012
Carte des pluies annuelles en Afrique 1940-1999.
IRD, Service de cartographie.

Mertz O., Mbow C., Reenberg A., Diouf A., 2009
Farmer's perceptions of Climate Change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel.
Environmental Management, 43 : 804-816.

Mortimore M., Adams W. M. 2001
Farmer adaptation, change and "crisis" in the Sahel.
Global Environmental Change, 11 : 49-57.

Ouédraogo M., Dembélé Y., Somé L., 2010
Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso.
Sécheresse, 21 (2) : 87-96.

Rosenzweig C., Tubiello F. N., 2007
Adaptation and mitigation strategies in agriculture: An analysis of potential synergies.
Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12 : 855-873.

Silvestri S., Bryan E., Ringler C., Herrero M., Okoba B., 2012
Climate change perception and adaptation of agro-pastoral communities in Kenya.
Regional Environmental Change, 12 (4) : 791-802.

Smit B., Wandel J., 2006
Adaptation, adaptive capacity and vulnerability.
Global Environmental Change, 16 (3) : 282-292.

Tambo J. A., Abdoulaye T., 2012
Smallholder farmers' perceptions of and adaptations to climate change in the Nigerian savanna.
Regional Environmental Change, 13 : 375-388.

UNFCCC, 2007
Climate Change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries.
68 p.

Vedwan N., Rhoades R., 2001
Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response.
Climate Research, 19 : 109-117.

Wilk J., Andersson L., Warburton M., 2013
Adaptation to climate change and other stressors among commercial and small-scale South African farmers.
Regional Environmental Change, 13 : 273-286.

Chapitre 18

Le retour du mil sanio dans le Sine

Une adaptation raisonnée à l'évolution climatique

Bertrand Muller, *Richard* Lalou, *Patrice* Kouakou, *Mame Arame* Soumaré, *Jérémy* Bourgoin, *Séraphin* Dorégo, *Bassirou* Sine

Introduction

Depuis le milieu des années 2000, le mil de type sanio[1] est réapparu dans plusieurs villages du Sine, entre Bambey, Diourbel et Fatick. Pourtant, ce mil à cycle long avait disparu des paysages agraires de la moitié nord du Sénégal au cours des années 1970 en raison de la raréfaction brutale des pluies, pour se maintenir plus au sud, dans les régions arrosées du Saloum et au-delà jusqu'en Casamance. Étant donné que la quantité des pluies a augmenté à partir du milieu des années 1990 partout au Sénégal (Salack *et al.,* 2011), nous avons formulé l'hypothèse que cette résurgence pourrait constituer un « marqueur » agronomique robuste de l'évolution pluviométrique récente dans le centre-ouest du Sénégal et témoigner de la capacité des paysans à s'adapter rapidement et de façon autonome, *i. e.* sans l'appui de l'ingénierie agronomique[2], aux changements de leur environnement.

Pour autant, si l'opportunité climatique – offerte par le retour des pluies – paraît une condition nécessaire à la production du sanio, elle n'est peut-être pas suffisante pour expliquer que le sanio n'est plus aujourd'hui, comme par le passé, le choix de tous les paysans. Depuis que la thématique du changement climatique est devenue un paradigme ordinaire de la science et de l'action publique, il est usuel de reconnaître que l'agriculture africaine manque de moyens financiers et technologiques pour

1. « Sanio » est le terme wolof utilisé pour désigner cette variété de mil. Les Sereer du Sine utilisent le terme de « matye » (qui se prononce « match »).

2. La recherche étant, logiquement suite aux décennies sèches, principalement occupée à promouvoir des variétés à cycle court peu exigeantes en eau.

s'adapter aux aléas climatiques et environnementaux (Adger *et al.*, 2006a et 2006b). Pourtant, l'adaptation, qu'elle soit individuelle ou collective, n'est pas inconnue des paysans d'Afrique, qui tous les jours font face à la précarité (des ressources et des conditions de vie) produite par les variations et les événements extrêmes du climat. Elle est même une nécessité, inhérente à toute stratégie de survie des familles les plus vulnérables. Donc, tout comme que le climat n'est probablement pas une condition suffisante à l'adaptation, la pauvreté n'en est sans doute pas davantage une limite absolue. L'adaptation (ou l'option adaptative) répond à un ensemble complexe de contraintes, d'opportunités et de choix, motivés par les trajectoires et les capacités des paysans. La mémoire agricole et culturelle des acteurs et du système, les ressources des paysans (sol, main-d'œuvre et moyens financiers), le système d'exploitation pratiqué et les influences professionnelles peuvent expliquer, avec d'autres facteurs, que dans un même contexte climatique et parmi une paysannerie généralement pauvre on décèle des différences importantes dans les pratiques d'adaptation agricoles.

Dans le cadre du projet de recherche Escape (2011-2015), nous nous sommes intéressés à la réapparition du sanio dans la région agricole sereer située entre Bambey, Diourbel et Fatick, afin d'en cerner l'importance et d'en comprendre les différents déterminants, qu'ils soient biophysiques, économiques ou sociaux-culturels. Nous avons en premier lieu voulu vérifier le rôle du regain pluviométrique dans ce processus et évaluer l'impact des risques climatiques sur la production de cette culture. Puis une enquête sociologique et agronomique sur un échantillon de 1 000 exploitations agricoles, complétée par des entretiens avec les exploitants et des observations de terrain, a permis de fournir un modèle explicatif au niveau des exploitations du retour du sanio et d'évaluer les surfaces emblavées. Enfin, nous avons tenté de décrire les dynamiques de diffusion du sanio à partir d'une analyse spatiale et historique. En reconstituant une première histoire locale du sanio, nous avons donc voulu interroger les capacités et les limites d'adaptation des petites exploitations familiales de cette région du Sénégal à une évolution climatique.

Une région agropastorale sous contraintes climatiques et démographiques

Située dans le bassin arachidier du Sénégal, au sud de l'ancien royaume du Baol, la zone de notre étude recouvre le nord de l'ancien royaume sereer du Sine et les régions administratives de Fatick (essentiellement), Diourbel, Thiès et Kaolack (Becker et Mbodj, 1999 ; Becker, 2014). Depuis l'indépendance du Sénégal, le territoire, la population et la société sine ont été abondamment décrits (Pelissier, 1966 ; Cantrelle, 1966 ; Lericollais, 1972), grâce notamment au fonctionnement, sur plus de cinquante ans, d'un système d'observation écologique, sociale et sanitaire de trente villages de l'arrondissement de Niakhar (Delaunay *et al.*, 2013).

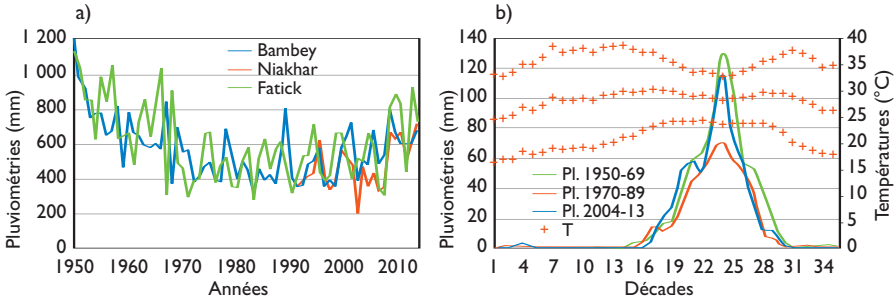


Figure 1.
(a) Évolutions des pluviométries annuelles depuis 1950 ;
(b) valeurs décadaires moyennes des pluviométries
sur les périodes 1950-1969, 1970-1989 et 2004-2013,
et températures maximales, minimales et moyennes
sur la période 1990-2013 à Bambey.

La région est soumise à un climat semi-aride de type soudano-sahélien. Les températures y sont élevées (28,1 °C en moyenne à Bambey sur 1980-2013) et la pluviométrie faible (respectivement 512, 474 et 546 mm à Bambey, Niakhar et Fatick sur 1980-2013), se concentrant essentiellement entre mi-juin et fin septembre, avec une forte variabilité interannuelle en quantité et répartition (fig. 1a et 1b). Cette courte saison des pluies, appelée « hivernage », ne permet qu'un cycle de culture chaque année. Comme partout ailleurs dans le Sahel, la pluviométrie a fortement diminué au début des années 1970 – passant de 719 mm à Bambey (780 mm à Fatick) sur 1950-1969 à 478 mm (604 mm) sur les 20 années suivantes. Cette phase sèche a perduré près de trois décennies avant que l'on assiste depuis le milieu des années 1990 à une remontée des cumuls pluviométriques, avec en particulier une amélioration entre août et la mi-septembre (Salack *et al.,* 2011).

Le système agropastoral conserve ses traits dominants d'origine depuis plus de cinquante ans. Les emplacements des villages et des premiers défrichements se sont faits de préférence sur les étendues plates à sols dits *dior*, sols sableux largement dominants, perméables à horizon supérieur facile à travailler et à ameublir, mais à faible pouvoir de rétention d'eau et de fertilité médiocre, laissant en général à la périphérie des terroirs les zones déprimées (bas-fonds) de sols dits *dek*, sablo-argileux (5 à 10 % d'argile au lieu de 2 à 5 % pour les *dior*), minoritaires, plus fertiles et plus aptes à retenir l'eau, mais moins perméables et durcissant rapidement après les pluies. Ces terroirs produisent principalement du mil *(Pennisetum glaucum)*[3] et de l'arachide *(Arachis hypogaea)*, mais également du sorgho *(Sorghum bicolor),* du niébé *(Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata)* et de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa*). Le mil est la culture vivrière de base, tandis que les revenus monétaires sont pour l'essentiel fournis par l'arachide, qui contribue cependant aussi à l'alimentation (graines, huiles, et fanes pour les animaux). Depuis quelques années, ces revenus sont de plus en plus souvent complétés par l'embouche ovine, et même bovine, et par d'autres spéculations comme la pastèque (*Citrullus lanatus*).

3. Plusieurs appellations, parmi lesquelles « mil pénicillaire », « mil à chandelles », « petit mil », « mil perlé ».



Figure 2.
Images du terroir et des pratiques agricoles sereer, avec, de haut en bas et de gauche à droite : campagne en saison sèche ; zone de parcage ; semis au semoir attelé (ici d'arachide) ; levée de mil ; mil à 1 mois environ ; acacia Faidherbia albida *et son effet fertilisant ; mil en développement ; mil souna proche de la récolte ; arachide proche de la récolte ; mil sanio proche de la récolte ; Amadou Diouf, paysan sereer de Nguayokhèm qui n'a jamais arrêté le sanio, avec plant de sanio ; utilisation de la houe attelée pour déterrer l'arachide à la récolte ; chandelles de mil souna et greniers où elles seront stockées ; stockage des pailles de mil en meules et de fanes de niébé dans les baobabs.*

Il y existe deux types de mil : le souna et le sanio. Leur sélection, opérée depuis plusieurs siècles, est une adaptation aux aléas du climat, aux sols et aux besoins des paysans (grains et paille). Le mil souna[4] a un cycle court d'environ 3 mois et relativement constant, car peu sensible à la photopériode. Le mil sanio a un cycle plus

4. « Souna » est le terme wolof. En sereer, on dit « pod ».

long d'un mois à un mois et demi, et variable selon la date de semis, dans la mesure où il est beaucoup plus sensible à la photopériode. Il s'agit là d'un caractère adaptatif à la variabilité de la date de démarrage de la saison des pluies (Vaksmann *et al.,* 1996 ; Kouressy *et al.,* 2008) qui lui permet d'ajuster la longueur de son cycle à celle de l'hivernage. Selon les pluies, s'ils lèvent précocement – soit au cours de la première décade de juin –, les cycles respectifs du sanio et du souna sont d'environ 135-140 et 95 jours, alors que s'ils lèvent tardivement fin juillet ou début août, leurs cycles sont d'environ 110 et 85 jours. Le sanio a une taille plus élevée (3-3,5 m *vs* 2-2,5 m) et produit plus de tiges et pailles que le souna, mais cependant la même quantité de grains, voire un peu moins, avec un potentiel qui plafonne à 3 tonnes à l'hectare dans les meilleures conditions (Dancette, 1983 a et b ; Siéné Laopé *et al.,* 2010). Par rapport à ce chiffre, il est bon de souligner que dans cette région les rendements paysans en mil oscillent en moyenne entre 500 et 700 kg/ha (chiffres moyens sur les deux dernières décennies), du fait de nombreuses contraintes (faible fertilité, faiblesse des apports fertilisants, attaques biotiques) qui se surimposent aux déficits pluviométriques (Kouakou *et al*., 2013).

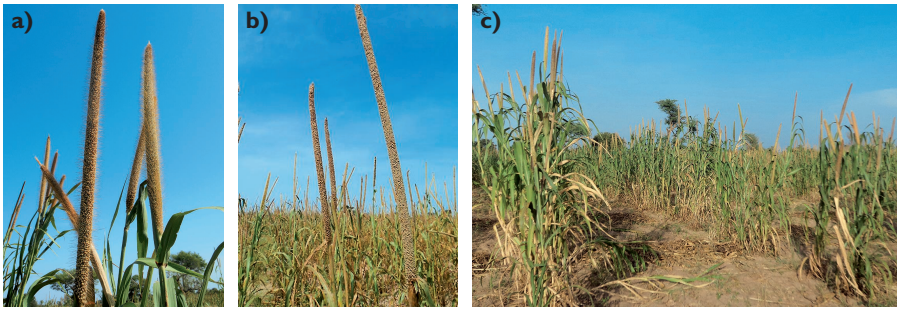


Figure 3.
(a) Chandelles de sanio ; (b) chandelles de souna ; (c) lignes de sanio (après récolte du souna).

Enfin, le sanio se distingue du souna par « l'aristation » de ses épis (fig 3a) : ce terme traduit la présence de poils longs (5 à 6 cm) et durs, dits aussi « barbes », qui protègent très efficacement les « chandelles » (on désigne ainsi les épis du mil) des attaques des oiseaux. Les chandelles du mil souna en sont dépourvues (fig. 3b). Ce caractère est fort utile en fin d'hivernage quand le sanio est seul dans le paysage et constitue donc une cible bien visible offerte aux attaques des oiseaux « mange-mil » (*Quéléa quéléa*). Cette protection permet aux paysans de pouvoir prendre leur temps et de prioriser d'autres tâches agricoles (récolte et post-récolte de l'arachide) avant d'aller récolter le sanio. Il faut ajouter aussi que les grains du sanio sont sensiblement plus gros que ceux du souna[5]. Outre leur exceptionnelle adaptation à la « sécheresse », les mils souna et sanio sont adaptés aux sols *dior* légers et pauvres, même si le sanio s'accommode également des sols *dek-dior* un peu plus hydromorphes.

5. Cela varie beaucoup selon leur remplissage. Au maximum on a des valeurs de poids de mille grains de 8 à 9 grammes pour le souna et de 10 à 12 grammes pour le sanio. Cependant souvent, compte tenu des manques d'eau de fin de saison, les grains de sanio sont plus petits que ceux du souna

Leurs productions de grains et pailles sont complétées par celles de l'arachide, qui occupe les mêmes sols, et du sorgho qui lui s'accommode bien des sols *dek*. Cette agrodiversité favorise aussi l'étalement des travaux agricoles.

L'élevage s'associe à la culture en un système agropastoral exceptionnel en Afrique de l'Ouest. Les troupeaux nombreux, appartenant aux paysans sédentaires, parcourent les champs abandonnés à la vaine pâture pendant un temps plus ou moins long de la saison sèche, puis partent en majorité en saison pluvieuse en transhumance, ou sont pour certains maintenus sur les terroirs dans les rares parcelles où l'on pratique encore la jachère annuelle enclose (Faye *et al.,* 1999). L'élevage bénéficie bien évidemment aussi des résidus de récolte. L'association agriculture-élevage permet un maintien de la fertilité des sols sans un recours à la jachère longue. En fait, le maintien de la fertilité découle de différentes pratiques complémentaires : 1) la culture d'une céréale dominante très peu exigeante, le mil ; 2) l'utilisation des déjections des troupeaux, soit directement lors des parcages, soit par transport des fumiers et litières ; 3) les apports des déchets organiques domestiques ; 4) le respect d'une rotation céréale-légumineuse, principalement entre le mil et l'arachide ; 5) des jachères ; 6) l'entretien d'un parc arboré d'acacias *Faidherbia albida*, légumineuse dont les feuilles riches en azote sont coupées pour être données aux animaux ou tombent au sol, créant des « tâches de fertilité » (fig. 2).

Ces pratiques complémentaires ont contribué à structurer les terroirs, où l'on distingue d'abord une couronne de champs proches autour des habitations, appelés « champs de case ». Ils sont les plus fertiles car ils bénéficient des apports domestiques et des parcages, surtout des petits ruminants, voire d'apports de fumier. Au-delà de cette couronne se trouvent les autres champs, dits « champs de brousse », où l'on trouve les autres modalités de gestion de la fertilité, dans des proportions qui ont évolué au cours du temps et varient quelque peu entre les villages. Par ailleurs, traditionnellement, les champs de case étaient cultivés essentiellement en monoculture continue de mil souna, alors que le mil sanio occupait, avec l'arachide et des jachères, la grande majorité des terres arables des champs de brousse et était prédominant dans le paysage (Lericollais, 1972). Cette répartition permettait de gérer au mieux la sécurité alimentaire. Ainsi, le parc arboré continu et la fine mosaïque du parcellaire sont le résultat d'un long et ancien façonnement du paysage par les paysans.

Ces pratiques, et l'adoption des semoirs et houes attelés, ont permis une exploitation annuelle de presque toutes les terres agricoles. Ainsi ces terroirs ont pu assurer le maintien d'une charge croissante de population, malgré l'abandon progressif (imposé) de la jachère enclose d'un an à partir des années 1970 (Lericollais, 1972 ; Garin *et al.*, 1999). De fait, le Sine a depuis longtemps été décrit comme une des contrées les plus densément peuplées du Sénégal. Cantrelle (1969) évaluait en 1966 la densité de population de l'arrondissement de Niakhar à 85 hab/km^2 (contre 15 hab/km^2 sur l'ensemble du Sénégal). En 2013, la densité de population des trente villages sous observation de l'arrondissement de Niakhar atteignait en moyenne les 226 hab/km^2, avec trois villages au-dessus de 400 hab/km^2. Cependant, depuis le début du XXI^e siècle, les migrations saisonnières allègent légèrement la charge anthropique avec, selon les mois, entre 6 % et 11 % des habitants temporairement absents des villages (voir chap. 14, ce volume).

Dès 1934, les autorités coloniales avaient initié un programme visant à favoriser le peuplement de « terres neuves » autour de Kaffrine par les Sereer du Sine et du Saloum, réputés bons agriculteurs, tout en « décongestionnant » le territoire Sine jugé déjà saturé. Cette idée a été reprise et amplifiée, après l'indépendance, avec le 3e plan quadriennal (1969-1973). Ainsi, de 1972 à 1980, les autorités du Sénégal ont organisé le déplacement de plusieurs milliers de familles sereer, lesquelles étaient pourtant fortement attachées à leur terroir malgré sa dense occupation. Ces flux de population, d'abord dirigés puis spontanés, n'ont pas eu l'intensité escomptée (5,3 % des familles recensées en 1976 dans l'arrondissement de Niakhar sont parties coloniser les fronts pionniers des « terres neuves » du Sénégal oriental entre 1972 et 1987), mais ils ont contribué à libérer des terres et à gagner environ 5 ans de l'accroissement démographique de cet arrondissement (Garenne et Lombard, 1988). Au cours des années 2000, on évalue en moyenne à 700 le nombre annuel des départs définitifs hors de la zone d'observation de Niakhar (qui compte plus de 40 000 habitants). Ces émigrations se produisent essentiellement pour des raisons nuptiales et familiales (voir chap. 14, ce volume). Au final, l'augmentation continue et accélérée de la population a entraîné, au rythme des transmissions du patrimoine foncier, un morcellement des champs qui a contraint l'innovation technique et les potentialités agricoles. Sur le terroir de Sob (village de la zone d'observation de Niakhar), la taille des champs est passée de 1,23 ha (Lericollais, 1972) à 0,84 ha (calcul des auteurs) entre 1965 et 2012 (47 ans), soit une diminution d'un tiers.

Outre la croissance rapide de la population, le climat est le macro-facteur qui pèse le plus lourdement sur l'évolution des agro-écosystèmes sahéliens. Ainsi le choc climatique des années 1970 a fortement modifié les paysages et perturbé les terroirs. Le déficit pluviométrique a conduit à une diminution importante des effectifs de la strate arborée : dans le village de Sob, les effectifs de *Faidherbia albida*, arbre dont l'importance a été évoquée, ont diminué de près de 34 %, entre 1965 et 1985 (Lericollais, 1990). De même, la diminution de la quantité des pluies et le raccourcissement de la saison des pluies ont entraîné l'abandon du mil sanio. Entre 1965 et 1967, Lericollais observait dans le village de Sob qu'il couvrait les trois quarts des surfaces emblavées en mil (Lericollais, 1972). Après les grandes sécheresses des années 1970, cette culture disparaît presque totalement des champs de l'arrondissement de Niakhar.

Matériel et méthodes

Notre analyse du retour du sanio a combiné plusieurs approches méthodologiques, qui vont de l'observation de terrain à la modélisation à partir d'enquêtes quantitatives et à la simulation, le tout complété par des recueils de discours sur les pratiques et les motivations des paysans.

Étude du déterminant climatique du retour du sanio

Le rôle du climat dans le retour du sanio a été étudié *via* ses impacts sur sa production, en effectuant des jeux de simulations des développements et rendements des mils sanio et souna sur la période 1950-2013. Ce travail a été réalisé à l'aide du modèle de simulation du développement des cultures SarraH©Cirad (Baron *et al.,* 2005 ; Dingkhun *et al.,* 2003) en utilisant les données pluviométriques journalières officielles de Bambey (14°42'38''N ; 16°29'00''W), Niakhar (14°29'10''N ; 16°23'48''W) et Fatick (14°20'20''N ; 16°24'20''W), et les données climatiques de Bambey. Un seul type de sol a été considéré, avec une réserve utile hydrique moyenne de 90 mm/m, sachant que les mils de cette région sont cultivés sur des sols sableux *dior* et *dior-deck* dont les réserves utiles vont de 80 à 100 mm/m (Affholder, 1995). Les paramètres utilisés pour les simulations des variétés souna et sanio ont été repris de Kouakou *et al.* (2013) et ne différaient entre eux que pour ce qui concerne les longueurs des cycles, en respectant en particulier la sensibilité à la photopériode du sanio décrite précédemment. Le critère utilisé pour déclencher les semis dans les simulations a été un cumul pluviométrique de 15 mm au moins sur 2 jours consécutifs. Il est très réaliste et proche de la réalité paysanne, car dans cette région les mils sont semés à sec avant les pluies, fin mai et début juin, et les levées se font à partir de pluies de l'ordre de 12 à 15 mm. D'autres critères de semis ont été simulés, en particulier du type de celui de Sivakumar (1988)[6], mais ils n'ont pas introduit de différence particulière dans les résultats.

Analyse des facteurs sociaux, économiques et culturels associés au retour du sanio

Afin de renseigner les logiques sociales et agricoles, et les motivations, qui ont guidé la décision des paysans sereer de cultiver ou non le sanio, nous avons principalement mené une enquête par un double questionnaire dans trente villages de l'arrondissement de Niakhar (*i. e.* dans le cadre du système de suivi démographique et de santé de l'IRD à Niakhar[7]), qui a porté sur un échantillon aléatoire de 1 061 exploitations agricoles familiales (32 % des ménages sous observation). Dans chaque exploitation agricole, deux questionnaires ont été administrés : un questionnaire « ménage », soumis au responsable de l'exploitation agricole, a permis de reconstituer le système des cultures déployé au cours de la saison des pluies 2013. En outre, plus de 45 questions ont porté sur les cultures de mils sanio et souna. Un questionnaire « individuel » a ensuite été adressé à un agriculteur sélectionné au hasard parmi les paysans du ménage ayant cultivé au moins une parcelle au cours des trois années précédant l'enquête. Ce questionnaire portait sur certaines cultures destinées à la vente, comme l'arachide et la pastèque, ou encore sur la pratique de l'embouche bovine. Des questions portaient aussi sur les perceptions du climat actuel et passé et sur les connaissances concernant le changement climatique. L'enquête a été réalisée de décembre 2013 à mars 2014.

6. Sivakumar a défini un critère de « semis et installation réussis pour le mil » qui correspond à un cumul de pluie de 20 mm minimum sur 2 jours consécutifs suivi d'une période d'un mois sans pause pluviométrique supérieure à 7 jours.

7. Pour une description de l'observatoire de Niakhar, voir Delaunay et al. (2013).

Par ailleurs, cette enquête par questionnaires a été complétée par différents focus groups et entretiens individuels qui ont permis d'approfondir notre compréhension des processus de prise de décision et des motivations, favorables ou défavorables, à la culture du sanio. Ces entretiens de groupe ont permis également de recueillir des informations sur l'histoire du sanio dans les villages, son maintien pendant la période sèche et sa diffusion parmi les paysans sereer et sur le territoire. Les principaux focus groups ont eu lieu dans les villages de Sob (mars 2012), Ngayokhèm (novembre 2013 et octobre 2014) et Keur Ngane (novembre 2013).

Le modèle explicatif de la culture du sanio a été construit à partir des données de l'enquête par questionnaires, complétées par les informations recueillies en routine sur le site d'observation de Niakhar. L'analyse des données s'est effectuée en deux étapes. La première étape a consisté à construire un certain nombre de prédicteurs. Le nombre de personnes en âge de participer aux travaux des champs (> 6 ans) et la durée moyenne passée en migration saisonnières des hommes adultes (15-55 ans) sont deux indicateurs construits par traitement des données du suivi démographique (observatoire du site de Niakhar). La pauvreté monétaire est un indice élaboré à partir des biens (alimentaires et non alimentaires) consommés par le ménage. Le seuil de pauvreté alimentaire a été déterminé sur la base du panier des aliments consommés par un ménage, en tenant compte de sa taille et de sa composition. Le seuil de pauvreté non alimentaire repose sur la consommation moyenne en biens non alimentaires par équivalent-adulte et par jour, pour les ménages dont la consommation alimentaire est dans le voisinage du seuil de pauvreté alimentaire. La ligne de pauvreté totale (alimentaire + non alimentaire) est de 479 FCFA sur la zone de Niakhar. Ce seuil défini, nous avons valorisé les consommations journalières des ménages afin de classer ceux-ci de part et d'autre de la ligne de pauvreté. Dans la zone de Niakhar, l'incidence de pauvreté monétaire est évaluée à 52 %.

Afin de montrer que l'augmentation de la quantité des pluies est une condition nécessaire mais non suffisante pour pratiquer la culture du sanio dans la région, nous avons évalué l'effet des caractéristiques de l'agriculteur et de son exploitation agricole sur la pratique de cette céréale. Parmi les variables individuelles et de ménage, le modèle prend en compte : le sexe du cultivateur ; sa perception du climat actuel ; la pratique passée de la culture du mil sanio par le père du paysan ; le temps moyen passé en migration saisonnière par les hommes du ménage ; la caste dominante dans le ménage ; la pauvreté monétaire du ménage ; le nombre de membres du ménage en âge d'activité. Au rang des variables qui caractérisent l'exploitation agricole, nous avons considéré la main-d'œuvre disponible, les surfaces agricoles possédées, l'emprunt de terres, les pratiques d'activités agricoles commerciales (culture de la pastèque et embouche bovine) et le nombre d'actifs du ménage qui ont un revenu extra-agricole. Ce modèle a été testé à partir d'une régression logistique binaire sur le logiciel STATA® 13.1 (2014 ; Stata Corporation, College station, Texas, USA).

L'échantillon élaboré pour l'enquête Escape a été conçu pour être représentatif de l'ensemble des trente villages sous observation. Mais la variable à expliquer – la

pratique de la culture du sanio – s'est révélée être un comportement agricole relativement rare (pratiqué comme nous le développerons plus loin par seulement 25,4 % des ménages enquêtés) et très inégalement réparti entre les trente villages. Par la suite, le modèle logistique est apparu insuffisamment robuste (faible capacité du modèle à prédire les paysans ayant cultivé du sanio). Aussi, afin d'augmenter la sensibilité du modèle de prédiction, nous avons procédé à un redressement analytique de l'échantillon, par tirage rétrospectif. Les effectifs des cultivateurs ont été sciemment équilibrés entre ceux qui ont pratiqué la culture du sanio et ceux qui n'ont pas semé celui-ci. Le modèle testé sur l'échantillon non représentatif fournit alors des résultats qui, tels quels, ne peuvent pas prédire la pratique du sanio. En revanche, la capacité du modèle à expliquer le choix de cultiver du sanio reste inchangée, dans la mesure où les coefficients associés aux variables explicatives ne sont pas modifiés. En fait, toute l'inférence statistique qui porte sur les coefficients reste valide : intervalle de confiance, test de significativité et odds ratio (Rakotomalala, 2014). Enfin, nous avons procédé à un apurement du modèle (analyse des résidus) en éliminant les observations qui s'écartent fortement des autres (outliers) et celles qui pèsent exagérément sur le modèle (points leviers et points influents). Le modèle global ainsi redressé et apuré s'est montré beaucoup plus robuste (test de Hosmer Lemeshow) et sa sensibilité a été augmentée, passant de 19 % avant redressement à 62 % après redressement (cf. tabl. 1).

Cartographie de la culture actuelle du sanio et de sa diffusion

La culture du mil sanio a toujours été présente au sud de notre zone d'investigation, soit dans des régions naturellement plus humides. Notre intention était donc de comprendre la dynamique de réapparition et de diffusion du sanio dans notre région d'étude, plus sèche, comprise entre Bambey et Diourbel au nord, Fatick au sud, Fissel à l'ouest et Gossas à l'est. La zone à étudier étant étendue (plus de 1 000 km^2), nous avons défini une méthodologie simple et rapide, permettant d'obtenir des informations fiables sur la présence et la date de réapparition du sanio sur ce territoire. Le travail a consisté à sillonner les routes et les pistes de la zone et à interroger des paysans dans chacun des villages, au moyen d'un questionnaire d'une douzaine de questions. À chaque fois, les coordonnées géographiques du site étaient relevées par GPS. Les questions portaient sur : 1) la pratique du sanio lors de la saison pluvieuse 2013 ; 2) l'année de sa réapparition dans le village ; 3) les avantages et les inconvénients de la culture du sanio ; 4) la présence et l'identité des paysans n'ayant jamais cessé de le cultiver. Bien que peu nombreuses, les questions permettaient des recoupements de validation, et les coordonnées téléphoniques collectées ont permis certaines vérifications. Cette enquête géographique légère a été réalisée entre avril et août 2014. Au total, nous avons renseigné la pratique de la culture du sanio en 2013 sur 240 sites. L'enquête par double questionnaire réalisée sur la zone de Niakhar a aussi fourni des informations sur les dates de reprise de la culture du sanio pour les trente villages investigués.

Une culture à nouveau possible, mais toujours risquée

Les simulations effectuées sur la période 1950-2013 indiquent que, en raison de la baisse de la pluviométrie, il n'était plus possible d'obtenir régulièrement des rendements, même modestes, de sanio lors des décennies de sécheresses des années 1970 et 1980, mais aussi sur presque toute la décennie 1990 (fig. 4a). La production de sanio n'a recommencé à être véritablement possible qu'au début de la décennie 2000. En revanche, il a toujours été possible de produire du mil souna, avec cependant bien entendu quelques années très mauvaises. À partir de la fin des années 1990, les contraintes hydriques sur la production de sanio se sont dans l'ensemble nettement amoindries, avec toutefois de fortes péjorations certaines années récentes[8]. En revanche, on peut noter qu'il a toujours été possible d'obtenir une bonne production de pailles avec le sanio. Cette production de biomasse est même, le plus souvent, supérieure à celle permise par le souna (en semis de plein champ selon les mêmes modalités), et cela en raison de son cycle plus long d'environ un mois et de sa taille. En effet, ce sont essentiellement les phases de floraison et de développement des grains de sanio, qui commencent environ au moment où le souna arrive à maturité, qui peuvent être soumises dans notre zone à de fortes contraintes hydriques selon la précocité de l'arrêt de la saison pluvieuse.

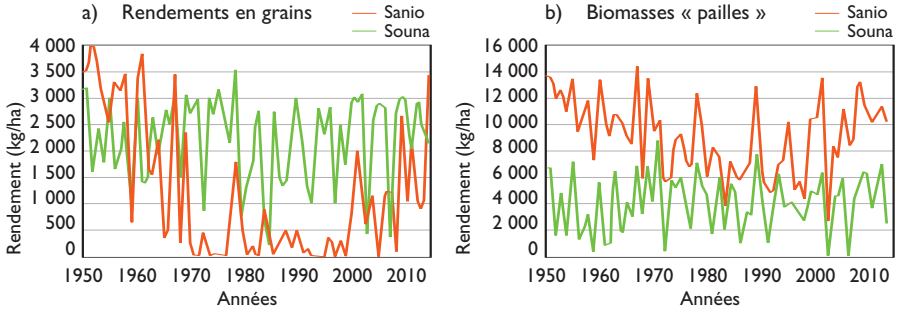


Figure 4.
(a) Rendements en grains
et (b) biomasses pailles (tiges et feuilles) simulés des mils sanio et souna
sur la période 1950-2013.

Ces résultats recoupent en tout point les informations fournies par les paysans (focus, entretiens, enquêtes). Presque tous expliquent que le sanio avait disparu des champs parce que son cycle n'était plus compatible avec la pluviométrie faible et concentrée – sur un peu plus de deux mois – des années 1970, 1980 et 1990

8. En 2002, par exemple, la quantité de pluies tombées sur la zone de Niakhar a atteint un niveau historique avec à peine plus de 200 mm.

(cf. fig. 7b). Le début des années 1980 semble, toujours selon les dires des paysans, la période à laquelle la culture du sanio a été abandonnée, du fait certainement d'une succession de récoltes infructueuses pendant la décennie 1970. D'un autre côté, ils commentent que les conditions climatiques seraient redevenues favorables au sanio vers le milieu des années 2000. Ainsi, dans l'enquête par questionnaires sur l'arrondissement de Niakhar, les cultivateurs de sanio déclarent que cette variété de mil est réapparue en 2007 (en moyenne) et qu'eux-mêmes la cultivent depuis 2009 (en moyenne). Enfin, 17 % de ces cultivateurs déclarent que le sanio n'a jamais disparu des cultures de leur village ; les deux tiers (63 %) de ceux qui l'affirment demeurent dans les villages de Sass Ndiafadji, Ngayokhèm, Kalom Ndoffane et Diohine.

En plus du risque climatique, et en liaison avec celui-ci, les paysans mentionnent des risques liés aux insectes. Ces deux risques sont cités, chacun, dans environ 40 % des réponses données à la question sur les problèmes et inconvénients de la culture du sanio (fig. 5b). Les paysans soulignent que les insectes ravagent les cultures de sanio particulièrement les années où la pluviométrie s'arrête précocement (le problème peut affecter également le mil souna, mais de façon bien moins importante). Les

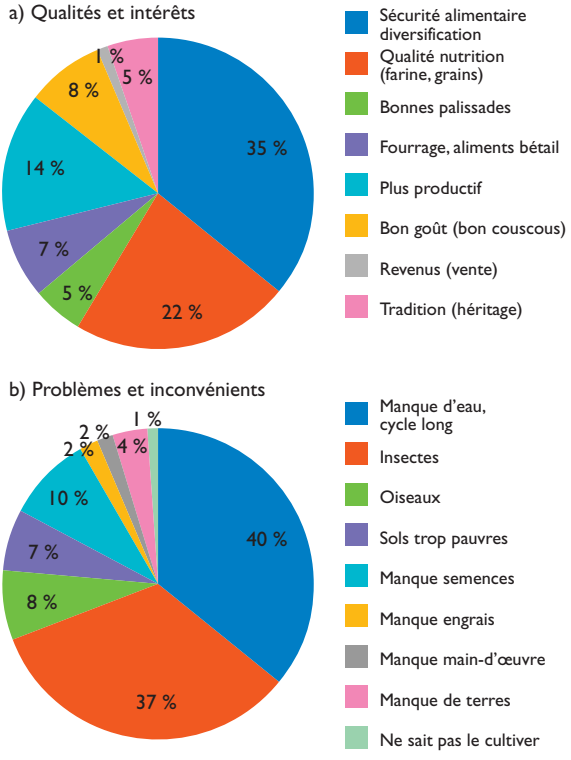


Figure 5.
Qualités, avantages et points d'intérêt (a) et problèmes, contraintes et inconvénients (b) du sanio, mentionnés par les paysans (% de fois que le facteur est cité, sachant que plusieurs le sont) (enquête géographique légère Escape 2014).

insectes incriminés sont des cantharides (*Psalydolytta vestita* et *Psalydolytta fusca*) et des perce-oreilles (*Forficula senegalensis*) qui sucent et détruisent les ovules et les grains. Selon la majorité des paysans, les pertes peuvent être largement supérieures à 50 % des grains du sanio, et certains vont jusqu'à évoquer des pertes de 80 % à 90 % des grains ! De plus, questionnés sur la cause de l'abandon du sanio, quelques vieux paysans ont même commencé par mentionner « l'abondance des insectes » avant de parler de la baisse des pluies. Enfin, dans quelques villages où le sanio n'a pas encore été réintroduit mais qui avoisinent des villages qui ont déjà repris la culture du sanio, les paysans soulignent que les insectes ont tendance à ravager les parcelles de sanio des cultivateurs précurseurs, voire qu'ils attaquent aussi le souna. Il s'agit là, selon ces paysans, d'une contrainte forte à la ré-adoption (et diffusion) du sanio. Bien que nous n'ayons pas analysé plus en profondeur ce sujet, il semble donc raisonnable de penser qu'au cours des années 1970 la pression de ces insectes s'est accentuée au fur et à mesure que les années sèches se succédaient et que les surfaces de sanio diminuaient, et que cela a pu contribuer à accélérer sa disparition.

Une culture aux qualités appréciées et facile à cultiver, mais sans intérêt monétaire

Les grains et les tiges de sanio présentent de nombreuses qualités pour les paysans. Aux questions du type « pourquoi cultivez-vous du sanio ? » ou « quels sont les avantages du sanio ? », les paysans ont toujours mis en avant (focus, entretiens, enquêtes) la qualité alimentaire de ses grains et/ou de sa farine, et la qualité de ses résidus, plus précisément de ses tiges (fig. 5a). Ainsi tous indiquent que les grains (et/ou la farine) de sanio ont « meilleur goût », permettent de « faire un meilleur couscous », sont « plus digestes » et « tiennent mieux au corps » que ceux du souna. On nous a rapporté aussi qu'on peut le manger plus facilement cru après un temps de trempage dans l'eau (une pratique en usage chez les bergers, qui rajoutent du sucre) que le souna, et que c'est plus agréable aussi de faire cela avec le sanio, car ses grains sont plus gros et plus goûteux que ceux du souna. Mais il nous a été aussi déclaré que la farine et les couscous et bouillies de sanio se conservaient moins bien en hivernage (ils ne passent pas la nuit) que ceux de souna, et que pour cette raison il était préférable de « manger le sanio avant l'hivernage suivant », car sinon « ils provoquaient des maladies aux enfants en hivernage ». Il y a donc des différences manifestes entre les grains des deux types de mil, qui sont bien connues des paysans.

Les tiges du sanio sont, quant à elles, très appréciées – plus que celles du souna – pour les toitures et les palissades, « qui durent plus longtemps avec le sanio ». Elles sont aussi considérées comme de meilleure qualité fourragère que celles du souna, et « presque aussi bonne que celles du sorgho ». De plus, quand ils mentionnent les

risques liés à la culture, qui se traduisent par des rendements faibles ou nuls certaines années, les paysans soulignent « qu'il y a toujours les tiges ». Enfin, certains paysans nous ont interpellés sur la possibilité « d'avoir des mils qui auraient le cycle du souna avec les grains et les tiges du sanio », ce qui résume bien les choses.

Les principales et presque uniques faiblesses du sanio concernent les problèmes que nous avons déjà évoqués, à savoir les risques liés à la pluviométrie et les ravages causés par les insectes (fig. 5b). Plus rarement, certains paysans évoquent également la faiblesse de la fertilité des sols et disent que le mil sanio a besoin de sols fertiles et plus argileux (type *dek*), pour bien produire. Enfin, même si elle a été peu directement évoquée par les paysans, une autre faiblesse du sanio est son caractère très peu commercial, sans perspective de revenus. Certes, cela ne le différencie pas du souna, car le mil est essentiellement réservé à l'autoconsommation (et seuls les surplus éventuels sont vendus, le plus souvent au marché local et par petites quantités), mais cela n'offre pas de « compensation » par rapport aux risques de sa production.

Pour finir, il convient de souligner aussi que la réappropriation du sanio ne pose pas de problème particulier aux paysans, car elle n'implique nul « saut » technique ou technico-économique, contrairement à la pastèque, au riz ou même au maïs, pas plus qu'elle n'induit une exigence particulière en main-d'œuvre. Le sanio peut se semer à sec comme le souna, à l'aide du même semoir attelé, voire de façon simultanée si les deux cultures sont en association (les paysans sèment d'abord les lignes de souna, puis celles de sanio) (cf. fig. 3c), et, tout comme ce dernier, il n'exige ni intrants ni traitements phytosanitaires particuliers.

Pour autant, les paysans reconnaissent certaines difficultés à cultiver le sanio, et le considèrent « plus fatigant ». Cette culture implique en effet de revenir aux champs en fin de campagne, après la fin des autres activités, mais sans que sa récole n'entre cependant en compétition avec ces dernières. Selon certains, la culture du sanio exigerait aussi trois sarclages au lieu de deux (en plein champ), même si d'autres paysans affirment le contraire car « le sanio couvre bien le sol », et que « cela dépend des écarts entre les lignes ». Il semble aussi que les paysans le récoltent en deux temps, passant une première fois pour les belles chandelles à maturité, puis une seconde fois. Enfin, il ressort que sa récolte est plus difficile, au sens de « désagréable », du fait de l'aristation des chandelles, qui peut blesser les mains et surtout les yeux (les poils se détachent et peuvent voler), même s'il existe des techniques de récolte qui permettent de se protéger puis d'enlever facilement les barbes en frottant les chandelles au sol. Les femmes ont également souligné qu'il est difficile et désagréable de piler le sanio si les barbes n'ont pas été enlevées avant le stockage des chandelles. C'est donc sans doute l'allongement de la saison de travail et peut-être la relative pénibilité de sa récolte qui expliquent que 89 % des agriculteurs interrogés dans la région de Niakhar disent que le sanio demande beaucoup de travail. C'est aussi ce que rapportent les paysans dans leurs entretiens : « Il est fatigant d'avoir encore à travailler tard dans la saison alors que tous les autres travaux sont terminés. »

En définitive, même si la réappropriation du sanio ne se fait pas sans la redécouverte de quelques « nouvelles » peines, et allonge la durée de la saison de travail, elle ne pose aucun problème particulier. Il suffit d'avoir accès à de la semence et de décider de lui consacrer de la terre.

Des foyers de culture persistante à partir desquels le sanio a diffusé depuis dix ans

L'aire de répartition du sanio (fig. 6a) témoigne d'un processus de diffusion récent qui semble centré autour de deux groupes de villages où il a toujours été cultivé en dépit des décennies de sécheresse : le territoire environnant le village de Diakhao – ancienne capitale du royaume du Sine –, d'une part, et la zone située entre les villages de Ngayokhèm et Niakhar, d'autre part. C'est de ces deux foyers qu'il s'est fortement étendu à partir du début du XXIe siècle, vers le nord (Bambey et Diourbel) et vers l'ouest (Fissel). Ainsi, en 2013, il était cultivé dans 61 % des 240 sites couverts par notre enquête géographique légère, alors qu'il ne l'était que dans 23 % des sites en 2000 (fig. 6a).

Nous avons été surpris de constater un attachement continu à cette céréale dans un nombre important de villages : sa présence ininterrompue a été mentionnée pour 45 des 240 sites (19 %) de notre enquête légère (fig. 6a), et dans 14 des 30 villages (47 %) de l'enquête par questionnaires, menée il est vrai sur l'un des deux foyers (fig. 6b). Cependant, cette conservation du sanio n'a concerné que quelques très rares cultivateurs de ces villages. Ainsi à Ngayokhèm, où quatre cultivateurs sur cinq (78 %) cultivaient à nouveau le sanio en 2013, nous n'avons pu identifier que trois paysans qui l'avaient cultivé et conservé pendant les décennies sèches.

Les quelques paysans qui ont continué à produire du sanio malgré les péjorations pluviométriques font part de motivations et de techniques d'une extraordinaire simplicité. Ainsi Amadou Diouf, paysan sereer du village de Ngayokhèm qui dit avoir toujours cultivé le sanio, explique qu'il semait chaque année, *a minima,* quelques lignes en intercalaire dans du souna et qu'il avait toujours suffisamment de grains pour pouvoir ressemer l'année suivante sans avoir besoin d'aller en chercher ailleurs. Sa production de grains était très rarement suffisante pour être consommée, mais « il y avait les tiges », « très bonnes pour les palissades », et il avait toujours « l'espoir de refaire une bonne production un jour ». Même si aucun paysan ne l'a exprimé en ces termes, leurs témoignages, à l'instar de celui d'Amadou Diouf, traduisent un attachement fort pour cette variété de mil dont ils reconnaissent incontestablement les qualités.

Bien entendu, on ne peut exclure que certaines années des paysans aient dû se procurer de la semence de sanio venant du sud, soit en allant l'acheter, soit par des dons ou des échanges avec des paysans – apparentés ou pas – du Saloum ou des « terres neuves ». Mais les stratégies décrites par les paysans sereer indiquent une volonté de ne pas perdre les variétés traditionnelles de mil.

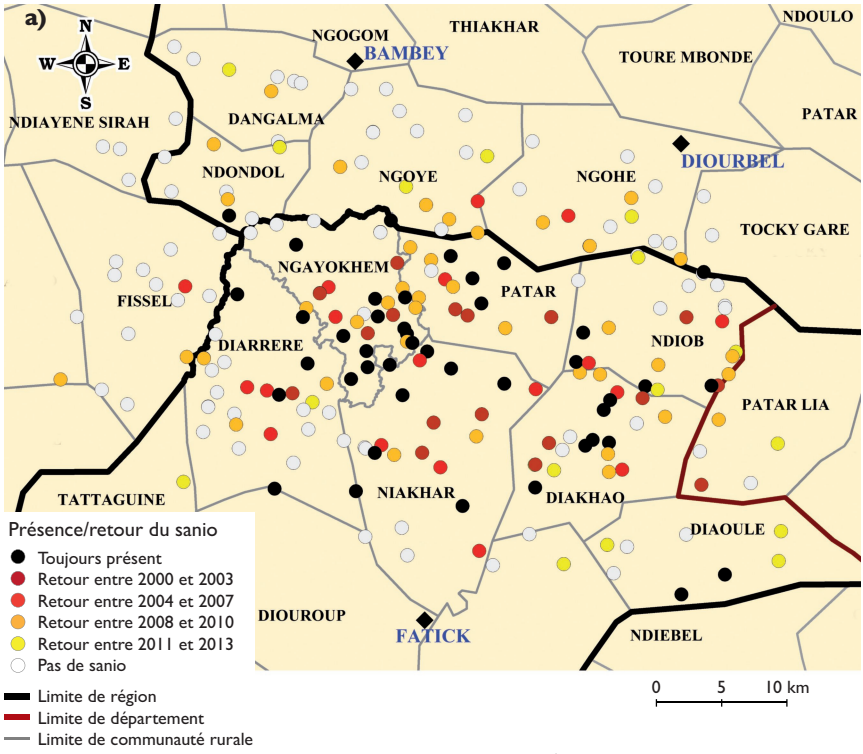


Figure 6.
(a) Présence et année de retour du sanio dans la région (enquête géographique légère Escape 2014) ;
(b) année de reprise récente (après 2000) du sanio dans les villages
de la zone de Niakhar et villages identifiés comme ayant toujours cultivé du sanio
(le nombre des enquêtés ayant fait cette déclaration est indiqué dans les ronds noirs)
(enquête par questionnaires, Escape - 2013/2014).

Le regain pluviométrique : une condition nécessaire mais non suffisante à la reprise du sanio

Sur la zone enquêtée de Niakhar, 270 paysans parmi les 1 061 interrogés (25,4 %) ont fait le choix de produire du sanio en 2013. Cependant, sur les 630 parcelles concernées par du sanio, seules 89 (14 %) étaient emblavées uniquement en sanio (plein champ), la majorité étant cultivée selon une association souna-sanio, dans laquelle les lignes de sanio sont minoritaires : le plus souvent, 1 ligne de sanio pour 5 lignes de souna. Ainsi le sanio n'était présent, cette année-là, que sur 2,8 % des surfaces agricoles de la zone de Niakhar et 7,3 % des surfaces de mil, et sa culture pure ne représentait que 1,2 % des surfaces agricoles (fig. 7a). Chez les cultivateurs de sanio (25,4 % des exploitants occupant 28 % des surfaces), le sanio concernait 10 % des terres emblavées et 27 % de leurs surfaces de mil, car sa culture unique (plein champ) était présente sur 29 % des parcelles ensemencées de sanio alors qu'il était associé au souna dans deux parcelles sur trois. Comme par le passé, le sanio est le plus souvent semé dans les champs de brousse (85 %), et dans des sols sableux (75 %) pas ou peu fumés (86 %). Ces chiffres indiquent que la résurgence du sanio demeure encore un fait incertain et fragile, et que sa culture reste essentiellement associée au souna.

Pour qu'une production de mil sanio ait des rendements convenables pour en permettre une consommation régulière par le ménage, il faut incontestablement une quantité de pluie suffisante, étalée sur près de quatre mois. Et de fait, le sanio n'a commencé à se diffuser parmi les cultivateurs qu'après le regain pluviométrique du début des années 2000. Cependant, bien que tous les paysans et tous les villages du Sine soient soumis aux mêmes conditions climatiques et que la très grande majorité d'entre eux ait perçu l'augmentation récente de la quantité des pluies (voir chap. 4, ce volume), tous n'ont pas renoué avec la culture du sanio, ni n'ont repris cette culture avec la même intensité. Le retour des pluies a augmenté le nombre des stratégies possibles des paysans, mais sans en imposer les choix.

Cette hétérogénéité du comportement cultural est d'abord inscrite dans l'espace. Comme le montre la figure 7b, en 2013 tous les villages du territoire de Niakhar couvert par l'enquête par questionnaires ne se sont pas engagés également dans la culture du sanio. Globalement, la majorité des villages du sud (12/21) ont cultivé le sanio dans des proportions supérieures à la moyenne générale (soit 26 %). Sur l'ensemble des 21 villages du sud, c'est en moyenne 43 % des cultivateurs qui ont pratiqué la culture du sanio en 2013 ; au nord (9 villages), cette proportion tombait à 5,5 %. Au sud, la culture du sanio diminue en intensité selon un gradient est-ouest, qui n'est pas sans rappeler la dynamique de pénétration de cette variété de mil sur le territoire de Niakhar (fig. 6b). Les villages qui cultivent le plus le sanio sont situés principalement autour de Ngayokhèm et de Sass Ndiafadji. Les villages du nord, faiblement producteurs de sanio, sont frontaliers du territoire historique occupé jadis par le royaume du Baol (où la présence wolof est plus forte). Cette zone se

caractérise globalement par une présence plus importante de sols argileux, une forte pratique de l'embouche bovine, une plus grande importance des activités non agricoles génératrices de revenus, liées à la migration saisonnière, et une plus grande influence mouride.

Tout comme entre les villages, des différences nettes apparaissent entre les exploitations. Le modèle logistique global des facteurs associés à la culture du sanio en 2013 (tabl. 1) indique tout d'abord qu'en ce début de XXIe siècle la pratique du sanio est certainement chez certains un héritage et une mémoire, celle des hommes et de

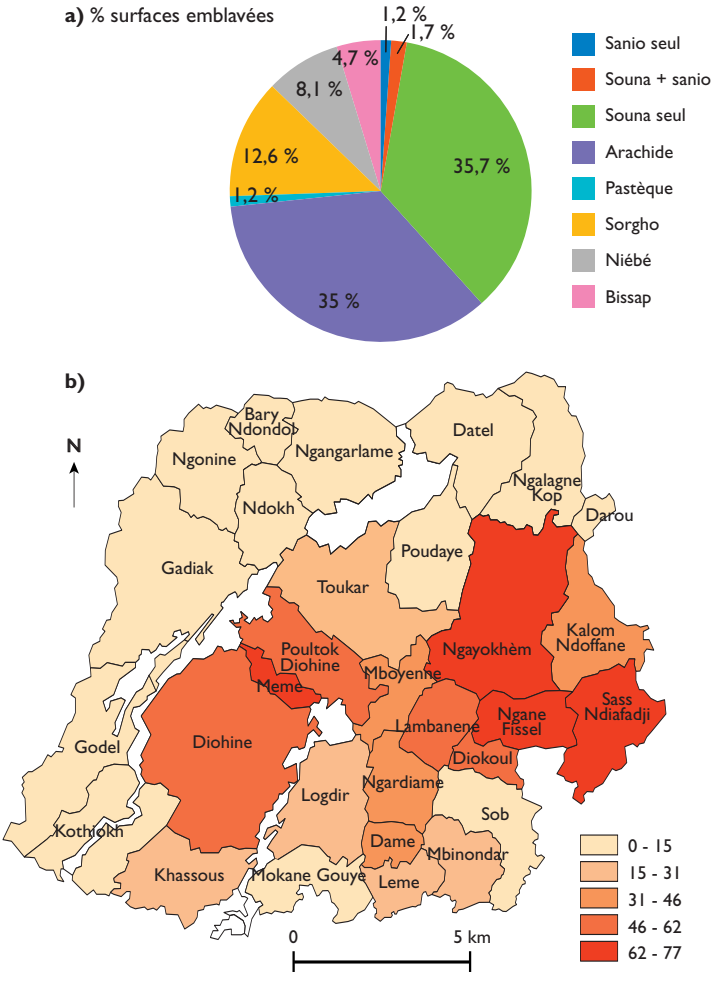


Figure 7.
(a) Pourcentages de surfaces emblavées selon les cultures en 2013 (enquête par questionnaires, Escape - 2013/2014) ;
(b) proportion des exploitants agricoles ayant cultivé du sanio en 2013 (enquête par questionnaires, Escape - 2013/2014)

l'agrosystème. Ainsi, les agriculteurs dont le père cultivait déjà du sanio dans le passé sont presque deux fois plus nombreux à le cultiver que les paysans qui n'ont pas cette tradition familiale (OR = 1,78 ; p = 0,014). Cette dimension culturelle apparaît aussi lorsqu'on analyse la pratique du sanio en fonction de la caste majoritaire du ménage. Ainsi, la culture du sanio est significativement plus répandue parmi les « nobles guerriers » qu'au sein de la caste des « paysans » (OR = 2,88 ; p = 0,0001) et elle est moins fréquente chez les « griots » (OR = 0,13 ; p = 0,008). Il faut lire ces corrélations comme la trace de la division du travail de la société précoloniale qui fonde le système de castes (C. A. Diop, 1960). Les nobles guerriers étaient gardiens de la tradition et de la terre, tandis que les griots étaient, de par leur fonction de dépositaire de la tradition orale (histoire, généalogie), exclus des activités agricoles. Enfin, on notera que moins les hommes d'un ménage séjournent longtemps hors de leur territoire (migrations saisonnières), plus ce ménage a de chance de cultiver du sanio (OR = 0,997 ; p = 0,035).

Mais le choix du sanio se fait aussi, et surtout, en fonction des ressources foncières. Il est davantage cultivé quand le paysan dispose de suffisamment de terres (OR = 1,16 ; p = 0,001), et les producteurs de sanio ont en moyenne 4,9 ha, contre 4,2 ha pour les autres. Par ailleurs, les exploitants agricoles qui ont emprunté de la terre en 2013 sont plus nombreux à avoir semé du sanio que les autres (OR = 1,73 ; p = 0,0011). Ces éléments sont clairement corroborés par les paysans, qui expliquent qu'ils ne remplacent pas des parcelles de souna par des parcelles de sanio et que « pour faire du sanio (plein champ) il faut déjà avoir suffisamment de champs de souna » pour assurer les besoins alimentaires du ménage et disposer en plus de surfaces disponibles.

Si, comme nous l'avons déjà évoqué, les paysans considèrent que le sanio est une culture qui demande plus de travail, car il allonge en particulier la saison des travaux agricoles, le manque de main-d'œuvre n'apparaît cependant pas comme un obstacle significatif à son adoption (tabl. 1), car ni la taille des ménages, ni le retour des migrants pendant la saison des pluies pour aider aux travaux des champs n'augmentent les chances de cultiver du sanio. Sans doute cela est-il lié au fait que le surcroît de travail de la culture du sanio ne coïncide pas avec les tâches des autres cultures. Cependant, on notera que le nombre des personnes pouvant aider aux travaux agricoles (les personnes de 6 ans et plus) est supérieur de façon significative dans les ménages ayant cultivé du sanio (9,4 personnes) que dans les autres ménages (8,8 personnes).

La pauvreté absolue (pauvreté alimentaire ou monétaire) est habituellement considérée comme une barrière à l'adaptation au changement climatique. Pourtant, dans le cas présent où l'adaptation (*i. e.* l'adoption du sanio) est réactive et consiste à exploiter une opportunité climatique, la pauvreté monétaire, loin de l'interdire, la favorise (OR = 1,95 ; p = 0,002). Cette relation contre-intuitive ne peut s'expliquer que par le fait que la culture du sanio n'exige aucun investissement additionnel ni une technicité particulière.

Enfin, on a constaté que les ménages dirigés par une femme cultivent moins le sanio que les ménages dirigés par un homme (OR = 0,53 ; p = 0,023).

Tableau 1.
Analyse des facteurs associés à la culture du sanio par les paysans du Sine.
Régression logistique sur 1 061 exploitations agricoles
(enquête par questionnaires, Escape - 2013/2014).

	Modèle global		Modèle villages sud	
	Odds Ratio	**P>z**	**Odds Ratio**	**P>z**
Nombre d'observations (total ; Oui ; Non)	(518 ; 257 ; 261)		(501 ; 246 ; 255)	
Le père de l'exploitant agricole pratiquait déjà la culture du sanio	1,779	0,014	1,931	0,005
Sexe du chef de ménage	0,527	0,023	0,535	0,029
Nombre d'adultes rentrés au village lors de la saison des pluies	0,860	0,572	0,750	0,290
Proportion des actifs ayant un revenu extra-agricole	0,942	0,558	1,027	0,799
Proportion des membres adulte du ménage ayant la gestion d'une ou plusieurs parcelles	1,002	0,962	1,066	0,058
Pratique de l'embouche bovine	0,956	0,302	0,910	0,030
Culture de la pastèque	0,664	0,284	0,515	0,052
Surface possédée en hectares	1,157	0,001	1,117	0,009
Nombre de personnes en âge d'aider aux travaux agricoles (6 ans et plus)	0,996	0,894	0,974	0,360
Proportionde terres possédées de type *dior* (argileux)	1,006	0,079	1,005	0,143
Emprunt de terres	1,726	0,011	1,886	0,003
Durée moyenne passée en migration saisonnière des hommes adultes (15-25 ans)	0,997	0,035	0,999	0,472
Caste majoritaire des membres du ménage				
Paysan	Ref.		Ref.	
Tiedo	2,884	0,000	1,234	0,361
Griot	0,127	0,008	Pas d'observations	
Pauvreté monétaire	1,946	0,002	1,489	0,058
Constante	0,395	0,128	0,626	0,453
Pseudo-R2	0,121		0,069	
Corbe Roc	0,717		0,676	
Test Hosmer-Lemeshow (prob. value)	0,703		0,814	

En procédant à une modélisation similaire sur les villages du sud de la zone d'observation, soit 21 villages, nous observons globalement les mêmes relations causales que dans le modèle global (tabl. 1), mais avec une différence notable : la culture du sanio peut y être concurrente d'autres productions agropastorales. Ainsi, la pratique de l'embouche bovine réduit les chances du paysan de faire le choix du sanio (OR = 0,91 ; p = 0,030). De même, les cultures de la pastèque et du sanio ont peu de chances d'être pratiquées par le même cultivateur (OR = 0,52 ; p = 0,052). Il faut expliquer cela par le fait que les paysans doivent réserver une parcelle pour

cultiver la pastèque[9]. En fait, quand il en a la possibilité, le choix du paysan se porte de préférence vers l'activité économiquement la plus rentable. Les choix – contraires au sanio – de l'embouche bovine et de la pastèque (deux activités destinées à la vente) expliquent sans doute que les ménages les moins pauvres d'un point de vue monétaire soient ceux qui pratiquent le moins la culture du sanio (tabl. 1). Interrogés sur les raisons qui faisaient que le sanio était particulièrement présent à Ngayokhèm alors que la pastèque n'y était pas cultivée, contrairement au village voisin de Sob, les paysans de Ngayokhèm ont clairement mis en avant les avantages financiers de la pastèque par rapport au sanio, ajoutant que malheureusement « les gros marchés urbains de la pastèque avaient été gagnés par les gens de Sob », où désormais « tous les camions s'arrêtaient sans vouloir aller plus loin ». Et plusieurs ont ajouté « qu'ils arrêteraient le sanio s'ils avaient d'autres options culturales plus rentables ».

Conclusion : une adaptation à l'évolution climatique dont l'avenir reste incertain

Le retour récent et spectaculaire du sanio dans les paysages sereer du Sine est clairement un « marqueur » de l'évolution pluviométrique récente constatée au Sénégal et en Afrique de l'Ouest (Salack *et al.,* 2011 ; Sène et Ozer, 2002 ; Ozer *et al.,* 2003). En effet, c'est bien le regain pluviométrique, particulièrement en fin de saison des pluies, qui permet de cultiver à nouveau ce mil à cycle relativement long sur ce territoire semi-aride d'où il avait presque totalement disparu après les grandes sécheresses des années 1970 et 1980.

Son expansion géographique régulière et très importante tout au long de la dernière décennie s'explique par la facilité à le cultiver, pour peu que l'on ait de la terre à lui consacrer, et par les qualités reconnues de ses grains et de ses tiges. Il apparaît donc comme une adaptation au climat qui permet de valoriser les saisons pluvieuses longues, en offrant aux paysans une nouvelle option dans leurs stratégies culturales. Mais les cultivateurs de sanio ont également conscience des risques climatiques importants attachés à sa production, auxquels s'ajoutent les risques des ravageurs. Sa réintroduction se fait donc avec prudence, sans qu'elle puisse compromettre le bilan alimentaire des ménages. Ainsi, aucun paysan ne substitue du sanio au souna, et les paysans qui cultivent du sanio (surtout en plein champ) sont ceux qui ont encore des terres disponibles après emblavement du souna. De plus, le sanio ne permet pas de générer un revenu. Aussi, comme en atteste la faiblesse des surfaces qui lui sont consacrées – malgré sa présence parmi un nombre croissant d'exploitations agricoles –, il reste une céréale secondaire, loin derrière le souna (et le sorgho).

9. La pastèque se sème en effet fin août ou début septembre, de façon à ce que son développement végétatif bénéficie des pluies, puis que le développement des fruits se fasse au sec en utilisant l'eau stockée dans le sol. Il n'est donc pas possible d'en cultiver après une culture de souna (ou d'arachide), encore moins de sanio.

Des parallèles doivent ici être établis avec les essors récents de la pastèque, dans certains villages du Sine et d'ailleurs, et du maïs et du riz pluvial, dans le Saloum et en Casamance. Comme le sanio, la pastèque permet de valoriser des fins de saison plutôt pluvieuses. Ainsi a-t-elle fait son apparition dans le Sine. Mais, contrairement au sanio, il s'agit d'une culture délicate qui implique des investissements pour acquérir les semences, les engrais minéraux, les pesticides (indispensables) et du matériel (pulvérisateurs), ainsi qu'une bonne maîtrise technique. En contrepartie, elle procure des revenus importants, sur un marché qui reste néanmoins très volatile et *a priori* en voie de saturation.

Plus au sud, en particulier dans le Saloum autour de Nioro du Rip, on assiste depuis quelques années au développement spectaculaire du maïs grâce à l'amélioration des pluies, alors que le sanio y est quasiment absent. Le maïs, qui avait très fortement régressé dans cette région depuis la décennie 1970, y occupe désormais 25 % des surfaces céréalières – le mil souna étant dominant – et est même intégré aux habitudes alimentaires locales (consommé en mélange avec le mil). Les agriculteurs le produisent de façon intensive, en labourant (de plus en plus souvent au tracteur), en achetant des semences certifiées de variétés améliorées de cycle court (80-90 jours), voire des hybrides, et en utilisant des quantités importantes d'engrais. Ils bénéficient pour cela d'organisations paysannes actives et du développement d'une filière de plus en plus organisée qui alimente les agro-industries de Dakar, permettant aux productions locales de se substituer de plus en plus aux importations.

Enfin, plus au sud encore, on assiste au développement important du riz pluvial, une fois encore grâce à l'augmentation des précipitations, mais aussi du fait de la demande forte pour cette céréale très consommée au Sénégal, et encore beaucoup trop importée, et à la diffusion de variétés précoces de 80-90 jours de type *Nerica*. Le riz pluvial commence même à gagner le Saloum.

Le retour du mil sanio, tout comme l'essor de la pastèque et les développements du maïs et du riz pluvial, qui s'expliquent tous par le regain pluviométrique récent, témoigne de la formidable capacité des paysans à s'adapter rapidement aux évolutions de leur environnement – parfois avant même que la recherche ne les accompagne –, en cherchant à exploiter en permanence toutes les opportunités, mais sans jamais prendre le risque de mettre en péril leur sécurité alimentaire, qui reste basée sur le souna.

Pour ces mêmes raisons, l'avenir du sanio reste incertain. Sa présence diminuera fort probablement si d'autres opportunités plus rentables se présentent, et plus certainement encore si la pluviométrie baisse à nouveau. Pour favoriser son maintien, le développement d'une petite filière « *matye* » reposant sur la qualité gustative de ses grains et sur son image traditionnelle pourrait être imaginé. Mais compte tenu des incertitudes qui pèsent sur le climat dans le Sine, il se pourrait que cela bénéficie plutôt à des agriculteurs plus au sud. Reste qu'une solution possible serait de créer, comme l'ont demandé les paysans, des « sanios à cycle plus court », qui tout en arrivant à maturité en 3 mois (comme le souna) auraient les caractéristiques tant appréciées d'épis aristés, de grains nutritifs et goûteux, et de très bonnes tiges et pailles fourragères du « *matye* ».

Remerciements

Nos remerciements vont aux paysans du Sine pour leur disponibilité et leur formidable vitalité, en particulier à Amadou Diouf, Diam Sine et Mary Sène ; aux enquêteurs, contrôleurs, superviseurs et traducteurs qui ont contribué aux enquêtes, en particulier à Mor Fall, Abdou Faye, Saliou Joseph Sine, Yagouba Diao, Robert Diatte, Ismaïla Ly, Ousmane Ndiaye et Anne Ndiaye. Merci également à Alphousseyni Ndonki et à Adja Abi Sambe (IRD) pour leur contribution cartographique et statistique. Ce travail a reçu le soutien financier de l'Agence nationale de la recherche française (ANR) dans le cadre du projet « Changements environnementaux et sociaux en Afrique : passé, présent et futur » (« *Environmental and Social Changes in Africa : Past, present and future* », Escape (n° ANR-10-CEPL-005) du programme « Changements environnementaux planétaires et sociétés » (CEP&S).

Références

Adger W. N., 2006
Vulnerability. *Global Environmental Change,* 16 (3) : 268-281.

Adger W.N., Winkels A., 2006
« Vulnerability, poverty, and sustaining well-being ».
In Atkinson G., Dietz S., Neumayer E., éds : *Handbook of Sustainable Development*, Elgar, Cheltenham.

Affholder F., 1995
Effect of organic matter input on the water balance and yield of millet under tropical dryland condition.
Field Crops Research, 41 : 109-121.

Baron C., Sultan B., Balme M., Sarr B., Traore S., Lebel T., Janicot S., Dingkuhn M., 2005
From GCM grid cell to agricultural plot: scale issues affecting modeling of climate impact.
Phil. Trans. R. Soc. B., 360 (1463) : 2095-2108. doi : 10.1098/rstb.2005.1741

Becker C., Mbodj M., 1999
« La dynamique du peuplement sereer. Les Sereer du Sine ».
In Lericollais A., éd. : *Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal.* Paris, IRD Éditions, coll. « À travers champs » : 40-73.

Becker C., 2014
Traditions villageoises du Siin, recueillies par C. Becker, V. Martin et A. Ndène. Arrondissements de Diakhao, Fimela, Niakhar et Tatagin.
Dakar, *multigr.,* 319 p.

Cantrelle P., 1966
Étude démographique dans la région du Sine-Saloum.
Orstom, Dakar, *multigr.*, 85 p.

Dancette C., 1983 a
Besoins en eau du mil au Sénégal. Adaptation en zone semi-aride tropicale.
Agronomie Tropicale, 38 (4) : 267-280.

Dancette C., 1983 b
Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne.
Agronomie Tropicale, 38 (4) : 281-294.

Delaunay V., Douillot L., Diallo A., Dione D., Trape J.-F., Medianikov O., Raoult D., Sokhna C., 2013
Profile : The Niakhar Health and Demographic Surveillance System.
International Journal of Epidemiology, 42 (4) :1002-11.

Dingkuhn M., Baron C., Bonnal V., Maraux F., Sarr B., Sultan B., Clopes A., Forest F., 2003
« Decision support tools for rainfed crops in the Sahel at the plot and regional scales ». *In* Struif Bontkes T. E., Wopereis M. C. S., ed. : *Decision Support Tools for Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa- A practical Guide,* CTA, IFDC Wageningen, The Netherlands : 127-139.

Diop C. A., 1960
L'Afrique noire pré-coloniale.
Paris, Présence africaine, réédition 1987, 213 p.

Faye A., Lericollais A., Sossokho M. M., 1999
« L'élevage en pays sereer : du modèle d'intégration aux troupeaux sans pâturages ». *In* Lericollais A., éd. : Paysans sereer. *Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal,* Paris, IRD Éditions, coll. « À travers champs » : 299-330.

Garenne M., Lombard J., 1988
« La migration dirigée des Sereer vers les Terres Neuves (Sénégal) ». *In* Quesnel A., Vimard P., éd. : *Migration, changements sociaux et développement,* Paris, Orstom Éditions, 388 p.

Garin P., Guigou B., Lericollais A., 1999
« Les pratiques paysannes dans le Sine ». *In* Lericollais A., éd. : *Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal,* Paris, Orstom Éditions, coll. « À travers champs » : 209-298.

Kouakou P. K., Muller B., Guissé A., Yao R. N., Fofana A., Cissé N., 2013
Étude et prise en compte en modélisation de l'effet de la latitude sur la réponse à la photopériode chez divers génotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) du Sénégal. *J. Appl. Biosci.*, 67 : 5289-5301, ISSN 1997-5902. www.m.elewa.org/JABS/2013/67/Abstract12-kouakou.html

Kouressy M., Dingkuh M., Vaksmann M., Heinemann A. B., 2008
Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest. Meteorology*, 148 (3) : 357-371.

Lericollais A., 1972
Sob, étude géographique d'un terroir sérèr (Sénégal). Coll. « Atlas des structures agraires au sud du Sahara », 7, Orstom/Maison des Sciences de l'Homme/Mouton, 110 p.

Lericollais A., 1990
« La mort des arbres à Sob, en pays Sereer (Sénégal) ». *In* Pelissier P., Sautter G., éd. : *Tropiques. Lieux et liens,* Orstom Éditions : 187-197.

Lericollais A., 1999
Paysans sereer. Dynamiques agraires et mobilités au Sénégal.
Paris, IRD Éditions, coll. « À travers champs », 668 p.

Ozer P., Erpicum M., Demarée G., Vandiepenbeeck M., 2003
The Sahelian drought may have ended during the 1990s.
Hydro Sci. J., 48 : 489-492.

Pélissier P., 1966
Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance.
Thèse de Doctorat d'État *es* Lettres, ministère de l'Education nationale/CNRS, Saint-Yrieix, Imprimerie Fabrègues, 939 p.

Pélissier P., 2002
Les paysans Sérèr. Campagnes africaines en devenir.
Paris, Éditions Arguments, 2e édition, pp. 9-28.

Rakotomalala R., 2014
Pratique de la Régression Logistique. Régression Logistique Binaire et Polytomique. Version 2.0. Lyon, Université Lumière Lyon-2, *multigr.,* 272 p.

Salack S., Muller B., Gaye A. T., 2011
Rain-based factors of high agricultural impacts over Senegal.
Part I : integration of local to sub-regional trends and variability.
Theoretical and Applied Climatology, 2011, 106 : 1-22 (DOI 10.1007/s00704-011-0414-z).

Sene S., Ozer P., 2002
Évolution pluviométrique et relation inondations-évènements pluvieux au Sénégal.
Bull. Soc. géogr. Liège, 42 : 27-33.

Siéné Laopé A. C., Muller B., Aké S., 2010
Étude du développement et de la répartition de la biomasse chez deux variétés de mil de longueur de cycle différente sous trois densités de semis.
J. Appl. Biosci., 35 : 2260-2278.
ISSN 1997-5902.
www.m.elewa.org/JABS/2010/35/5.pdf

Sivakumar M. V. K., 1988
Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa.
Agric. Forest. Meteor., 42 : 295-305.

Vaksmann M., Traoré S. B., Niangado O., 1996
Le photopériodisme des sorghos africains.
Agriculture et Développement, 9 : 13-18.

Chapitre 19

Réintroduire l'élevage pour accroître la durabilité des terroirs villageois d'Afrique de l'Ouest

Le cas du bassin arachidier au Sénégal

Élise Audouin, Jonathan Vayssières, Mariana Odru, Dominique Masse, Séraphin Dorégo, Valérie Delaunay, Philippe Lecomte

Introduction

En Afrique de l'Ouest, les enjeux clés restent l'amélioration des conditions de vie et de la sécurité alimentaire des habitants (Lahmar *et al*., 2012). Dans un contexte où la population rurale domine, la durabilité des systèmes agricoles est un objectif prioritaire. Traditionnellement, les systèmes agro-sylvo-pastoraux intégrés dominent en Afrique de l'Ouest (Dugué *et al*., 2012 ; Jouve, 2001). Ils se basent sur la complémentarité entre troupeaux de ruminants, cultures céréalières et parc arboré (Jouve, 2001). La durabilité de ces systèmes dépend en grande partie des transferts de fertilité du *saltus* vers l'*ager via* la pratique du parcage nocturne des animaux (Freschet *et al.,* 2008 ; Jouve, 2001). Ces systèmes agraires ont dû s'adapter entre autres à des régimes pluviométriques changeants et à une forte croissance démographique. En effet, l'Afrique de l'Ouest a connu une période de sécheresse prolongée sur la période 1970-1995 (Cormier *et al.*, 2000) et sa population a doublé durant cette même période (Dongmo *et al.,* 2010 ; FAO, 2003 ; Serpantié et Ouattara, 2001). En réaction, pour répondre à des besoins vivriers croissants, les populations rurales ont mis en culture les terres marginales (Courtin et Guengant, 2011 ; Faye et Landais, 1986 ; Schlecht *et al.,* 2004). Ces surfaces étaient traditionnellement allouées au parcours du bétail. L'extension des terres cultivées s'est donc traduite par une réduction de la ressource fourragère herbacée et a accentué la pression sur le parc arboré, durant les années sèches en particulier. Le parc arboré a particulièrement été sollicité pendant la période de sécheresse de 1970-1995, où il a fini par régresser par surexploitation (Courtin et Guengant, 2011 ; FAO, 2003). En conséquence, les effectifs des troupeaux

ont diminué et l'alimentation du bétail a été recentrée sur les résidus de culture, ce qui accentue les tensions autour de cette ressource (Freschet *et al*., 2008 ; Jouve, 2001 ; Rufino *et al*., 2010). En conséquence, la tendance actuelle est la récolte des résidus (Faye et Landais, 1986). Cette pratique vise leur appropriation en vue de les commercialiser ou de les stocker pour subvenir à l'alimentation du bétail en saison sèche (Dugué, 1985 ; Fall-Touré *et al.*, 1997 ; Schlecht *et al*., 2004). Elle traduit le passage d'un système de gestion collectif à un système de gestion individuel (Courtin et Guengant, 2011 ; Dugué, 1985 ; Jouve, 2001). La diminution de la présence des animaux conjuguée à une récolte quasi systématique des résidus de culture (en plus des produits culturaux principaux) conduit à une diminution de la fertilité des sols, car les exportations de nutriments ne sont plus compensées par un apport équivalent sous forme de fumure organique (Buldgen *et al*., 1992 ; Dugué, 1985 ; FAO, 2003).

Dans cette étude, nous nous sommes penchés sur le cas des populations Sereer du bassin arachidier du Sénégal. Alors que les terroirs de la zone semblaient déjà saturés en 1960 (Lericollais, 1999), la population a doublé dans cette zone du Sénégal entre 1963 et 2009 (Delaunay et Lalou, 2012). Les stratégies d'adaptation ont été différentes selon les villages (Dugué, 1985). Elles ont comme point commun l'essor de la transhumance des troupeaux de bovins. Pour maintenir des animaux dans les terroirs villageois, certaines communautés villageoises ont conservé la jachère commune, tandis que d'autres ont développé la pratique de l'embouche. On peut alors se demander si, dans un contexte de saturation de l'espace et de forte variabilité climatique, le système intensif basé sur une réintroduction des bovins par l'embouche est plus durable que le système traditionnel extensif basé sur un système de jachère. Pour répondre à cette question, nous avons adopté un regard croisé sur deux terroirs villageois qui pratiquent ces deux stratégies agricoles contrastées (jachère *versus* embouche) dans une même zone pédoclimatique.

Matériel et méthode

Le modèle conceptuel guidant l'analyse

Le modèle conceptuel d'analyse est un modèle stock-flux articulant trois systèmes imbriqués : le terroir, le foyer et la parcelle (fig. 1). Ces différents systèmes sont traversés par des flux de biomasse entrants et sortants. La biomasse correspond aux principaux matériaux circulant dans les systèmes agricoles étudiés (fig. 1), à savoir les principaux produits de la strate arborée, des cultures (grains, résidus, etc.) et de l'élevage (fumure organique, animaux, lait, etc.) ainsi que les principaux intrants (engrais minéraux, aliments concentrés, denrées alimentaires, etc.).

Le système étudié : le terroir villageois

Privilégiant une approche systémique, nous avons sélectionné la définition africaniste du terroir en tant que « espace cultivé et exploité par une communauté villageoise »

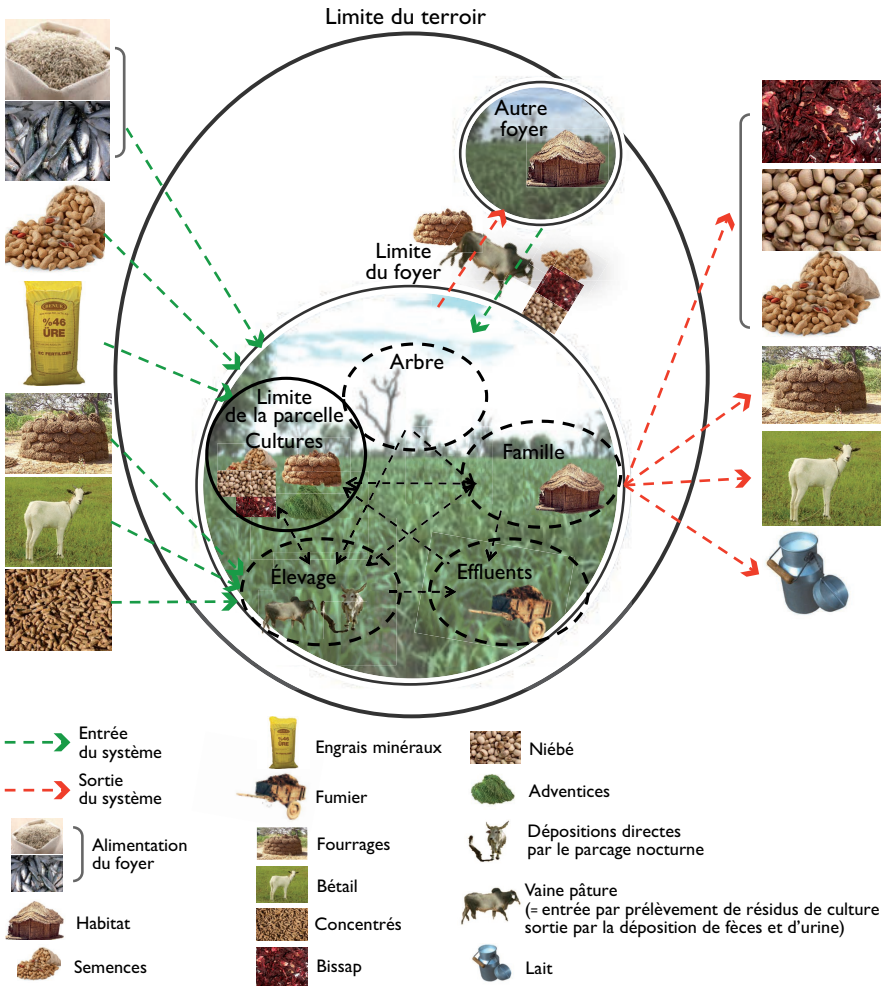


Figure 1.
Représentation conceptuelle du système étudié en trois systèmes imbriqués (terroir, foyer, parcelle).

(Rabot, 1990). Le terroir peut être découpé en unités paysagères qui permettent de modéliser l'organisation spatiale des flux de biomasse et de nutriments (zone d'habitat, champs de case, champs de brousse, parcours réservés au bétail) (Lericollais, 1999 ; Manlay, 2001 ; Tittonell *et al.*, 2006).

Cette étude s'intéresse à deux terroirs proches (distants d'environ 8 km) situés dans une même zone pédoclimatique, dans le bassin arachidier du Sénégal (pluviométrie moyenne de 566 mm.an^{-1}, station météorologique de Fatick, 2013). Diohine, le premier terroir, est caractérisé par un système agricole à tendance traditionnelle basé sur une jachère commune. Barry Sine, le deuxième terroir, est caractérisé par l'essor spectaculaire de la pratique de l'embouche (fig. 2).

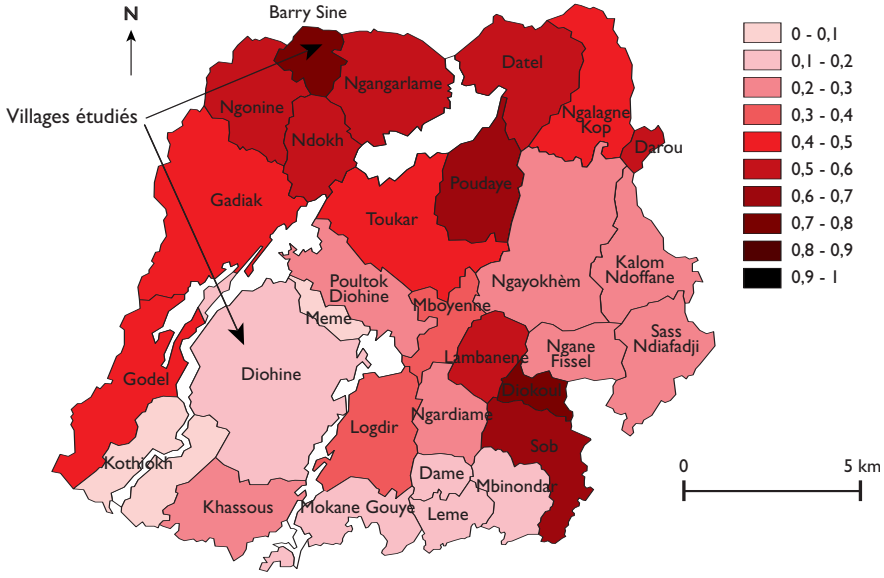


Figure 2.
Fréquence des concessions pratiquant l'embouche en 2012 dans les différents terroirs de l'observatoire démographique IRD de Niakhar (Source : Delaunay et Lalou, 2012).

Les sous-systèmes foyer et parcelle

Historiquement, les Sereer se regroupent entre membres d'une même famille au sein de concessions. Chaque concession est une unité de résidence. Elle est généralement composée de plusieurs foyers. Alors qu'historiquement l'essentiel des décisions se prenait à l'échelle de la concession, aujourd'hui le foyer est généralement l'unité de décision concernant la gestion des ressources agricoles (troupeau, terres, matériel, etc.). Le foyer peut être scindé en cinq sous-systèmes ou ateliers agricoles : la famille, les cultures, l'élevage, les effluents et le parc arboré (cf. fig. 1).

La parcelle est l'unité de gestion des cultures. Ce sous-système est classiquement considéré dans les travaux d'évaluation de la durabilité des systèmes agricoles car, en agronomie, c'est l'échelle classique d'évaluation des rendements culturaux et des bilans de fertilité (Schlecht et Hiernaux, 2004).

Collecte et traitement des données

Enquêtes foyer

Les enquêtes avaient pour objectifs de décrire la structure et les pratiques agricoles de chaque foyer. La liste exhaustive des foyers de chaque village ainsi que les données démographiques correspondantes sont issues de la base de données de l'observatoire de Niakhar (Delaunay *et al.*, 2013). Les pratiques agricoles ont été traduites en flux de biomasse entre les différents ateliers agricoles afin de calculer les indicateurs de

durabilité (cf. *infra*). Le guide d'enquête a donc été divisé selon les 5 ateliers agricoles générateurs de flux de biomasse (cf. *supra*). Les flux entrants et sortants de chacun de ces ateliers ont été quantifiés (fig. 1). L'année de référence était la campagne agricole de 2012 (juin 2012 à mai 2013).

Les flux inter-foyers ont également été renseignés. Ils sont constitués de flux marchands de biomasse (directement renseignés par enquête), ainsi que de flux orchestrés par les troupeaux. Le calcul des flux orchestrés par les troupeaux est précisé *infra* (Schlecht *et al.*, 2004 ; Thornton et Herrero, 2001).

Base de données des flux de biomasse

La base de données des flux de biomasse est renseignée en unités standard (kg MB et kg MS). Les unités locales (charrettes, bottes, etc.) ont été converties en unités standard selon des pesées réalisées pendant l'étude ou à partir de facteurs de conversion disponibles dans la littérature (Vandermeersch *et al*., 2013).

Les flux non quantifiables directement par enquête, à savoir les flux inter-foyer orchestrés par les troupeaux, ont été calculés en distinguant les différentes saisons pratiques (cf. *infra*).

Durant la saison sèche, après récolte des cultures, le cheptel divague librement sur les parcelles et consomme les résidus de culture laissés au champ. Il restitue alors une partie de la biomasse sous forme de fèces et d'urine. Il en est de même en saison des pluies, où les animaux divaguent sur les jachères (cas de Diohine).

Les flux d'ingestion de biomasse sont calculés en fonction du disponible fourrager de chaque foyer. Ce disponible correspond aux productions des parcelles du foyer desquelles sont retranchées la récolte du foyer et la consommation du troupeau du foyer (selon la taille du troupeau et les pratiques d'alimentation du bétail du foyer). Si le reliquat fourrager est positif, il est utilisé par un troupeau d'un autre foyer déficitaire. S'il est négatif, il est contrebalancé par un prélèvement sur les parcelles d'autres foyers excédentaires.

Les restitutions de fèces et d'urine par les animaux ont été calculées selon les temps de présence des différents lots d'animaux en Unité Bovin Tropical Heure (UBT.h) dans les différentes unités paysagères et dans les différentes parcelles pour chaque saison pratique (Schlecht *et al.*, 2006).

Spatialisation des flux et stocks *via* un système d'information géographique

Nous avons choisi de considérer l'approche spatiale des flux de biomasse, car les transferts de nutriments dans l'espace constituent une composante essentielle de l'entretien de la fertilité des terres en zone soudano-sahélienne (Rabot, 1990). Chaque parcelle a donc été géoréférencée. Les différents flux et bilans ramenés à la surface de chaque parcelle ont alors été spatialisés, ce qui nous a permis de représenter la répartition des flux au sein du terroir afin d'évaluer les unités paysagères qui constituent des sources ou des puits de fertilité (Manlay *et al*., 2004 ; Dugué, 1985 ; Tittonell *et al*., 2006).

Indicateurs de durabilité calculés

Les travaux de recherche conduits en Afrique de l'Ouest durant les trente dernières années ont démontré que les nutriments, l'azote en particulier, constituent un facteur limitant majeur de la productivité agricole (Rufino *et al.,* 2009 ; Schlecht *et al.*, 2006). L'alimentation des céréales dans les sols tropicaux sableux d'Afrique de l'Ouest est principalement basée sur le puisage des réserves en azote organique du sol, réserves finies et en quantité limitée (Waneukem et Ganry, 1992). En conséquence du rôle prédominant de l'azote dans le fonctionnement des systèmes agricoles de la zone étudiée, nous avons choisi cet élément minéral pour construire nos principaux indicateurs de durabilité. Ainsi, les flux de biomasse (en kg MS.an^{-1}) ont été convertis en flux d'azote (en kg N.an^{-1}). Les 4 indicateurs suivants ont été calculés aux 3 échelles (parcelle, foyer, terroir) pour mieux comprendre le fonctionnement des deux terroirs étudiés.

Bilan azoté

L'intensification agricole peut mettre en péril la durabilité du système agraire si elle ne s'accompagne pas d'un maintien de la fertilité des sols. Le bilan en nutriments est ainsi un indicateur intéressant de la durabilité du système (Roy *et al*., 2005 ; Thornton et Herrero, 2001). Ici, seul le bilan N apparent a été calculé. Il correspond à la différence entre les entrées et les sorties de N ramenée à la surface agricole utile (SAU). Il ne prend pas en compte les flux verticaux (les émissions gazeuses, la fixation symbiotique, la déposition atmosphérique, etc.).

Efficience d'utilisation de l'azote

Une deuxième évaluation de la durabilité des systèmes peut s'opérer à travers l'estimation de l'efficience d'utilisation de N. Cet indicateur se calcule en divisant les sorties par les entrées. Elle rend compte du « retour sur investissement », puisqu'elle indique pour chaque unité d'azote consommée combien d'unités ont été produites (Vayssières, 2012).

Productivités

La sécurité alimentaire des foyers reste la préoccupation majeure des Sereer. Il est donc incontournable de s'intéresser à la productivité des systèmes agricoles pour en définir la durabilité. Cet indicateur est renseigné en kg MS.ha^{-1}.an^{-1}, en kg N.ha^{-1}.an^{-1} et kg N.hab^{-1}.an^{-1}. Il peut être calculé aux 3 échelles. À l'échelle de la parcelle il correspond aux rendements culturaux.

Importations

Les importations d'un terroir ou d'un foyer dévoilent la dépendance de ce système envers d'autres systèmes. Elles traduisent également l'indépendance du système envers les aléas climatiques locaux et le degré de pression sur les ressources naturelles locales (e.g. parc arboré). Cet indicateur peut être renseigné en kg N.ha^{-1}.an^{-1} ou en kg N.hab^{-1}.an^{-1} (Rufino *et al.*, 2009).

Résultats

Structure des villages

Habitat et occupation du sol

Diohine est un village ancien dont l'habitat est concentré et organisé en quartiers. L'habitat de Barry Sine est le fruit de nombreux mouvements de population relativement récents, il est morcelé et dispersé (fig. 3). Ainsi à Diohine, une « hiérarchie de quartier » s'opère, tandis que Barry Sine présente une « hiérarchie de concession ».

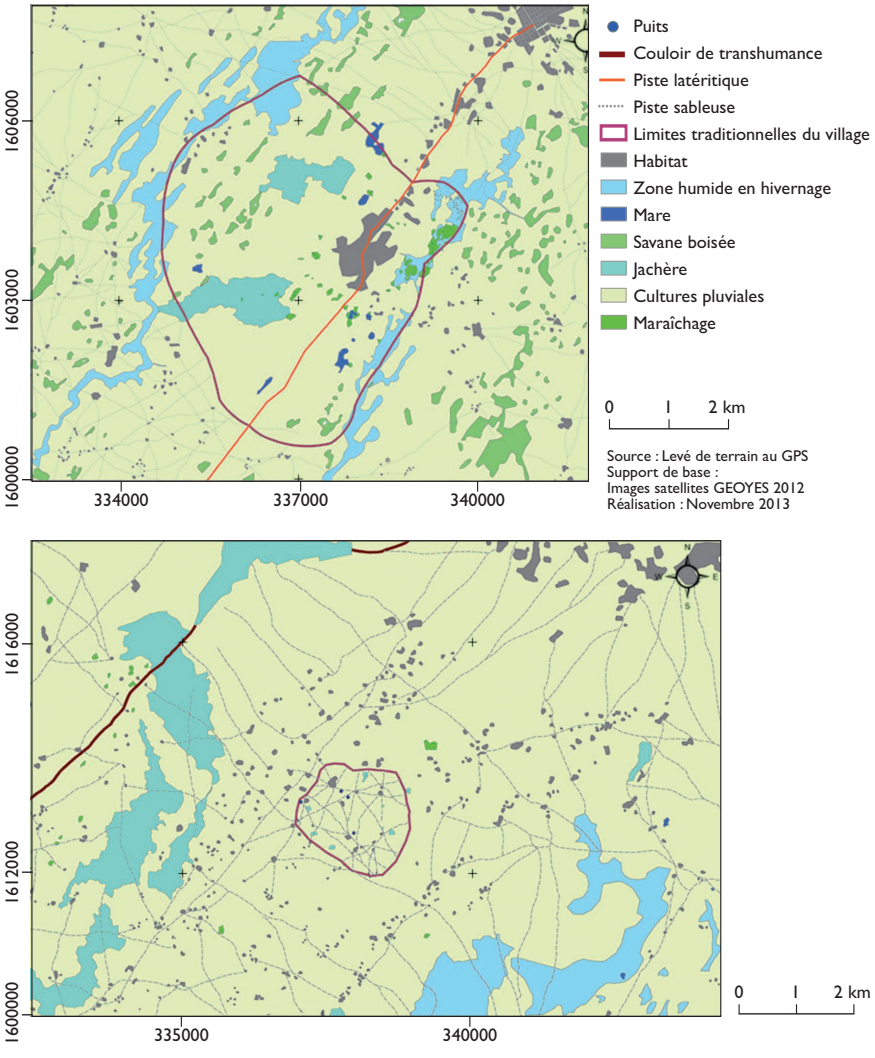


Figure 3.
Zonage agro-écologique de Diohine (en haut) et Barry Sine (en bas) en 2013.

Diohine reflète un mode d'organisation se rapprochant davantage du modèle traditionnel organisé autour de marigots, essentiels au maintien du troupeau sur le terroir. En revanche, Barry Sine n'inclut ni marigot, mares ou savanes boisées dans les limites traditionnelles du village.

Population humaine et animale, surfaces disponibles et assolement

La pression démographique (180 hab.km^{-2} à Diohine ; 320 hab.km^{-2} à Barry Sine) et le chargement animal (0,96 UBT.an.ha^{-1} à Diohine ; 2,31 UBT.an.ha^{-1} à Barry Sine)

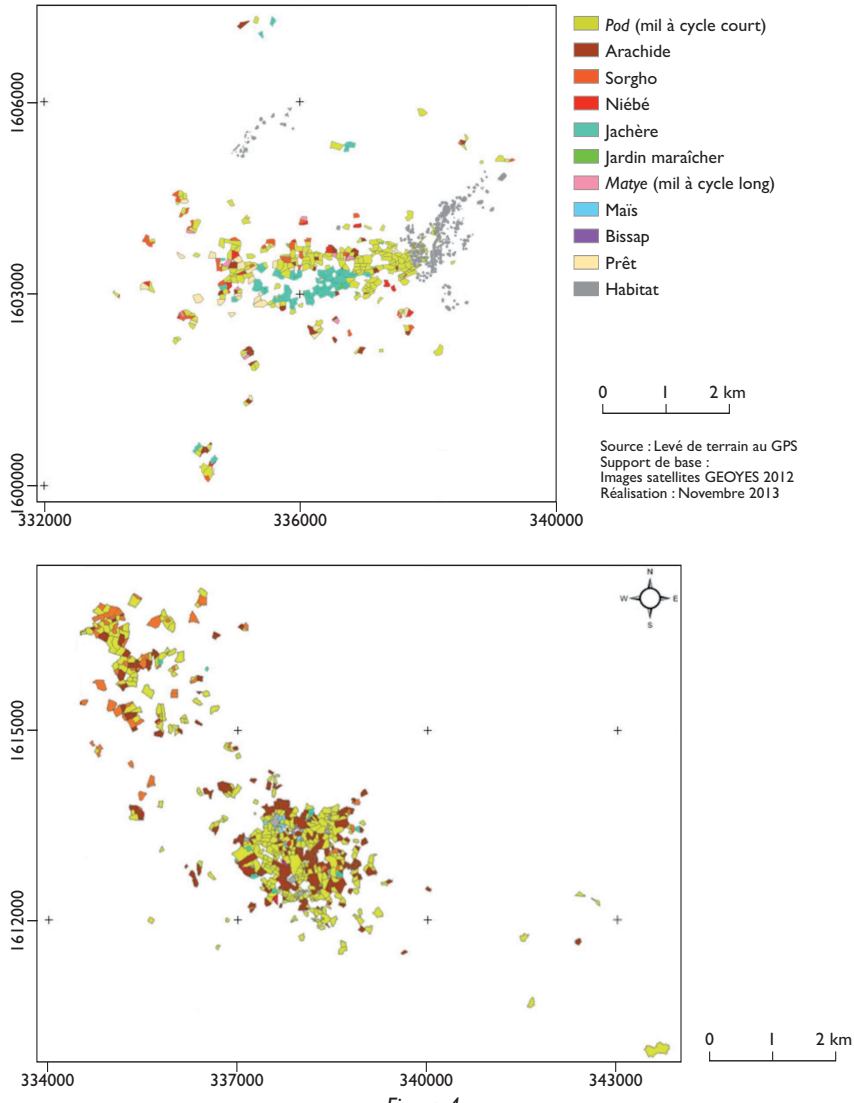


Figure 4.
Cartes de l'assolement à Diohine (en haut) et Barry Sine (en bas) en 2012.

sont plus faibles à Diohine. Ce village a ainsi pu garder un système d'élevage extensif divagant. 20 % de sa SAU sont mis en jachère chaque année pour permettre le pâturage des troupeaux en saison des pluies. Barry Sine, au contraire, ne pratique la jachère que sur quelques parcelles isolées et a développé un élevage intensif basé sur de fortes importations de concentrés.

Le mil reste la culture dominante dans les deux terroirs, il représente 53 % et 55 % de la SAU respectivement à Diohine et Barry Sine. Diohine a délaissé la culture de l'arachide. Elle ne représente plus que 7 % de la SAU à Diohine, contre 30 % à Barry Sine (fig. 4).

Diversité des foyers

D'après leurs données structurelles et leurs pratiques agricoles, les foyers des deux terroirs ont pu être classés en 5 types inégalement répartis dans les deux terroirs (tabl. 1).

Tableau 1.
Caractéristiques des différents types de foyer.

Classe	1- Nouveaux installés	2- Agriculteurs vivriers	2'- Arachidiers	3- Mixtes traditionnels	3'- Emboucheurs
Chargement animal (UBT.ha^{-1})	1,3	1,3	3,1	3,6	3,7
Chargement en embouche (UBT.ha^{-1})	0,3	0,2	1,0	0,1	2,2
Population (unité.ha^{-1})	4,5	2,8	4,2	3,1	6,3
SAU (ha)	3,8	5,5	5,2	5,3	4,9
Part de la surface en arachide (%)	26	19	32	8	20
Part de la surface en jachère (%)	2	11	2	19	0
Part des foyers de Diohine (%)	11	78	0	11	0
Part des foyers de Barry Sine (%)	26	49	19	0	6

Le type de foyer le plus représenté est constitué par les « Agriculteurs vivriers », en particulier à Diohine. Le second type le plus représenté est constitué par les « Nouveaux installés », en particulier à Barry Sine où l'individualisation des ménages est plus importante. Ce sont de jeunes chefs de foyer qui ont peu de SAU, peu d'animaux et sont particulièrement dépendants des ressources du terroir (herbe, bois).

Le type des « Mixtes traditionnels », présent à Diohine seulement, est constitué de chefs de concession qui ont conservé une large part de jachère et sont gestionnaires de troupeaux traditionnels et transhumants de taille moyenne.

Les « Arachidiers » et les « Emboucheurs » sont représentés à Barry Sine seulement. Ils s'orientent tous deux vers la production commerciale (arachide et embouche). Le type des « Emboucheurs » est constitué de foyers très peuplés à faible SAU.

Les « Emboucheurs » présentent un haut ratio de UBT en embouche par rapport au total des UBT. En revanche, les « Mixtes traditionnels » pratiquent peu ou pas l'embouche. Ces deux types ont la particularité de mettre peu de biomasse végétale (résidus de cultures) à disposition des troupeaux des autres foyers : en effet, leur chargement animal est élevé.

Ainsi, les troupeaux des « Mixtes traditionnels » consomment aussi sur les parcelles des autres foyers, en particulier chez les « Agriculteurs vivriers » qui ont un faible chargement animal. Ces producteurs prélèvent donc de l'azote sur les parcelles d'autres foyers, qu'ils concentrent sur leurs propres parcelles par le parcage nocturne. Ils prêtent cependant leurs troupeaux pour le parcage, notamment aux « Nouveaux installés », et peuvent ainsi accroître leur SAU en empruntant les parcelles fumées l'année suivante (Odru, 2013).

En revanche, les « Emboucheurs » ont plutôt des troupeaux entravés au sein de la concession qui ne participent pas à la vaine pâture. Pour l'alimentation de ce bétail, ces foyers vont donc récolter une grande partie des résidus sur leurs propres parcelles et ont aussi parfois recours à l'achat de résidus d'autres foyers « Agriculteurs vivriers » et « Nouveaux installés ».

Pratiques agricoles et équipements

Articulation des activités d'élevage et d'agriculture

Les types de foyers dominants dans chacun des deux terroirs sont différents. Ils se traduisent par des pratiques différentes. Ces pratiques peuvent être décrites en distinguant les principales saisons pratiques concernant la conduite des cultures et de l'élevage (fig. 5).

L'hivernage et le début de la saison sèche chaude (H1, H2 et SC1) correspondent à une période où les activités d'élevage et d'agriculture peuvent entrer en concurrence. Par conséquent, une partie du cheptel des « ruminants divagants » (bovins, caprins, ovins) part en transhumance à destination du Saloum puis du Ferlo (0,11 UBT.ha^{-1} à Diohine et 1,10 UBT.ha^{-1} à Barry Sine). Cette concurrence des activités est atténuée à Diohine grâce à la jachère commune et à l'accès aux marigots, ce qui permet de conserver de plus hauts effectifs divagants dans le terroir (0,56 UBT.ha^{-1} à Diohine ; 0,35 UBT.ha^{-1} à Barry Sine). Ce n'est pas le cas à Barry Sine, qui développe en contrepartie davantage l'élevage d'embouche (0,01 UBT.ha^{-1} à Diohine ; 0,57 UBT.ha^{-1} à Barry Sine). Ce type d'élevage atténue les relations entre les activités d'élevage et d'agriculture, puisque ce bétail est entravé au sein de la concession et que son alimentation est fortement basée sur des concentrés achetés auprès de provendiers et produits hors du terroir (e.g. concentrés complets, son de mil, son de riz, etc.).

En fin de saison sèche chaude et en saison sèche froide (SC2, SF1, SF2 et SF3), dès la récolte des coproduits, les activités d'agriculture et d'élevage deviennent potentiellement complémentaires. En effet, les animaux divagants pratiquent la vaine

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Saisons climatiques	Froide	Hivernage				Saison sèche chaude				Saison sèche		
Saisons pratiques de Diohine	SF3	H1					SC1	SC2		SF1		SF2
Saisons pratiques de Barry Sine	SF3	H1		H2			SC1	SC2		SF1		
Période de pâturage en jachère collective à Diohine			++	++	++	++	++	++				
Culture du mil	+	++	++	++	++	++	++	++	+			
Culture de l'arachide		+	++	++	++	+						
Présence du troupeau transhumant	+	+					+	+	++	++	++	+
Embouche bovine	++	++	+				++	++	++	++	++	++
Embouche ovine		+	+	++	++	++						
Événements culturels				Korité ×		Tabaski ×	Tamkharit ×		Magal ×			

Saisons pratiques :
H1 : Lancement cultures et récolte fourrages (en vert)
H2 : Embouche ovine
SC1 : Récolte des produits principaux
SC2 : Récolte des coproduits + vaine pâture avec berger
SF1 : Pleine vaine pâture
SF2 : Soudure avec recours aux ressources du marigot
SF3 : Soudure avec compléments d'alimentation + préparation des sols

Figure 5.
Représentation des saisons pratiques dans les deux terroirs villageois.

pâture des résidus de récolte laissés au champ et sont parqués la nuit dans certains champs privilégiés. À Diohine, la saison sèche froide est davantage scindée qu'à Barry Sine, avec deux saisons pratiques de soudure distinctes (SF2 et SF3). Dans la première phase, les « ruminants divagants » accèdent à la vaine pâture et consomment en priorité les résidus restés au champ et les ressources du marigot (Odru, 2013). Puis, dans la deuxième phase, l'alimentation des troupeaux est basée sur les résidus de culture stockés et sur l'émondage des arbres fourragers (e.g. *Faidherbia albida*).

La période d'embouche ovine vise généralement les fêtes musulmanes telles que la Tabaski, alors que l'embouche bovine est chaque année étalée sur la saison sèche pour produire de la viande de contre-saison. À Diohine, l'embouche bovine est de type « finition » ; quelques rares animaux sont alors prélevés du troupeau divagant pour être engraissés. Alors que, à Barry Sine, il s'agit d'une embouche de type « achat/revente ».

Fertilisation des terres cultivées

Les flux de nutriments générés par les troupeaux (durant la vaine pâture, le pâturage d'hivernage et le parcage nocturne), les apports de fumier et d'engrais minéraux représentent les intrants majeurs des parcelles.

Vaine pâture, pâturage d'hivernage et parcage nocturne

À l'échelle de la parcelle, les apports du troupeau divagant représentent 32 et 15 % des entrées totales de N à Diohine et à Barry Sine respectivement. À Diohine, une large part des coproduits est laissée à disposition des troupeaux, et le prélèvement de biomasse végétale dépasse la déposition de fèces et d'urine. Il se traduit par une exportation de N de -8 kgN.ha^{-1} en saison sèche pendant la vaine pâture et de -26 kgN.ha^{-1} en saison des pluies pendant le pâturage d'hivernage dans la jachère commune. À Barry Sine, en moyenne, la pratique de la vaine pâture fertilise les terres (+5 kgN.ha^{-1}) car le chargement animal est élevé, l'essentiel de la biomasse végétale est récolté et les animaux sont fortement complémentés.

Du fait du maintien d'un troupeau en saison des pluies grâce à la jachère, le parcage nocturne d'hivernage s'applique sur une portion de la surface 10 fois plus élevée à Diohine (2,7 % de la SAU à Diohine ; 0,2 % à Barry Sine) et de manière plus intensive à Diohine (dépôts de déjections de 3,95 t MS.ha^{-1} à Diohine et 1,75 t MS.ha^{-1} à Barry Sine). On observe le contraire concernant le parcage nocturne de saison sèche. Il est 10 fois plus pratiqué à Barry Sine (3 % de la SAU de Diohine ; 39 % à Barry Sine) et couvre tous les champs quel que soit leur éloignement par rapport à l'habitat, alors qu'il est réservé aux champs de case à Diohine (fig. 6). Les quantités de déjections déposées en saison sèche sont en moyenne plus élevées à Barry Sine (2,40 t MS.ha^{-1} à Diohine ; 2,57 t MS.ha^{-1} à Barry Sine).

Apports de fumier

Le fumier représente 14 % des entrées d'azote des parcelles à Diohine pour 12 % à Barry Sine. Dans les deux villages, l'épandage du fumier s'applique en priorité aux parcelles des champs de case, en cohérence avec le schéma traditionnel. En revanche, l'équipement agricole de Barry Sine lui permet de fumer une plus grande part de sa SAU (fig. 7).

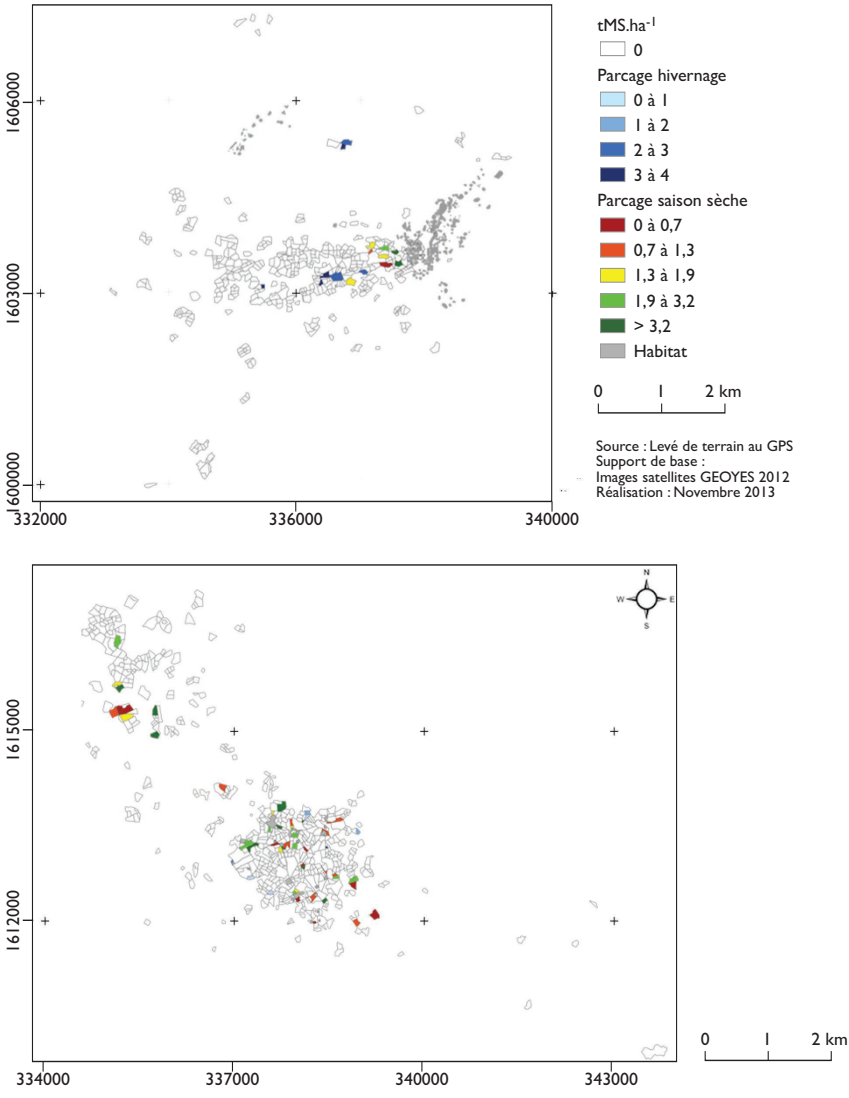


Figure 6.
Localisation des parcages nocturnes d'hivernage et de saison sèche pour Diohine (en haut) et Barry Sine (en bas) en 2012.

Les doses moyennes de fumier épandues sont assez similaires d'un village à l'autre (1,69 t MS.ha^{-1} à Diohine ; 1,64 t MS.ha^{-1} à Barry Sine). Cependant, les foyers de Barry Sine sont mieux équipés en charrettes (48 % des ménages sont équipés à Diohine contre 86 % à Barry Sine). Un meilleur niveau d'équipement associé à un meilleur disponible en fumure organique leur permettent de mieux répartir ce fumier dans l'espace (24 % des parcelles sont fumées à Diohine contre 31 % à Barry Sine).

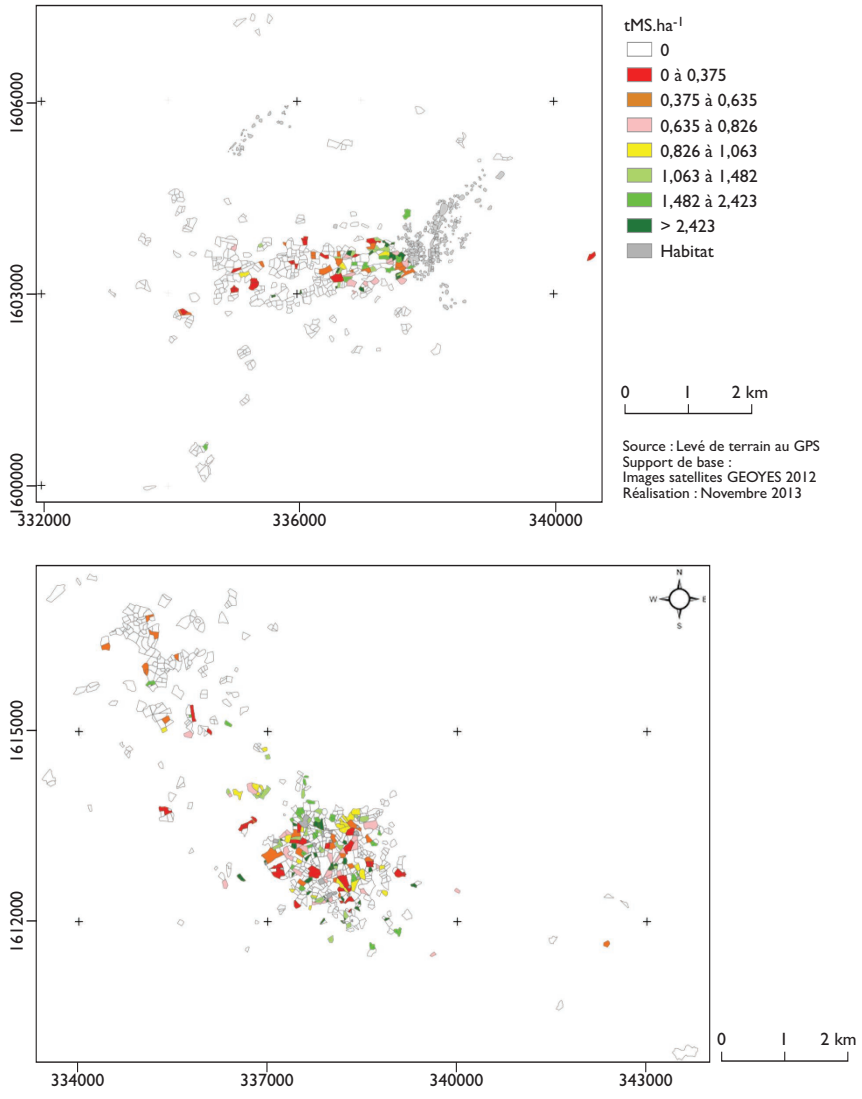


Figure 7.
Intensité des apports de fumier à Diohine (en haut) et Barry Sine (en bas) en 2012.

Apports d'engrais minéraux

L'épandage des engrais minéraux n'est pas lié de manière directe à l'élevage mais joue un rôle prépondérant en fournissant la majeure partie des intrants azotés des parcelles de Barry Sine (8 % à Diohine ; 26 % à Barry Sine). L'épandage d'engrais minéraux concerne une surface plus importante à Barry Sine (2 % à Diohine ; 27 % de la SAU à Barry Sine) et il est réalisé à des doses plus élevées. Ainsi, ce village contrebalance les apports de fumure organique (déjections et fumier) qui privilégient

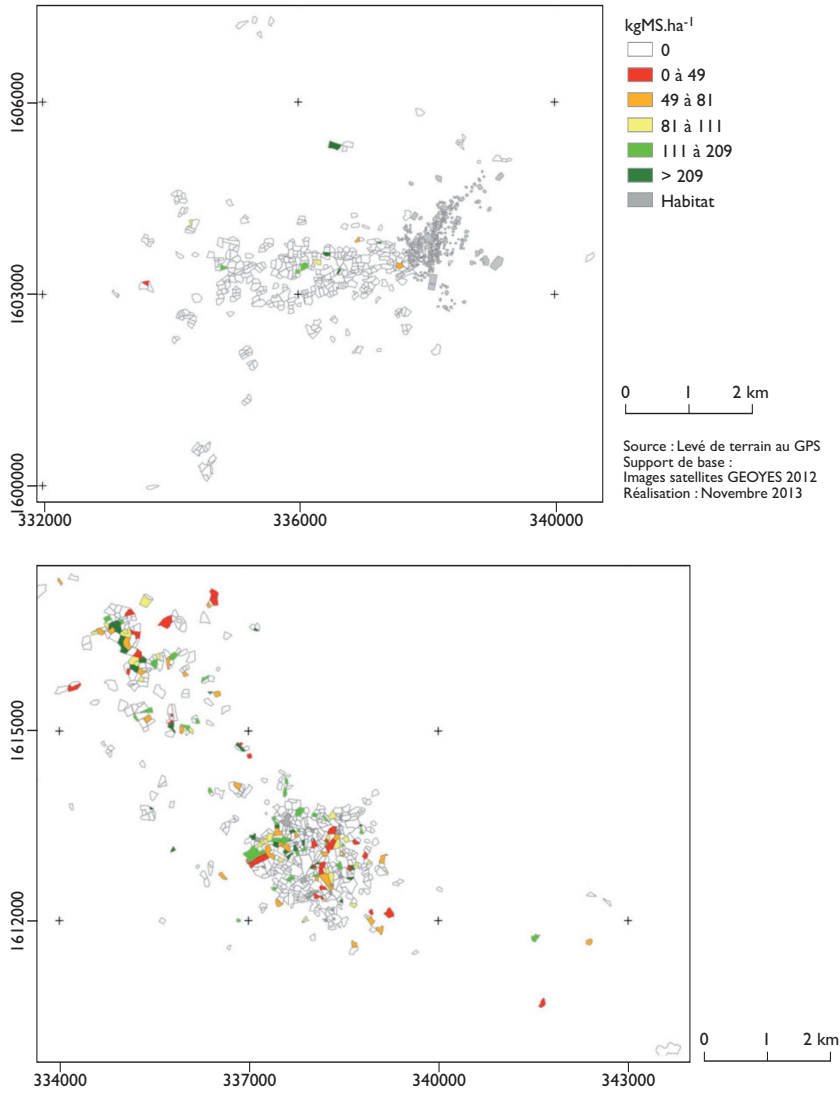


Figure 8.
Intensité des épandages d'engrais minéraux
à Diohine (en haut) et Barry Sine (en bas) en 2012.

les champs de case par l'apport d'engrais minéraux en priorité épandus sur les champs de brousse (fig. 8).

Conduite des cultures et rendements culturaux

Après avoir analysé les principaux intrants des parcelles, nous décrivons maintenant leur impact en termes de rendements. Les rendements en céréales sont plus importants à Barry Sine et équivalents en arachide pour les deux villages (tabl. 2). Il est à noter

que les rendements globaux en pailles sont significativement plus élevés à Barry Sine. Toutefois, les rendements de fanes y sont plus faibles (tabl. 2).

Tableau 2.
Comparaison des rendements des principales cultures et de la part de coproduits laissés au champ à Diohine et Barry Sine en 2012.

	Produits principaux (épis/coques)			Coproduits (pailles/fanes)					
	Rendement (kgMS .ha^{-1})						Part de coproduits laissée au champ (%)		
	Mil	Sorgho	Arachide	Mil	Sorgho	Arachide	Mil	Sorgho	Arachide
Diohine	**626**	**480**	**371**	**1823**	**1067**	**1171**	**60**	**44**	**31**
Barry Sine	**727**	**779**	**366**	**2418**	**2505**	**696**	**43**	**13**	**0**

(En rouge la valeur la plus basse pour une variable comparée à l'autre village ; en vert, la valeur la plus haute pour une variable comparée à l'autre village).

Le devenir des coproduits diffère également d'un terroir à l'autre. Cela s'explique par des systèmes d'élevage dominants différents d'un terroir à l'autre. À Diohine, le système divagant domine. Or ce dernier suppose qu'une quantité suffisante soit laissée au champ afin de permettre la vaine pâture. En revanche, il est de type embouche à Barry Sine, ce qui mène ses habitants à récolter une plus grande part de leurs coproduits (tabl. 2).

Indicateurs de durabilité

À l'échelle de la parcelle

Barry Sine utilise significativement davantage d'intrants par hectare à l'échelle de la parcelle que Diohine (13,5 kgN.ha^{-1} à Diohine ; 23,5 kgN.ha^{-1} à Barry Sine). En revanche, son gain de production (+15 kgN.ha^{-1}) n'est pas compensé par le gain d'intrants (+10 kgN.ha^{-1}). En effet, les exports de fourrage, en particulier pour l'alimentation d'embouche, sont plus élevés à Barry Sine. Ainsi, au final, les pratiques agricoles impactent peu les bilans azotés des deux villages, qui présentent des moyennes et médianes à différence non significative (moyennes de -20 kgN.ha^{-1} pour Diohine ; -23 kgN.ha^{-1} pour Barry Sine) (fig. 9).

Si l'on compare la répartition spatiale des bilans azotés des parcelles, et d'après un test ANOVA, Diohine converge vers le modèle traditionnel avec des bilans N plus élevés en champs de case qu'en champs éloignés. À Barry Sine, cette différence de bilan N selon l'éloignement à l'habitat n'est pas significative.

L'hétérogénéité est également plus élevée à Diohine, probablement en raison de pratiques de conduite davantage différenciées entre champs de case et champs éloignés.

À l'échelle du foyer

Les pratiques agricoles de Barry Sine se traduisent par un plus fort recours aux intrants tels que les engrais minéraux, les aliments concentrés, les denrées alimentaires

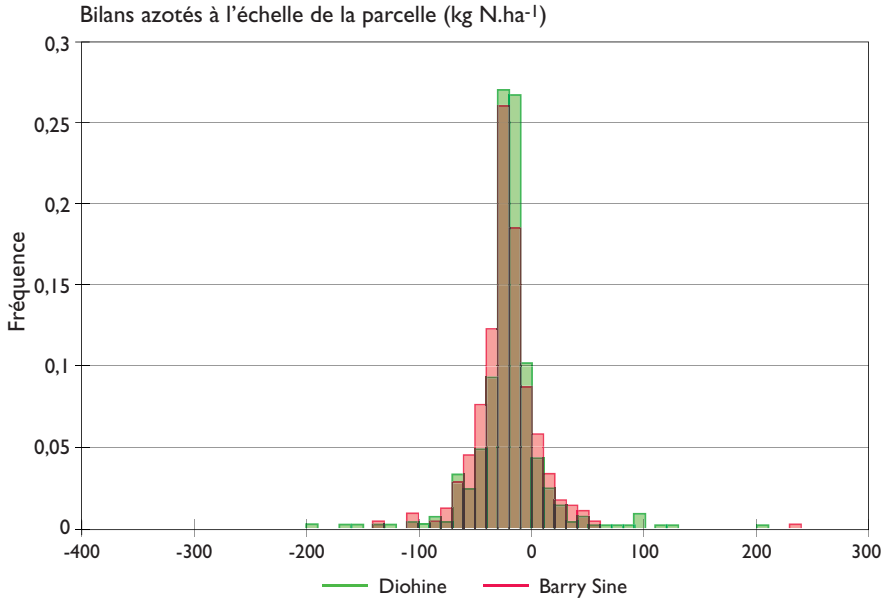


Figure 9.
Graphique de la répartition des bilans azotés par fréquence à Diohine et Barry Sine en 2012.

(flux de N entrants = 3 kg N.habitant^{-1} à Diohine ; 20 kgN.habitant^{-1} à Barry Sine), alors que les productions de Diohine sont essentiellement basées sur une utilisation des ressources locales par un recyclage des biomasses issues de l'élevage, des cultures et du parc arboré. Ce surplus d'intrants est essentiellement destiné à la pratique de l'embouche, puisque les achats de denrées alimentaires sont assez similaires dans les deux villages (1,62 et 1,66 kg N.habitant^{-1} à Diohine et Barry Sine respectivement).

Une analyse plus approfondie des flux d'azote intervenant à l'échelle des foyers montre que Diohine tend davantage vers l'autoconsommation, alors que Barry Sine s'est orienté vers la commercialisation de ses productions agricoles. En effet, les ventes de produits animaux et végétaux sont beaucoup plus élevées à Barry Sine (1 kg N.habitant^{-1} à Diohine ; 13 kg N.habitant^{-1} à Barry Sine).

Les flux générés par le déplacement des troupeaux divagants prédominent à Diohine, alors que ce sont les flux entrants et sortants liés à l'embouche qui dominent à Barry Sine. Ces chiffres montrent l'importance des activités d'élevage dans le fonctionnement des deux terroirs, même si les systèmes d'élevage diffèrent fortement.

Les pratiques et le fonctionnement actuels des foyers conduisent à des bilans N à l'échelle du foyer en moyenne supérieurs à Barry Sine (13 kgN.ha^{-1} à Diohine ; 24 kg N.ha^{-1} à Barry Sine). Ces bilans azotés sont d'autant plus élevés que le foyer s'oriente vers l'activité d'élevage. En effet, les « Agriculteurs vivriers » et les « Emboucheurs » ont respectivement les plus faibles et les plus hauts bilans azotés à l'échelle du foyer.

À l'échelle du terroir

À l'échelle du terroir, les résultats sont similaires à ceux observés à l'échelle du foyer. Les bilans azotés sont dans les deux cas positifs, et le bilan est supérieur à Barry Sine (+8,5 kg N.ha^{-1} à Diohine ; +24,9 kg N.ha^{-1} à Barry). L'intensité des flux de N est beaucoup plus élevée à Barry Sine. En effet, les flux entrants sont 7 fois plus élevés à Barry Sine (9,3 kg N.ha^{-1} à Diohine ; 67,9 kg N.ha^{-1} à Barry Sine). De même, les flux de N sortants sont 35 fois plus élevés à Barry Sine (1,2 kg N.ha^{-1} à Diohine ; 43,9 kg N.ha^{-1} à Barry Sine). Ces différences de fonctionnement se traduisent par une efficience d'utilisation de N 4 fois supérieure à Barry Sine en référence à Diohine (0,15 à Diohine ; 0,64 à Barry Sine).

Discussion générale : effets de l'embouche sur la durabilité des terroirs en Afrique de l'Ouest

L'appauvrissement des sols est un problème commun à de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest (Smaling *et al.,* 1997). Il apparaît sur la figure 10 que les bilans azotés en Afrique de l'Ouest sont généralement négatifs à l'échelle de la parcelle. Malgré des méthodologies qui peuvent différer d'une étude à l'autre, les bilans de Diohine et Barry Sine sont comparables avec ceux de la sous-région (Schlecht et Hiernaux, 2004).

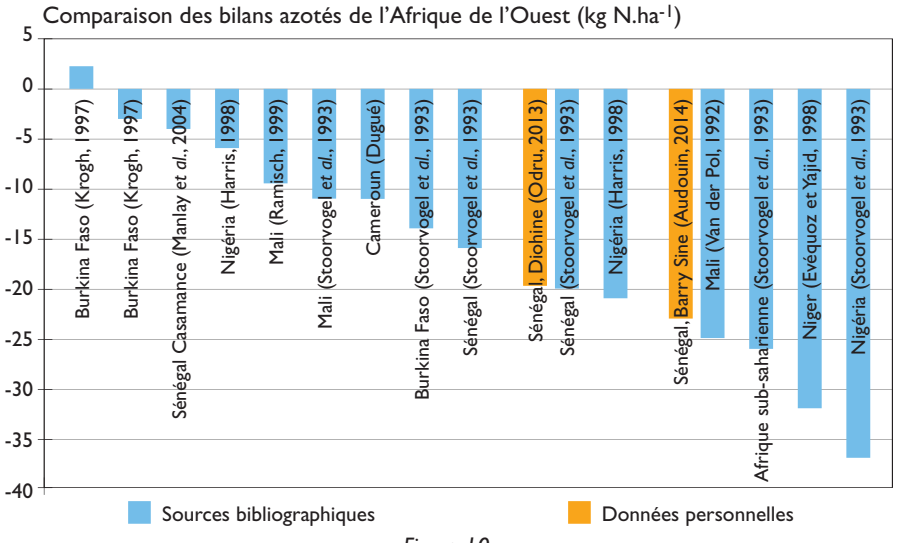


Figure 10.
Bilans azotés à l'échelle de la parcelle en Afrique de l'Ouest.

Cette étude des flux de biomasse et d'azote, en décrivant le cas de Diohine, confirme que la réduction de la présence des troupeaux remet fortement en cause le système traditionnel basé sur une forte complémentarité entre élevage, cultures et parc arboré (LERICOLLAIS, 1999). En effet, les transferts de fertilité traditionnellement orchestrés par les troupeaux de ruminants divagants (MANLAY *et al*, 2004) deviennent insuffisants pour compenser les exportations de N *via* les produits des cultures, d'où des bilans N négatifs à l'échelle de la parcelle et des bilans N légèrement positifs à l'échelle du foyer et du terroir dans le cas de Diohine (tabl. 3).

Tableau 3.
Comparaison pluri-échelle des indicateurs de durabilité des villages.

		Diohine	Barry Sine
Bilan azoté (kg N.ha^{-1})	Parcelle	-19,8	-23,0
	Foyer	12,7	25,1
	Terroir	8,5	24,9
Efficience azotée (Dmnl)	Parcelle	12,5	3,84
	Foyer	0,78	0,89
	Terroir	0,15	0,64

Cette étude montre que le système agricole basé sur la pratique de l'embouche permet d'accroître la présence de ruminants à l'échelle du terroir. À Barry Sine, le chargement animal est plus élevé et les animaux sont mieux alimentés (cf. *supra*). D'où un disponible en fumure organique plus important et une plus grande fourniture en matière organique à l'échelle de la parcelle à Barry Sine (+2,2 kg N.ha^{-1}). Par conséquent, les rendements en mil, la culture principale des deux terroirs, sont en moyenne augmentés. Ce gain de rendements correspond à un surplus de +101 kg MS.ha^{-1} d'épis et de +595 kg MS.ha^{-1} de paille de mil (cf. *supra*). Ces gains de rendements moyens à l'échelle du terroir permettent d'alimenter un cheptel plus important et contribuent à accroître la production de viande de +189 kg PV.ha^{-1}, dont la vente constitue une entrée monétaire utile pour acheter des engrais minéraux et des denrées alimentaires. La pratique de l'embouche permet donc indirectement d'intensifier les productions culturales et de soutenir une densité de population plus élevée de 78 % (cf. *supra*), confirmant ainsi l'hypothèse de DUNCAN *et al.* (2013).

Pour maintenir un chargement animal élevé (2,31 UBT.ha^{-1}), l'ensemble des agriculteurs de Barry Sine importe annuellement 411 t MS d'aliments concentrés (cf. *supra*). Le recours aux aliments concentrés importés est discutable. Certes, il réduit l'autonomie des foyers et les expose aux fluctuations des prix des céréales et des coproduits de l'industrie, mais il réduit également la pression des systèmes de production sur les ressources naturelles locales et les rend moins sensibles aux variations climatiques. En effet, en système traditionnel (tel qu'à Diohine) durant les années sèches, le parc arboré est fortement sollicité pour compenser le déficit de résidus de récolte nécessaires à l'alimentation des troupeaux. Or la durabilité d'un tel système est fortement remise en cause lors de sécheresses prolongées telles que celle survenue durant la

période 1970-1995. Alors qu'en système construit autour de l'embouche (tel qu'à Barry Sine), le déficit de fourrages en années sèches se fait moins ressentir puisque l'essentiel de la ration est couvert par des aliments concentrés.

Le tableau 3 souligne une grande différence entre les résultats obtenus à l'échelle de la parcelle et ceux calculés à l'échelle du foyer et du terroir. En effet, le bilan azoté est négatif à l'échelle de la parcelle et il est largement positif aux échelles supérieures. Une analyse plus approfondie des flux de N permet d'expliquer ces différences de bilan N par le fait qu'une part du disponible en matière organique (fumier, bouses, urine) n'est pas valorisée sur les parcelles cultivées. Ainsi, dans les deux villages, une partie de l'azote s'accumule au niveau de l'habitat. La différence entre les bilans N est encore plus importante pour Barry Sine (cf. *supra*) où le fumier est encore moins bien valorisé. En effet, une analyse des flux de N par foyer montre que la valorisation du fumier dépend largement du type de foyer (cf. *supra*). En règle générale, plus la quantité de fumier disponible est importante, moins le fumier épandu par UBT sera élevé. En effet, certains foyers, les « Emboucheurs », se concentrent exclusivement sur la commercialisation du bétail, portent moins d'attention aux cultures et importent une grande part de leurs denrées alimentaires *via* les bénéfices de l'embouche. Au contraire, les foyers qui s'intéressent à la fois à la commercialisation du bétail d'embouche et à la culture de rente, les « Arachidiers », valorisent mieux le fumier. Cela avait été également noté dans d'autres contextes de développement de l'élevage à visée commerciale en Afrique subsaharienne (Rufino *et al.*, 2009 ; Schlecht *et al.*, 2006).

Audouin (2014) a évalué dans les deux villages l'intérêt environnemental, technique et économique d'une meilleure valorisation du fumier par la mise en place de fosses fumières sous hypothèse d'attelages et de main-d'œuvre non limitants (tabl. 4). Les fosses fumières permettent d'augmenter la biomasse collectée (souches et tiges grossières qui sont par ailleurs brûlées) et de réduire les pertes gazeuses de N (Blanchard *et al.*, 2011).

Tableau 4.
Bénéfices environnementaux, techniques et économiques de l'implémentation de fosses fumières par foyer et par an (Audouin, 2014).

Type de foyer	Nombre de fosses de 9 m^3 nécessaires	Fumier (kg MS.ha^{-1})	Grains mil (kg MS .ha^{-1})	Revenu (€)	Bilan azoté parcelle (kg N.ha^{-1})
1- Nouveaux installés	2	+155	+21	+30	+3,1
2- Agriculteurs vivriers	2	+58	+9	+17	+1,9
2'- Arachidiers	5	+231	+34	+45	+5,8
3- Mixtes traditionnels	2	+20	+6	+8	+2,4
3'- Emboucheurs	8	+357	+142	+327	+4,3
Moyenne sur Diohine	2	+24	+3	+1	+1,8
Moyenne sur Barry	4	+161	+30	+64	+3,3

L'analyse montre que les gains sont particulièrement importants dans les terroirs où l'embouche domine tels qu'à Barry Sine (tabl. 4). L'intérêt est beaucoup plus réduit pour les foyers qui ont des chargements animaux faibles et où le système d'élevage dominant est de type divagant tels qu'à Diohine. En effet, la production de fumier y est limitée.

Conclusion

Cette étude porte un regard croisé sur deux terroirs agricoles villageois qui ont suivi des trajectoires différentes afin de s'adapter aux changements de leur environnement. Le premier, Diohine, est proche du système agro-sylvo-pastoral traditionnel sereer organisé autour de la jachère, de troupeaux divagants et fortement dépendant du parc arboré en période de soudure. Le second, Barry Sine, conduit de façon plus intensif, est organisé autour de la pratique de l'embouche à l'étable. Les pratiques agricoles et les flux de biomasse résultants ont été décrits par enquête et ont permis de calculer des indicateurs décrivant la productivité des terroirs et l'évolution de la fertilité de leurs sols.

Diohine est un terroir ancien, où la hiérarchie sociale intergénérationnelle reste forte. Le poids de la tradition a participé au maintien de la gestion collective des ressources par l'organisation d'une jachère commune qui accentue les interactions inter-foyers *via* les troupeaux divagants. La possession de troupeaux, fortement liée au statut social, est déterminante de la productivité agricole et du maintien de la fertilité des sols, puisque l'essentiel des entrées d'azote des foyers est basé sur la vaine pâture et le parcage nocturne.

Le terroir de Barry Sine est plus récent. Il a évolué vers un système de gestion des ressources plus individuel et plus intensif, puisque l'essentiel des entrées d'azote des foyers est basé sur l'import d'aliments concentrés pour l'embouche. Ce village a également maintenu la culture commerciale de l'arachide, facilitée par un épandage d'engrais minéraux 5,7 supérieur à celui de Diohine en termes d'azote. Son équipement agricole permet une meilleure répartition des apports d'azote entre champs de case et champs éloignés. Ainsi, le terroir de Barry Sine est plus productif *via* une augmentation des rendements culturaux (+39 % de N pour les produits principaux, +45 % de N pour les coproduits) et de la productivité animale (x 9 kg $N.ha^{-1}$ produit sous forme de viande).

L'analyse des flux de biomasse montre que les troupeaux jouent toujours dans les deux villages un rôle majeur dans l'organisation du cycle de l'azote. À Barry Sine, l'embouche permet d'accroître la présence de ruminants dans le terroir villageois, et donc de multiplier les apports d'azote des champs sous forme de fumure organique par 1,5. Cependant, les bilans azotés à l'échelle de la parcelle restent négatifs dans les deux terroirs (-20 kg $N.ha^{-1}$ à Diohine ; -23 kg $N.ha^{-1}$ à Barry Sine). Ils indiquent

une gestion insuffisamment durable de la fertilité des sols, expliquée par l'importance des flux sortants de la parcelle et la faiblesse des flux de retours aux champs. Ainsi, les systèmes agricoles actuels sont basés sur un puisage non durable des ressources du sol. Des marges de progrès sont néanmoins possibles, puisque les bilans azotés des terroirs (+9 kg $N.ha^{-1}$ à Diohine ; +25 kg $N.ha^{-1}$ à Barry Sine) et des foyers (+13 kg $N.ha^{-1}$ à Diohine ; +25 kg $N.ha^{-1}$ à Barry Sine) sont positifs. Les différences de bilans montrent que l'azote s'accumule au niveau de l'habitat et que le recyclage de l'azote n'est pas optimal. Il s'explique notamment par une sous-valorisation des fumiers.

Conscients de la régression de la fertilité de leurs sols, les habitants des deux terroirs montrent un intérêt particulier pour l'intensification des systèmes de culture *via* l'apport de fumure organique d'origine animale. Ils réfléchissent notamment à augmenter la valorisation du fumier par la mise en place de fosses fumières. Le développement des fosses fumières serait en effet bénéfique d'un point de vue environnemental (bilans N accrus à l'échelle de la parcelle). Les avantages d'une telle innovation sont plus probants à Barry Sine d'un point de vue technique et économique grâce à un fort disponible en fumier issu de l'embouche.

Dans un contexte de changement climatique et de croissance démographique forte, cette question des options d'intensification des terroirs agricoles villageois est commune à bien des régions d'Afrique de l'Ouest. L'intensification par l'introduction d'un élevage de type embouche paraît être une voie prometteuse. Cette option présente l'intérêt non seulement d'accroître la productivité animale et végétale, mais aussi d'améliorer la santé économique des ménages et de réduire leur sensibilité vis-à-vis des variations climatiques locales, puisque l'alimentation des troupeaux est moins tributaire du disponible fourrager, ce qui réduit la pression exercée sur les ressources locales, dont le parc arboré en périodes de sécheresse.

Remerciements

Les auteurs remercient les agriculteurs pour leur disponibilité et l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail. Ils remercient également Ibrahima Thiaw et Mamadou Lamine Ndiaye, étudiants en cartographie de l'UCAD, qui ont effectué une partie des relevés du parcellaire et réalisé l'ensemble des cartes de ce chapitre.

Références

Audouin E., 2014
Comparaison de deux terroirs en termes de flux de biomasse et de bilans azotés en vue de proposer des voies d'intensification écologique – Cas de Diohine et Barry Sine dans le Bassin Arachidier du Sénégal. Thèse de master, EIP (École d'ingénieurs de Purpan), Toulouse, 118 p.

Audouin E., Vayssières J., Bourgoin J., Masse D., 2014
« Identification de voies d'amélioration de la fertilité des sols par atelier participatif ». *In* : *Actes symposium 50 ans de Niakhar*, IRD Éditions, sous presse, 22 p.

Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S., 2011
Comment évaluer un processus innovant ? Cas de l'amélioration quantitative et qualitative de la fumure organique au champ. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire en pays tropicaux*, 64 (1-4) : 61-72.

Buldgen A., Detimmerman F., Priraux M., Compère R., 1992
Les techniques d'embouche de moutons en région soudano-sahélienne sénégalaise. *Nutrition et Alimentation*, 35 (3-4) : 321-328.

Cormier M. C., Gueye C., Lericollais A., Seck S. M., 2000
« Sécheresse ». *In* : *La construction de l'espace sénégalais depuis l'indépendance, 1960-2000,* [http://www.cartographie.ird.fr/SenegalFIG/secheresse.html 2013]

Courtin F., Guengant J. P., 2011
Un siècle de peuplement en Afrique de l'Ouest. *Natures Sciences Sociétés*, 19 (3) : 256-265.

Delaunay V., Douillot L., Diallo A., Dione D., Trape J. F., Medianikov O., Raoult D., Sokhna C., 2013
Profile: The Niakhar Health and Demographic Surveillance System. *International Journal of Epidemiology,* 42 (4) : 1002-1011.

Delaunay V., Lalou R., 2012
Culture de la pastèque, du sanio et pratique de l'embouche bovine dans la zone d'étude de Niakhar. Enquête légère juin 2012, rapport d'analyse. IRD, Dakar, Sénégal, 12 p.

Dongmo A. L., Dugué P., Vall E., Lossouarn J., 2010
« Optimiser l'usage de la biomasse végétale pour l'agriculture et l'élevage au Nord-Cameroun ». *In : Savanes africaines en développement : innover pour durer,* du 20 au 23 avril 2009, Éditions Seiny-Boukar L. et Boumarda P., N'Djaména, Tchad/ Montpellier, Cirad, 10 p.

Dugué P., 1985
L'utilisation des résidus de récolte dans un système agro-pastoral sahélo-soudanien au Yatenga (Burkina Faso). *Cahiers de la Recherche-Développement*, 7 : 28-37.

Dugué P., Vayssières J., Chia E., Ouedraogo S., Havard M., Coulibaly D., Nacro H.B., Sissoko F., Sangare M., Vall E., 2012
L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest. Actes du séminaire ASAP, Partenariat, modélisation, expérimentation : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique, Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H. B., éd., novembre 2011, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 15 p.

Duncan A. J, Tarawali S.A., Thorne P. J., Valbuena D., Descheemaeker K., Homann-Kee Tui S., 2013
Integrated crop-livestock systems – a key to sustainable intensification in Africa. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 1 : 202-206.

Fall-Touré S., Traoré E., N'diaye K., N'diaye N. S., Sèye B. M., 1997
Utilisation des fruits de *Faidherbia albida* pour l'alimentation des bovins d'embouche paysanne dans le bassin arachidier au Sénégal. *Livestock Research for Rural Development*, 9 (5) : 1-17.

Faye A., Landais E., 1986
L'embouche bovine paysanne
dans le centre-nord du bassin arachidier
au Sénégal.
*Cahiers de la recherche-développement
en milieu rural*, 9-10 : 113-120.

**Food and Agriculture Organization
of the United Nations, 2003**
*Gestion de la fertilité des sols
pour la sécurité alimentaire
en Afrique subsaharienne.*
Rome, FAO, Italie, 66 p.

**Freschet G. T., Masse D.,
Hien E., Sall S., Chotte J. L., 2008**
Long-term changes in organic matter
and microbial properties resulting
from manuring practices in an arid
cultivated soil in Burkina Faso.
Agriculture, Ecosystems and Environment,
123 : 175-184.

Jouve P., 2001
« Jachères et systèmes agraires
en Afrique subsaharienne ».
In Floret C., Pontanier R. :
*La jachère en Afrique tropicale.
Rôles, aménagement, alternatives.
De la jachère naturelle à la jachère améliorée,
le point des connaissances.*
Paris, IRD Éditions : 1-20.

**Lahmar R., Bationo B. A.,
Lamso N. D., Guéro Y.,
Tittonell P., 2012**
Tailoring conservation agriculture
technologies to West Africa semi-arid zones:
Building on traditional local practices
for soil restoration.
Field Crops Research, 132 : 158-167.

Lericollais A., 1999
*Paysans sereer. Dynamiques agraires
et mobilités au Sénégal.*
Paris, IRD Éditions,
coll. À travers champs, 681 p.

Manlay R. J., 2001
*Organic matter dynamics in mixed-farming
systems of the West African savanna.
A village case study from South Senegal.*
Thèse doctorale, École nationale
du génie rural, des eaux et forêts,
Montpellier, 192 p.

**Manlay R. J., Ickowiczc A.,
Masse D., Feller C., Richard D.,
2004**
Spatial carbon, nitrogen
and phosphorus budget in a village
of the West African savanna—
II. Element flows and functioning
of a mixed-farming system.
Agricultural Systems, 79 : 83-107.

Odru M., 2013
*Flux de biomasse et renouvellement
de la fertilité des sols à l'échelle du terroir.
Étude de cas d'un terroir villageois sereer
au Sénégal.*
Thèse de master, Istom,
Cergy-Pontoise, 109 p.

Rabot C., 1990
Transfert de fertilité et gestion des terroirs,
Quelques points de vue.
Les Cahiers de la Recherche-Développement,
25 : 19-32.

**Roy R. N., Misra R. V., Lesschen J. P.,
Smaling E. M., 2005**
Évaluation du bilan en éléments nutritifs
du sol. Approches et méthodologies.
Bulletin FAO engrais et nutrition végétale, 14,
FAO, Rome, Italie, 85 p.

**Rufino M. C., Hengsdijk H.,
Verhagen A. 2009**
Analysing integration and diversity
in agro-ecosystems by using indicators
of network analysis.
Nutrient Cycling in Agroecosystems, 84 :
229-247.

**Rufino M. C., Dury J.,
Tittonell P., Wijk M. T. V.,
Herrero M., Zingore S.,
Mapfumo P., Giller K. E., 2010**
Competing use of organic resources,
village-level interactions between farm types
and climate variability in a communal area
of NE Zimbabwe.
Agricultural Systems, 104 (2) : 175-190.

Schlecht E., Hiernaux P., 2004
Beyond adding up inputs and outputs:
process assessment and upscaling
in modelling nutrient flows.
Nutrient Cycling in Agroecosystems, 70 :
303-319.

Schlecht E., Hiernaux P., Achard F. O., Turner M. D., 2004
Livestock related nutrient budgets within village territories in western Niger. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68 : 199-211.

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. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76 : 109-136.

Serpantié G., Ouattara B., 2001
« Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest ». *In* Floret C., Pontanier R. : *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagement, alternatives. De la jachère naturelle à la jachère améliorée, le point des connaissances.* Paris, IRD Éditions : 21-83.

Smaling E. M. A., Nandwa S. M., Janssen B. H., 1997
« Soil fertility in Africa is at stake ». In Buresh R. J., Sanchez P. A., Calhoun F., eds : *Replenishing Soil Fertility in Africa*, Wisconsin, ASSA, CSSA, SSSA : 47-61.

Thornton P. K., Herrero M., 2001
Integrated crop-livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems*, 70 (2-3) : 581-602.

Tittonell P., Leffelaar P. A., Vanlauwe B., Wijk M.T. V., Giller K. E, 2006
Exploring diversity of crop and soil management within smallholder African farms: A dynamic model for simulation of N balances and use efficiencies at field scale. *Agricultural Systems*, 91 (1-2) : 71-101.

Vandermeersch C., Marra A., Ndiaye P., Ndiaye O., Faye S., Levi P., Naulin A., Ekoudvidjin E., 2013
Rapport sur les enquêtes « Culture élevage », « Ménage équipement » et le « Suivi scolaire » : document technique et axes de recherche. IRD, Dakar, Sénégal, 270 p.

Vayssières J., 2012
Modélisation participative et intégration des pratiques décisionnelles d'éleveurs dans un modèle global d'exploitation. Thèse doctorale, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier, 179 p.

Waneukem V., Ganry F., 1992
Relations entre les formes d'azote organique du sol et l'azote absorbé par la plante dans un sol ferrallitique du Sénégal. *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 27 (1) : 97-107.

Chapitre 20

Un exemple de stratégie adaptée à l'insécurité alimentaire

La culture de la pomme de terre dans l'Imanan (Niger)

Ramatou HASSANE

Introduction

La pratique de la culture de la pomme de terre représente un intérêt majeur pour les populations locales. La production de la pomme de terre dans la commune rurale de l'Imanan constitue à la fois une réponse des populations rurales à la crise alimentaire causée par l'instabilité climatique et environnementale, par la croissance démographique qu'a connue la zone et par la crise économique que l'État a du mal à surmonter depuis les années 1980. Elle est aussi une réponse impulsée par une demande en forte croissance en produits frais (fruits et légumes) de la métropole, Niamey. Si les revenus que cette activité procure aux paysans contribuent de façon non négligeable à la satisfaction de leurs besoins alimentaires, les modalités du financement de la production de la pomme de terre place les producteurs dans une position auxiliaire par rapport à ceux qui écoulent les récoltes sur le marché. Faute de moyens financiers, les producteurs sont contraints de vendre leurs produits aux commerçants d'un marché populaire de Niamey, dénommé « le petit marché ». Ces commerçants approvisionnent les paysans en semences et en intrants à crédit.

Ainsi, l'objectif de ce chapitre est d'illustrer ce qu'apporte la pratique de la culture de la pomme de terre à l'amélioration du bien-être des populations de la commune rurale de l'Imanan et d'analyser les déterminants du financement de cette production.

Démarche méthodologique

Le choix de la commune rurale de l'Imanan se justifie par l'importance de la production de la pomme de terre en monoculture, par son apport économique et par la diversité de la situation des exploitants. La collecte de données sur sept mois (septembre à octobre 2011 et décembre 2012 à avril 2013) a été réalisée dans quatorze villages au moyen d'une enquête diagnostique, d'observations directes portant sur les itinéraires techniques, sur l'approvisionnement en plants et la commercialisation de la production de la pomme de terre. Elle repose sur des entretiens avec les paysans/paysannes, les agents de développement, les élus et les commerçants. Un questionnaire administré auprès de 120 maraîchers et traité avec le logiciel Excel a permis le recueil de données quantitatives. Une analyse bibliographique complète les données primaires.

Contexte de l'étude

L'Imanan est une commune rurale du département de Filingué, dans la région de Tillabéri située au sud-ouest du Niger. Avec une superficie de 506 km^2, elle est centrée sur un tronçon de la vallée fossile du Dallol Bosso où elle se resserre pour ne pas excéder 5 km de large, avant de s'élargir à nouveau vers le nord. A l'est et à l'ouest, elle est bordée par des plateaux formés d'argilite sableuse. Sa population, estimée en 2011 à 36 767 habitants (PDC de l'Imanan, 2012), est composée de plusieurs groupes ethniques : Touaregs, Haussa, Zarma, Peuls et Kanuri. Elle vit essentiellement de l'agriculture et de l'élevage, davantage soumis à une double pression physique et anthropique.

La péjoration climatique, une limite à l'agriculture sous pluie

L'Imanan connaît un climat de type sahélien, qui se caractérise par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace. Selon Larwanou *et al.* (2005), le département de Filingué est classé parmi les zones arides de la région de Tillabéri, avec un indice d'aridité bioclimatique de 0,17 à 0,15. L'aridité se manifeste par un déficit pluviométrique permanent. Elle est liée à d'autres phénomènes climatiques tels que : une forte insolation ; des températures élevées ; une faible humidité de l'air ; une évapotranspiration poussée. Dans l'Imanan, la moyenne pluviométrique annuelle de 2006 à 2012 est de 430,5 mm, avec des précipitations qui se concentrent sur trois à quatre mois (juin à septembre) et qui conditionnent le cycle de production annuel pour les éleveurs et les cultivateurs. L'aridité a entraîné la disparition de certaines mares temporaires et permanentes, ainsi que la formation de quelques mares, notamment en zone de plateaux. Dans le village de Tassi Sofo Koira, situé sur le plateau Ouest, les mares ont envahi les champs. D'après les populations, il y a eu aussi un recul sensible des eaux souterraines.

« La brousse a disparu avec presque tous les arbres » : cette phrase fréquemment énoncée dans les discussions avec les paysans fait allusion à une diminution accélérée de la végétation, voire à la disparition de certaines lignées végétales arbustives et herbacées. La péjoration climatique s'est faite au détriment du couvert végétal, tantôt remplacé par les cultures traditionnelles, tantôt surexploité par les pasteurs. Parlant de la vallée de l'Imanan, Guillaume (1974) affirmait que la richesse de ses pâturages et de sa flore, la présence de mares et la faible profondeur des puits, l'abondance de sa faune étaient autant d'éléments à considérer pour saisir le choix de la région comme point d'établissement de groupes nomades migrants (Peuls, Touaregs et Bella) et la forme revêtue par leur sédentarisation dès l'époque précoloniale. Pourtant, moins d'un siècle après leur établissement, la détérioration rapide de l'environnement écologique local est considérable. Les activités agricoles des populations locales ont beaucoup pâti de l'accroissement de l'aridité.

En effet, avant la grande sécheresse des années 1973-1974, l'agriculture pluviale satisfaisait les besoins des populations. À cette période, la population était réduite (12 185 habitants en 1975) et il y avait encore assez de bétail dans la commune de l'Imanan. Les populations pouvaient, grâce au lait et aux récoltes de mil et niébé, satisfaire les besoins primaires des unités de production. Les saisons étaient régulières et les pluies abondantes. La vulnérabilité alimentaire des ménages a commencé à se manifester lors de la famine de 1973, provoquée par la sécheresse et par des politiques agricoles qui ont privilégié le développement des cultures de rente. Elle s'est aggravée suite à la sécheresse de 1984. Depuis, l'Imanan a connu une succession de famines et de crises alimentaires (1993, 1999, 2001, 2005, 2010, 2011). Les années déficitaires, le petit nombre de jours de pluie (seulement 34 en 2012) et le caractère très localisé des précipitations limitent le développement des cultures et des pâturages. Les champs qui donnaient plus de 300 bottes de mil ne produisent guère plus que 20 à 80 bottes de mil, à cause, d'une part, de la baisse et de l'irrégularité des pluies et, d'autre part, de la dégradation des sols. Les greniers se vident à peine un mois après les récoltes, dans le meilleur des cas ils ne garantissent la survie des ménages que durant quelques mois. Ainsi, de nombreux paysans se retrouvent dans une situation de vulnérabilité alimentaire, voire d'insécurité alimentaire.

La vulnérabilité alimentaire est la probabilité pour un ménage de voir sa sécurité alimentaire menacée par un choc climatique, social ou économique. C'est aussi « l'incapacité d'une personne à anticiper, faire face, résister et se rétablir après l'impact d'un aléa » (Bidou et Droy, 2007). La vulnérabilité affecte les comportements des personnes (en termes d'investissement, de schémas de protection, de stratégies d'adaptation), ainsi que la perception de leur propre situation (Balla *et al.,* 2009). L'insécurité alimentaire désigne la situation dans laquelle les populations n'ont pas un accès à une nourriture saine, nutritive et en quantité suffisante pour faire face aux besoins alimentaires. Lorsqu'elle résulte de facteurs de risque beaucoup plus occasionnels et passagers (sécheresses, inondations, invasions acridiennes, épidémies), elle est considérée comme conjoncturelle ; elle est qualifiée de chronique lorsque l'état de pauvreté structurelle des personnes vivant dans un environnement défavorable ne leur permet pas d'avoir accès aux ressources pour satisfaire leurs besoins alimentaires de base (Alpha Gado, 2010).

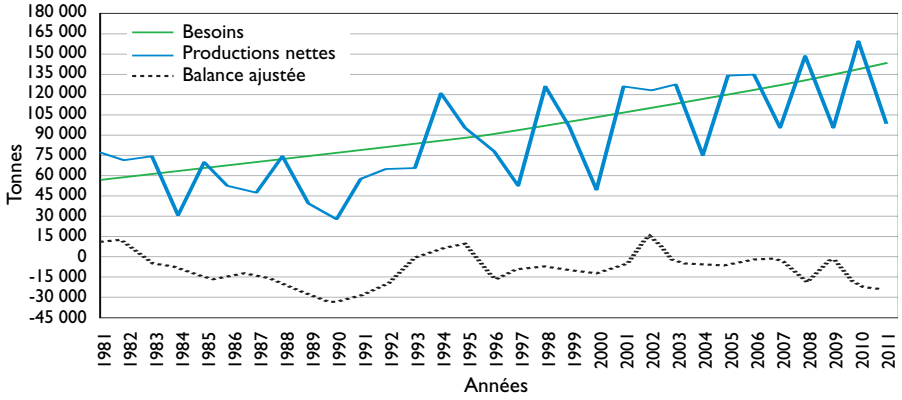


Figure 1.
Bilan céréalier du département de Filingué de 1981 à 2011.

Il n'existe pas d'enquêtes de consommation pour déterminer avec précision les évolutions réelles dans l'Imanan. Les seules données dont nous disposons sont celles de l'ensemble du département de Filingué (fig. 1).

La figure 1 montre que les besoins augmentent de manière régulière au rythme de la croissance démographique, alors que la production augmente en dents de scie, faisant alterner des années d'excédents et des années de déficits. La balance céréalière[1] montre que plus on se rapproche de la période actuelle et plus les excédents ont eu tendance à se réduire. Presque une année sur trois est déficitaire. Alors que la domination des céréales traditionnelles est toujours la règle, les paysans assistent de manière générale à une dégradation tendancielle de la situation du bilan vivrier. Face à la dégradation de leur milieu et à la détérioration de leurs conditions de vie, ils ont développé des stratégies de subsistance pour s'adapter à la variabilité et à la singularité des situations rencontrées. Leurs aptitudes se traduisent par un changement continu dans le mode d'allocation et d'utilisation des ressources potentielles.

La production de pomme de terre comme stratégie adaptative dominante

Les stratégies des ménages ruraux pour subsister sont principalement représentées par la vente des animaux, le maraîchage, le petit commerce, le salariat agricole, le recours aux réseaux de solidarité et/ou la migration d'un membre de la famille (Drama Yayé et Alpha Gado, 2005). Cependant, les caractéristiques de ces stratégies

1. La balance céréalière correspond à la différence entre la production nette (productions obtenues au cours de l'année de référence + stocks disponibles) et les besoins de la population locale (sédentaire rurale, nomade et urbaine).

dépendent de l'ampleur des crises, de la situation de la localité, mais aussi du genre, du statut social et du degré de vulnérabilité du ménage *(ibid.).* Par conséquent, les ménages n'ont pas recours systématiquement aux mêmes stratégies. De plus, il faut nuancer entre les anciennes et les nouvelles stratégies de subsistance.

Dans l'Imanan, les stratégies des paysans pour se nourrir étaient surtout fondées sur la recherche de terres plus fertiles. Elles concernaient le défrichement de nouvelles terres et l'exode de concessions touaregs vers les petites vallées entaillant les plateaux. L'exploitation des terres des plateaux avait permis la mise en jachères de certains champs du Dallol, ce qui a favorisé dans un premier temps leur régénération. Mais la convoitise de ces terres par les Touaregs a provoqué le départ des Zarma du canton voisin, celui de Tondikandia, vers leurs terres des plateaux afin que celles-ci ne tombent pas dans la main des Touaregs. Certains agriculteurs touaregs ou bella qui avaient défriché des champs ont alors regagné le Dallol pour conserver leurs terres.

Pour profiter des déjections humaines et animales pendant la saison des pluies, les agriculteurs dont les champs ne se trouvaient pas à proximité des villages migraient avec leur famille pour s'installer sur des champs éloignés leur appartenant. Ils constituaient ainsi des petits hameaux resserrés, appelés *tiseged,* au croisement de plusieurs champs, ou éventuellement sur le champ d'un seul agriculteur. Mais, à cause de la stérilité croissante des terres de Dallol et de la forte pression foncière, les *tiseged* sont devenus définitifs. Pour enrichir leurs sols, des cultivateurs se sont installés de façon isolée sur leurs champs. Cela a été au début le cas de Bella pauvres qui n'avaient pas de bétail et voulaient fumer leurs champs avec leurs déjections. La dispersion du peuplement a entraîné le déclin des gros villages, parfois même leur disparition. Toutefois, ceux qui sont partis ont gardé un lien avec leur village d'origine. Ils continuent à entretenir leurs concessions abandonnées et à payer les impôts aux chefs de leurs anciens villages. Dès lors apparaissent des normes nouvelles affectant la représentation que la population se fait du concept spatio-temporel de « village ».

La location de la force de travail et la migration d'un ou plusieurs membres de la maisonnée sont des phénomènes très anciens dans l'Imanan. Le travail chez d'autres exploitants se présente sous deux formes : dans le premier cas, c'est un travail individuel et rémunéré ; dans le second, il se veut collectif, organisé généralement par les chefs de concessions riches, moyennant cependant un payement journalier en nature ou en argent. Quant à la migration, c'est une vieille tradition pour les bras valides de la commune. On distingue les migrations à durée non déterminée et les migrations saisonnières. Les premières semblent peu fréquentes aujourd'hui. Avant la promulgation du décret de 1946 mettant fin au travail obligatoire, elles ont été très déterminantes, consistant en des départs massifs des populations vers les colonies britanniques, afin de fuir les contraintes du travail forcé dans les colonies françaises. Les migrations saisonnières quant à elles sont un phénomène régulier et habituel dans le cycle économique d'une grande partie de la population. Cet exode temporaire est d'ampleur variable selon la qualité des dernières récoltes. Certains migrants qui ont peu de moyens et ne sont pas encore majeurs vont vers d'autres villes nigériennes. Les autres préfèrent les pays de la sous-région (Bénin, Togo, Côte d'Ivoire, Ghana, Libye, etc.), où ils exercent des petits métiers moyennant un revenu dont une large

partie est destinée à la prise en charge des membres de la famille laissés sur place. On note également depuis quelques années que la migration touche aussi les femmes. Celles qui vont à la capitale sont considérées à leur retour comme plus évoluées, parce qu'elles ont acquis plus de moyens et d'expérience que celles qui sont toujours restées au village.

L'adoption de nouvelles activités économiques est représentative de stratégies plus récentes. Ce sont des moyens par lesquels la majeure partie de la population tente de pallier l'insuffisance d'une production agricole incapable de satisfaire les besoins minimaux. On distingue entre autres l'artisanat, le commerce et la pratique d'activités génératrices de revenus. D'autres métiers de moindre ampleur sont aussi pratiqués, telle la vente de fumier, de bois, de paille, etc. Mais la plus importante des activités est constituée par le maraîchage, principalement la culture de la pomme de terre.

Le maraîchage était auparavant une activité agricole marginalisée. Les cultures de contre-saison se pratiquaient dans des jardins de case et étaient exclusivement une affaire de femmes. Les petits rendements obtenus entraient seulement en appoint dans le cadre de l'agriculture traditionnelle d'autosubsistance. Seule la culture du tabac, instaurée dans l'Imanan à la suite de la hausse des prix du tabac venant du Nigeria en 1898, avait pu se développer. Il était cultivé par les femmes et commercialisé par les hommes. La culture du tabac a disparu après la famine qui a sévi dans la région au cours des années 1950, bien que la concurrence avec les producteurs de tabac de l'Ader ait persisté. Durant cette période, peu d'importance fut accordée aux cultures de contre-saison. Leur faible développement était dû à l'ignorance des techniques culturales, au coût trop élevé des intrants, à la rigidité des structures foncières et au manque de confiance dans les prescriptions des lointains conseillers et moniteurs d'agriculture (GUILLAUME, 1974). Il était lié aussi au manque de débouchés. Seules quelques concessions, habitées par des familles aisées, avaient continué à garder des jardins ou potagers, dont celle du chef de canton à cette époque.

Depuis quelques années, des jardins d'un type nouveau apparaissent : des exploitations soigneusement entretenues en saison sèches sur lesquelles se pratiquent des cultures maraîchères, qui marquent une évolution par rapport à l'agriculture vivrière (mil, sorgho, niébé, arachide, etc.). L'irrigation remplace l'attente aléatoire de la pluie, l'utilisation de fertilisants permet d'accroître les rendements. Alors que les autres spéculations sont autoconsommées, la pomme de terre est une culture de rente, c'est-à-dire destinée à la commercialisation.

C'est en 1954 que les Touaregs de l'Imanan ont découvert la « patata » des Incas. Un jeune paysan qui pratiquait le maraîchage avait reçu en 1954 quelques tubercules de pomme de terre d'un Français prénommé Bernard, qui supervisait les travaux de construction de la route reliant la ville de Niamey à celle de Filingué. Issu d'une famille d'immigrés venue de la région Est du Niger (Diffa), cet agriculteur avait commencé la pratique du maraîchage en 1952. L'idée de tenir une exploitation maraîchère lui était venue lorsqu'il avait migré en Côte d'Ivoire. D'après son témoignage, les paysans rigolaient de lui, le prenant pour fou. Une chanson lui était dédiée, « *pompi may bada roua* » qui signifie « la pompe qui donne de l'eau », pour faire la différence entre l'irrigation et la pluie. Pendant les trois premières décennies

de son introduction dans l'Imanan, la pratique de la culture de pomme de terre a connu une lente diffusion. Aujourd'hui, cette production occupe une place de choix dans les traditions culturales du secteur géographique de Bonkoukou. Elle fait partie intégrante des systèmes de production locaux, occupant 87,91 % des superficies sur 139,18 hectares emblavés en cultures de contre-saison en 2012.

La culture de la pomme de terre, qui au départ était destinée à fournir des revenus complémentaires à quelques exploitants, est devenue une stratégie adaptative, à caractère permanent. Plusieurs éléments ont favorisé son expansion et son développement.

Facteurs de diffusion de la culture de la pomme de terre

La diffusion est l'ensemble des processus qui concourent au déplacement, à la migration dans l'espace géographique et aux effets en retour que ces déplacements engendrent dans cet espace (Saint-Julien, 1985). La dynamique de la culture de la pomme de terre a été le fait d'acteurs individuels et collectifs, d'événements locaux et externes à la commune.

Les facteurs internes

Les facteurs liés aux évolutions et événements locaux concernent la croissance démographique, l'existence de voies de communication et le rôle joué par les acteurs locaux.

En effet, dans un milieu soumis à une forte croissance démographique, la pression sur les ressources foncières est prépondérante.

> « Les terres agricoles très morcelées, de la taille d'un « kurga » ou parcelle, ne suffisent plus à nourrir le nombre croissant d'hommes » (entretien réalisé avec un vieux producteur de pomme de terre, Inatess, le 13 janvier 2013).

Lorsqu'il n'existe plus de possibilité d'extension du fait de la quasi-inexistence de nouvelles terres cultivables, l'intensification des systèmes de production domine toujours sur l'extensification. Pour les paysans, il y a un gain dans la pratique du maraîchage. D'autant plus que la faible profondeur de la nappe phréatique, de deux à cinq mètres, donne un accès plus facile à l'eau d'irrigation.

Les acteurs locaux ont mis en place un réseau des producteurs de la pomme de terre à travers la création de la coopérative des maraîchers de Bonkoukou. Elle a été initiée par un ressortissant de la commune en 1998. La coopérative œuvre dans la recherche de partenaires, le renforcement des capacités de ses membres, l'appui technique des producteurs en matériels agricoles, l'approvisionnement de la commune

en plants certifiés. Pour améliorer la commercialisation, elle a permis la construction d'un magasin de conservation. Le magasin devait constituer un point de collecte et de dépôt permettant une vente décalée de la production de pomme de terre grâce au principe du warrantage[2]. Mais les lacunes dans sa gestion (les dirigeants de la coopérative utilisaient à leur profit les aides des partenaires) ont fait que la majorité des producteurs n'ont pas recours à ce système. Malgré ces problèmes, de nouveaux groupements de producteurs de pomme de terre se sont formés, permettant aux producteurs de mieux s'organiser et aux intervenants de bien coordonner leurs actions.

Les facteurs externes

Les facteurs externes sont d'ordre économique, social et politique. Ce sont notamment l'intervention de projets de développement, l'accès des producteurs aux nouvelles technologies ainsi qu'au marché.

Les actions des projets de développement se focalisent autour d'appuis techniques et financiers aux paysans. Pour permettre à certains producteurs de disposer de terres, notamment les femmes, ils ont aménagé des sites maraîchers collectifs. Ils ont construit des puits individuels pour de nombreux producteurs au sein de leurs exploitations. C'est grâce à eux que la plupart des producteurs ont découvert les plants certifiés de pomme de terre, importés d'Europe et très prisés du fait de leurs rendements plus élevés.

L'utilisation de la motopompe est certainement le moyen d'exhaure qui a le plus bouleversé les modes de production de la pomme de terre. La motopompe est reliée à un forage ou à un puits moderne, c'est-à-dire en ciment. En effet, pendant les premières décennies de la production de pomme de terre dans l'Imanan, l'irrigation se faisait manuellement à partir des puisards. La puisette était utilisée comme moyen d'exhaure. C'est à partir de 2000 que la motopompe a réellement été adoptée à Bonkoukou puis répandue dans les autres villages. Les forages ont été introduits dans la zone par des fonceurs venus de la région Est du Niger. Pour leur réalisation, il faut compter entre 30 000 FCFA et 45 000 FCFA en fonction de la profondeur de la nappe phréatique et de l'épaisseur des tuyaux utilisés. Ces deux nouveaux moyens de production vont encourager l'exploitation de plus grande dimension et le recours au salariat agricole temporaire et permanent va s'accroître.

Reliée à Bonkoukou par une route bitumée (route Filingué) sur 145 km, la capitale, Niamey, a joué un double rôle dans l'expansion de la production de la pomme de terre. Elle est à la fois le pôle d'approvisionnement et de consommation. En tant que lieu d'approvisionnement, le petit marché[3] de Niamey est le principal fournisseur des producteurs de l'Imanan en plants. Des premières productions de pomme de terre à nos jours, l'essentiel de l'approvisionnement des producteurs en intrants se fait auprès de commerçants grossistes, qu'ils appellent « *Maï Gida* »[4], *via* le petit marché

2. Le warrantage est une opération de crédit de quelques mois dont la garantie est un stock de vivres liquidable par la banque ou l'institution de microfinance en cas de défaillance.
3. Le petit marché ou *Habou Ganda* est situé en plein centre de la capitale, Niamey. C'est le principal marché de légumes.
4. *Maï Gida* signifie « chef de famille » ou « chef de la maisonnée » en Haussa et par extension « patron ».

de Niamey. En tant que pôle de consommation, Niamey constitue un débouché sûr pour les producteurs. Dès la récolte, la quasi-totalité de la production est vendue sur les marchés de la capitale au cours d'une période qui n'excède pas trois mois. Alors que la pomme de terre a longtemps été considérée comme un légume de luxe que seules les populations aisées pouvaient acheter à cause de son prix élevé, sa consommation s'est accrue. Elle fait de plus en plus partie du panier du consommateur urbain. Cette évolution est sans doute liée au changement des habitudes alimentaires des populations urbaines et à la croissance démographique de cette ville.

Mais, ce n'est pas parce qu'une technologie a fait ses preuves là-bas qu'elle va forcément réussir ici. Si les agriculteurs d'une région pratiquent telle ou telle culture, c'est qu'ils la considèrent comme « rentable » au regard de leurs besoins et des ressources et moyens de production auxquels ils ont accès (Ferraton et Touzard, 2009). Parmi toutes les spéculations maraîchères, les paysans ont adopté la culture de la pomme de terre car elle est la plus efficace. Son rendement moyen se situe à 32 tonnes à l'hectare. De par son cycle court, « tout au plus trois mois », elle libère aussi bien les terres que la main-d'œuvre dès le mois de février. Elle ne rentre pas en concurrence avec les cultures traditionnelles. En termes monétaires, c'est une culture qui est rentable. Les tubercules se vendent rapidement à Niamey à un prix de plus en plus rémunérateur (moins de 75 FCFA dans les années 1980-1990 à plus de 300 FCFA de nos jours). La production de la pomme de terre permet d'optimiser les revenus monétaires des producteurs et leur permet de faire face à l'insécurité alimentaire.

La culture de la pomme de terre dans l'amélioration du bien-être des populations

En cas d'insécurité alimentaire, il y a une insuffisance ou un manque des stocks céréaliers paysans, et la hausse des prix de ceux-ci est suivie d'une baisse des prix du bétail. La grande difficulté pour les ménages réside alors dans la constitution de stocks suffisants pour couvrir leurs besoins alimentaires pendant la période de soudure. Il faut absolument pouvoir trouver des revenus permettant d'acquérir les céréales nécessaires à la survie de l'unité familiale. La pratique de la culture de la pomme de terre, un palliatif aux crises climatiques et de fertilité, contribue à différents degrés à la subsistance et à la vie des ménages. Son impact économique s'exprime en termes d'autoconsommation, d'opportunités d'emploi et de revenus.

La pomme de terre est un légume à haute valeur nutritive. D'après Vandenput (1981), c'est la plante qui « produit la plus grande quantité de nourriture par jour d'occupation du sol ». Alors que les premiers producteurs ne savaient même pas comment cuisiner la pomme de terre, qu'ils faisaient griller à la braise ou cuisaient

dans des cendres chaudes, aujourd'hui, la consommation locale prend des formes plus variées. La pomme de terre est cuisinée sous forme de ragoûts et frites. Elle vient aussi en accompagnement dans les sauces. Les feuilles fraîchement cueillies quelques jours avant les récoltes sont séchées et cuites ; elles rentrent dans la préparation des plats de coucous ou *dambu.* Le reste de la plante est utilisé pour l'alimentation des animaux.

Toutefois, la part d'autoconsommation de ce légume au niveau local est réduite. Elle ne représente que 4 % du total de la production (fig. 2).

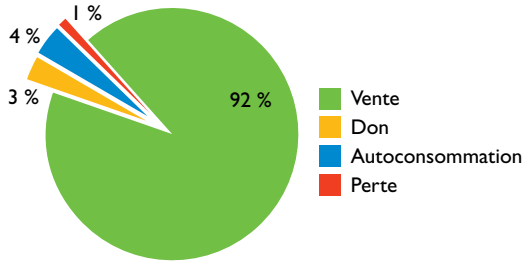


Figure 2.
Répartition de la production de la pomme de terre.

Ce sont essentiellement les petits tubercules, appelés « *meno* » en langue locale, qui sont concernés. Car, au moment de la mise de leur production sur le marché, les producteurs font toujours un tri sélectif. Les gros tubercules sont ceux qui se vendent rapidement à bon prix, tandis que les petits, qui peinent à trouver une clientèle, sont cédés à un prix dérisoire.

Au sein des exploitations, les maraîchers tiennent généralement deux ou trois planches d'autres spéculations maraîchères, qui par ailleurs sont quasiment autoconsommées. Avoir un jardin de pomme de terre permet aux producteurs d'avoir accès à d'autres légumes (oignon, salade, chou, tomate, poivron, etc.). Cela réduit l'impact des dépenses en légumes des paysans, ce qui accroît leur disponibilité financière. Ils rompent avec leurs habitudes alimentaires et mangent des légumes variés pendant un certain temps, comme, ainsi qu'ils le disent, « les gens de Niamey ».

Le maraîchage est aussi une activité compétitive qui offre des perspectives d'emploi d'un type nouveau pour bon nombre de personnes confrontées au chômage. Pratiqué dans les villes, il aide beaucoup de personnes à surmonter leurs difficultés à se nourrir et à améliorer leurs conditions de vie. Il constitue une forme d'emploi à temps plein ou à temps partiel pour les différentes catégories intervenantes (Mukadi et Tollens, 2001). Dans l'Imanan, la saison sèche est une période d'inactivité pour les paysans. L'occupation de la main-d'œuvre rurale ne dépasse guère trois à quatre mois dans l'année, qui correspondent à la période des cultures d'hivernage. Travailler pendant la saison sèche est une manière pour les paysans de s'occuper et en même temps de gagner un revenu supplémentaire. La pomme de terre, plus que les cultures

traditionnelles, nécessite le recours à la main-d'œuvre salariée. La rémunération mensuelle varie de 12 500 FCFA si l'employé est pris en charge à 20 000 FCFA. L'utilisation d'une main-d'œuvre salariée permet aux jeunes et à ceux qui ont des moyens limités de recevoir de quoi subsister pendant les trois mois que dure le cycle de production de la pomme de terre.

Un des paramètres de la sécurité alimentaire réside dans la possibilité financière pour les ménages d'accéder aux denrées alimentaires, d'où l'intérêt de disposer d'un minimum de revenus. Au Niger, l'Enquête nationale sur le budget et la consommation des ménages réalisée en 2007-2008 par l'Institut national de la statistique (INS) en 2008 a fixé le seuil de pauvreté[5] à 150 933 FCFA en milieu urbain et à 110 348 FCFA en milieu rural. Les comptes d'exploitation de la pomme de terre, calculés suivant la méthode d'évaluation de Ferraton et Touzard (2009), montrent qu'en moyenne les exploitations où l'exhaure est manuelle et qui n'utilisent pas de main-d'œuvre externe génèrent une marge nette égale à 229 290,36 FCFA. Elle est de 467 318,83 FCFA pour les exploitations à irrigation motorisée et qui ont recours à une main-d'œuvre salariée.

Les résultats mentionnés dans le tableau 1 montrent que la production de la pomme de terre procure aux producteurs des revenus nettement au-dessus de certains seuils.

Tableau 1.
Compte d'exploitation de la pomme de terre avec et sans exhaure motorisée.

Type d'exploitation		**Irrigation manuelle**	**Irrigation motorisée**
Quantité de plants semés (kg)		*58,33*	*151,33*
Charges d'exploitation	Plants	46 035,71	118 968,49
	Carburant	0,00	51 654,11
	Huile moteur	0,00	3 539,73
	Fumier	285,71	1 222,60
	Engrais	1 216,67	1 884,25
	Produits de traitement	104,88	345,07
Consommation intermédiaire		**47 642,97**	**177 614,25**
Production totale	Production vendue	254 535,12	646 121,58
	Don	8 785,71	18 625,68
	Autoconsommation	10 601,79	20 058,90
	Perte sur conservation	3 010,71	4 250,34
Produit brut		**276 933,33**	**689 056,51**
Valeur ajoutée brute		**229 290,36**	**511 442,26**
Charges salariales	Rémunérations salariales	0,00	35 517,26
	Prise en charge salariée	0,00	8 606,16
Coût main-d'œuvre salariée		**0,00**	**44 123,42**
Marge nette		**229 290,36**	**467 318,83**

5. Le seuil de pauvreté est le niveau de l'indicateur de bien-être qui conduit à déterminer si un ménage est pauvre (l'indicateur de bien-être est inférieur au seuil) ou non-pauvre (le cas échéant). (INS, 2009).

En effet, après la vente de leur production plus de 70 % des producteurs accèdent à des revenus bruts dépassant 200 000 FCFA, et au-delà de 500 000 FCFA pour 30 % de l'ensemble des producteurs. Les revenus dépendent du système de culture pratiquée. Plus il est motorisé, et plus le producteur peut investir dans la culture et augmenter ses bénéfices.

Les revenus ainsi dégagés servent en premier lieu à payer les dettes engagées dans le cadre de la production. Ensuite, ils sont investis dans l'achat de céréales, prioritairement le mil, le maïs, le riz et le sorgho. Il apparaît que 85,47 % des producteurs enquêtés achètent des céréales. Cela leur permet de conserver les productions qui sont mises dans les greniers familiaux et qui serviront de semences pour les cultures d'hivernage. Une fois que les besoins en céréales pour la famille sont satisfaits, les chefs de ménages investissent dans le bétail. Donc, l'achat de bétail dépend des bénéfices tirés de la production et du niveau de la consommation familiale. Tout au long de l'année, les animaux peuvent être vendus pour satisfaire des besoins tels que les salaires des ouvriers agricoles, les frais de santé des membres de la maisonnée, la scolarité des enfants ou l'achat de semences pour les cultures pluviales. L'achat d'animaux ne porte principalement que sur le petit bétail, et les revenus de la pomme de terre participent de manière limitée à la reconstitution du cheptel de la commune. Certains producteurs ont cependant affirmé avoir acheté des bœufs grâce à cette production.

Les revenus de la pomme de terre sont également dépensés dans l'acquisition de moyens de transport (moto, charrette et vélo). Très fréquemment, ils sont aussi utilisés pour payer des dépenses de mariage, baptême, habillement, construction de logement, etc. Bien souvent, le principal objectif des producteurs est d'obtenir les moyens nécessaires pour convoler en première, seconde ou troisième noce, ou pour organiser le mariage d'un proche. De nombreux mariages sont programmés à la fin de la saison des cultures irriguées, notamment durant les mois de février et mars, alors qu'auparavant ils avaient lieu à la fin de l'hivernage. De même, disposer d'une maison en banco est un signe extérieur d'aisance. La construction nécessite plus de fonds que la réalisation d'une case, habitat typique de la zone. Une concession en banco est aujourd'hui pour les paysans l'équivalent de ce que représente la possession d'une maison en ciment pour un citadin.

Sans l'apport de cette ressource, beaucoup de producteurs seraient contraints de vendre une partie du mil ou du niébé pour prendre en charge certaines dépenses, alors que leurs récoltes sont insuffisantes pour assurer l'alimentation de leur famille. En effet, dans le passé, les revenus que procurait la vente de la production de niébé suffisaient à satisfaire les besoins de chaque ménage. Le mil ne se vend pas, c'est le niébé qui finançait les dépenses de mariage, de baptêmes, d'habillement, etc. À cause du manque d'eau et de l'infertilité des sols, bien que le niébé se vende davantage que les autres cultures, sa production a beaucoup régressé. De fait, les revenus tirés de la pomme de terre viennent en remplacement de ceux du niébé.

La production de la pomme de terre a également une influence sur la rentabilité des cultures traditionnelles. D'après plusieurs producteurs, si l'on cultive du mil sur les parcelles maraîchères, on obtient un rendement plus élevé que sur les autres parties du champ. Cela est rendu possible grâce à l'apport de la fumure organique.

Cette production inverse aussi la tendance séculaire des jeunes à l'exode pour aller chercher des moyens de subsistance. De plus en plus de jeunes sont plus intéressés par la production de la pomme de terre que par les migrations. Ils constituent leurs propres exploitations en achetant des terres s'ils n'en ont pas reçues en héritage ou exploitent des terres que leurs parents ou leurs proches leur concèdent. En se fixant au village, ils participent aux travaux d'hivernage, soit en apportant leur force de travail, soit en prenant en charge une partie des dépenses (main-d'œuvre, nourriture, etc.) que nécessite leur réalisation. Ils s'impliquent dans la gestion des affaires communales à travers le groupement qu'ils ont constitué.

Les revenus de la pomme de terre participent aussi au développement de nouvelles activités économiques, parmi lesquelles des activités génératrices de revenus (commerce, embouche) pratiquées notamment par les femmes.

Ainsi, grâce à la culture de la pomme de terre, les producteurs assurent la sécurité alimentaire de leur foyer pendant une certaine période. Les récoltes d'hivernage ne couvrent les besoins en céréales de la majorité des paysans que durant trois mois, soit 65 % des producteurs de pomme de terre. Les revenus de la pomme de terre garantissent à 68,34 % d'entre eux une sécurité alimentaire allant jusqu'à six mois et au-delà d'un an pour 8,33 % des producteurs.

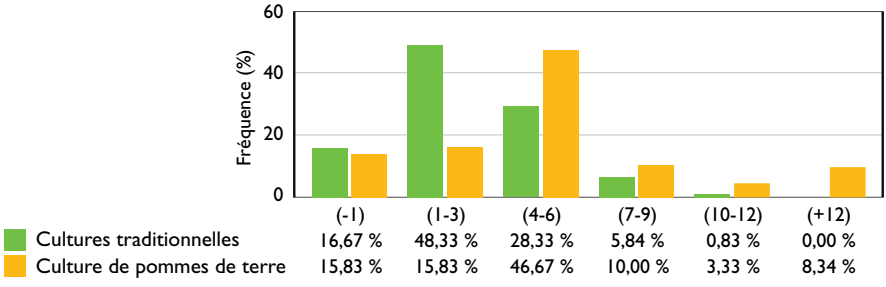


Figure 3.
Durée moyenne de stabilité alimentaire par la culture de la pomme de terre et les cultures traditionnelles de saison.

Alors qu'en 1953 l'administrateur Taillandier écrivait que « l'Imanan se caractérise par un état de disette chronique », la commune a moins souffert de la famine de 2005. Son indice de vulnérabilité alimentaire est le plus faible du département de Filingué après celui de la commune de Tagazar, avec respectivement 34 et 37 points, contre 52 pour la commune de Kourfey, classée « extrêmement vulnérable » (Balla *et al.,* 2009). Selon les autorités locales, certains villages sont devenus autosuffisants et même excédentaires, grâce à la culture de la pomme de terre. Ainsi, même la sous-zone de Kochilan, située au sud de la commune, qui était la plus vulnérable du fait du morcellement et de la stérilité importante des champs, est de moins en moins demandeuse d'aide alimentaire.

En effet, le coefficient d'équivalent céréalier de la pomme de terre est de 0,228. Si les 92 % de la production vendue pour les 120 producteurs enquêtés étaient investis

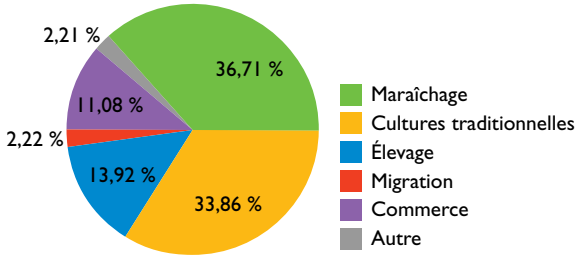


Figure 4.
Apport des principales activités dans le budget familial des producteurs.

dans l'achat de céréales, ils obtiendraient 48,78 tonnes de céréales. L'apport de la culture de la pomme de terre dans le budget familial représente 36,71 %, contre 33,86 % pour les cultures traditionnelles et 13,92 % pour l'élevage. Le reste du budget est fourni par les revenus du petit commerce, des transferts des migrants et des autres activités.

Cependant, si la production de la pomme de terre dans la commune rurale de l'Imanan est un moyen pour les paysans de rompre avec la pauvreté monétaire et d'accroître leur capacité de résilience face à la crise alimentaire, son financement fait l'objet de rapports de force entre commerçants et producteurs.

Les mécanismes de financement de la production de la pomme de terre

En se référant aux différents acteurs du financement de la production, on distingue deux principaux modes de financement : le financement formel et le financement informel. Les subventions, les aides et les dons font partie des modes de financement formel. Il s'agit d'appuis directs aux exploitants par le secteur public et les projets de développement. Ce sont des appuis en intrants et matériel agricole, et des services aux agriculteurs (formation et assistance technique). Des microcrédits sont également alloués à des exploitants solvables.

Le financement informel est perçu à plusieurs niveaux. Pour certains producteurs, les fonds qui servent à acheter les intrants proviennent de la vente d'animaux (moutons, chèvres). Ceux qui ont des enfants hors du terroir ou à l'étranger peuvent leur demander des aides. Les exploitants s'appuient aussi sur la générosité des membres de la famille élargie (frères, cousins, oncles, etc.) travaillant notamment en zone urbaine. Deux ou trois producteurs, soit 15 % de notre échantillon, mettent en commun leurs ressources, en vue de partager ensemble les bénéfices. Les paysans s'octroient aussi entre eux des microcrédits. Le contrat de prêt est verbal et ne comporte pas de frais d'intérêts. Néanmoins, l'emprunteur peut, après la vente de sa récolte, proposer

à son créancier quelques tubercules ou lui acheter un cadeau symbolique en guise de remerciement. De temps à autre, il peut l'aider dans ses travaux ou demander à un de ses enfants de le faire à sa place.

En plus de la mobilisation des ressources locales, les producteurs font appel à un financement externe non formel. C'est d'ailleurs l'offre de financement la plus importante. Pélissier (2000) estime qu'au jardinage destiné à l'autoconsommation se substituent des filières de production exigeant des moyens techniques, donc des investissements que les petits producteurs ne sont pas en mesure de réaliser. Ils auront besoin de moyens financiers pour réaliser des aménagements durables dans les exploitations, acquérir des motopompes, acheter des intrants et embaucher des salariés. Dans le cas de la pomme de terre, ce financement provient des *Maï Gida* (chefs ou partenaires) du « petit marché » de Niamey. Ce sont eux qui importent de l'extérieur (Nigeria, Burkina Faso, etc.) la pomme de terre pour la consommation de la population et qui achètent les productions des paysans au terme des saisons. Les crédits qu'ils octroient varient en fonction des besoins des producteurs. Ils peuvent être en nature (plants notamment) ou en numéraire pour l'achat d'autres intrants. Ils sont aussi accordés aux exploitants pour des besoins économiques et ou sociaux. Leur montant peut aller au-delà de 300 000 FCFA.

La confiance, condition nécessaire d'octroi de prêts des *Maï Gida*

Les rapports entre producteurs et commerçants se sont établis sur une longue période, à l'occasion de l'acquisition de plants et de la vente de la production auprès des mêmes *Maï Gida.* Au fil du temps, et à force de se côtoyer, s'est installée une relation de confiance entre les deux parties. Lorsqu'un producteur a besoin de ressources financières ou d'intrants, il peut directement s'adresser à son *Maï Gida*. Le crédit auprès des *Maï Gida* est devenu un emprunt rapide de proximité et relativement efficace à la disposition des exploitants.

> « Quand la saison fraîche s'installe, je n'aurai pas besoin d'aller à Niamey pour prendre les plants. Je prends juste mon téléphone pour l'appeler [le *Maï Gida*] et il m'envoie les plants à la maison » (entretien réalisé avec un gros producteur de pomme de terre, Kochilan Touareg, le 24 avril 2013).

L'octroi du crédit par les *Maï Gida* ne s'applique pas au même degré à tous les producteurs. Un producteur peut prendre la totalité de ses plants à crédit, ou éventuellement en prendre seulement une partie. Les crédits accordés par les commerçants sont fortement liés au degré de confiance établie entre le *Maï Gida* et le producteur. Ceux qui jouissent d'une grande confiance peuvent même à leur tour se porter garants des petits ou nouveaux exploitants. Ce privilège leur confère du respect mais aussi un pouvoir au sein de la société. Ils peuvent tenir de plus grandes exploitations et embaucher des ouvriers salariés et des métayers. Ils deviennent de fait des *Maï Gida* de second niveau. Quant aux jeunes et aux femmes, ils ne bénéficient pas des crédits des commerçants. Les commerçants ne font pas confiance aux jeunes, car ils les connaissent peu et préfèrent avoir à faire avec leurs parents. Et les *Maï Gida* ne souhaitent pas prêter aux femmes, par peur d'entrer en conflit avec leur mari.

Les pratiques du financement informel par les *Maï Gida*

Même si cela n'est pas formellement mentionné, le crédit octroyé par le commerçant n'est pas dépourvu de clauses implicites. Il y a une obligation morale qui conduit les producteurs à vendre les récoltes à leurs *Maï Gida*.

> « Chaque année, je vends ma production au *Maï Gida* auprès duquel j'ai pris les plants à crédit. Car, s'il n'y a pas de semence sur le petit marché, c'est lui qui se démène pour la chercher. Il va jusqu'à Gamkalé, Kollo, partout, même s'il doit prendre la pirogue pour aller en chercher » (entretien réalisé avec un vieil exploitant, Bonkoukou, le 26 mars 2013).

> « Quelqu'un qui vous donne jusqu'à trois sacs de pommes de terre à crédit, comment peut-on le contourner pour aller vendre à une autre personne ? Moi, à mon avis, ce n'est pas bien […] parce que si lui, il ne vous prête pas les plants et que vous ne disposez pas de quoi en acheter immédiatement, vous n'allez pas pouvoir produire » (entretien réalisé avec un groupe de producteurs, Amsagal, le 21 octobre 2011).

Néanmoins, les commerçants affirment qu'ils n'obligent aucun producteur à leur vendre sa production, l'essentiel est qu'ils récupèrent leur argent. Mais, si les exploitants leur vendent, ils le trouvent tout aussi normal, car ils déduisent aussitôt leurs créances de la recette.

Ce lien grâce auquel certains paysans arrivent à produire de la pomme de terre les maintient dans une dépendance vis-à-vis des commerçants. Les producteurs doivent rembourser les prêts dès les récoltes, qui représentent pour eux la période de meilleure solvabilité.

Les comportements et stratégies des producteurs et des commerçants

L'objectif des deux acteurs étant de réaliser des bénéfices, Minvielle (2000) estime que « la notion de gain monétaire favorise le glissement progressif des agriculteurs paysans, de comportements d'"hommes sociaux" vers des comportements d'"hommes économiques" : l'argent change le goût de l'argent, et la justification fondamentale de l'acte d'échange, son objectif, change de nature ». Le souci du producteur n'est pas la disponibilité de la pomme de terre sur le marché. Son comportement repose sur le mécanisme des prix, bien que son existence ne soit pas directement liée au marché. Son principal objectif est de pouvoir faire suffisamment de bénéfices pour rembourser ses dettes et satisfaire ses besoins. Les commerçants, en plus des bénéfices escomptés, souhaitent garder leur monopole sur la commercialisation de la pomme de terre. Ils ont intérêt à ce que les autres acteurs de la chaîne de commercialisation n'accèdent pas directement aux productions des paysans. Chacun des deux acteurs développe des stratégies.

Les stratégies d'une partie des producteurs visent à contourner les commerçants. Elles portent sur la conservation de la production par des méthodes artisanales (enfouissement ou sous hangar) et sur la diversification des circuits de vente. Le stockage est aussi pratiqué par les producteurs qui, par ailleurs n'ont aucun engagement envers les commerçants. La conservation d'un quart, voire de la moitié de la production est surtout un moyen d'étaler la vente sur un mois ou deux, pour vendre

à de meilleurs prix. Les prix de vente de la pomme de terre fluctuent fortement au cours d'une année, mais restent stables à long terme. Les premières récoltes de l'Imanan sont vendues à Niamey à un prix pouvant atteindre 400 FCFA. Lorsqu'il y a beaucoup de pommes de terre sur le marché, à partir du mois de février, période où tous les producteurs récoltent et doivent vendre leur production, les prix sont à leur niveau le plus bas, soit en moyenne 225 FCFA. En mars et avril, ils remontent pour atteindre 350 FCFA et plus. Ainsi, avec deux mois de stockage seulement, la vente décalée permet de réaliser sur chaque kilogramme vendu un surplus au moins égal à 50 FCFA.

La diversification des circuits de vente permet aux producteurs de vendre leur production à l'abri des regards des *Maï Gida* sur différents marchés de la capitale et à une clientèle dispersée (semi-grossistes, détaillants, marchands ambulants et consommateurs). Ils profitent de la différence qu'auraient gagnée les autres grossistes et semi-grossistes. La mise en place à Niamey depuis 2012 d'une Foire de la pomme de terre où tout producteur peut tenir un stand de vente s'inscrit justement dans ce cadre. Toutefois, les producteurs ne peuvent vendre directement que des quantités limitées de pommes de terre sur « le petit marché », car ce sont les *Maï Gida* qui y détiennent les places de vente. De plus, passer par un *Maï Gida* pour vendre sa production garantit la récupération immédiate du revenu. Le producteur pourra faire ses achats et retourner au plus vite dans sa famille.

Quant aux stratégies des *Maï Gida*, elles visent à intimider les producteurs. Certains producteurs, grâce aux revenus qu'ils ont pu accumuler dans la culture de la pomme de terre, peuvent acheter des plants et des intrants à des ONG et associations qui cherchent à promouvoir cette culture. Les *Maï Gida*, voyant leur pouvoir d'approvisionnement se réduire et donc leur pouvoir sur les paysans s'affaiblir, font de la commande de plants sélectionnés. Ils peuvent mobiliser les ressources financières requises pour lancer très tôt les commandes afin de fournir des plants sélectionnés aux producteurs et entretenir leurs rapports de dépendance.

Une autre stratégie des *Maï Gida* consiste à intercepter les exploitants à la gare routière de Wadata, située à l'entrée de la ville de Niamey, qui dessert les transports de la zone de Bonkoukou. Pour les commerçants, il s'agit seulement d'une aide apportée aux producteurs pour l'acheminement des productions jusqu'au petit marché. En réalité, c'est surtout un moyen de contrôle pour qu'ils ne puissent pas les contourner et vendre à d'autres clients.

> « Quand on apporte nos productions à Niamey, nos *Maï Gida* ont des employés (des jeunes) qu'ils envoient jusqu'à Wadata pour constater le nombre de sacs de pommes de terre. Cela, pour que nous n'allions pas vendre à d'autres clients. Ils nous saisissent avant même de descendre de la voiture. Si c'est dix sacs, qu'ils les voient… » (entretien réalisé avec un groupe de producteurs de pomme de terre. Amsagal, le 21 octobre 2011).

Lorsque le producteur contourne son *Maï Gida,* celui-ci peut, à la prochaine saison, refuser de lui octroyer des plants à crédit. Mais, pour permettre aux producteurs de profiter de meilleurs prix lorsque l'offre de pomme de terre est importante à Niamey, les *Maï Gida* leur demandent souvent de garder leurs productions. Ils peuvent proposer dans ce cas une avance aux producteurs qui ont un besoin immédiat de liquidités.

Enfin, les *Maï Gida* profitent de leurs rapports étroits avec certains producteurs pour s'installer dans la commune. Ils commencent par demander des terres à louer pour pratiquer la culture de la pomme de terre. Chaque année, ils viennent produire, accompagnés de leurs ouvriers ou en embauchant localement. Après un certain temps, ils acquièrent des terres et font venir leur famille. Ce sont les terres agricoles les mieux situées qui sont les plus convoitées.

Conclusion

La pomme de terre est devenue non seulement une solution aux crises alimentaires endémiques dans l'Imanan, mais également une source de revenus qui est en train de bouleverser positivement les pratiques sociales. Mais seules les exploitations qui peuvent mobiliser suffisamment de ressources (main-d'œuvre, capital et eau) peuvent valoriser la production. Le manque d'organisation adéquate de la filière pomme de terre conjugué à la faiblesse des alternatives de financement ne permettent pas aux producteurs de se détacher des *Maï Gida.* De fait, ces derniers constituent le maillon fort de la filière. Ils contrôlent la commercialisation et interviennent sur la production.

Pour que les producteurs puissent avoir la maîtrise de leur processus de production, et que la production de pomme de terre joue pleinement son rôle dans l'amélioration des conditions de vie des populations de l'Imanan, il est important de trouver des sources de financements alternatifs. Il faudrait également disposer d'une appréciation objective de la capacité d'endettement et de remboursement des exploitants, afin qu'ils puissent bénéficier de crédits adaptés à leurs besoins et pour que leur intégration au marché soit accompagnée de bénéfices leur permettant d'investir dans leurs systèmes de production, et même de dégager une épargne.

Références

Alpha Gado B., 2010
Crises alimentaires en Afrique sahélienne : les réponses paysannes.
Cotonou, Les Editions du Flamboyant, 210 p.

Balla A., Yamba B., Adam T., Abdou D., 2009
L'insécurité alimentaire au Niger : entre réalité et espoir.
Publication hors-série des *Annales de l'Université de Niamey*, 148 p.

Bidou J.-E., Droy I., 2007
Pauvreté et vulnérabilité alimentaire dans le sud de Madagascar : les apports d'une approche diachronique sur un panel de ménages.
Mondes en développement, 4 (140) : 45-64.

Drame Yaye A., Alpha Gado B., 2006
Histoire des crises alimentaires au Sahel : cas du Niger. Document présenté lors du Forum régional sur la souveraineté alimentaire en Afrique de l'Ouest (Foresa), du 7 au 10 novembre 2006, à Niamey, 20 p.

Ferraton N., Touzard I., 2009
Comprendre l'agriculture familiale - Diagnostic des systèmes de production.
Versailles, Quae, 123 p.

Guillaume H., 1974
Les nomades interrompus : introduction à l'étude du canton Twareg de l'Imanan.
Niamey, Centre nigérien de recherches en sciences humaines, 141 p.

Larwanou M., Saadou M., André N., 2005
Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : classement en zones bioclimatiques.
Sécheresse, 16 (2) : 107-114.

Minvielle J.-P., 1999
« L'articulation des paysans au marché ».
In : *L'avenir des paysans : les mutations des agricultures familiales dans les pays du Sud*,
Paris, PUF/Cedid : 107-121.

Mukadi K., Tollens E., 2001
Sécurité alimentaire au Congo-Kinshasa : production, consommation et survie.
Paris, l'Harmattan, 478 p.

ONG AIDD et LUCOP-TI, 2012
Plan de développement communal (PDC) – Commune Rurale de l'Imanan, 153 p.

Pélissier P., 2000
Les interactions rurales-urbaines en Afrique de l'Ouest et centrale.
Bulletin de l'APAD, n°19, 12 p.

République du Niger, 2008
Tendances, profil et déterminants de la pauvreté au Niger : 2005-2008.
Niamey, Ministère de l'économie et des finances et l'Institut National de la Statistique (INS), 55 p.

Saint-Julien T., 1985
La diffusion spatiale des innovations.
Montpellier, GIP Reclus, 37 p.

Taillandier D., 1953
Rapport sur le recensement du canton de l'Imanan.
Niamey, Archives nationales.

Vandenput R., 1981
Les principales cultures en Afrique centrale.
Bruxelles, Administration générale de la coopération au développement (AGCD), 1 252 p.

Conclusion

Benjamin Sultan, *Richard* Lalou,
Mouftaou Amadou Sanni, *Amadou* Oumarou,
Mame Arame Soumaré

De nouvelles opportunités environnementales

Après 30 années de sécheresse généralisée sur le Sahel, la première décennie du XXIe siècle a vu une reprise de la pluviométrie. Elle est particulièrement marquée sur la partie centrale du Sahel, sans pour autant revenir aux conditions humides des années 1950-1969, et plus atténuée dans l'ouest du Sahel, où la sécheresse a perduré plus longtemps jusqu'à la fin des années 2000.

En réponse à cette reprise des pluies, on a observé pour la période 1981-2011 une tendance au reverdissement sur la quasi-totalité de la bande sahélienne. Cette résilience de la végétation concerne particulièrement la strate herbacée, qui semble avoir une capacité importante à se restaurer, même après les sécheresses des années 1970 et 1980. Ces observations de terrain ont été réalisées notamment dans les écosystèmes agropastoraux du Gourma au Mali. Bien que leur résurgence soit moins spectaculaire, les ligneux semblent également connaître une régénération de leurs populations avec le regain récent de pluviosité et les recharges des nappes souterraines. Ces constats ont été établis sur le parc d'acacias *Faidherbia albida* au Sénégal.

Des perceptions plutôt conformes aux changements à l'œuvre

Même si les sociétés rurales – ignorantes très souvent de la notion même de changement climatique – ne perçoivent ni n'interprètent les modifications actuelles du climat dans les mêmes termes que les scientifiques, elles perçoivent**,** au Sénégal, au Bénin et au Niger, les changements récents du climat moyen et de ses variations annuelles, tels que les observent les climatologues. Cette adéquation entre perceptions sociales locales et observations scientifiques du climat est particulièrement bonne lorsque les changements climatiques sont rapides, manifestes pour tous et quand ils ont un impact sur les modes de vie et les niveaux de production. Au Sénégal, les ruraux font une distinction claire entre la situation environnementale, qui prévalait il y a une vingtaine d'années environ quand la sécheresse était un facteur de stress, et les conditions climatiques actuelles où le climat n'est plus perçu comme une contrainte majeure par les paysans, grâce à la reprise des pluies et malgré leurs variations interannuelles. En revanche, dans le nord du Bénin, où la réalité scientifique des changements climatiques est beaucoup moins marquée, les perceptions des agriculteurs s'écartent sensiblement des observations, dans un sens comme dans l'autre.

Des innovations culturales adaptatives

Si les agriculteurs et les éleveurs perçoivent bien les changements du climat, ils s'y adaptent aussi très rapidement, témoignant ainsi d'une importante capacité de réaction et d'adaptation spontanée. On en a trouvé des expressions particulièrement claires au Sénégal. Que ce soit dans la zone d'observation de Niakhar (au centre du bassin arachidier sénégalais), avec la réintroduction et la diffusion dans tout le Sine du mil sanio à cycle long (110-120 jours), qui avait disparu il y a près de 30 ans, ou dans la vallée du fleuve Sénégal, avec une modification de la période des semis, on note des changements des pratiques paysannes en lien direct avec les évolutions récentes du climat, et cela sans intervention de la recherche ou des acteurs du développement. Le projet Escape a montré ainsi que le manque de moyens économiques et techniques ne signifiait pas que les agricultures familiales étaient incapables de s'adapter. Même sans investissements, ces agricultures innovent en fonction de leurs moyens, et pour des performances agricoles qui leur permettent au moins de vivre et de se maintenir sur leurs terroirs.

Les innovations qui traversent aujourd'hui les agricultures ouest-africaines et qui leur donnent leur dynamisme ne répondent pas uniquement ni principalement aux contraintes de la variabilité des climats et des ressources naturelles. Plus globalement,

et plus profondément, les petites agricultures familiales s'adaptent aux grandes évolutions économiques, démographiques et politiques qui transforment leurs territoires. Qu'elles soient agricoles ou pastorales, côtières, sahéliennes ou forestières, les sociétés rurales, et au travers d'elles leurs organisations socio-économiques et leurs systèmes de production agricole, sont en constante adaptation transformationnelle. Parmi les innovations, on peut citer, entre autres, l'émergence ou la généralisation de nouvelles productions commerciales, comme les noix de cajou et le soja au Bénin, la pastèque, l'embouche bovine et l'horticulture au Sénégal, et la pomme de terre au Niger. Ces évolutions s'accompagnent aussi de nouvelles pratiques agricoles, avec des modifications des calendriers culturaux (dates de semis, rotations des cultures) ou encore une diversification toujours plus grande des activités extra-agricoles : artisanat, commerce et travaux de manutention en fonction des besoins croissants des villes. Toutes ces innovations ne sont certes pas des réponses directes au changement climatique, mais elles constituent certainement des sources de revenus qui aident à la réduction des vulnérabilités des exploitations agricoles, notamment face au climat. En ce sens, elles contribuent donc à renforcer les capacités des petites agricultures familiales à mieux faire face aux perturbations climatiques.

La migration : une composante d'un système auto-adaptatif

Les migrations saisonnières et de longue durée des ruraux d'Afrique sahélienne sont souvent considérées comme des réponses aux péjorations de l'environnement et du climat. De fait, toutes les études réalisées sur cette question après les grandes sécheresses des années 1970-1980 ont montré que ces crises écologiques ont accru les migrations internes (plutôt qu'internationales), circulaires et de courte durée, notamment chez les familles les plus pauvres et parmi les femmes et les enfants. Nous avons retrouvé, au Niger et surtout au Sénégal, ce même schéma migratoire dans le contexte climatique récent, marqué par l'alternance d'événements extrêmes contraires (sécheresses *vs* inondations) ; les années de sécheresse étant marquées par un surcroît de migrations saisonnières, plus particulièrement chez les jeunes et les femmes. En ce sens, la migration généralisée est une réponse adaptative et réactive, qui se met en place à partir d'un seuil défini par des conditions agricoles fortement dégradées. Cependant, même dans cette situation, la migration ne peut être considérée comme un échec de l'auto-adaptation. Sur tous les sites que nous avons étudiés, les migrants entretiennent un lien économique avec leur famille restée au village ; ils participent directement ou indirectement à sa sécurité alimentaire et facilitent, parfois, le développement de nouvelles activités de l'exploitation agricole d'origine (transferts de ressources financières, matérielles et technologiques).

Bien que liée aux conditions climatiques, la migration ne s'interrompt pas pendant les années pluvieuses et de bonnes récoltes. Bien au contraire, un flux continuel de migrants est entretenu depuis les villages d'origine afin d'assurer les besoins en numéraire de la famille et des individus, qui consomment ordinairement une grande partie de leur production agricole. Les hommes adultes migrent en grand nombre pendant la saison sèche pour constituer un pécule destiné à la survie du ménage ou à des investissements productifs. Mais les jeunes (filles et garçons) migrent aussi, pendant la saison des pluies quand ils sont scolarisés, pour financer leurs études ou pour constituer le trousseau de mariage. Au final les migrations, même déconnectées du facteur climatique, contribuent à la fixation des ménages ruraux, qui dépendent plus faiblement des activités agricoles, comme c'est le cas dans le bassin arachidier où la crise de la filière arachidière et la dégradation avancée de la ressource en sol ont, entre autres facteurs, favorisé une régression relative de l'agriculture en faveur du secteur non agricole, porté par des activités comme le commerce, l'artisanat, le transport, la migration, etc. Elles favorisent également la réduction de la pauvreté (et notamment de la pauvreté alimentaire) dans les exploitations agricoles en voie de décapitalisation. Elles permettent enfin – en l'absence d'un accès au crédit – de dégager des revenus extra-agricoles nécessaires aux exploitations en phase de capitalisation. En somme, les migrations quand elles sont de plus forte intensité répondent aux chocs climatiques et environnementaux, mais en retour elles tendent aussi à diminuer les vulnérabilités des populations restées au village et à favoriser le développement d'innovations agricoles. En ce sens, et à l'image d'une boucle de rétroaction, les migrations accroissent donc, plus ou moins fortement selon les contextes, les capacités d'adaptation des exploitations agricoles au changement climatique.

De nouveaux risques climatiques

Après avoir traversé les sécheresses historiques des années 1970 et 1980, le Sahel est actuellement plus humide et plus vert : une situation nouvelle dont les écosystèmes et les populations savent tirer parti. Mais, si cet ouvrage témoigne à juste titre de la résilience rapide des systèmes naturels et anthropisés et de la grande capacité d'adaptation des populations, il ne peut pour autant tronquer l'image d'ensemble : le Sahel ne doit pas composer avec un nouveau climat ; il doit faire face à un climat extrêmement changeant.

En effet, si une reprise des pluies a bel et bien été constatée au Sahel, l'analyse détaillée du cycle hydrologique dans le Sahel central met en évidence que l'augmentation des quantités annuelles de pluie s'est accompagnée d'une diminution persistante du nombre de jours pluvieux et donc d'une progression des événements violents (très forts orages). Cette situation est typique d'un climat à forte variabilité, correspondant à une intensification du régime des précipitations, qui alterne les extrêmes

hydrologiques comme les sécheresses et les inondations plutôt qu'il ne signale un retour à des conditions humides anciennes comme celles qui ont prévalu dans les années 1950. Comme nous avons pu le noter, les années sèches n'appartiennent pas à un passé révolu. Le Sahel a connu au début du XXIe siècle au moins quatre crises alimentaires majeures : 2003, 2005, 2010 et 2012. Hormis la crise alimentaire de 2007-2008, largement imputable à la volatilité excessive des prix mondiaux des denrées alimentaires, les épisodes de crise alimentaire sont des crises de disponibilité alimentaire dues à la sécheresse. Dans le même temps, les inondations à fort impact socio-économique sont bien plus fréquentes qu'au cours des décennies précédentes. Les situations locales caractérisées par des inondations des champs, par des vents violents qui endommagent les cultures, par la brusque montée des eaux dans les bas-fonds qui submerge les cultures et décime des troupeaux, par des terres érodées et/ou par le ruissellement des eaux sont en plus des sécheresses des catastrophes devenues régulières et auxquelles les agriculteurs et les éleveurs doivent faire face.

Si l'augmentation récente des pluies – qui permet une végétation un peu plus abondante – et la récurrence des événements pluvieux violents sont les marques les plus visibles du changement climatique, ces modifications s'accompagnent aux yeux des paysans ouest-africains d'un phénomène beaucoup moins bien perçu et pourtant incontestable : le réchauffement de la surface du continent africain depuis les années 1950. Les périodes les plus chaudes de l'année sont les plus concernées, notamment le printemps, où les températures, en constante augmentation, sont de 2 °C plus élevées qu'il y a soixante ans. Cette amplification du cycle annuel des températures se traduit principalement par une augmentation des températures nocturnes, les températures diurnes restant plus stables, sans qu'on puisse encore en expliquer les causes. Malgré le fait que la température est centrale pour l'étude des bilans d'eau et d'énergie, et que le réchauffement est présent dans tous les scénarios de changement climatique pour atteindre des valeurs allant de +2 °C à +4 °C à la fin du siècle, elle a fait l'objet de beaucoup moins d'études que les précipitations. C'est pourtant une contrainte nouvelle à laquelle les paysans africains pourront être confrontés à l'avenir, avec un effet négatif sur les rendements agricoles, sur l'élevage et sur les superficies cultivables dès le seuil de +2 °C atteint. Ainsi, une étude conjointe de l'IIASA et de la FAO estime qu'en Afrique de l'Ouest les superficies pouvant être cultivées en céréales diminueront de 7 à 15 %, selon le scénario d'élévation des températures (+1 à +3 ºC) considéré (Fischer *et al.,* 2002). L'augmentation des températures au milieu du XXIe siècle, pouvant dépasser 3 °C dans certaines localités, est si importante qu'il n'existera bientôt aucun analogue du climat africain dans l'histoire récente. Ce réchauffement, pourtant déjà visible dans les observations climatiques, est néanmoins beaucoup moins bien perçu par les populations rurales interrogées, car la chaleur est omniprésente dans les zones rurales et les effets néfastes sur la production agricole et la santé ne se font pas encore clairement sentir. Il paraît difficile dès lors, sans une perception des changements, de développer des stratégies d'adaptation, d'autant que le climat que connaîtra l'Afrique dans les prochaines décennies sera, de mémoire d'homme, totalement inédit en termes de températures, avec un réchauffement dont la rapidité et l'intensité pourraient dépasser les capacités d'adaptation des populations africaines.

Des contraintes et des vulnérabilités persistantes

Dans la problématique développement-environnement, la démographie est une donnée primordiale. La forte croissance démographique exerce une pression importante sur les ressources naturelles du continent et pèse lourdement sur sa croissance économique, notamment au travers du taux de dépendance très élevé. Une étude de NDULU (2006) montre ainsi que les trois quarts de l'écart négatif global entre le taux de croissance par habitant de l'Afrique subsaharienne et celui des autres pays en développement pendant la période 1960 à 2004 s'expliquent par des facteurs démographiques.

L'Afrique a la croissance démographique la plus rapide de tous les continents, et les écarts entre elle et le reste du monde ne cessent de s'accroître. Étant donné que les groupes en âge reproductif continueront pendant longtemps à représenter une part importante de la population, et du fait de l'inertie des phénomènes démographiques, la croissance de la population restera élevée et la pyramide des âges demeurera jeune pendant encore plusieurs décennies. Selon l'hypothèse moyenne des projections des Nations unies, la population de l'Afrique aura doublé d'ici 2050, en atteignant 2 milliards d'habitants, soit 22 % de la population mondiale, et dont 27 % auront moins de 15 ans (Nations unies, 2009). Bien que la part de la population rurale africaine soit en phase de décroissance, ses effectifs continueront à progresser jusqu'en 2050, passant de 592 millions en 2007 à 764 millions en 2050. Au milieu du XXIe siècle, l'Afrique regroupera 27 % de la population rurale mondiale (Nations unies, 2008).

Bien évidemment, cette évolution démographique originale a des conséquences sur le développement économique de l'Afrique, et plus particulièrement sur le développement de son agriculture. Actuellement, les agriculteurs africains du sud du Sahara valorisent environ 200 millions d'hectares (ROUDART, 2010). Mais la dégradation continue des terres cultivées et la croissance de la population agricole ne peuvent induire qu'une extension rapide des terres agricoles. Les agriculteurs ouest-africains sont dans une grande majorité incapables – en raison de leur pauvreté – d'acquérir des techniques agricoles susceptibles d'augmenter la productivité du sol et n'ont souvent pour toute alternative que d'utiliser la terre jusqu'à ce qu'elle ne convienne plus à l'agriculture ou de conquérir de nouvelles surfaces agricoles sur les espaces forestiers et les prairies (à l'exemple du Niger et du Bénin). Quand les réserves foncières ont été épuisées, comme c'est le cas dans la partie du Sénégal étudiée, alors la croissance naturelle du nombre des ménages paysans entraîne un morcellement rapide des champs et une diminution importante des surfaces agricoles possédées. Au total, dans bien des parties d'Afrique de l'Ouest, la pression foncière, des activités agricoles excessives ou inadaptées, l'intensification souvent mal gérée de l'agriculture pour répondre aux besoins alimentaires d'une population croissante et les sécheresses répétées (ou les pluies violentes) déclenchent des processus de dégradation et d'érosion des sols, d'encroûtement superficiel et de ruissellement,

de perte de la fertilité et de baisse de la productivité des cultures. Les paysans africains sont rarement en capacité de répondre efficacement et durablement à ces défis et contraintes.

Des changements environnementaux et des stratégies d'adaptation qui s'analysent à l'échelle locale

Caractériser l'évolution, sous l'effet des activités anthropiques, du climat et de l'environnement de ces prochaines décennies et envisager des options d'adaptation du monde rural qui soient performantes est un exercice d'autant plus difficile qu'il existe de grandes disparités régionales dans les changements environnementaux. S'il a pu être montré une tendance au reverdissement consécutive à la reprise des précipitations, notamment dans les écosystèmes agropastoraux du Gourma malien, il existe aussi des preuves d'une dégradation des écosystèmes au Sahel. C'est le cas de la région de Fakara, au Niger, où les jachères sont moins productives qu'il y a vingt ans et où l'érosion des sols superficiels, la baisse du couvert végétal et l'augmentation des coefficients de ruissellement sont des marqueurs d'un environnement dégradé. En outre, les contrastes importants dans l'évolution du climat au Sahel rendent généralement complexe l'analyse des tendances et des projections à de grandes échelles. Le réchauffement observé depuis soixante ans en Afrique de l'Ouest par exemple n'est pas homogène ; il est plus fort au Sahel que sur les régions soudanienne et guinéenne. La reprise des précipitations est davantage visible sur le Sahel central, mais elle semble tarder sur la partie occidentale, où la sécheresse a continué à sévir plus longtemps. Par ailleurs, les scénarios climatiques maintiennent ce dipôle entre l'ouest du Sahel, qui verrait ses précipitations diminuer, avec en particulier un retard de la mousson, par rapport à la période actuelle et le centre du Sahel, qui bénéficierait d'une augmentation des pluies à la fin de l'hivernage. Cette opposition entre l'ouest et le centre du Sahel du point de vue de l'évolution des pluies ne se retrouve pas pour les températures. Celles-ci indiquent au contraire un réchauffement selon un gradient latitudinal entre les régions du nord du Sahel, qui se réchauffent davantage, et celles du sud. Ces disparités régionales créent des vulnérabilités différentes en Afrique de l'Ouest avec – semble-t-il – la partie Ouest qui pourrait être davantage touchée par les sécheresses, la partie Nord plus menacée par un fort réchauffement et la partie centrale soumise à un risque accru de pluies violentes et d'inondations. Tout cela complexifie le message des scientifiques sur l'évolution du climat et de l'environnement dans la région et sur les façons de s'y adapter.

De la même manière, les adaptations ne se conçoivent souvent qu'à des échelles locales ou territoriales, donnant aux réponses apportées par les sociétés un caractère sinon hétérogène, du moins très variable. L'adaptation comme la capacité d'adaptation

sont tributaires du contexte dans lequel elles prennent forme. Elles varient non seulement en fonction du niveau de développement économique et technologique du territoire, mais aussi selon les normes sociales et les valeurs culturelles. Néanmoins, les échelles de l'adaptation ne sont pas non plus totalement indépendantes : la capacité d'un ménage à faire face aux risques climatiques découle dans une certaine mesure de l'environnement favorable de la communauté, et la capacité d'adaptation de la communauté est le reflet des ressources et des processus mis en œuvre par la région ou par le pays. Les adaptations varient donc d'un pays à l'autre, d'une collectivité à l'autre, entre individus et groupes sociaux, et au fil du temps. L'adaptation n'est ni facilement reproductible à tous les contextes socio-spatiaux, ni nécessairement constante dans le temps, ce qui rend sa planification à grande échelle plus difficile.

L'intérêt de l'approche interdisciplinaire et des observations sur le temps long

Le projet Escape, à travers la mobilisation interdisciplinaire qu'il a suscitée, a été un cadre idéal pour amorcer un réel dialogue entre les communautés scientifiques autour d'un objet commun défini par les changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. En effet, les relations de l'homme à son environnement s'inscrivent dans des configurations économiques, sociales et politiques complexes qu'il est nécessaire d'interroger et de mettre en dialogue avec les phénomènes climatiques et environnementaux à travers une approche interdisciplinaire. Cette approche interdisciplinaire est cruciale lorsque l'on aborde la problématique de l'adaptation aux changements environnementaux, où la réponse des sociétés est enchâssée dans des transformations sociales globales. Il y a une réelle nécessité d'une diversité de points de vue, de partager et croiser les approches autour de la problématique des changements environnementaux. Réaliser un pont entre des communautés différentes nécessite souvent beaucoup plus de temps que la mise en œuvre d'une science monodisciplinaire, pour définir des objets d'étude communs, un langage partagé et des terrains qui fédèrent les différentes disciplines impliquées. Un premier pas a été effectué avec la mise en œuvre de ce projet interdisciplinaire autour d'un même questionnement. Reste maintenant à poursuivre ce questionnement et à assurer la pérennité de ces approches au-delà du projet Escape. Mais il s'agit d'actions qu'il importe de mener sur un temps long, c'est-à-dire dans des conditions qui sont souvent peu compatibles avec la logique de projets et de publications qui caractérise le mode de fonctionnement de la recherche.

En outre, les résultats présentés dans cet ouvrage démontrent que les défis posés par la complexité des relations de l'homme et de son environnement dans le contexte du changement climatique ne peuvent être relevés sans s'appuyer sur des observations

de long terme du système climat-société. La pérennisation des observations météorologiques et sociologiques est très importante pour être en mesure de détecter des changements à l'œuvre, d'en comprendre les causes, d'en anticiper les conséquences afin d'élaborer des stratégies d'adaptation pour réduire les effets potentiellement néfastes de ces changements. Les observatoires des populations de Niakhar, de l'environnement Amma-Catch au Niger et au Bénin, ou des agro-écosystèmes dans le Fakara au Niger en sont un très bon exemple. Les grandes disparités observées non seulement dans l'évolution du climat mais également dans les transformations sociétales à l'œuvre en Afrique de l'Ouest soulignent enfin l'importance de mener des approches comparatives multi-sites et multi-échelles, en mettant en parallèle des régions ayant des contraintes environnementales et socio-économiques contrastées.

Une recherche à mener sur l'adaptation anticipatrice

Nous ne pourrions conclure sans esquisser quelques pistes pour la recherche à venir. Nos travaux ont beaucoup insisté sur l'adaptation spontanée et réactive. Une réflexion reste à mener sur l'adaptation anticipatrice, souvent promue par les politiques et les scientifiques pour sa faculté à réduire les coûts sociaux, économiques et écologiques du changement. Dans le domaine de l'agriculture, disposer d'outils efficaces de gestion du risque climatique peut apporter une réelle plus-value aux stratégies d'adaptation des populations africaines face aux enjeux de sécurité alimentaire, de croissance démographique, du changement climatique auxquels elles sont confrontées et qui peuvent avoir une traduction directe sur l'équilibre politique. Or ces outils ne sont encore que très peu (ou pas) utilisés par les producteurs, en dépit de preuves accumulées par les programmes de recherche sur leur conscience aiguë du risque climatique, sur le potentiel de l'information climatique dans la planification et la prise de décision, et sur les progrès récents pour prévoir les fluctuations du climat (démarrage des pluies, séquences sèches) des jours, voire des mois à l'avance. Parmi les multiples raisons de cette contradiction, il existe un manque de connaissances sur l'adéquation entre les modalités d'utilisation de l'information produite et les besoins des producteurs (échelle spatiale et temporelle, délai de prévision, degré de confiance), sur les réponses techniques ou organisationnelles les plus efficaces face aux fluctuations du climat (modification des calendriers agricoles, valorisation de l'eau, diversification des activités, instruments financiers tels les crédits et assurances par exemple) et sur la façon dont les producteurs peuvent intégrer dans leurs propres pratiques ces outils de gestion du risque issus de la recherche et se les approprier. En outre, cette adaptation planifiée s'opère au niveau des pouvoirs publics et à l'échelle des territoires, impliquant ainsi des décideurs pouvant avoir accès à l'information climatique produite par les scientifiques. Si elle doit tenir compte de l'incertitude inhérente aux prévisions climatiques, elle suppose néanmoins une perception claire

de l'aléa, du risque et des conditions qui vont changer. En outre, il est nécessaire de décliner cette adaptation, de réfléchir à ses limites selon les différents systèmes de production et les scénarios d'évolution du climat à l'ouest, au centre et au nord du Sahel, afin d'éviter toute maladaptation et de l'intégrer dans une stratégie globale de développement agricole de la région.

Références

Fischer G., van Velthuizen H., Shah M., Nachtergaele F., 2002
Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and result.
IIASA Research Report RR-02-002, 119 p.

Nations unies, 2008
World Population Prospects. The 2007 Revision. Highlights.
New York, Nations unies, Division de la population, 230 p.

Nations unies, 2009
World Population Prospects. The 2008 Revision. Highlights.
New York, Nations unies, Division de la population, 89 p.

Ndulu B. J., 2006
Ramping up African Growth: Lessons from Five Decades of Growth Experience.
Economic Affairs, 26 (4) : 5-11.

Roudart L., 2010
Terres cultivables et terres cultivées : apports de l'analyse croisée de trois bases de données à l'échelle mondiale.
Notes et études socio-économiques, 34 : 57-95.

Liste des auteurs

Moussa Malam **Abdou**, géographe, université de Zinder, Niger

Harouna **Abdoutan**, assistant de recherche, Lasdel
(Laboratoire d'études et de recherches sur les dynamiques sociales), Niamey, Niger

Agnès **Adjamagbo**, socio-démographe, IRD, LPED
(Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151 IRD/AMU,
Marseille, France

Jean **Albergel**, hydrologue, IRD

Ilia **Amadou**, hydrologue, Autorité du Bassin du Niger (ABN)

Mouftaou **Amadou Sanni**, démographe, ENSPD (École nationale de la statistique,
de la planification et de la démographie), université de Parakou (UP), Bénin

Anne **Attané**, anthropologue, LPED
(Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151, IRD/AMU,
Ouagadougou, Burkina Faso

Elise **Audouin**, agronome, Cirad, UMR Selmet
(Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux)

Jessica **Barbier,** physicienne de l'atmosphère,
INPT, CNRM-Game, UMR 3589 CNRS/Météo-France

Sine **Bassirou**, agronome, Isra-Ceraas

Alain **Bonnassieux**, sociologue, Dynamiques rurales,
université Toulouse Jean-Jaurès, CNRS/EHESS

Jérémy **Bourgoin**, géographe, Cirad, UMR Tetis, Isra, Bame

Ibrahim **Bouzou Moussa**, géographe, université Abdou Moumouni (UAM),
département de géographie, Niamey, Niger

Brehima **Coulibaly**, hydrologue, Autorité du Bassin du Niger (ABN)

Honoré **Dacosta**, géographe, université Cheikh Anta Diop (Ucad), département de géographie, Dakar, Sénégal

Cécile **Dardel**, chercheuse en télédétection satellitaire, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Valérie **Delaunay**, démographe, IRD, LPED (Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151 IRD/AMU, Marseille, France

Abdoulaye **Deme**, climatologue, Laboratoire des sciences de l'atmosphère et de l'océan (LSAO)/université Gaston-Berger, Saint-Louis, Sénégal

Luc **Descroix,** géographe-hydrologue, IRD, UMR Paloc IRD/MNHN

Birama **Diarra**, météorologue, Direction nationale de la météorologie du Mali

Mamadou Oumar **Diawara**, agro-écologue, université Paul-Sabatier (Toulouse III)-université de Bamako (Mali)

Arona **Diedhiou**, climatologue, IRD, LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement), UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Aida **Diongue-Niang**, physicienne de l'atmosphère, Anacim (Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie), Dakar, Sénégal

Séraphin **Dorégo**, géographe, Isra, Centre national de recherches agronomiques de Bambey, Sénégal

Oumarou **Faran Maiga**, géographe, université Abdou-Moumouni (UAM), département de géographie, Niamey, Niger

Laetitia **Gal**, hydrologue (doctorante), GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Sylvie **Galle**, hydrologue, IRD, LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement), UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Fabrice **Gangneron**, socio-géographe, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Julie **Gardelle**, chercheuse en télédétection satellitaire, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS, LSCE

Bénédicte **Gastineau,** démographe, IRD, LPED (Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151 IRD/AMU, Marseille, France

Emmanuèle **Gautier,** géographe, LGP (Laboratoire de géographie physique), Meudon, université Paris 1

Amadou Thierno **Gaye**, climatologue, Laboratoire de physique de l'atmosphère et de l'océan Siméon Fongang (LPAOSF)/université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal)

Moustapha **Gibigaye**, sociologue, université d'Abomey-Calavi, Ceforp (Centre de formation et de recherche en matière de population), Cotonou, Bénin

Manuela **Grippa**, chercheuse en télédétection satellitaire, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Françoise **Guichard**, physicienne de l'atmosphère, CNRS, CNRM-GAME, UMR 3589 CNRS/Météo-France

Ramatou **Hassane**, doctorante en études rurales en sciences du développement, Dynamiques rurales, UMR MA 104, université Toulouse Jean-Jaurès

Pierre **Hiernaux**, agro-écologue, CNRS, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS, retraité

Théodore **Houngbégnon**, statisticien, université d'Abomey-Calavi, Ceforp (Centre de formation et de recherche en matière de population), Cotonou, Bénin

Frédéric **Hourdin**, physicien de l'atmosphère, CNRS, Laboratoire de météorologie dynamique, UMR 8539 CNRS/IPSL/UMPC

Laurent **Kergoat**, chercheur en physique de l'environnement, CNRS, GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Frédéric **Kosmowski,** socio-démographe, IRD, LPED (Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151 IRD/AMU, Marseille, France

Patrice **Kouakou**, agronome, Cirad, UPR Aida - Isra, Ceraas

Richard **Lalou**, démographe, IRD, LPED (Laboratoire population-environnement-développement), UMR 151 IRD/AMU, Marseille, France

Crystèle **Léauthaud,** éco-hydrologue, Hydrosciences Montpellier (UMR 5569 CNRS/IRD/ UM1/UM2), France

Thierry **Lebel**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble-Alpes, LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement), UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Philippe **Lecomte**, agronome, Cirad, UMR Selmet
(Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux)

Gil **Mahé**, hydrologue, IRD, Hydrosciences Montpellier
(UMR 5569 CNRS/IRD/ UM1/UM2), France

Ibrahim **Mamadou**, géographe, université de Zinder, Niger

Maxime **Martinet**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble Alpes,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Masse Dominique, agronome, IRD, UMR Éco&Sols
(Écologie fonctionnelle et biogéochimie des sols et des agrosystèmes)

Abdoulaye **Mohamadou**, anthropologue, université Abdou-Moumouni (UAM),
chercheur au Lasdel (Laboratoire d'études et de recherches sur les dynamiques
sociales), Niamey, Niger

Eric **Mougin**, agro-écologue, CNRS,
GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Bertrand **Muller,** agronome, Cirad, UMR Agap (Amélioration génétique et
adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales) ; Isra-Ceraas et AfricaRice,
Sahel Regional Station, Sénégal

Ousmane **Ndiaye**, météorologue, Anacim (Agence nationale de l'aviation civile
et de la météorologie), Dakar, Sénégal

Jean-Claude **Olivry**, hydrologue, IRD, retraité

Mariana **Odru**, agronome, Cirad, UMR Selmet
(Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux)

Amadou **Oumarou**, socio-anthropologue, université Abdou-Moumouni,
chercheur au Lasdel (Laboratoire d'études et de recherches sur les dynamiques
sociales), Niamey, Niger.

Gérémy **Panthou**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble Alpes,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Guillaume **Quantin**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble Alpes,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Johanna **Ramarohetra**, agro-météorologue,
GET (Géosciences Environnement Toulouse), UMR 7159 Locean
(CNRS/IRD/UPMC/MNHN), IPSL

Elodie **Robert**, géographe, GET (Géosciences Environnement Toulouse),
UMR 5563 CNRS/IRD/UPS

Aurélien **Rossi**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble Alpes,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Philippe **Roudier,** hydrologue, Climate and Risk Management Unit,
Institute for Environment and Sustainability (IES), Joint Research Centre (JRC),
European Commission (EC), Ispra, Italie

Luc **Seguis,** hydrologue, IRD, Hydrosciences Montpellier
(UMR 5569 CNRS/IRD/ UM1/UM2), France

Kadidiatou **Souley Yéro**, géographe, géomaticienne,
Centre régional Agrhymet, Niamey, Niger

Mame Arame **Soumaré,** géographe, université Cheikh Anta Diop (Ucad),
Dakar, Sénégal et chercheuse associée à l'IRD,
LPED (Laboratoire population-environnement-développement),
UMR 151 IRD/AMU, Marseille, France

Benjamin **Sultan**, climatologue, IRD, UMR 7159 Locean
(UPMC/CNRS/IRD/MNHN), IPSL

Bachir **Tanimoun,** hydrologue, Autorité du Bassin du Niger (ABN)

Seydou **Traoré,** agroclimatologue, Centre régional Agrhymet, Niamey, Niger

Jean-Pierre **Vandervaere,** physicien du sol, université Joseph-Fourier,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France

Jonathan **Vayssières**, agro-zootechnicien, Cirad,
UMR Selmet (Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux)

Théo **Vischel**, hydro-climatologue, IRD, université Grenoble Alpes,
LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement),
UMR 5564 IRD/CNRS/UJF/G-INP, Grenoble, France




Imprimé en France. - JOUVE, 1, rue du Docteur Sauvé, 53100 MAYENNE
N° 2274034C - Dépôt légal : novembre 2015





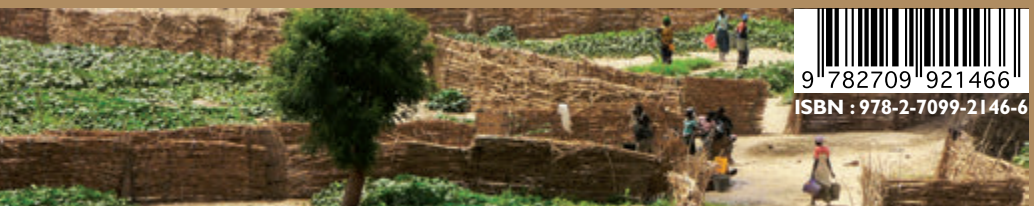
L'avenir de l'Afrique de l'Ouest dépend de la capacité de son agriculture à assurer la sécurité alimentaire de sa population, qui devrait doubler en vingt ans, tout en faisant face aux risques nouveaux engendrés par le réchauffement climatique. En effet, les modifications de température et de précipitations déjà à l'œuvre, et qui devraient s'amplifier, auront dans un futur proche des répercussions importantes sur la production agricole et sur les ressources en eau de cette partie du continent africain.

L'adaptation des sociétés rurales aux risques climatiques est une des clés pour relever ce nouveau défi. Pour mieux en connaître le potentiel, les processus et les barrières, cet ouvrage analyse les évolutions récentes et en cours du climat et de l'environnement, et étudie comment les sociétés rurales les perçoivent et les intègrent : quels sont les impacts de ces changements, quelles vulnérabilités mais aussi quelles nouvelles opportunités entraînent-ils ? Comment les populations s'y adaptent-elles, et quelles innovations mettent-elles en œuvre, alors que les effets induits par le climat interagissent avec les changements sociaux, politiques, économiques et techniques en cours sur le continent ?

En associant des chercheurs français et africains (climatologues, agronomes, hydrologues, écologues, démographes, géographes, anthropologues, sociologues…) dans une approche interdisciplinaire, cet ouvrage apporte une contribution précieuse pour mieux anticiper les risques climatiques et évaluer les capacités des sociétés africaines à y faire face.

IRD
44, bd de Dunkerque
13572 Marseille cedex 02
editions@ird.fr
www.editions.ird.fr

35 €



9 782709 921466
ISBN : 978-2-7099-2146-6