

L' « AGRICULTURE DE CONSERVATION » À LA CROISÉE DES CHEMINS (AFRIQUE, MADAGASCAR)

Georges Serpantié, Agronome, Chargé de Recherche, Institut de Recherche pour le Développement (IRD) UR199 ; 911 Avenue Agropolis, BP 64501 34394 Montpellier cedex 5 ; courriel : georges.serpantie@ird.fr

Résumé : L'agriculture de conservation (AC) obéit à trois principes : travail du sol minimal, couverture du sol permanente et multiculture. Partant de ses avantages avérés pour l'écologie du sol, la séquestration de carbone et son adoption massive dans quelques régions du monde, elle est présentée par ses promoteurs comme un système durable convenant à tous contextes. Dès lors elle a été mondialement diffusée au nom du développement durable. Une analyse à partir de documentation et d'observations souligne des connaissances encore incomplètes, la spécificité de son origine géographique, sa rareté dans les anciennes agricultures ainsi que la disparité de son adoption entre régions et types d'exploitations. Diverses causes de résistance des agricultures paysannes africaines et malgaches sont envisagées : faisabilité limitée en contexte semi-aride agro-pastoral, existence de solutions concurrentes pour la gestion du risque érosif, itinéraires techniques mal adaptés, et importance des facteurs temps et diversité dans les processus d'innovation. Malgré cette causalité multiple, le postulat d'avantages universels de l'AC réduit la question de l'adoption à la seule gestion politique et financière de la diffusion. Sa faisabilité universelle et sa durabilité écologique ne sont pas encore prouvées. Il faut recommander la poursuite de l'effort d'adaptation technique et d'organisation des paysans en analysant mieux le contexte et en s'appuyant sur les pratiques, les savoirs locaux et les capacités d'innovation des paysans, enfin savoir poursuivre d'autres pistes en parallèle.

Mots clés : pratiques paysannes, non-labour, agriculture de conservation, SCV, Afrique, Madagascar, participation, capacité d'adaptation, services écosystémiques.

Abstract: Conservation agriculture (CA) represents farming systems obeying three principles: minimal mechanical soil disturbance, permanent organic cover, and diversified crops. On the basis of its effects on soil ecology, carbon sequestration, work productivity and massive adoption in some agricultures over the world, it was presented by its promoters as the only sustainable and appropriate system for all the contexts, and consequently universally diffused in the name of the sustainable development. By field surveys and documentation analysis, our research focused on the history of CA extension on worldwide scale. We emphasized the very specific origin of CA and disparity of its adoption between regions and types of exploitations. Then the possible causes of the apparent resistance of African and Malagasy agricultures were analysed: constraints related to the semi-aridity and the agro-pastoral civilisations, rival solutions, still unsuited technical sequences, and importance of the time and diversity factors in the innovation process. In spite of this multiple causality, the postulate of universality of CA brings back the question of the adoption to the only political and financial management of diffusion. It is however necessary to prove its transferability towards any context, and its ecological sustainability. We recommend the pursuance of the effort of improvement by analyzing the context of the farming systems and basing the research on the practices, the local knowledge and the innovation capacity of farmers and communities, and to follow other tracks in parallel.

Keywords : local practices, no tillage, conservation agriculture, mulching, Africa, Madagascar, participation, adapting capacity, ecosystemic services.

Un nouveau mode de production agricole, l'« agriculture de conservation » (AC), est promu depuis 2001 lors de conférences internationales biennuelles¹ sous l'égide de la FAO². L'AC

représente une famille de systèmes de culture obéissant simultanément à trois principes techniques : travail du sol minimal, couverture du sol permanente et combinaison d'espèces cultivées dans le temps (rotations) ou dans l'espace (associations) (Djamen et al., 2005 ; Triomphe et al., 2007 ; FAO, 2008). Les travaux du sol (labours, sarclages, buttages) sont absents ou exceptionnels. La couverture végétale peut être constituée de résidus de la récolte précédente ou de végétaux apportés et étalés

Référence électronique

Georges Serpantié, 2009, L'agriculture de conservation à la croisée des chemins en Afrique et à Madagascar , VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 9 Numéro 3, [En ligne] URL : <http://vertigo.revues.org/9290>.

¹ Madrid, 2001 ; Foz do Iguaçu, 2003 ; Nairobi, 2005; Nairobi, 2008 ; New Dehli, 2009

² Food and Agriculture Organization of the United Nations

sur le sol (couvertures mortes), ou de plantes de couverture occupant le terrain avant la culture principale ou plantées en association (couvertures vives) (Capillon et Séguy, 2002). L'AC fédère ainsi un ensemble de systèmes de culture nommés défriche-paillis, semis-direct sous couverture végétale (SCV), et zéro labour³, qui répondent aux trois conditions requises. En vertu de nombreux avantages identifiés par ses promoteurs, à la fois pour l'économie de l'exploitation agricole et pour l'environnement, l'AC apparaît comme un concept porteur dans le cadre du développement durable.

Si, au Brésil ou en Argentine elle représente déjà les deux tiers des superficies en grande culture, ailleurs elle rencontre un accueil mitigé. C'est en particulier le cas en Europe, en Afrique et à Madagascar (Derpsch, 2007). Dans ces contextes particuliers, les inconvénients de l'AC y dépassent-ils trop ses avantages, les difficultés de l'apprentissage sont-elles trop intenses, d'autres causes sont-elles en jeu ? Pour l'Afrique et Madagascar, nous exposons dans cet article des causes possibles de ce retard relatif et tentons leur hiérarchisation.

Démarche

Les connaissances agronomiques sur le fonctionnement des systèmes de culture constituant l'AC se développent rapidement et plusieurs synthèses sont déjà disponibles (Thurston, 1997 ; Dounias, 2001 ; Goddard et al., 2007). Suivant l'hypothèse que des connaissances incomplètes pourraient entraver la conception de systèmes AC adaptés, l'équilibre entre les différents domaines scientifiques mobilisés par les promoteurs de l'AC a été examiné.

L'évaluation du degré d'originalité de l'AC s'est appuyée sur la littérature et sur nos propres recherches sur les pratiques paysannes en Afrique de l'Ouest (1980-2000) et à Madagascar (2003-2007). Cette démarche s'inscrit dans l'agronomie des pratiques, où l'accent est mis sur la mise en contexte des techniques agricoles (Milleville, 1987). Les pratiques représentent ainsi des techniques « dimensionnées » par leur mise en œuvre : écologie des parcelles, modalités de réalisation, temporalités et superficies, acteurs, coûts, résultats, relations avec d'autres pratiques, savoirs associés etc. L'analyse des pratiques révèle les logiques et les contraintes qui s'imposent aux exploitations dans le choix des techniques. Face à une évolution de leur cadre ou de leurs objectifs, les agriculteurs avec d'autres acteurs de l'agriculture co-construisent des modèles techniques se concrétisant éventuellement en nouvelles pratiques s'ils sont adaptés. Ces dernières représentent les véritables innovations (Sibelet et Dugué, 2007).

L'approche de la genèse des systèmes de culture constitutifs de l'AC, l'historique de leur diffusion et la comparaison de leurs niveaux d'adoption entre contextes ont reposé sur une analyse

documentaire. Une difficulté notable et classique en agronomie provient de la rareté des sources qui ne soient pas issues des promoteurs du changement technique. L'utilisation des rapports des acteurs qui jouent à la fois un rôle de conception, de promotion et d'information, suppose leur analyse critique.

Après présentation des résultats de cette recherche, nous discuterons des causes susceptibles de freiner l'extension de son application dans certains pays du Sud. La discussion portera sur les contraintes à l'adoption et cherchera à en établir une typologie et une hiérarchisation. Les causes possibles sont d'abord celles identifiées par les promoteurs eux-mêmes, puis celles obtenues par un raisonnement à partir des différences de contextes, ainsi que celles établies par similitude avec d'autres dynamiques d'adoption d'outils agricoles introduits. Nous les avons nous-mêmes documentées lors de nos travaux antérieurs.

Enfin, sera examinée la validité des postulats présidant à la diffusion universelle de l'AC au nom du développement durable, et nous conclurons par des recommandations en matière de politiques agri-environnementales.

Connaissances mobilisées pour la promotion de l'AC

Les connaissances sur le fonctionnement de la part souterraine de l'agro-écosystème sont fortement mobilisées par les promoteurs de l'AC. La plupart des publications et sites de documentation web insistent sur ses avantages par rapport aux autres formes d'agriculture, en mobilisant de nombreuses connaissances agro-pédagogiques. En effet l'AC se définit par des opérations culturales particulières dont l'objet est de favoriser ou restaurer l'activité biologique dans le sol, en vue de multiples bénéfices pour la santé des plantes, la réduction des risques, l'économie d'interventions culturales et d'intrants (Séguy et al., 2007). Les travaux du sol sont abandonnés ou réduits « au minimum », car ils favorisent la dégradation du sol par déprotection de la matière organique, perte de stabilité structurale, appauvrissement biologique et accroissement de l'érodibilité des sols cultivés (Six et al., 2002 ; Razafimbelo et al., 2006). La couverture permanente remplace certaines fonctions du travail du sol (assurer le désherbage) et vise à protéger le sol des intempéries, stimuler les processus biologiques responsables de la structuration des sols, accroître la richesse organique et biologique du sol, enfin optimiser la disponibilité en nutriments par l'accroissement de leurs flux et la limitation des fuites, conférant une meilleure efficience aux engrangements (Billaz et al., 2001 ; Djamen et al., 2005 ; Razafimbelo et al., 2006 ; Séguy et al., 2007 ; Derpsch, 2007). Lorsque le sol est couvert et que les horizons supérieurs du sol ne sont plus perturbés, des mécanismes de régulation biologique s'activent : réduction de l'infestation adventice, de la pression et de la propagation de certains ravageurs et pathogènes (Thurston, 1997 ; Holland, 2004 ; Séguy et al., 2007 ; Triomphe et al., 2007 ; Derpsch, 2007). La combinaison d'espèces ou de variétés cultivées dans le

³ en anglais *slash-and-mulch, direct seeding mulch-based cropping (DMC), no-tillage ou no-till farming system*.

temps ou l'espace vise à améliorer l'exploitation du profil de sol, et limiter la spécialisation et la diffusion parasitaires.

La combinaison des trois principes conduit ainsi à une « intensification écologique », à savoir le rapprochement des paramètres de l'agro-écosystème « conventionnel » régulièrement perturbé, appauvri en biodiversité, gourmand en énergie et facteurs chimiques, vers ceux d'un écosystème naturel (Triomphe et al., 2007 ; Séguy et al., 2007). Dans ce dernier, les fonctions de production primaire, fertilisation, régulation et recyclage, sont assurées à partir de la seule énergie solaire par une diversité d'organismes spécialisés, fixateurs et minéralisateurs, antagonistes, consommateurs organisés en chaînes trophiques (Lamotte et al., 1988). La permanence du couvert et la biodiversité confèrent efficience énergétique, stabilité et résilience aux agro-écosystèmes écologiquement intensifiés, tels les agro-forêts et SCV (Dupraz, 2006). L'AC permet de conserver le sol et sa biodiversité associée, capitaux naturels et patrimoines à transmettre aux générations futures. Ce capital naturel est nécessaire au développement socio-économique, aux côtés des autres capitaux, justifiant la promotion de l'AC au nom d'un développement durable (Loyer et al., 2009). L'AC favorise aussi la séquestration du carbone (Capillon et Séguy, 2002), objectif visé par les conventions climatiques internationales. Cependant l'efficacité de cette fixation dépend du bilan organique effectif (Husson, com.pers.).

Les résultats économiques s'en trouveraient accrus : économie d'opérations, de travail, d'énergie, d'engrais et de pesticides, stabilisation voire accroissement des rendements, simplification de l'équipement et des intrants utilisés, amélioration des conditions de vie (Billaz et al., 2001 ; Djamen et al., 2005 ; Derpsch, 2007 ; FAO, 2008 ; Chabierski et al., 2008). Cependant, les recherches qui étaient cet avantage économique en Europe restent rares. Dans les pays d'introduction récente (Afrique, Madagascar), elles sont menées depuis peu d'années, et exclusivement par les projets de diffusion, ce qui peut limiter leur portée scientifique. Elles devraient être confirmées par des recherches indépendantes.

Une autre connaissance encore mal étayée mais fortement mise en avant concerne l'universalité de l'AC : « L'AC présente un grand potentiel pour tous les types d'exploitations agricoles et d'environnements agro-écologiques. Elle est d'un grand intérêt pour les petites exploitations ; celles dont les moyens de production limités ne permettent pas de lever la forte contrainte de temps et de main-d'œuvre, constituent une cible prioritaire » (FAO, 2008). L'AC serait ainsi appelée à remplacer l'« agriculture conventionnelle » dans toute situation agraire (Djamen et al., 2005 ; FAO, 2008).

D'autres dimensions de l'AC ont fait l'objet de recherches moins nombreuses et moins connues, révélant des difficultés pour la mise en oeuvre de l'AC mais aussi des risques environnementaux.

Ces difficultés concernent d'abord de la partie épigée de l'agro-écosystème. Pendant la transition du système conventionnel vers l'AC, les niveaux d'infestation adventice restent élevés (Triomphe et al., 2007). Une fois l'AC installée, des réinfestations peuvent se produire à partir de champs voisins (Husson, com.pers.). La réduction du travail du sol cause un changement dans la flore adventice (Swanton et al., 1999). Des inconvénients des plantes de couverture choisies pour leur forte production de biomasse sont leur mauvaise valorisation intrinsèque et leur difficulté à être maîtrisées, impliquant l'usage d'herbicides et de matériel d'épandage de précision afin de limiter les compétitions (de Tourdonnet et al., 2003). Le recours aux herbicides est aussi incontournable pour planter une culture directement dans une jachère herbacée, ou réduire l'enherbement mal réprimé par une couverture morte insuffisamment dense (Triomphe et al., 2007). C'est en particulier le cas dans les pays tropicaux où la pression des adventices est élevée (Baudron et al., 2007). L'usage de produits systémiques comme le glyphosate s'est généralisé dans ce but. En Argentine et aux USA, en contexte de politique agricole ultra-libérale, le *no-tillage* a été fortement encouragé par l'adoption massive et précoce des sojas transgéniques tolérants au glyphosate vers 1996 (Cerdeira et Duke, 2006). Au début, l'impact environnemental était plutôt positif : moins d'érosion et moins d'herbicides toxiques (Saam et al., 2004). Mais l'usage massif, répété et fortement dosé du glyphosate en Argentine dès 2001 pourrait avoir entraîné une modification de la flore microbienne, inhibant la fonction de minéralisation au point de conduire à l'accumulation de litière. Ce diagnostic a été rapporté par Branford (2004). Une telle hypothèse devrait être examinée de plus près. L'acquisition de résistance chez certaines adventices, telle que *Sorghum halepense*, a été mise en évidence (Vila-Aiub et al., 2007). Dans ces monocultures industrielles, la partie épigée de l'agro-écosystème devient d'une extrême pauvreté biologique sur des espaces considérables. Les défenseurs des nombreux petits paysans marginalisés par cette agriculture industrielle en Amérique latine parlent ainsi de « désert vert ».

Il faut aussi envisager l'impact hors site des matières actives herbicides et des adjutants utilisés (Düring et al., 2002). La contamination des eaux par le glyphosate est négligeable lorsqu'il est épandu à dose recommandée car il est non seulement épandu sur de la végétation (et non le sol) mais dégradé par les bactéries du sol plus rapidement que beaucoup d'autres herbicides (Cerdeira et Duke, op.cit.). En revanche un de ses produits de dégradation, l'aminométhylphosphonate a une demi-vie plus longue dans le sol. Ce contaminant peut donc s'accumuler en cas d'usage étendu de cet herbicide (Mamy et al., 2005, cité par Cerdeira et Duke, op.cit.).

A la surface du sol, les couvertures vives ou mortes provoquent aussi des difficultés techniques. La phase de semis est particulièrement délicate, nécessitant des outils ou des gestes

beaucoup plus précis. Un mulch gêne le binage. Il avantage temporairement certains insectes ravageurs (Ratnadass et al., 2006). Une couverture végétale permanente représente un habitat privilégié pour des rongeurs, reptiles, gastéropodes et certains pathogènes (tel *Rhizoctona solani* sous *Mucuna pruriens*) (Thurston, 1997 ; Keinath et al., 2003). Le traitement pesticide et fongicide des semences souvent indispensable pour y pallier peut être coûteux voire entraîner des effets non désirés sur les organismes non-cibles. La couverture bloque une partie de l'azote minéral voire favorise sa volatilisation dans les résidus en décomposition par rapport à un enfouissement, et peut exacerber la compétition pour l'eau en cas d'épisodes secs (nombreux travaux cités par Thurston, 1997). Une autre difficulté est d'atteindre un volume de biomasse de couverture suffisant. Or les climats propices à la croissance végétale sont aussi favorables à la dégradation de la litière par les consommateurs et décomposeurs naturels (Husson, com.pers.). Sous des climats à saison sèche marquée, fréquents en zone tropicales, le feu et le surpâturage en saison sèche constituent un risque important pour la pérennité de la biomasse de couverture, le surpâturage pouvant même « tirer la fertilité vers le bas » (Séguy, 2008). La productivité du travail se réduit s'il faut transporter les matériaux des mulchs en cas de production sur place insuffisante (Thurston, 1997).

Enfin un tel changement radical de l'agro-écosystème implique d'opérer des adaptations variétales. C'est à la fois une contrainte, mais aussi un risque. Le *no-tillage* développe l'intérêt d'une conversion aux variétés transgéniques tolérantes aux herbicides, ce qui n'est pas sans poser des problèmes potentiels environnementaux et d'acceptation sociale. Au Brésil, la mise en oeuvre économiquement très profitable des variétés transgéniques tolérantes au glyphosate en *no-tillage* extensif s'est imposée en dehors de tout débat public. L'Etat a dû entériner un fait accompli (Saam et al., 2004, p83).

Une refonte totale du système technique, l'adaptation de certains aspects du système de production, et la mise en place de nouveaux arrangements sociaux sont donc nécessaire (Triomphe et al., 2007). Ces difficultés et coûts dépendent du contexte. On conçoit donc l'importance plus ou moins grande du rapport avantages/inconvénients selon le contexte écologique, le type d'agriculture (manuelle, attelée ou motorisé), le type d'agriculteur, son stade d'apprentissage et de maîtrise des moyens de contrôle, notamment chimiques, leurs coûts, l'état des références techniques disponibles, les contraintes communautaires et sociales, nécessitant un arbitrage local. Les décideurs doivent de plus assumer leur ignorance de certaines dimensions de l'AC. Encore peu d'information est publiée sur certaines dimensions de l'impact environnemental de l'AC, par exemple le caractère potentiellement invasif des plantes de couverture introduites mais aussi des transgéniques des variétés adaptées à l'AC.

Des savoirs se développent donc dans le monde technoscientifique à propos de l'AC, bien qu'encore incomplets et diversement mobilisés par les acteurs de la promotion. Mais qu'en est-il chez les populations paysannes ? Existe-t-il des savoirs traditionnels dans ce domaine ?

Rareté de l'AC et des couvertures dans les agricultures locales d'Afrique et de Madagascar

C'est dans un contexte très spécifique, la forêt équatoriale humide sans saison sèche, où le feu est exclu par l'humidité permanente, que des systèmes de culture anciens répondant aux principes de l'AC sont observés (Thurston, 1997). Dans le système amérindien *tapado*⁴ (*tierra cruda, slash-and-mulch*) d'Amérique centrale et du Sud, les cultures (maïs, manioc, bananier) sont semées ou plantées directement dans l'écosystème forestier ou plus généralement dans un recrû. Puis la végétation naturelle est coupée à la machette et se transforme en mulch pourrissant, dans les interstices duquel les plantes cultivées poussent. Après une récolte ou deux, le terrain est laissé en jachère pour plusieurs années. Les rendements sont faibles (ibid.). Ce système peut coexister avec la culture sur brûlis *tierra quemada* (*slash-and-burn*). En Afrique équatoriale, on observe aussi ce système au Cameroun pour la plantation de bananiers dans un mulch pourrissant, et au Zaïre chez les pygmées Bakuhu (maïs, haricot, patate) (ibid.). Nous l'avons aussi trouvé à Madagascar, pour l'installation de bananiers sous forêt humide (Figure 1).

Trois cas sont notables en zones moins humides. Les Kom (Cameroun du NO) obéissant à un interdit ancien sur le feu, pratiquent le *slash-and-mulch* pour des champs de haricot et maïs semés dans le mulch en fin de saison des pluies. Les Majangir éthiopiens le pratiquent pour le sorgho et sésame (semés avant fauche) sur un recrû, à côté de l'agriculture sur brûlis du maïs. Les bas-fonds sont cultivés en maïs ou sorgho dérobés, soit en *slash-and-mulch* avant la fin de la saison des pluies, soit en brûlis juste après (ibid.). Parfois, le brûlis est incomplet (système Kru, ibid.). En dehors de ces trois cas, qui montrent toutefois que la question s'est localement posée de choisir entre le feu ou le mulch, le feu qui supprime la végétation abattue reste la pratique commune en culture itinérante (Ruthenberg, 1971).

Il n'existerait donc, en Afrique comme à Madagascar, que de rares cas obéissant parfaitement aux principes de l'AC dans les pratiques anciennes, dans des conditions très spécifiques, sociales (interdits de feu anciens), climatiques (climat équatorial), saisonnières (cultures valorisant un travail de défriche en fin de saison humide), et surtout sans exclusive : coexistence du *slash-and-burn* et du *slash-and-mulch* dans les sites où les deux sont possibles. Ce caractère exceptionnel de l'AC dans l'agriculture paysanne « traditionnelle » en Afrique comme à Madagascar

⁴ « couvert »

marque soit de grandes contraintes à sa réalisation dans le contexte technologique ancien, soit une absence d'enjeux.

Là où le feu est possible, l'AC représente donc une famille de systèmes de culture particulièrement inédite, voire révolutionnaire puisque ses promoteurs cherchent à rompre avec la pratique pluri-millénaire consistant à détruire la biomasse des terrains à cultiver et les préparer, soit par le feu, soit par l'enfouissement avec travail du sol. En revanche, des pratiques correspondant à chacune des règles de l'AC sont plus répandues.



Figure 1. Défriche-paillis pour l'installation de bananiers à Madagascar, contournant les règlements de protection des forêts matures vis-à-vis du défrichement (lois anti-tavy). (Photo : Georges Serpantié)

En Afrique et à Madagascar, l'absence de travail du sol est fréquente en sols sableux, ainsi qu'en culture itinérante, les longues jachères et la défriche-brûlis améliorant l'état physique du sol et assurant le désherbage. Là où la culture temporaire n'est pas possible, l'outil aratoire, qu'il soit manuel (houes, bêches), animal (techniques de piétingage), tracté par un attelage ou un moteur, appliqué au travail du sol ou au sarclage, complet ou localisé (technique burkinabé du zaï par exemple), est à la base de la plupart des agricultures en Afrique et à Madagascar. Les principes des rotations et/ou des associations culturales représentent aussi un fondement des agricultures paysannes tropicales, y compris dans les zones cotonnières en Afrique.

La mise en place d'une couverture morte est parfois observée, mais reste rare. Outre les cas de défriche-paillis déjà évoqués (Figure 1), signalons le paillis de feuilles ou d'herbe en horticulture des tubercules en zone soudanienne et guinéenne africaine (Figures 2 à 4). Ces couvertures mortes sont installées, souvent par les femmes en association, en début de saison humide, pour de courtes périodes et sur de petites surfaces

(moins de 10 acres), révélant l'importance du travail exigé. Il existe aussi le paillis de restauration de l'infiltration en Afrique soudano-sahélienne sur terrains dégradés (Figure 5) et le paillis à base de paille ou de branchages sur maraîchage, gingembre ou manioc à Madagascar (Figure 6) (Serpantié, 2008). Les objectifs sont donc précis : horticulture de tubercules sensibles à la chaleur, plantes cultivées couvrant mal des sols travaillés en pente et restauration locale de l'infiltration. Les éteules des céréales persistent souvent sur le sol pendant la saison sèche mais leur recouvrement s'affaiblit rapidement après le passage des troupeaux, des divers usagers, des termites et des feux de brousse.



Figure 2. Paillis de branchages recouvrant un sol travaillé et planté de tubercules de *Coleus* (Burkina Faso, culture de femmes Mossi, région de Bondoukuy, origine : région de Bousse). (Photo : Georges Serpantié)



Figure 3. Les *Coleus* lèvent à travers le paillis. (Photo : Georges Serpantié)



Figure 4. Les branches sont progressivement écartées.
(Photo : Georges Serpantié)



Figure 5. Paillis d'herbes fauchées pour restaurer l'infiltration d'une zone encroûtée. D'autres matériaux sont utilisés (tiges d'oseille de Guinée, branches de *Piliostigma*....) (Burkina Faso, région de Kaya). (Photo : Georges Serpantié)



Figure 6. Paillis de résidus de défriche déposé sur un sol sarclé et planté de semenceaux de gingembre (Madagascar, Tolongoina). Les espèces vivaces sont entassées sur les pierres. (Photo : Georges Serpantié)

Certaines légumineuses (haricot niébé, pois de terre...) et cucurbitacées rampantes associées à une céréale pourraient être assimilées à une couverture vive mais celle-ci n'est pas permanente et la couverture reste très partielle.

Parmi les trois règles de l'AC, la couverture végétale est donc la plus rarement observée dans le contexte agricole « traditionnel ». Elle est pratiquée sur de petites parcelles. Les objectifs sont précis et des contraintes limitent l'importance de la pratique : travail important (donc petites parcelles), apparition de certaines nuisances (reptiles, rats), et risques liés aux grandes parcelles (feux, passages de troupeaux).

L'invention et la montée en puissance de l'AC dans le Nouveau Monde

Dans la dynamique mondiale de l'AC, deux régions s'opposent : le Nouveau Monde (Amérique, Australie) et l'Ancien Monde.

Nouveau Monde hors Amérique centrale équatoriale

Suite à une sensibilisation de l'opinion publique par le Dust Bowl, tempêtes de poussières des années 1930, Le Soil Conservation Service de l'US Department of Agriculture, est institué en 1935 pour résoudre les problèmes d'érosion hydrique et éolienne dans plusieurs régions des USA, notamment des régions sèches, soumises à des pratiques culturales motorisées intensives (passages répétés d'outils à disques). Il met au point au Nebraska des méthodes combinant travail superficiel et conservation de mulchs de résidus entre cycles cultureaux (*stubble mulch farming ou mulch tillage*), évoluant vers le *conservation tillage*, qui vise à maintenir au moins 30% du sol protégé par un mulch de résidus au semis (Dounias, 2001). Diverses actions incitatives étatiques accompagnent le changement technique.

Avec l'invention successive de divers herbicides, qui remplacent une des fonctions du travail du sol, les fermiers cherchent à se passer du labour (« labour chimique »). Après la mise sur le marché des herbicides de contact (paraquat, diquat par ICI Industry) en 1960, et la mise au point d'outils de semis direct dans le mulch (Cie Allis-Chalmers en 1961), le test par des agriculteurs et la diffusion du semis direct de maïs sur mulch de résidus ou *no tillage* commence dès 1962 (Kentucky, Virginie). Des progrès ont été réalisés par la suite en matière d'herbicides de contact et de produits systémiques (*ibid.*). En 1972, 1,2 Mha sont cultivés en *no-tillage* (maïs, soja, sorgho), en 1985, 5 Mha (+cotonnier, arachide) et en 1997, 18 Mha (15%). Après l'introduction des variétés transgéniques tolérantes aux herbicides en 1996, l'intérêt pour le *no-tillage* à base de glyphosate se renforce aux USA (Cerdeira et Duke, 2006). En 2004, 25 Mha sont cultivés en *no-tillage* (Derpsch, 2007).

Les recherches scientifiques sur le *no-tillage* sont lancées en 1967 en Nord Caroline (maïs sur couverture de fétuque contrôlée

à l'atrazine, Dounias, 2001) et en 1969 au Canada céréalier (Manitoba University) et en même temps, dans les Grandes Plaines aux Etats Unis (Dakota du Sud). (Bahn et Virender, 2007). Ces études étaient essentiellement financées par des compagnies agro-chimiques (ibid.). La recherche apparaîtrait ainsi « en retard » par rapport à la pratique.

En Amérique du Sud, des conditions similaires (érosion liée au travail du sol aux disques se développant massivement dans les années 1960, notamment dans le Parana) conduisent à l'initiation du *no-tillage* en 1970. Avec l'inflation, les entrepreneurs agricoles ont cherché à réduire leurs coûts de production, ce qui a favorisé l'essor du *no-tillage* (Dounias, 2001). L'introduction des sojas et cotonniers transgéniques tolérants aux herbicides dès 1997 en Argentine puis dans les pays environnants encourage la aussi l'adoption du *no-tillage* (Cerdeira et Duke, 2006). Le record mondial d'adoption appartient au Paraguay, au Brésil et à l'Argentine, où la surface cultivée en AC atteint aujourd'hui près des deux tiers de la surface agricole utilisée par les fermes motorisées (Derpsch, 2007). L'adoption est plus faible dans les petites fermes.

En Australie, l'adoption commence en 1971, avec la commercialisation par ICI de l'herbicide Spray Seed ® à base de paraquat et diquat. Plus récemment, le *ley farming* (rotation 3 ans de luzerne pâturee contrôlée au glyphosate avant semis direct de blé) exploite le même principe.

Il en ressort une mise au point graduelle du système et de ses outils. Agriculteurs et industriels ont joué un rôle majeur, avec l'appui de l'Etat, aiguillonné au départ par une opinion publique sensibilisée à des problèmes d'environnement spectaculaires. Le *no-tillage* mécanisé a été adopté massivement en grande culture en Amérique du Nord, du Sud et en Australie, cumulant plus de 96% des surfaces utilisant cette technologie dans le monde (Derpsch, 2007).

Amérique centrale équatoriale

En Amérique centrale équatoriale, une toute autre dynamique s'est produite (Buckles et al., 1998 ; Triomphe, 1999 ; Dounias, 2001). Le mucuna est introduit dans les années 1920 dans les plantations bananières industrielles pour l'alimentation des mules et sert aussi à l'amélioration des sols et au contrôle des adventices. Dans les années 1970, des paysans pratiquant la culture itinérante de maïs sur brûlis ont spontanément adopté, sur une partie de leurs terres fertiles, une rotation maïs-mucuna. Ce système fut mis au point par eux-mêmes, sur un principe ayant des similitudes avec le système amérindien local *tapado*. L'adoption rapide (10% des paysans en 1980, 66% en 1990) a été favorisée par l'intérêt économique de cette solution dans le contexte commercial et d'occupation du sol local. Plus récemment, une désaffection s'est fait sentir au profit d'une intensification en valeur du système de production (piment, élevage).

L'introduction de l'AC dans l'Ancien Monde

Les régions tempérées et les pays tropicaux de l'Ancien Monde, dont l'Afrique et l'Asie (à l'exception des plaines indogangétiques où le no-tillage se développe assez rapidement), cumulent moins de 2 % des surfaces en AC. Dans les pays tropicaux, et particulièrement en Afrique et à Madagascar, les superficies appliquant les trois principes de l'AC évoluent lentement (Derpsch, 2007).

Europe

Le véritable SCV en climat tempéré reste rare (Carof, 2006). En France, depuis les années 1960, la recherche agronomique et les agriculteurs se sont intéressés à la réduction des coûts monétaires et notamment énergétique de l'agriculture par les techniques culturales simplifiées (TCS) dont les techniques sans labour (TSL). Après une longue période de stagnation puis de progression dans les années 1990, la pratique de labours « non systématiques » en grande culture (TCS) s'étendait à 21% (dont 7,5% de TSL, Trocherie et Rabaud, 2004) en 2001, et 34% en 2006 (Chapelle-Barry, 2008, cité par Clavreul, 2008). La réforme de la Politique Agricole Commune (26/6/2003) qui abandonnait le principe des subventions à la production a encouragé ces pratiques, essentiellement dans les grandes exploitations (blé tendre, orge, colza), contre un recours accru aux herbicides. Onze pour-cent des terres cultivées ont été cultivés en TSL sans arrêt de 2001 à 2006. Mais la présence d'une couverture permanente n'est pas renseignée dans les publications citées. La France est créditez de seulement 150 000 ha en *no-tillage* (Derpsch, 2007).

Afrique

L'introduction de plantes de couverture type mucuna (*Mucuna pruriens cv utilis*), légumineuse annuelle à effet désherbant, est ancienne en Afrique. Dès 1922, elle a été testée au Nigeria en tant qu'engrais vert. Depuis la fin des années 1980, la « biologisation » des systèmes de culture et paysages agricoles, à savoir leur conversion vers moins de travail du sol, plus de couvertures et d'associations végétales, (agroforesterie, aménagements anti-érosifs végétalisés, embocagement, jachère améliorée, défense biologique...) est un thème important des politiques de coopération internationale⁵ pour l'Afrique de l'Ouest et Madagascar. La promotion de l'AC proprement dite, par la FAO notamment, est plus récente (2000). Les projets issus de cette coopération s'inscrivent bien dans les politiques nationales agricoles et environnementales des pays du Sud, généralement dirigées contre la dégradation des terres et la pauvreté en zone rurale, mais aussi favorables à un agro-business durable sur les terres sous-exploitées et souscrivant aux

⁵ FAO, Fonds international de Développement agricole (FIDA), et pour les organismes français, Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), Agence française de développement (AFD), Centre international pour la recherche agricole et le développement (CIRAD).

engagements environnementaux globaux. Ces projets sont mis en oeuvre par des consortiums de Recherche et Développement (R & D) regroupant les ONG, administrations et centres de recherche qui élaborent, pour les diverses situations agricoles type, des solutions techniques AC adaptées et les diffusent (Séguy et al., 2007). Peu de projets agricoles bénéficient aujourd’hui d’un tel déploiement de forces et d’une telle intégration des institutions dans ces pays pauvres. Pourtant le « transfert de technologie » d’un contexte agricole à un autre, et l’approche descendante consistant à prescrire un mode de production sont critiquées depuis des décennies (Chambers, 1983 ; Sibelet et Dugué, 2007). La promotion de l’AC mobilise une part croissante des moyens et des institutions engagées dans l’appui du secteur agricole.

Désormais, les promoteurs militent pour inscrire l’AC au tableau des pratiques éligibles aux mécanismes d’atténuation du changement climatique (accords post Kyoto) ainsi que dans les plans nationaux d’action pour l’adaptation aux changements climatiques. L’inscription à ces mécanismes vise d’abord à obtenir les moyens de favoriser à grande échelle les conversions en assurant notamment le financement des projets d’appui (Husson, com. pers.).

La montée en puissance de cette injonction universelle et son lien avec les enjeux climatiques s’illustre particulièrement dans le texte de la déclaration de New-Dehli sur l’Agriculture de Conservation (6/2/2009).

« Les 1000 délégués réunis au 4^e Congrès Mondial sur l’Agriculture de Conservation tenu du 4 au 7 février 2009 à New-Dehli [...] conviennent que l’agriculture de conservation basée sur les trois principes de perturbation mécanique minimale du sol, couverture organique permanente de la surface du sol, et succession diversifiée ou association de cultures, est le fondement d’une intensification durable de la production, autant que la condition nécessaire pour atteindre, avec d’autres technologies complémentaires, un accroissement soutenu de la production agricole mondiale et dans le même temps la restauration de la base de ressources naturelles et des services environnementaux.

C’est pourquoi les délégués exhortent toutes les parties prenantes impliquées au niveau international, régional ou national dans la production agricole, la recherche ou l’élaboration des politiques, à considérer l’AC comme le concept de base de la production agricole [...] » (trad.par aut., PACA, 2009)

Tout se passe comme si cette norme « globale » devait se substituer aux normes techniques locales, toutes jugées inefficaces et non durables. Cette normalisation voire cette exclusivité ne sont pourtant pas prescrites par les meilleurs connasseurs du dossier « couvertures végétales ». Ainsi Thurston (1997) dans ses recommandations, insiste sur les

conditions dans lesquelles l’intérêt des couvertures est manifeste, et préconise des approches non exclusives.

Localement, comme dans d’autres actions antérieures (Révolution Verte par exemple), l’ambition de diffusion rapide de l’AC est encore largement externe aux pays d’Afrique. Nous avons pu rencontrer divers acteurs de la recherche et du développement à Madagascar comme au Burkina Faso, notamment dans le monde de la recherche et des ONG. En dehors de l’intérêt manifesté pour les enjeux annoncés qui s’inscrivent bien dans les priorités nationales, et l’intérêt pour des approches expérimentales *in situ*, toutes les opinions ne sont pas arrêtées concernant l’applicabilité actuelle de l’AC aux exploitations familiales à une échelle massive. Cette attitude prudente voire attentiste tranche vis-à-vis de celle des acteurs internationaux de la promotion qui ne doutent ni de la durabilité, ni de l’applicabilité universelle de l’AC, en s’appuyant notamment sur la *success story* brésilienne.

L’adoption de l’AC en Afrique de l’Ouest et du Centre

Des essais sur l’introduction du mucuna en milieu paysan ont repris en 1986 par l’Institut International d’Agriculture Tropicale (IITA) au Bénin du Sud sous climat à deux saisons humides. Le mucuna était cultivé soit en première saison (contrôle de d’adventice *Imperata*) soit en seconde saison, par semis dans le maïs de première saison, pour l’amélioration de la fertilité azotée (Thurston, 1997). Dans la rotation annuelle maïs-mucuna, le mucuna couvre le sol en permanence, sous forme de couverture morte ou vive. En effet le maïs de première saison est semé dans le paillis de mucuna de l’année antérieure, et le mucuna lève dans le maïs à partir des graines se trouvant dans le mulch. Dans la province du Mono, ce système a été introduit en 1987 par des projets agricoles dans des exploitations aux sols appauvris en azote et infestés d’*Imperata*. En 1994, 1/5 des exploitations le pratiquaient dans les zones couvertes par le projet (Houndekon et al., 1998). Ceux qui adoptaient le mucuna de deuxième saison étaient ceux qui subissaient un niveau de dégradation élevé du sol (infestations en *Imperata* et pauvreté organique), et ceux qui parvenaient à vendre les semences. Les autres ne pouvaient renoncer à leur deuxième récolte de maïs, malgré des résultats médiocres et irréguliers (Houndekon et al., 1998). Nous ne connaissons pas le taux d’adoption de cette pratique après l’arrêt des actions incitatives et la réduction de débouchés pour les semences.

En revanche, les systèmes similaires à base de pueraria, introduits en Côte d’Ivoire ont été moins compétitifs que les systèmes locaux à base de jachère naturelle à *Chromolaena odorata* et n’ont donc pas été adoptés (Dounias, 2001).

Les systèmes sans labour se sont développés au Ghana (300 000 ha au moins), mais selon des modèles basés seulement sur les herbicides et sans respecter le principe du semis sous couverture

végétale, du fait de difficultés à maintenir sur place les résidus de récolte, à cause d'utilisations concurrentes (Derpsch, 2007).

Au Nord-Cameroun dans les années 1990, le semis direct sans labour est de plus en plus pratiqué en zone cotonnière grâce à une application d'herbicides (Dugué et Guyotte, 1996 ; Diallo et al., 2007). Il ne s'agit pas d'AC, car le mulch de résidus ou de biomasse vivante doit être régulier et permanent (Derpsch, 2007). Après des recherches sur les plantes de couverture depuis 1994, une mise au point de systèmes à diffuser à partir de 2000, des échanges avec le Brésil et Madagascar, le Projet de Conservation des Sols-ESA (PCS) entreprend des tests en milieu paysan. En 2005, l'AC en est encore au stade de l'expérimentation sur réseaux de parcelles clôturées, sous contrôle des équipes de R & D. Ces parcelles représentent en général moins de 1/5 des superficies cultivées, soit, en moyenne, 0,25 à 0,5 ha sur une superficie moyenne de 2,5 ha par exploitation (Djamen et al., 2005, p24). Le projet PCS entame la phase de diffusion des SCV en 2007. Un regroupement de blocs de parcelles SCV entourés d'une haie vive et la mise en place d'aires de pâturage avec implication des autorités visent à gérer le problème de la concurrence avec le bétail pour les résidus (Olivier et al., 2009). Le projet PCS annonce 1000 parcelles expérimentales et un total de 2640 ha « en SCV » en 2008 (Olivier et al., 2009). Cependant Séguay (2008) considère que seuls 200 ha relèvent du SCV. La majorité des parcelles relève en fait de TCS (techniques culturales simplifiées) où la biomasse de couverture est faible (feux, surpâturages en saison sèche), et où le travail du sol se maintient sous forme de sarclage et de buttage.

En Afrique de l'Ouest et du Centre, l'AC progresse donc très lentement, sauf dans des conditions précises de dégradation ou d'infestation adventice de l'agro-écosystème où le mucuna joue un rôle de restauration (cas du Sud Bénin). En revanche, l'un ou l'autre des principes de l'AC (non travail du sol, ou associations avec plantes de couverture) se développe parfois significativement et spontanément.

L'adoption de l'AC à Madagascar

A Madagascar, après une recherche d'adaptation des techniques brésiliennes de SCV dans plusieurs régions par le FOFIFA (recherche nationale) associé au CIRAD (1991)(clichés 7 à 10), et l'organisation du système de R & D en 1994 (ONG TAFA), les premières vulgarisations ont eu lieu en 1998, autour des sites expérimentaux de l'ONG, sur un modèle descendant de création-diffusion : recherche agronomique d'adaptation en amont, ONG de démonstration sur sites de référence, projets locaux de vulgarisation avec ONG partenaires autour de sites de référence, formation de paysans « consultants », en vue d'une diffusion en tache d'huile. Mais ce développement est resté ponctuel jusqu'aux premières années 2000 : faibles ressources financières et en personnel, et absence d'une approche spécifique de développement de ces systèmes agro-écologiques « intensifs en connaissances » (Husson et al., 2006).

Depuis 2000-2001, l'approche est devenue plus globale, plus systémique, intégrant progressivement diverses échelles (dont le terroir et le bassin-versant), avec des actions socio-économiques, et le développement conjoint de l'élevage, de l'agriculture et de la gestion des ressources naturelles. L'adaptation des techniques aux besoins se fait par un conseil sur-mesure. Mais la décision est laissée au paysan. Les actions sont intégrées (formations théoriques et pratiques, développement-suivi-évaluation). Cependant l'approche n'a pris en compte la diversité des exploitations agricoles qu'en 2007 seulement. L'adaptation du message technique est alors réalisée selon une typologie d'exploitations, en recherchant l'optimisation du calendrier de travail et le renforcement de l'intégration du SCV avec l'élevage (Domas et al., 2008 ; Chabierski et al., 2008)

Si la méthodologie a progressivement évolué en s'appuyant sur une meilleure connaissance des exploitations, ce sont surtout les moyens financiers, humains et politiques qui ont été activés entre temps. En 2000, un consortium, le GSDM⁶ est constitué pour coiffer l'ensemble du dispositif. Les appuis d'un bailleur de fonds (AFD) et du Ministère de l'Agriculture, Elevage et Pêche sont obtenus en 2002 (Chabierski et al., 2006). GSDM forme 35 agents techniques et 50 décideurs politiques régionaux ou nationaux en 2004-2005 (Husson et al., 2006). Un programme d'agro-pédologie IRD⁷-Université d'Antananarivo participe à l'évaluation de l'impact des techniques SCV sur le sol. La vulgarisation du SCV est intégrée dans un grand projet de gestion de bassin-versants (notamment projet BV Lac Alaotra depuis 2003, avec trois opérateurs de terrain : AVSF, ANAE et BRL⁸ Madagascar). Enfin, une certaine exclusivité territoriale exigeant « l'absence de remise en question de ces pratiques » ou de « messages contradictoires » a été recherchée par les promoteurs du SCV (GSDM, 2006, p 8).

L'adoption a fait un bond entre 2003 (240 ha, 1169 exploitants) et 2004 (844 ha, 3146 expl.) (Husson et al., 2006). En 2006, la pratique des SCV à Madagascar atteint 3500 ha pour 4800 exploitations familiales (Séguay et al., 2007). Mais deux tiers des surfaces se situent dans la seule région du lac Alaotra, appuyée par le projet BVLac en zone très favorable à l'agriculture (« grenier à riz » de Madagascar), où les terres pluviales sont sensibles à l'érosion et aux sécheresses, où les engins mécaniques et intrants chimiques sont mieux connus que dans les autres régions. Dans le Moyen Ouest de l'île, le SCV se développe bien dans les zones infestées de Striga, les couvertures représentant un moyen de lutte efficace contre ce parasite (Michelon, 2005, cité par Ratnadass et al., 2006).

Au lac Alaotra, le système le plus adopté sur alluvions est un riz de saison des pluies précédé d'une culture de contre saison :

⁶ Groupement Semis-Direct Madagascar

⁷ Institut de Recherche pour le Développement

⁸ Agronomes et Vétérinaires sans Frontières, Agence Nationale d'Action Environnementale, Compagnie du Bas-Rhône Languedoc.

légumineuse de saison sèche (vesce, ..) ou maraîchage sur paille de riz. Les sols exondés cultivés en saison des pluies seulement reçoivent une rotation maïs/riz pluvial sur mulch de résidus, le maïs étant associé à une légumineuse volubile (dolique, mucuna ou vigna). L'association manioc- bracharia ou stylosanthes est désormais vulgarisée sur collines. Entre 2003 et 2007, le nombre d'expérimentateurs-adoptants dans la zone BRL a doublé mais les surfaces se sont beaucoup plus accrues : 75 ha à 608 ha (Chabierski et al., 2008 ; figure 7). Un mouvement d'intérêt progressif serait donc enclenché au sein des adoptants, qui mesurent les avantages cumulatifs du SCV, gagnent en maîtrise et suggèrent des innovations (ex : la rotation vesce-riz en zones inondables, Domas et al., 2008), en même temps que les propositions des agronomes s'enrichissent et se clarifient. Le suivi technico-économique d'accompagnement a mis en évidence un net accroissement du revenu du travail dès la première année avec dépassement du coût d'opportunité du travail (*ibid*), puis sa croissance avec les années de pratique. Par rapport à la dernière année labourée, les rendements ne s'accroissent légèrement qu'après la troisième année en SCV, lorsque les paysans, mis en confiance, décident d'intensifier la fumure et l'entretien (Domas et al., 2008).

Si la croissance de l'adoption du SCV au Lac Alaotra est incontestable, elle est pour l'instant seulement linéaire si l'on excepte la phase initiale 1998-2002 (figure 7). Dans la zone BRL, depuis 2002, chaque année ajoute 130 adoptants et 130 ha. Certains types d'exploitations, ceux à forte surface rizicole, les paysans les plus pauvres ou ceux qui ont une autre activité sont encore peu intéressés (Domas et al., 2008). Les surfaces évoluent plus vite sur collines qu'en plaine.

Le suivi des abandons permet d'aborder les contraintes à l'adoption. En 2007 : 26,4% ont abandonné le SCV sur une ou plusieurs parcelles, et 28% des surfaces encadrées n'ont pas été pérennisées. (contre 39 et 31 en 2006) : 36% des abandons sont liées à une mauvaise « adaptation aux techniques » (échec dû au non respect de l'itinéraire technique préconisé, pointes de travail liées à une saison des pluies mal distribuée, zones à prédominance de riziculture irriguée), 32% pour insuffisance de trésorerie, 13% pour des raisons foncières (Domas et al., 2008).

Les autres zones de vulgarisation ne sont pas aussi bien documentées que la zone BRL du projet BVLac. Mais les résultats publiés restent délicats à interpréter pour juger définitivement de la stabilité de l'adoption. La diffusion passe par l'instauration de contrats, explicites ou non, entre des producteurs et l'organisme de promotion, grâce auxquels l'expérimentateur accède à des appuis spécifiques pour l'accès aux capitaux qui lui font défaut (foncier, crédit, organisation sociale) ou à des priviléges (commercialisation, approvisionnements, notamment en semences et intrants chimiques, conseils rapprochés). Le producteur encadré est ainsi incité à prolonger l'expérience par ces actions de fidélisation. L'adoption « nette » devrait être mesurée par le taux de mise en pratique après la fin du contrat qui lie le paysan encadré au promoteur, et par la soustraction des adoptions opportunistes. Pour l'instant, rien ne permet donc d'affirmer que la pratique AC est en cours d'auto-diffusion, ou d'émancipation de son contexte d'introduction.

Malgré ces résultats positifs en termes d'adoption apparente dans la région la plus riche en facteurs favorables, le bilan de diffusion national actuel ne répond pas encore à des objectifs qui se voudraient « environnementaux » à relativement court terme.

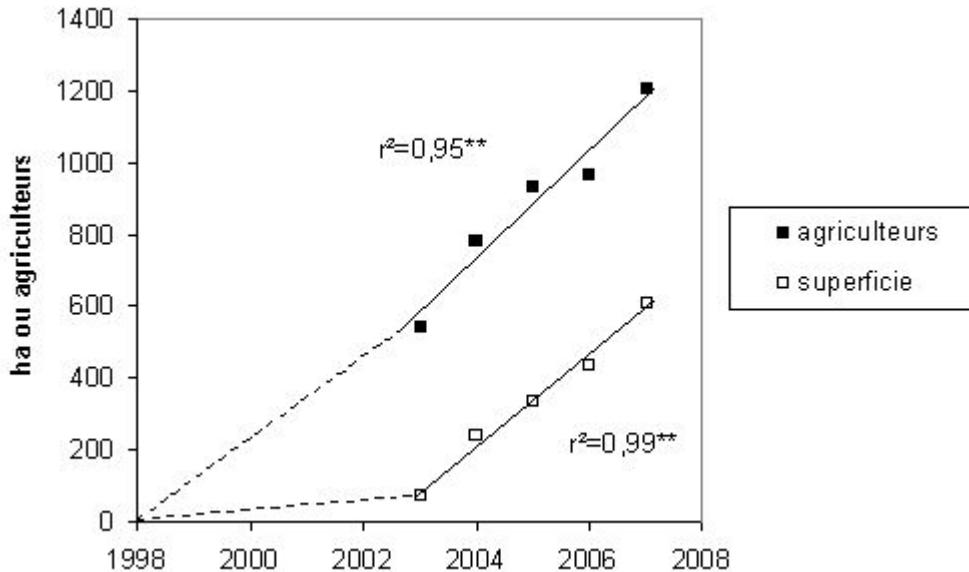


Figure 7. Progression des superficies et des adoptants du SCV dans la zone BRL au Lac Alaotra à partir du début de la vulgarisation en 1998 (source données : Chabierski et al., 2008)



Figure 8. Maïs en SCV sur couverture vive (*Arachis pintoi*) : Ce système excluant le riz, n'a pas été adopté par les paysans malgaches (Madagascar, Hautes terres, site de référence TAFA) (Photo : Georges Serpantié)



Figure 9. Riz pluvial en SCV sur couverture morte (Madagascar, Hautes Terres, site de référence TAFA) (Photo : Georges Serpantié)



Figure 10. Jeune couvert de manioc associé à bracharia repiqué (Madagascar, Hautes Terres, site de référence TAFA) (Photo : Georges Serpantié)



Figure 11. Couvert de brachiaria comme culture fourragère et jachère améliorée à reprendre en SCV après destruction par fauche et glyphosate (Madagascar, HT, site de référence TAFA), (Photo : Georges Serpantié)

Discussion sur les causes du retard de l'Ancien Monde

Nous discuterons d'abord des causes possibles d'un tel contraste de dynamiques d'adoption de l'AC entre régions du monde : non seulement celles que la littérature évoque, mais aussi les causes hypothétiques qui se déduisent d'une prise en compte des contextes étudiés. Par ordre d'évidence, quatre types de causes peuvent être identifiées : celle liée à l'origine de cette innovation, celles qui impliquent plutôt le contexte d'introduction, celles qui incriminent les solutions techniques d'AC proposées par les projets de promotion et les modalités de diffusion, enfin la dynamique particulière des processus d'innovation agricole en Afrique.

Dans un deuxième temps, nous reviendrons sur les postulats qui justifient l'imposition de l'AC à l'ensemble des agricultures.

Causes impliquant les centres d'origine des techniques

Le degré d'adoption de l'AC dans les différents contextes agricoles n'est évidemment pas indépendant de l'histoire de la naissance et de la diffusion initiale des systèmes de culture « non-labour sous couvertures » qui représentent l'essentiel de l'AC. Que ce soit pour la forme industrielle ou paysanne, le Nouveau Monde détient les centres d'origine de ces techniques

Nées en Amérique dans un contexte propice, (économie de marché, agriculture industrielle et extensive, industrie de fournitures, problèmes visibles d'environnement, importants moyens de l'Etat), soutenues par l'innovation industrielle (herbicides, machinisme et variétés transgéniques), les techniques mécanisées de type AC ont facilement diffusé dans des régions et exploitations à agriculture et problèmes similaires (Amérique du Sud, Australie, plaines indo-gangétiques) à travers les services de

marketing des multinationales de fournitures agricoles. L'objectif était non seulement une moindre sensibilisation des parcelles à l'érosion mais aussi, voire surtout, la recherche permanente de réduction des coûts de production par ha, qui constitue la base de la stratégie des fermes extensives et mécanisées. Notons la parenté évidente mais aussi la différence entre le concept de *conservation tillage*, développé pour un contexte très fragile (l'agriculture mécanisée des Grandes Plaines tempérées sèches où la pluie n'excède pas 500 mm), et le concept *conservation agriculture*, qui représente non seulement une norme plus exigeante, mais indépendante du contexte d'érosivité.

Les systèmes maïs-mucuna d'Amérique centrale en petite culture familiale et culture itinérante se sont en revanche développés spontanément, sans injonction initiale de l'Etat ou sans marketing d'entreprises de fournitures agricoles. Ils renvoient non seulement à la culture amérindienne du maïs et du *tapado* en milieu équatorial, à l'intérêt d'une couverture en contexte à forte pression de pathogènes et fortes pentes (Thurston, 1997), au besoin local d'intensification, le mucuna remplaçant une jachère naturelle plus longue. Ils répondent aussi à un intérêt économique avéré dans les conditions particulières des zones d'adoption, intérêt s'affaiblissant quand le prix de maïs baisse et que le besoin de diversification se fait sentir (Dounias, 2001). Pour cette innovation, les facteurs favorisants ont été la culture technique régionale (*tapado*, maïs), le contexte historique d'apparition du mucuna (plantations bananières voisines), et les milieux naturels et économique locaux.

En totale opposition avec ces deux mouvements autonomes, l'AC en tant que norme technique promue par la FAO et les coopérations représente une prescription pour les autres régions. Cette mesure s'appuie sur la montée en puissance de la protection de l'environnement. Ce caractère prescriptif est un handicap certain, si l'on se souvient du célèbre « Farmers first » de Chambers (1983). La tentative d'application à l'Afrique et à Madagascar étant tardive (1991), et, on l'a vu pour Madagascar, n'ayant trouvé que récemment les appuis financiers et politiques nécessaires et les bonnes méthodes d'action, il est logique que les taux d'adoption y soient encore faibles en comparaison des taux écrasants d'adoption dans le centre d'origine de l'AC.

Causes impliquant le contexte d'introduction

Des contextes naturels et pastoraux trop contraignants ?

La seule contrainte naturelle rédhibitoire à l'AC reconnue est l'aridité (pluviométrie inférieure à 500 mm en contexte tropical), du fait de la pénurie d'eau et la faible production de biomasse (FAO, 2008). Dans les zones semi arides, Billaz et al. (2001) reconnaissent que l'établissement et la gestion de couvertures permanentes ne sont pas encore maîtrisés.

Si les régions agricoles d'Afrique et de Madagascar ne sont pas arides, elles sont souvent marquées d'une saison sèche longue ou

fractionnée pendant lesquelles le pâturage naturel passe par des périodes de mauvaise qualité (début de saison sèche, fructification des graminées annuelles) ou de rareté (fin de saison sèche). L'intégration de l'agriculture et de l'élevage, traditionnelle à l'échelle régionale, et se développant à l'échelle individuelle, a donc réservé l'usage des résidus de récolte à l'alimentation animale, soit en pâture dès la récolte par les troupeaux transhumants, soit en différé après stockage et affouragement (Serpantié et al., 1986 ; d'Aquino et al., 1995). Cette intégration dans l'exploitation fut encouragée dans les années 1980 au nom du développement de systèmes de production sédentaires, reproductibles, et plus productifs en travail. Elle est à nouveau encouragée à Madagascar pour soutenir certaines solutions de SCV à base de plantes fourragères (Domas et al., 2008). La gestion de la compétition sol-animal pour la biomasse sera une nouvelle difficulté, mais une synergie peut aussi s'établir si la charge en bétail est maintenue à un niveau qui ne lèse pas la biomasse nécessaire au paillis.

Sans parler du feu, la concurrence entre la fonction fourragère des résidus de récolte et les besoins de l'AC en biomasse est un obstacle en Afrique tropicale semi-aride comme à Madagascar. Le cheptel, assurant une fonction de thésaurisation, est amené à s'accroître en nombre dans l'exploitation ou le hameau, au delà de la capacité fourragère locale. Cette situation particulière contraste avec l'agriculture industrielle américaine où les résidus de récolte étaient brûlés ou enfouis avant d'être conservés pour le mulch, et avec le *ley farming* australien qui accorde plus d'espace à la culture fourragère qu'au blé. D'un point de vue économique, cette concurrence d'usages s'exprime en termes de coûts d'opportunités (manque à gagner + coût des adaptations). Dans les zones tropicales sub-arides, le coût du *mulching* de résidus ou des plantes de couvertures est trop élevé, en revanche il baisse dans les zones sub-humides, ce qui confère un avantage à ces dernières pour la diffusion du SCV (Erenstein, 2003).

De ce fait, l'AC serait difficilement faisable en savanes soudaniennes et zones sub-arides à moins d'aménagements physiques ou sociaux (clôtures efficaces, abolition locale de la vaine pâture et du feu), coûteux, difficiles, et aléatoires. Le SCV devrait être particulièrement performant pour justifier ces investissements. Sur ce point, les expériences d'enclosures au Nord Cameroun initiées en 2007 par le projet PCS sont à suivre avec intérêt.

Un enjeu technique et environnemental moindre ?

Une autre différence entre les situations est l'importance de l'enjeu environnemental et des possibilités de gestion technique de ce dernier. Dans les situations américaines de culture mécanisée extensive sous climats contrastés, l'AC voire le simple « *conservation tillage* » apparaissent comme les rares solutions possibles pour limiter l'érosion sur un milieu sensible. Au contraire, une raison des faibles taux d'adoption en zone tempérée est la faible incidence de l'érosion (FAO, 2008).

Les régions tropicales d'Afrique et de Madagascar manifestent des risques érosifs élevés. Les paysans y réagissent à travers diverses tactiques, « actives » (terrasses, rigoles à Madagascar : Blanc-Pamard et Rakoto-Ramiarantsoa, 2006 ; techniques locales africaines : Reij et al., 1996) ou « passives » (cultures associées, Zougmore et al., 1998 ; juxtaposition de jachères et de cultures, Fournier et al., 2000 ; travail du sol limité et gestion de l'espace, Rakotoson et al., 2009). Des tactiques anti-érosives de complément adaptées à la petitesse et aux faibles moyens monétaires des exploitations ont été introduites par des recherches en conditions paysannes (aménagements isohypes : cordons pierreux, Serpantié et Lamachère, 1992 ; diguettes en terre, Gigou et al., 1997 ; bandes herbeuses, Bilgo et al., 2005). Dans le cas des petites exploitations la stratégie anti-érosive que représente l'AC pourrait donc faire double emploi vis-à-vis des stratégies locales ou déjà introduites.

Des contextes opposés aux contextes d'origine ?

Les contextes ayant pour l'instant le plus favorisé l'essor de l'AC dans le monde présentent plusieurs points communs : quasidéserts américains et australiens des zones de grande culture, où les domaines exploités valent plusieurs centaines d'hectares, exploitations mécanisées d'agriculture céréales-soja liées au marché et extensives (priorité à la terre comme moyen de production), marché foncier, liens étroits avec l'industrie des fournitures agricoles, niveau de développement élevé, moyens importants de l'Etat, accès aisés au crédit, faible intégration de l'élevage.

Les contextes africains et malgaches représentent l'exact opposé du contexte historique de la naissance et du développement de l'AC mécanisé. Il faut citer notamment la petitesse des exploitations, le travail familial manuel ou en traction attelée, la faiblesse de moyens monétaires, la recherche d'autosubsistance, un système foncier non marchand, l'affectation des meilleures terres à l'agriculture, une forte intégration de l'élevage et de l'arbre. La pratique extensive existe aussi mais est basée sur la culture temporaire. Dans les zones denses ou près des villages, la culture est permanente et intensive, avec plusieurs productions par an.

Ces mêmes contextes africains correspondent mieux au contexte de l'AC à base de mucuna des petites exploitations d'Amérique centrale. Son application au Bénin a montré d'ailleurs une certaine réussite.

Des types d'exploitations agricoles ayant différents intérêts et capacités d'adaptation ?

Il faut aussi compter sur des capacités d'adaptation aux changements imposés très variables entre exploitations (Toillier et Lardon, 2009). Certaines contraintes semblent difficiles à surmonter par toutes les exploitations, à commencer par la faible

capacité d'investissement et les besoins de l'élevage en fourrage. Même le travail et l'investissement initiaux sont parfois cités comme une cause de difficultés pour l'adoption : « Au Nord Cameroun, l'adoption de cette technique est délicate vu sa complexité, la pénibilité du démarrage si l'on doit apporter la matière organique de l'extérieur, le coût que représente la clôture des parcelles... » (Devèze, 2006, p116). A Madagascar, le taux d'adoption varie selon les différents types d'exploitations, en fonction de leurs intérêts respectifs. Tous ces éléments militent pour que soient mieux appréciés les coûts d'opportunité de l'AC en fonction des exploitations, domaine que les projets commencent seulement à documenter (Chabierski et al., 2008).

Causes liées aux solutions proposées

En Afrique et à Madagascar, les adoptions mitigées sur le terrain, reconnues par les promoteurs eux-mêmes (Djamen et al., 2005 ; Devèze, 2006 ; Derpsch, 2007 ; Séguy, 2008), suggèrent que l'AC à travers sa traduction concrète, les systèmes de cultures diffusés, n'a peut-être pas encore convaincu les agriculteurs. En effet ce qu'ils doivent adopter n'est pas l'AC mais un itinéraire technique particulier, une solution parmi d'autres. L'adoptabilité commence donc par des résultats probants des solutions proposées aux paysans ou élaborées avec eux, et avantageuses en pratique et pas seulement en théorie. Les promoteurs de l'AC ont développé de multiples solutions techniques d'une grande ingéniosité, pour de multiples milieux. Mais la possibilité d'un choix ne suffit pas à valider l'AC. Ces solutions sont loin d'être toutes évaluées au regard des systèmes locaux, notamment dans les conditions de la pratique, et surtout à l'aune des moyens et des critères des paysans. Il faut aussi vérifier si la meilleure adoption des solutions co-construites n'est pas dommageable à la valeur écologique de la solution.

Adoption mitigée des solutions introduites à forte valeur écologique

De même qu'au Bénin où le mucuna réglait localement certains problèmes d'infestations et de dégradation de sols, le SCV se développe plus rapidement dans le Moyen Ouest malgache en réponse à des problèmes spécifiques de parasitisme (Striga) (Michelon, 2005 cité par Ratnadass, 2006). Les systèmes préconisés, qui mettent l'accent sur la valeur écologique (lutte anti-érosive, fixation d'azote, lutte contre nuisances) peuvent ainsi être plus avantageux dans les situations concernées par ces contraintes. Les bilans écologiques impressionnantes de systèmes testés en conditions contrôlées (par exemple Azotonde et al., 1998 au Bénin) contrastent avec les adoptions différencieront voire instables du mucuna (Houndekon et al., 1998) suggérant que l'intérêt économique a été moins bien évalué que l'intérêt écologique. Certains systèmes étudiés au Nord-Cameroun privilient trop certaines fonctions écologiques (limitation de l'érosion) au détriment de la fonction productive (Diallo et al., 2007).

Meilleure adoption des solutions co-construites, mais perte éventuelle en valeur écologique

A Madagascar certaines solutions testées par la recherche à ses débuts pour leur conformité à la théorie du SCV (maïs sur couverture vivante d'Arachis, mais gênant l'introduction de riz pluvial dans la rotation ; reprise de jachère pâturée à l'herbicide, alors que la biomasse y est très faible) ont été moins attractives que des itinéraires techniques inventés sur place, dérivés des pratiques agricoles locales et adaptées aux particularités régionales et aux intérêts majeurs des agriculteurs. L'intérêt majeur des paysans malgaches déficitaires en riz se porte sur le riz pluvial, que permet le système maïs/riz, désormais la mieux diffusée des solutions SCV. Pourtant une limitation est représentée par les attaques de vers blancs sous mulch. Elles sont contrôlables par un insecticide de traitement des semences, l'imidaclopride (Charpentier et al., 2001, cité par Ratnadass et al., 2006). L'impact écologique de cette matière active a été très discuté en France et son usage finalement limité à certaines cultures. Le bilan écologique de ce système co-construit est donc à évaluer voire améliorer. Des recherches menées actuellement visent des solutions de lutte biologique.

Deux pratiques paysannes sont notables à Madagascar : la culture du manioc en tant que vivier de substitution au riz, et la fauche d'herbe sur les talus pour l'affouragement du bétail. L'itinéraire technique consistant à associer manioc et Brachiaria et contrôler ce dernier par coupe manuelle a été testé pour la première fois en 2003. En adaptant l'itinéraire technique aux pratiques locales de plantation en première année, il a pu être expérimenté en 2005 par 123 exploitants (Charpentier et al., 2006). Cette solution, ingénieuse et appuyée sur les pratiques paysannes, pourrait donc être facilement adoptée. Mais certains Brachiaria ont des comportements invasifs dans certains environnements, et il convient donc d'introduire ce type de système avec prudence, notamment à proximité des aires protégées, nombreuses à Madagascar.

La participation effective des agriculteurs à l'élaboration de ces solutions est donc un gage d'adaptation des techniques à leurs objectifs et contraintes. Le système proposé ne peut être adopté s'il n'est pas concurrentiel des pratiques locales. Mais le risque de perdre de vue l'enjeu écologique est alors présent. La mise au point de modèles techniques d'AC directement avantageux aux petites exploitations familiales et idéaux d'un point de vue écologique apparaît donc inachevée pour les contextes étudiés. Elle nécessite une connaissance des contextes locaux et des résultats des SCV dans les conditions de leur pratique (coûts en intrants, bilans sur les différents sites, variabilités des rendements).

Causes liées à l'importance des facteurs temps et diversité dans les dynamiques d'innovation

Le temps et la diversité des situations sont des paramètres particulièrement importants dans l'équation de l'adoption de l'AC. Le plus grand bénéfice de l'AC pour l'exploitant se produit après plusieurs années, après complexification et « enrichissement » de l'écosystème du sol (Derpsch, 2007). L'AC peut aussi être considérée comme une pratique « intensive en connaissances » (Husson et al., 2006), ce qui exige une forte intensité d'apprentissage, théorique et pratique, des techniciens et des producteurs, ainsi que des échanges entre pairs, processus nécessairement lent, voire coûteux. S'agissant d'une innovation majeure qui remet en cause les routines du feu et du travail du sol, elle nécessite de la patience pour le changement de représentations qu'elle suppose, l'élaboration des solutions adaptées, l'apprentissage et la perception claire des avantages, et de nouveaux arrangements sociaux. Des compensations doivent aussi pallier les coûts et les risques de la conversion.

La diversité des capacités ou des volontés d'adoption pose des problèmes spécifiques. Les pratiques des non-adoptants peuvent gêner celles des adoptants. Les parcelles voisines non AC réinfestent les parcelles AC. Les pratiques de feu, de pâturage, de vol de fourrages chez les non adoptants, introduisent un risque d'échec des cultures AC (Husson, com.pers.).

Aussi en Afrique et à Madagascar, le retard apparent est peut-être provisoire, compte tenu du caractère récent des actions entreprises, et des délais indispensables pour franchir les différentes étapes de la recherche-développement. Les régions sont parfois difficiles d'accès et les exploitations sont petites, nombreuses, dispersées et diversifiées, exigeant des efforts importants pour toute action de vulgarisation. Déjà au lac Alaotra, une dynamique apparaît. La croissance des surfaces par exploitation montre que les adoptants ont dépassé la phase d'expérimentation et ont désormais plus confiance dans leur technique.

Du côté des projets, il en va de même. De nouvelles solutions apparaissent progressivement, telles que l'association prometteuse manioc-Brachiaria, dont le test a commencé seulement 12 ans après le début des opérations d'introduction des SCV (Charpentier et al., 2006), et qui laisse entrevoir de nouvelles possibilités (associations manioc-Stylosanthes). L'amélioration progressive des méthodes, des connaissances sur le volet « humain » et sur la diversité du fonctionnement des exploitations, l'interdisciplinarité croissante des équipes et le rôle plus affirmé des agriculteurs dans la mise au point des solutions sont de bon augure.

D'ailleurs, l'adoption de nouveaux systèmes techniques a souvent été prudente dans le contexte paysan africain et malgache. Non seulement le paysan est fidèle aux pratiques éprouvées, mais il évite de courir des risques excessifs par une

adoption précipitée de nouvelles techniques lorsqu'elles présentent des avantages marginaux, variables ou ambigus, ou qu'elles exigent de profonds changements. Les nouveautés ne doivent pas menacer l'entente au sein de la communauté. L'adoption est alors aussi contingente des modalités d'accompagnement de l'innovation, sur de multiples dimensions notamment institutionnelles. Les premiers adoptants restent ceux qui y voient un intérêt et qui ont les moyens, économiques, ou sociaux de s'y risquer. L'adoption se développe seulement quand les avantages perçus augmentent et quand les nouveautés ont été collectivement acceptées.

A Madagascar, le repiquage en ligne du riz et son sarclage mécanique, introduits par une forte pression d'encadrement dans les années 1960-70, est encore très partiellement adopté, voire ignoré de régions moyennement enclavées à petites structures d'exploitation et sols tourbeux. Pour ces contextes, le semis en ligne était présenté à une époque comme un thème essentiel du développement rural alors que ces petits exploitants n'y trouvaient pas leur intérêt. A présent, le développement d'une nouveauté technique, le SRI (Système de Riziculture Intensive) se heurte au même mécanisme : il n'intéresse que certaines classes d'exploitations (Serpantié et al., 2007).

L'adoption de la culture attelée et du cotonnier dans les savanes cotonnières d'Afrique de l'Ouest, pourtant privilégiées par l'existence d'un organisme à la fois acheteur, fournisseur d'intrants et encadreur, s'est aussi produite au terme d'un processus historique lent et complexe (Vall et Havard, 2006). Au Burkina Faso, le rendement du cotonnier a mis trente ans à atteindre son niveau actuel (figure 12).

Cependant il n'y a pas eu que des adoptions lentes : celle des herbicides en zone cotonnière a été rapide, dopée par une baisse de prix relativement aux autres intrants, ainsi que par la fin,

concomitante, des possibilités de culture temporaire sur les meilleurs sols, au milieu des années 1990 (Serpantié, 2003). A Madagascar, la diffusion de nouvelles variétés répondant à la fertilisation a été aussi rapide chez les plus aisés (Radanielina et al., 2007). Cette différenciation des vitesses d'adoption rappelle l'importance de la simplicité du thème technique, de la clarté et de la réalité de ses avantages économiques, du type et du contexte économique comme social des exploitations, dans la dynamique du changement technique.

Retour sur les postulats de l'AC

La décision de transférer les principes des SCV brésiliens à l'agriculture africaine et malgache s'est essentiellement basée sur ses avantages écologiques, puisque les conditions économiques et sociales ne sont pas comparables. Mais alors que l'on est loin d'avoir correctement évalué ces quinze ans de transfert, l'avènement actuel de l'« AC », nouvelle injonction portée par de grandes conférences internationales, accélère encore le processus, en libérant ses promoteurs de la nécessité d'une évaluation « à mi-parcours ». Pourtant, l'AC est bien, dans ces régions « à la croisée des chemins ».

Le respect des trois principes techniques déduits de ces innovations américaines est désormais placé au rang de norme globale au nom du développement durable. Cette démarche a reposé sur un double postulat : que la combinaison des trois principes en fait « la seule agriculture tropicale vraiment durable » (Derpsch, 2007), d'une part ; d'autre part que l'AC est transposable aisément avec un minimum d'adaptations à tous les autres contextes que ceux qui l'ont vue naître. C'est pourquoi la promotion universelle de l'AC décidée par la communauté internationale peut être désormais qualifiée de transfert global de technologie à partir de ses centres d'origine.

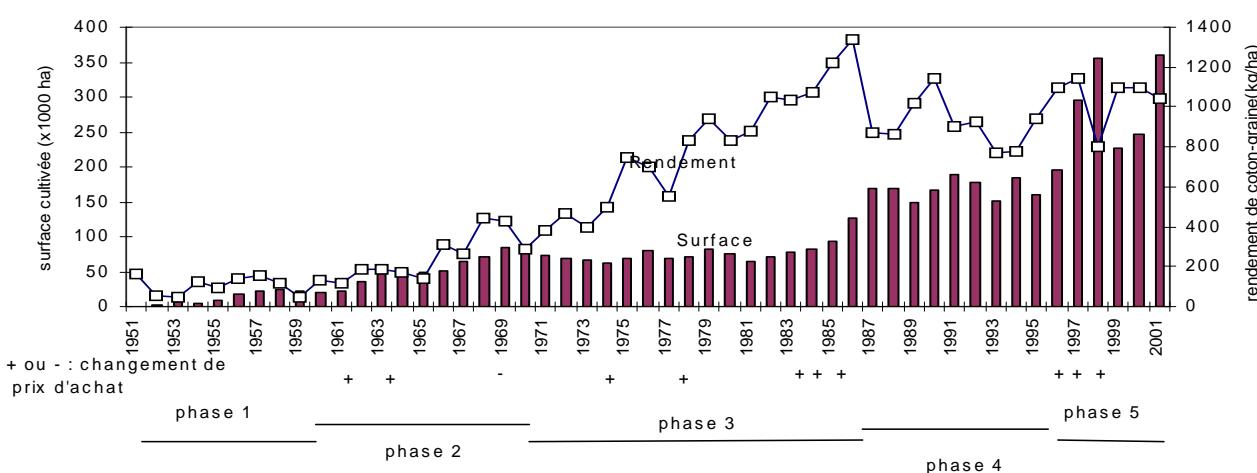


Figure 12. Evolution de la surface et du rendement de coton-graine, zone cotonnière du Burkina faso (Source : Serpantié, 2003 ; données Sofitex)

Or, certaines agricultures du Nouveau Monde ont massivement adopté les SCV, mais leurs paysages désertés par la biodiversité donnent à voir une curieuse interprétation de la notion de « conservation ». Les itinéraires techniques proposés par les promoteurs de l'AC peuvent contenir des éléments qui les rendent compatibles avec l'AC mais pas avec d'autres critères environnementaux, tels que la biodiversité épigée.

De plus l'adoption encore mineure et très encadrée de l'AC en Afrique et à Madagascar plus de 15 ans après le début de la R & D est peu encourageante vis-à-vis d'objectifs environnementaux « globaux », dont on sait l'importance en terme de *timing*. Ils supposaient une proportion élevée d'exploitations définitivement converties dans chaque région de lancement, capables d'initier un mouvement de diffusion autonome.

L'AC peut donc s'avérer à moyen terme localement non faisable faute de solutions suffisamment adaptées et concurrentielles vis-à-vis des pratiques locales. Or il est seulement envisagé d'appuyer une adoption trop lente par des incitations (pression d'encadrement, priviléges, sécurisation foncière), une pression politique, une éducation environnementale, alors que ces méthodes sont déjà plus ou moins mises en oeuvre autour des sites de référence. Les deux postulats, durabilité écologique, et transposabilité universelle sont donc à ré-examiner.

La durabilité écologique et son évaluation

Sur la foi des recherches pédologiques d'accompagnement, les promoteurs de l'AC considèrent les systèmes de cultures fédérés par l'AC comme un *must* de durabilité écologique. « Si l'on a conscience que le *no-tillage* est le seul vrai système de production durable spécialement en agriculture tropicale et subtropicale, il faut trouver des voies pour surmonter les problèmes et limitations, tels que ceux qui sont apparus en Afrique » (Derpsch, 2007, p35 trad. par auteur). Pourtant l'engouement pour la pratique du *no-tillage* en certaines régions n'a qu'un rapport partiel à la préservation de l'environnement. La recherche est loin d'avoir parfaitement évalué la durabilité et les services écosystémiques rendus par l'AC, son intérêt économique ou sa dimension sociale.

L'adoption massive de l'AC dans le Nouveau Monde ne peut être considérée comme relevant du seul souci environnemental. Le *conservation tillage* s'est développé en Amérique du Nord à l'origine pour se conformer à une injonction par le Service de Conservation des Sols, mais la suite est plus l'affaire d'une dynamique spontanée en contexte de libéralisme économique, agriculture industrielle et de zones agricoles sous-peuplées et fragiles. Ces situations sont favorables à l'« extensif » et à l'usage massif de produits chimiques en remplacement du travail du sol traditionnel, à la fois contraignant économiquement et fragilisant. Les innovations industrielles (produits herbicides, machinisme de précision et enfin variétés transgéniques) ont permis les transformations du système de culture au service de

ces objectifs. Intérêt économique et objectifs environnementaux limités à la maîtrise de l'érosion sont allés de pair pour chacun des acteurs.

La simplification du travail du sol et l'adoption des herbicides ont eu une dynamique plus universelle que l'AC. En France, l'essor des TCS est lié à des enjeux économiques et énergétiques et à la réforme de la PAC. De même en Afrique cotonnière (Cameroun, Burkina), l'emploi des herbicides et du semis direct (sans mulch) s'est spontanément développé sans motif environnemental (Dugué et Guyotte, 1996). Serpantié (2003) a expliqué cette même évolution au Burkina Faso par le fait qu'après la dévaluation du Franc CFA de 1994, les engrains et le prix du coton-graine ont vu leur prix fortement augmenter contrairement aux herbicides, favorisant fumure organique et herbicides dans un contexte de culture permanente croissante.

A Madagascar en revanche, ce sont les projets de promotion de l'AC (SCV notamment) qui introduisent pesticides, herbicides, plantes de couverture exotiques et fortes doses d'engrais minéral dans des agricultures locales qui les ignoraient jusqu'ici (cas des Hautes Terres).

Si l'intérêt pour l'environnement était la seule source de cette dynamique mondiale vers la simplification du travail du sol, on aurait vu plus de recherches, diligentées par ses promoteurs, sur l'impact environnemental, social et sanitaire de l'agriculture du soja et du maïs américains. Le dernier ouvrage international de promotion du *no-tillage* (Goddard et al., 2007) ne mentionne pas de telles évaluations d'impact environnemental en dehors de la biodiversité du sol et de l'érosion.

En matière d'évaluation écologique des systèmes AC, la partie hypogée de l'agro-écosystème reste le seul objet de toutes les attentions. Mais de nombreux biais grèvent les résultats. L'évaluation des systèmes AC est menée vis-à-vis d'un système témoin « représentatif des pratiques locales ». Pourtant celles-ci sont évidemment variées. La diversité est un caractère marquant des agricultures paysannes. A Madagascar sur les essais dédiés à l'évaluation pédologique de plusieurs systèmes SCV, mis en place en 1991 (essais d'Andranomanelatra sur les Hautes Terres), le témoin est représenté par un labour sans restitutions organiques (Razafimbelo et al., 2006). Les résidus culturaux sont exportés. Il n'y a pas de dispositif anti-érosif. Ce système de culture témoin particulièrement peu durable ne correspond ni à la majorité des systèmes de culture observables dans la pratique paysanne de la zone, ni à ceux préconisés par la recherche agronomique dans le cadre de l'agriculture conventionnelle. Les systèmes de culture paysans joignent généralement au labour ou aux sarclages divers modes d'entretien organique et divers aménagements anti-érosifs : la pâture locale des résidus et repousses accompagnées d'apports de fèces, l'enfouissement des reliquats de résidus, la jachère pâturée, la fumure organique, des apports organiques par les eaux de surface, des rigoles de colature, et des terrasses. La « pratique paysanne » est caricaturée

dans ces essais. Un tel témoin non représentatif ne permet donc pas d'évaluer rigoureusement le différentiel de fonctionnement ni d'intérêt environnemental ou économique entre l'AC et la pratique paysanne. Malgré ce biais, l'impact du SCV sur le stockage de carbone par le sol a des résultats mitigés dans cette expérimentation. Sur la couche 0-20 cm (la plus influencée par la litière), le SCV produit un effet positif sur le stock de C (Razafimbolo et al., 2006) confirmant Capillon et Séguy, 2002). Tandis que sur 0-40cm, les différences entre SCV et labour sans restitutions ne sont pas significatives (Razafimbolo et al., 2006). Comme de nombreuses hypothèses expliquent cette différence, y compris celle qu'il n'y a pas de stockage net par le SCV sur la couche exploitée 0-40cm (Razafimbolo et al., 2006), la recherche doit être poursuivie. Mais dans cette région, la faible productivité en biomasse des couvertures n'augure pas de résultats spectaculaires en matière de recharge du sol en carbone.

Quant à la réalité des fonctions environnementales globales rendues par l'AC une fois mise en pratique par les paysans adoptants, en terme de séquestration de carbone réelle et lutte anti-érosive, elle sera aussi à examiner de près, du fait des différences entre le modèle technique, les résultats annoncés par les projets de promotion, et la réalité paysanne (pâturage de résidus, feux, doses d'engrais limitées..).

Il en va de même pour l'évaluation des résultats biologiques et économiques. A Madagascar le suivi des parcelles encadrées n'est pas sans biais. La comparaison des productivités s'effectue entre la dernière culture labourée et les cultures ayant bénéficié de plusieurs années en SCV (Domas et al., 2008). L'effectif des dernières est 10 fois moindre que celui des premières. Un effet de sélection reste donc possible par abandon privilégié des parcelles ayant eu de mauvais résultats les premières années de SCV. Effectivement 36% des abandons de parcelle sont liés à « une mauvaise adaptation aux techniques » (Domas et al., 2008), c'est-à-dire un échec cultural. De plus les niveaux d'intrants ne sont pas identiques puisqu'il y a intensification progressive (Domas et al., 2008).

La transférabilité des solutions américaines

Le second postulat fondamental de l'AC concerne sa transférabilité universelle, alors que ses centres d'origine sont particulièrement localisés et spécifiques. Une telle démarche de transfert oblige dès le début à se poser la question de la réponse possible des agricultures cibles dans un contexte où la décision reviendra, *in fine*, à l'exploitant individuel inséré dans sa communauté. Ce n'est pas tant les trois principes de l'AC que l'agriculteur doit adopter mais une solution particulière y répondant, et qu'il juge avantageuse dans son cas. Le rejet des solutions inadaptées à son contexte, et l'adoption temporaire de solutions probantes (le temps de régler un problème d'infestation de *Striga* ou *Imperata*), suggèrent notamment que les solutions techniques proposées aux paysans n'ont pas encore partout démontré des avantages suffisants vis à vis des pratiques locales

ou précédemment introduites, dans le domaine environnemental comme économique, pour motiver une adoption rapide, généralisée, et surtout définitive.

On ne saurait cependant établir un constat d'échec en Afrique puisque, outre l'ambiguité des résultats des projets, outre le facteur temps qui impose la patience, le fait est que certains principes sont de plus en plus suivis, mais souvent indépendamment de la promotion de l'AC, tel le semis direct aux herbicides en zones cotonnières.

Le contexte différent impose plus que des « adaptations » des techniques américaines. La disproportion de l'effort scientifique d'évaluation au profit de la seule évaluation agro-pédologique est révélatrice d'une approche agronomique restée trop sûre de ses techniques, de ses « améliorations ». Dans le domaine socio-économique, abordé seulement récemment par des chercheurs engagés dans la diffusion, la valorisation de la journée de travail est un indicateur privilégié. Mais le paysan africain ou malgache raisonne-t-il ainsi ? N'est-il pas aussi sensible au respect de son rythme de travail saisonnier, de ses rapports sociaux avec les éleveurs et sa communauté, à limiter sa « charge mentale » et l'application d'intrants ? Contrairement au technicien, il ne dispose pas d'une batterie de solutions chimiques de rechange dès qu'une attaque de limaces, maladies fongiques, vers blancs ou rats se produit, dans un agro-écosystème plus complexe, qu'il n'a pas encore appris à connaître et encore moins à maîtriser. Les solutions qui lui sont proposées doivent donc être robustes, et suffisamment éprouvées. A défaut, il devient lui-même expérimentateur, ce qui freine le mouvement mais peut engendrer des innovations mieux adaptées.

Pour pallier ces difficultés, Séguy et al. (2007, p. 216) comptent plutôt sur la communication, sur la volonté politique des Etats partenaires de développer la riziculture, et potentiellement sur l'incitation financière et une meilleure organisation des approvisionnements pour compenser la prise de risque. L'amélioration des conditions d'accès aux facteurs de production (intrants-crédits, matériel végétal performant, mécanisation, main d'œuvre de complément, foncier sécurisé, information-formation etc...) seront-elles un atout pour l'adoption ? Elles sont autant nécessaires à l'agriculture conventionnelle qu'à l'AC. Privilégier sur ce plan certains paysans pour qu'ils adoptent l'AC introduit une inégalité vis-à-vis de ceux qui ne peuvent pas l'adopter ou qui n'ont pas la chance d'être encadrés. De plus le biais ne fait que se renforcer, car on ne sait plus ce qui motive, au fond, l'adoptant. Les techniques elles-mêmes, c'est-à-dire leurs performances, leur durabilité, leur « praticabilité » doivent être avantageuses dans les conditions où elles seront pratiquées : environnement physique (sol, climat...), économique (marché des produits et des intrants...), et surtout humain (le type d'exploitation agricole, la communauté).

Positionner l'AC sur le marché du carbone est dans beaucoup d'esprits, malgré les ambiguïtés des résultats des expériences

scientifiques à long terme sur le stockage de carbone (voir plus haut). La dépendance des populations vis-à-vis d'un mécanisme international qu'elles ne sauraient contrôler sera augmentée, à l'inverse des objectifs classiques du développement visant une moindre dépendance.

Conclusions et recommandations

Toute proposition porteuse de progrès potentiel en matière de production agricole durable est à considérer avec intérêt et le non-labour sur couvertures, base de l'AC, fait partie incontestablement des plus originales et des mieux soutenues par les organisations internationales et la recherche.

Au delà de ces incontestables atouts, reste à examiner la réalité de son intérêt économique dans les conditions d'accueil, de sa durabilité hors de la partie hypogée de l'agro-écosystème, mais aussi questionner le rôle exclusif et normatif à l'échelle mondiale que l'on veut faire jouer à cette famille de systèmes de culture à travers la notion d'« AC ». La possibilité de sa généralisation et son innocuité pour l'environnement sont encore loin d'être démontrées. Ignorer ces questions importantes c'est revenir aux époques révolues du transfert technique pour lui-même. C'est aussi négliger d'autres pistes techniques. Et sur le plan des moyens, les agricultures du Sud manquent toujours de fertilisants à prix abordables, de soutiens à l'élevage et aux productions arborées, de réhabilitation des ouvrages d'irrigation, et de recherche sur les filières porteuses (agro-carburants non alimentaires, qualité etc).

Quelques causes possibles des retards d'adoption de l'AC en Afrique et Madagascar ont été identifiées : contextes agricoles contrastés entre zones de naissance et zones cibles, rapports agriculture-élevage sous climats à saisons contrastées, avantages relatifs insuffisants des systèmes techniques proposés dans le domaine économique. Plusieurs recommandations se déduisent de cette analyse.

Poursuivre les efforts de recherche, de développement et d'évaluation croisée avec des procédures plus rigoureuses

L'importance du facteur temps dans le processus d'innovation dans ces contextes plaide plus pour la poursuite de l'effort de recherche et d'interaction avec les agriculteurs et leurs communautés sur la question de l'agriculture durable, que pour la poursuite d'un objectif chiffré d'adoptants « officiels » de l'AC. L'évaluation fortement mono-disciplinaire (agro-pédologie) et pratiquée par les promoteurs eux-mêmes jusqu'à une époque récente peut être considérée comme incomplète, aux détriments du processus d'innovation qui suppose une synergie de points de vue. Des recherches moins liées au secteur promoteur, un secteur promoteur plus évalué sur la qualité de l'adoption que sur le nombre d'adoptants, seraient à promouvoir.

Dépassionner le débat

Le travail du sol s'était, depuis plusieurs millénaires révélé adapté à des situations exemptes d'érosion des terres et bénéficiant d'amendements organiques et calciques. Transposé vers d'autres climats, de façon industrielle et sans amendements, il a conduit au Dust Bowl. Tout transfert conserve une part de risque. Il en ira de même de l'AC. L'AC a certes besoin, comme bien d'autres techniques prometteuses avant elle, de pionniers et d'appuis institutionnels ou privés. Mais des procédures d'évaluation rigoureuses sont nécessaires pour éviter des excès comme « Le *no-tillage* est le seul système de production vraiment durable » (Derpsch, 2007), « *No-tillage is not a farming practice : it is a concept of the mind. If you don't believe in it, you will fail* » (Bieber, 2000, cité par Derpsch, 2007). L'Afrique, qui « résiste » à l'AC, apparaît particulièrement poser un problème aux promoteurs de l'AC. N'est-ce pas parce qu'un échec en Afrique infirmerait justement le postulat d'intérêt universel et celui de pré-adaptation aux petites exploitations ? Elle prouverait aussi l'échec de l'AC en tant que stratégie de base, présentée comme la « solution finale » du développement agricole durable, au détriment d'autres stratégies plus classiques mais toujours nécessaires : intégration de l'élevage, agro-foresterie, jachères améliorées, mesures agri-environnementales, réhabilitation d'ouvrages de génie rural, démarches de qualité, appui économique en matière de fertilisation etc

Renoncer au dogmatisme

Les « urgences » du développement durable et de l'atténuation du changement climatique ne légitiment-elles pas, comme autrefois le développement, un certain dogmatisme des acteurs internationaux ? La notion de développement durable exigerait de la prudence et de l'information fiable et indépendante, et une évaluation fiable des 15 premières années de promotion de l'AC. Ce concept séduisant mais encore insuffisamment évalué risque pourtant d'être instrumentalisé pour justifier des politiques autoritaires ou pour capter une part de la rente carbone pour l'agriculture.

Mieux contextualiser les propositions, travailler de façon participative à l'élaboration et à l'évaluation de solutions

L'AC n'a pas encore fait ses preuves d'universalité, en particulier, celle de son adoptabilité par les sociétés paysannes d'Afrique dans les contextes variés qui sont les leurs. Bien que « techniques », les principes de l'AC restent abstraits tant qu'ils ne sont pas mis en pratique à travers un itinéraire technique concret. Afin d'améliorer l'adoptabilité de l'AC, il faut améliorer l'adoptabilité des solutions techniques qui en dérivent par une meilleure adaptation aux contextes d'introduction. Des avantages plus tangibles des solutions techniques proposées sont attendus au regard des systèmes locaux, en fonction non seulement des critères des paysans mais aussi de celui de la durabilité dans ses trois dimensions.

S'appuyer plus sur les pratiques locales

Pour apprivoiser de nouveaux agro-écosystèmes plus complexes, les savoirs doivent se développer sur les bases antérieures et non en opposition. Une approche utile à ce chantier aurait été de partir de l'étude des pratiques paysannes des « régions cibles ». Les pratiques sont déjà un révélateur du contexte des agricultures ciblées, des stratégies et des logiques des paysans. Les pratiques locales (rejetées comme « conventionnelles ») ne doivent pas être sous-estimées mais leurs performances en productivité et durabilité devraient être prises en compte dans toutes leurs dimensions. Les connaissances des paysans à l'égard de leur milieu sont élevées (Blanc-Pamard et Rakoto, 2006 ; Rakotoson et al., 2009). On doit comprendre comment les paysans s'y prennent déjà eux-mêmes pour favoriser la durabilité de leur système de production, car ce n'est certainement pas le moindre souci de paysanneries. On pourrait alors évaluer les contraintes qui limitent l'expression des meilleures pratiques. On y trouverait probablement, dans le même temps, des idées pour un renouvellement des pistes de travail pour la phase « création de nouvelles solutions techniques ».

Elargir le cercle des acteurs de l'innovation

Le processus d'innovation est complexe, sa compréhension nécessite une approche systémique et pluridisciplinaire attachée à comprendre les rôles des différents acteurs et du contexte (Sibelet et Dugué, 2007). Le fait que l'innovation se soit produite à l'origine dans des situations où les fournisseurs d'intrants et les producteurs étaient en synergie, ayant des intérêts communs, ou lorsqu'une grande parenté existait entre pratiques anciennes et nouveaux systèmes inventés sur place, recommande que les exploitations agricoles, leurs organisations, les artisans et industriels locaux, des chercheurs d'autres formations, soient impliqués dans l'élaboration des solutions techniques et leur évaluation.

Diversifier les modèles d'agriculture durable

S'il faut évidemment poursuivre la recherche sur l'adaptation du *no-tillage* aux contextes africains et malgaches, il convient en revanche d'équilibrer les pistes de travail sans accorder à l'AC toute l'exclusivité de l'attention non seulement compte tenu du risque d'impasse, mais aussi pour maintenir la possibilité d'une agro-diversité. L'amélioration de la jachère, l'embocagement, l'agroforesterie, le terrassement là où il est possible, le développement équilibré de l'élevage et son intégration, la diversification, l'intensification à base de matière organique (SRI, horticulture) et la fertilisation minérale raisonnée restent des options importantes à promouvoir malgré leur « conventionnalité ».

Revenir à la notion de « conservation » et intégrer l'échelle « paysage »

Il conviendrait enfin d'étudier une révision de la règle « des trois principes » postulée nécessaire pour qu'une agriculture devienne propice à la conservation des sols et de sa biodiversité. Les rotations labourées avec restitutions organiques sur terrain aménagé contre l'érosion, les cultures temporaires à jachère longue, l'horticulture à la bêche et l'agroforesterie ont longtemps été considérées comme des solutions durables. Leur statut aurait-il entre-temps été remis en question par l'émergence du *no-tillage* dans le Nouveau Monde ? Pourtant les promoteurs du SCV ne comparent cette technique qu'avec des systèmes de culture non durables. La conservation doit aussi être envisagée à l'échelle « paysage » et non seulement « parcelle » afin de ne pas aboutir aux « déserts verts » de l'Argentine, pays pourtant réputé champion du *no-tillage*. Il faudra bien se résoudre à restituer à la notion de conservation sa signification première d'objectif à atteindre, et non l'inféoder à une technique particulière, ce qui est le meilleur moyen d'aboutir au résultat opposé.

Remerciements

Aux relecteurs de certaines versions de ce texte, Xavier Le Roy, Eric Molland et Eric Roose, et aux trois relecteurs de [VertigO], pour leurs remarques et leurs suggestions. Ce travail a été soutenu par l'IRD (UR199).

Biographie

G.Serpantié est Chargé de recherches à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), il a co-dirigé le programme GEREM (Gestion des espaces ruraux et de l'environnement à Madagascar), après d'autres recherches en Afrique de l'Ouest sur la dynamique des agricultures paysannes face aux changements environnementaux et aux enjeux de développement durable.

Bibliographie

- Aquino (d') P., P. Lhoste, A. Le Masson., 1995, *Systèmes de production mixtes agriculture pluvial-élevage en zone humide et subhumide d'Afrique*, Min Coopération Cirad, Paris, Montpellier, 103 p
- Azontonde A.H., C. Feller, F. Ganry, J.-C. Rémy, 1998, Le mucuna et la restauration des propriétés d'un sol ferrallitique au sud du Bénin, *Agriculture et développement*, 18, pp 55-62
- Bahn S., K.B Virender, 2007, Conservation tillage in Indian agriculture, Goddard T., M. Zoebish, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit (Eds sc.), *No-till farming systems*, WASWC, Special publication n°3, pp 197-206.
- Baudron F., H. Mwanza, B. Triomphe and M. Bwalya, 2007, Conservation agriculture in Zambia: a case study of Southern Province, *Conservation agriculture in Africa series*, African Conservation Tillage Network, CIRAD and FAO, Nairobi, Kenya, 2007, 28 p.
- Bilgo A., G. Serpantié, D. Masse, J. Fournier, V. Hien, 2005, Carbon, Nitrogen and fine particles removed by water erosion on crops, fallows and mixed plots in sudanese savannas Burkina Faso, Roose E., R. Lal, C. Feller, B. Barthes, B. Stewart (eds), *Soil erosion and carbon dynamics*, coll. *Advances in Soil Sciences*, New York, Taylor and Francis, pp 125-142
- Billaz R., V. Hien, Z. Segda, K.Traoré, 2001, Systèmes de culture permanente à jachère de courte durée en zone tropicale. In Ch. Floret et R.Pontanier

- (Eds.sc.), *La jachère en Afrique tropicale*, John Libbey Eurotext, Paris, pp 241-263.
- Blanc-Pamard C., H. Rakoto-Ramiarantsoa, 2006. Pratiques paysannes et gestion de l'érosion, exemples malgaches. Une ingénierie écologique indigène. Ratsivalaka S., G.Serpantié, G. De Noni, E Roose. *Erosion et gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols*. AUF, GB, Paris, pp 265-274.
- Brandford S., 2004, *Argentina's bitter harvest*, New scientist, avril 2004, pp 40-43.
- Buckles D., B. Triomphe, G. Sain, 1998, *Cover crops in hillside agriculture, farmer innovation with mucuna*, IDRC IMWIC, Ottawa, Mexico, 218 p.
- Capillon, A. L. Séguay, 2002, Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone. Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale, *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française*, 88, 63-70.
- Carof. M., 2006, *Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum L.*) à différentes plantes de couverture en climat tempéré*. Thèse doctorat Agroparistech, 119p.
- Cerdeira A.L., S O. Duke, 2006, The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: A Review, *J. Environ. Qual.* 35:1633-1658
- Chabierski S., E. Penot, O. Husson, M.H. Dabat, H. Andriamalala, R. Domas, 2008, Determinants of DMC technologies adoption among smallholders in the Lake Alaotra area, Madagascar, in *Regional workshop on conservation agriculture*, 28/10 à 1/11 2008., Phonsavan, Lao PDR (17 p)
- Chabierski S., M.H. Dabat, P. Grandjean, A. Ravalitera, H. Andriamalala, 2006. Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologiques au Lac Alaotra, Madagascar, Husson O., Rakotondramanana (eds), *Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, pp 54-61
- Chambers R., 1983. *Rural development. Putting the Last First*. New York: Longman, Inc., 246p.
- Charpentier H., Rakotondramanana, C. Razananparany, M. Andriantsilavo, O. Husson, L. Séguay, 2006, Intercropping cassava with *Brachiaria sp.* on degraded hillsides. Husson O., Rakotondramanana (eds), *Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, pp 13-17
- Clavreul L., 2008. La pratique du non-labour s'étend dans les campagnes françaises, *Le Monde*, 8/2/08
- de Tourdonnet, S., M Carof., P.Saulas, 2003, A contribution to the development of cropping systems with permanent cover crop in open fields in France, *Proceedings of the second World Congress on Conservation Agriculture*, Iguassu Falls (Brazil), pp. 262-265.
- Derpsch R., 2007, No-tillage and conservation agriculture : a progress report, Goddard T., Zoebish M., Gan Y., Ellis W., Watson A., Sombatpanit S. (eds) *No-till farming systems*., WASWC, special publication n°3, pp 7-42
- Devèze J.C., 2006, Le coton, moteur du développement et facteur de stabilité au Cameroun du Nord ? *Afrique contemporaine*, n°217/1, pp107-120.
- Diallo D., Z. Boli, E. Roose, 2007, Influence of no-tillage on soil conservation, carbon sequestration and yield of intensive rotation maize-cotton : research on sandy soils of Cameroon and Mali, Goddard T., M. Zoebish, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit (eds). *No-Till Farming systems* WASWC, special publication n°3, pp383-392.
- Djamen P., B.Triomphe, J. Kienzle, F. Maraux, 2005, *Congrès Mondial d'Agriculture de Conservation*, 3 au 7/10/2005, vol .X. FAO Nairobi, Rome, 101 p
- Domas R., E. Penot, H. Andriamalala, S. Chabierski, 2008, When uplands join the rice fields in lake Alaotra. Agriculture conservation diversification and innovation on upland zones. in *Regional workshop on conservation agriculture*, 28/10 à 1/11 2008., Phonsavan, Lao PDR.(25p)
- Dounias I., 2001, *Systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales*, Cnearc, Montpellier, 139 p
- Dugué P., K.Guyotte, 1996, Semis direct et désherbage chimique en zone cotonnière du Cameroun. *Agriculture et développement*, n°11, pp 3-15
- Dupraz, C. 2006, Vers la gestion d'écosystèmes cultivés, Club Déméter (ed.), *Déméter 2006*, Paris, pp. 73-89.
- Düring R.A., T Hoß., S.,Gäth 2002, Depth distribution and bioavailability of pollutants in long-term differently tilled soils, *Soil & Tillage Research* 66, 2002, p. 183-195.
- Erenstein O., 2003, Smallholder conservation farming in the tropics and subtropics : a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. *Agriculture, ecosystems, environment*, 100 n°1, pp17-37
- FAO, 2008. *Agriculture de conservation*. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. [En ligne] URL : <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>, consulté le 15 janvier 2008
- Fournier J., G. Serpantié, J.P. Delhoume, R.Gathelier, 2000, Rôle des jachères sur les écoulements de surface et l'érosion en zone soudanienne du Burkina Faso. Application à l'aménagement, Floret C., R. Pontanier (éd.), 2000, *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, aménagements, alternatives*, John Libbey, Paris pp 179-188.
- Gigou J., B.Wenninck, L. Coulibaly, B. Traore, 1997, Aménagement des champs pour la culture en courbe de niveau au Sud du Mali. *Agriculture et développement*, 14, pp 47-57.
- Goddard T., M.Zoebish., Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit (eds), 2007, *No-till farming systems*. WASWC, special publication n°3, 528p.
- GSDM, 2006, Le semis direct sur couverture végétale permanente. Enjeux et potentiel pour une agriculture durable à Madagascar, Husson O., Rakotondramanana (eds), *Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, pp 1-10.
- Holland J.-M., 2004, "The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence", *Agriculture Ecosystems & Environment*, 103, 2004, p. 1-25.
- Houndekon V., V.M. Manyong, C.A. Gogan, M.N. Versteeg, 1998, Déterminants de l'adoption du Mucuna dans le département du Mono au Bénin.
- Buckles, A Eteka., O. Osiname, M.Galiba, G.Galiano. *Covercrops in West Africa. Contribution to sustainable agriculture*. IDRC IITA. Sasakawa global 2000 , pp 45-54.
- Husson O., R. Michelon, H. Charpentier., I. Ramaroson, C.Razanamparany, M. Andriantsilavo, N.Moussa, L. Séguay, 2006, An approach for creation, training, and extension of systems based on direct seeding on permanent cover in Madagascar, Husson O., Rakotondramanana (eds), *Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, pp 50-53
- Keinath, A. P., H. F Harrison., P.C. Marino, D.M. Jackson, T. C Pullaro., 2003, Increase in populations of *Rhizoctonia solani* and wirestem of collard with velvet bean cover crop mulch, *Plant Dis*, 87:719-725.
- Lamotte M., F. Sacchi, P. Blandin P, 1988. Ecologie. In *Encyclopedia Universalis* pp 577-591.
- Loyer D., P.N. Girard, T. Ollivier , 2009, *Capital naturel et développement durable*, Paris, AFD-CERNA, 35p, sur <http://agroecologie.cirad.fr>.
- Mamy L., E. Barriuso, and B. Gabrielle., 2005., Environmental fate of herbicides trifluralin, metazachlor, metamitron and sulcotrione compared with that of glyphosate, a substitute broad spectrum herbicide for different glyphosate-resistant crop, *Pest Manag. Sci.* 61: 905-916.
- Milleville P., 1987, Recherches sur les pratiques des agriculteurs, *Les Cahiers de la Recherche-Développement*, n°16 : 3-6
- Olivier D., Toumba, G. Dourwe, A. Abou Abba, 2009, *Présentation du projet conservation des sols au Nord Cameroun*. (PCS-ESAII). [En ligne] URL : http://agroecologie.cirad.fr/librairie_virtuelle/le_projet_de_conservation_des_sols_au_nord_cameroun_pcs_esa_ii. Consulté le 5 janvier 2010.
- PACA, 2009, IV^e World congress on conservation agriculture: innovation for improving efficiency, equity and environment. *Conservation agriculture newsletter*, p 3
- Radanielina T., S. Carrière., G. Serpantié, 2007, La diversité des plantes cultivées dans la région de Fianarantsoa. Serpantié G., Rasolofoharinoro, S. Carrière (eds), *Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation. Le « corridor » Ranomafana-Andringitra (Madagascar)*. IRD-CITE, Paris, Antananarivo, pp 85-96
- Rakotoson D. J., A. Rakotonirina., G. Serpantié, 2009, Mobilizing peasant's knowledge of the soil (Tanala region; East Madagascar). *Soil and culture*, Landa E., C.Feller (eds). Springer, pp 287-309
- Ratnadass A., A. Andrianaivo, R. Michelon, N. Moussa, R. Randriamanantsoa, L. Séguay, 2006, Impact of a direct seeding, mulch based, conservation agriculture (DMC) rainfed rice-based system on soil pest and Striga infestation and damage in Madagascar, Husson O., Rakotondramanana

- (eds), *Voly rakotra. Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar*, pp 45-47.
- Razafimbelo T.M., A. Albrecht, I. Basile, D. Borschneck, G. Bourgeon, C. Feller, H. Ferrer R. Michelon, N. Moussa, B. Muller, R. Oliver, C. Razanamparany, L. Séguy., M. Swarc, 2006, Effet de différents systèmes de culture à couverture végétale sur le stockage du carbone dans un sol argileux des Hautes Terres de Madagascar. *Etude et gestion des sols*, vol 13, 2, 2006, pp 113-127.
- Reij C., I. Scoones, C. Toulmin, 1996, *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*. Karthala, Paris, 355 p
- Ruthenberg H., 1971, *Farming systems in the tropics*, Oxford Science Publications, (3ème Ed. 1980), Oxford, 424 p.
- Saam M., B.B. Petricionne, A. November, 2004, Les impacts des plantes transgéniques dans les pays en développement et les pays en transition. *Cahiers du RIBios* n°5, IUED, Genève., 99p
- Séguy L., 2008. Rapport de mission au Cameroun. Cirad, 22p+annexes.
- Séguy L., D. Loyer, J.F. Richard., E. Millet, 2007, Sustainable soil management : agro-ecology in Laos and Madagascar., Goddard T., M. Zoebish, Y. Gan, W. Ellis, A. Watson, S. Sombatpanit (Eds sc.). *No-Till Farming systems* WASWC, special publication n°3, pp 207-222
- Serpantié G., 2003, *Persistance de la culture temporaire dans les savanes cotonnières d'Afrique de l'Ouest. Etude de cas au Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 344 p
- Serpantié G., 2008, Paillages et paillis paysans (Afrique de l'Ouest, Madagascar), *Terre Malgache/Tany Malagasy*, 28, pp 171-172
- Serpantié G., G. Mersadier, L. Tezenas du Montcel, 1986, La dynamique des rapports agriculture-élevage en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso : diminution des ressources, organisation collective et stratégies de paysans - éleveurs du Nord Yatenga *Cahiers de la Recherche Développement* n° 9, pp 25-35
- Serpantié G., J.M Lamachère., 1992 - Contour stone bunds for water harvesting on cultivated land in the North Yatenga region of Burkina Faso. Hurni H. and K Tato. (eds), *Erosion, conservation and small scale farming*, Berne Univ., pp 459-470
- Serpantié G., M. Ramiarantsoa, M. Rakotondramanana., A. Toillier 2007, Intensifier la riziculture autour du corridor : L'offre technique est-elle adaptée à la diversité des situations et des ménages ? Serpantié G., Rasolofoharinoro, S. Carrière. (eds), *Transitions agraires, dynamiques écologiques et conservation. Le « corridor » Ranomafana-Andringitra (Madagascar)*. IRD-CITE Ed. Paris, Antananarivo, pp 213-224
- Sibelet N., P. Dugué, 2007, Processus d'innovation dans les exploitations familiales, M. Gafsi., P. Dugué., J.Y. Jamain, J. Brossier (eds), *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre. Enjeux, caractéristiques et éléments de gestion* CIRAD, Montpellier, pp 349-368
- Six J., C. Feller, K. Denef, S.M. Ogle, A. Albrecht, 2002, Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils. Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22, pp 755-775.
- Swanton, C.J., A.L. Shrestha, R.C. Roy, B.R. Ball-Coelho, S.Z. Knezevic, 1999, Effect of tillage systems, N, and cover crop on the composition of weed flora. *Weed Sci.* 47:454-461.
- Thurston H.D., 1997, *Slash/mulch systems. Sustainable methods for tropical agriculture*, IT Publications, London, 196 p
- Toillier A., S. Lardon S, 2009. Farmers' adaptation capacities in the eastern rainforest of Madagascar. From forest-clearers to environmental managers, *Outlook on Agriculture*, 38, No 2, pp 119-126
- Triomphe B., 1999, Systèmes de culture avec plantes de couverture au Mexique et en Amérique Centrale : expériences, leçons et perspectives futures, *Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture*, Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998, CIRAD col. Colloques, Montpellier, pp. 75-91.
- Triomphe B., F. Goulet; F. Dreyfus, S. Tourdonnet (de), 2007, Du labour au non-labour : pratiques, innovations et enjeux au Sud et au Nord, Nous labourons, *Actes du colloque « Techniques de travail de la terre, hier et aujourd'hui, ici et là-bas »*, R. Bourrigaud et F. Sigaut, Nantes, Nozay, Châteaubriant, 25-28 octobre 2006, Nantes, CHT, pp 371-383.
- Trocherie, F., V. Rabaud, 2004, Le développement des techniques culturelles sans labour, Enquêtes "pratiques culturelles", In CORPEN (ed.), *Les* techniques culturelles sans labour : impacts économiques et environnementaux, Paris (France), pp. 12-16.
- Vall E., M. Havard., 2006, L'évolution de la traction animale en Afrique subsaharienne : quels enseignements pour les agronomes et la recherche ? Caneill J. (Ed.), *Agronomes et innovations. IIIème édition des entretiens du Pradel*, 8-10 sept 2004, Mirabel, l'Harmattan, Paris, pp 341-352
- Vila-Aiub M.M., M.C. Balbi, P.E. Gundel, C.M. Ghersa, and S.B. Powles, 2007, Evolution of Glyphosate-Resistant Johnsongrass (Sorghum halepense) in Glyphosate-Resistant Soybean, *Weed Science* 55(6):566-571.
- Zougmoré R., F. Kamboun, K. Ouattara, S. Guillebeau, 1998. L'association culturelle sorgho-niebe pour prévenir le ruissellement et l'érosion dans le Sahel au Burkina Faso, In Buckles, A. Eteka, O. Osiname, M. Galiba, G. Galiano (eds) *Covercrops in West Africa. Contribution to sustainable agriculture*. IDRC IITA. Sasakawa global 2000, pp 217-224.