

CSFD

Les dossiers
thématiques

NUMÉRO 4

Lutte contre la désertification :

l'apport d'une agriculture
en semis direct sur couverture
végétale permanente (SCV)



Comité Scientifique Français de la Désertification



Les dossiers thématiques du CSFD numéro 4

Directeur de la publication

Marc Bied-Charreton

Président du CSFD
Professeur émérite de
l'Université de Versailles
Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ)
Chercheur au Centre d'économie
et d'éthique pour l'environnement et
le développement (C3ED-UMR IRD/UVSQ)

Auteurs

Michel Raunet

Chercheur au Département « cultures annuelles »
du Centre de coopération internationale en recherche
agronomique pour le développement (Cirad-ca)
michel.raunet@cirad.fr

Krishna Naudin

Chercheur au Cirad-ca
krishna.naudin@cirad.fr

Avec la participation de

Marc Bied-Charreton, Professeur émérite de l'UVSQ
Olivier Husson, Chercheur au Cirad-ca
Lucien Séguy, Chercheur au Cirad-ca



Édition et iconographie

Isabelle Amsallem (Agropolis Productions)
agropolisproductions@orange.fr

Conception et réalisation

Olivier Piau (Agropolis Productions)
agropolisproductions@orange.fr



Remerciements pour les illustrations



Danièle Cavanna (Photothèque INDIGO
de l'Institut de recherche pour le développement)
et **Jean Asseline** (IRD) ainsi que les auteurs
des différentes photos présentes dans le dossier.

Impression : *Les Petites Affiches* (Montpellier, France)
Dépôt légal : à parution • ISSN : 1772-6964
Imprimé à 1 500 exemplaires

© CSFD/Agropolis International, septembre 2006

Pour référence : Raunet M. et Naudin K., 2006. Lutte contre la
désertification : l'apport d'une agriculture en semis direct sur couverture
végétale permanente (SCV). *Les dossiers thématiques du CSFD*. N°4.
Septembre 2006. CSFD/Agropolis, Montpellier, France. 40 p.

Comité Scientifique Français de la Désertification

La création, en 1997, du Comité Scientifique Français de la Désertification, CSFD, répond à une double préoccupation des ministères en charge de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Il s'agit d'une part de la volonté de mobiliser la communauté scientifique française compétente en matière de désertification, de dégradation des terres et de développement des régions arides, semi-arides et sub-humides afin de produire des connaissances et servir de guide et de conseil aux décideurs politiques et aux acteurs de la lutte. D'autre part, il s'agit de renforcer le positionnement de cette communauté dans le contexte international. Pour répondre à ces attentes, le CSFD se veut une force d'analyse et d'évaluation, de prospective et de suivi, d'information et de promotion. De plus, le CSFD participe également, dans le cadre des délégations françaises, aux différentes réunions statutaires des organes de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification : Conférences des Parties, Comité de la science et de la technologie, Comité du suivi de la mise en œuvre de la Convention. Il est également acteur des réunions au niveau européen et international.

Le CSFD est composé d'une vingtaine de membres et d'un Président, nommés *intuitu personae* par le ministre délégué à la Recherche et issus des différents champs disciplinaires et des principaux organismes et universités concernés. Le CSFD est géré et hébergé par Agropolis International qui rassemble, à Montpellier et dans le Languedoc-Roussillon, une très importante communauté scientifique spécialisée dans l'agriculture, l'alimentation et l'environnement des pays tropicaux et méditerranéens. Le Comité agit comme un organe indépendant et ses avis n'ont pas de pouvoir décisionnel. Il n'a aucune personnalité juridique.

Le financement de son fonctionnement est assuré par des subventions du ministère des Affaires étrangères et du ministère de l'Écologie et du Développement durable, la participation de ses membres à ses activités est gracieuse et fait partie de l'apport du ministère délégué à la Recherche.

Pour en savoir plus :

www.csf-desertification.org

La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français. Les dossiers thématiques du CSFD sont téléchargeables librement sur le site Internet du Comité.

Marc Bied-Charreton
Président du CSFD
Professeur émérite de l'Université
de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
Chercheur au C3ED-UMR IRD/UVSQ

L'humanité doit dorénavant faire face à un problème d'envergure mondiale : la désertification, à la fois phénomène naturel et processus lié aux activités humaines. Jamais la planète et les écosystèmes naturels n'ont été autant dégradés par notre présence. Longtemps considérée comme un problème local, la désertification fait désormais partie des questions de dimension planétaire pour lesquelles nous sommes tous concernés, scientifiques ou non, décideurs politiques ou non, habitants du Sud comme du Nord. Il est dans ce contexte urgent de mobiliser et de faire participer la société civile, et dans un premier temps de lui fournir les éléments nécessaires à une meilleure compréhension du phénomène de désertification et de ses enjeux. Les connaissances scientifiques doivent alors être à la portée de tout un chacun et dans un langage compréhensible par le plus grand nombre.

C'est dans ce contexte que le Comité Scientifique Français de la Désertification a décidé de lancer une nouvelle série intitulée « *Les dossiers thématiques du CSFD* » qui veut fournir une information scientifique valide sur la désertification, toutes ses implications et ses enjeux. Cette série s'adresse aux décideurs politiques et à leurs conseillers du Nord comme du Sud, mais également au grand public, aux journalistes scientifiques, du développement et de l'environnement. Elle a aussi l'ambition de fournir aux enseignants, aux formateurs ainsi qu'aux personnes en formation des compléments sur différents domaines. Enfin, elle entend contribuer à la diffusion des connaissances auprès des acteurs de la lutte contre la désertification, la dégradation des terres et la lutte contre la pauvreté : responsables d'organisations professionnelles, d'organisations non gouvernementales et d'organisations de solidarité internationale.

Une douzaine de dossiers est consacrée à différents thèmes aussi variés que la biodiversité, le changement climatique, le pastoralisme, la télédétection, etc., afin de faire le point des connaissances sur ces différents sujets. Il s'agit également d'exposer des débats d'idées et de nouveaux concepts, y compris sur des questions controversées, d'exposer des méthodologies couramment utilisées et des résultats obtenus dans divers projets et enfin, de fournir des références opérationnelles et intellectuelles, des adresses et des sites Internet utiles.

Ces dossiers seront largement diffusés - notamment dans les pays les plus touchés par la désertification - sous format électronique à la demande et via notre site Internet, mais également sous forme imprimée. Nous sommes à l'écoute de vos réactions et de vos propositions. La rédaction, la fabrication et la diffusion de ces dossiers sont entièrement à la charge du Comité, grâce à l'appui qu'il reçoit des ministères français. Les avis exprimés dans les dossiers reçoivent l'aval du Comité.

Jean-Yves Grosclaude
Directeur du Département
du développement rural, environnement
et ressources naturelles de l'AFD

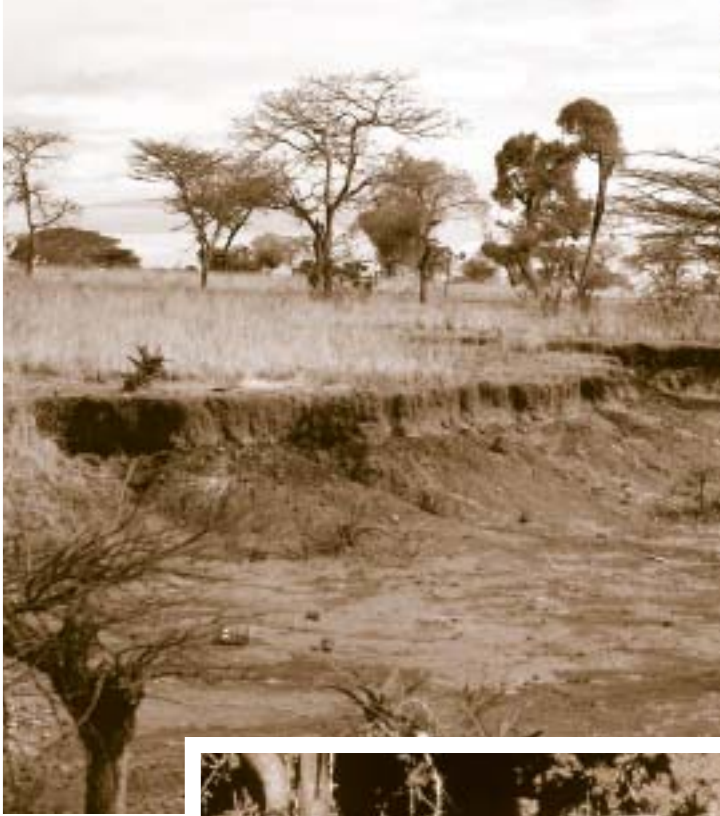
Depuis des dizaines d'années et dans beaucoup de régions, les agriculteurs ont eu à faire face à des problèmes d'érosion qui affectaient gravement leurs sols : érosion hydrique à chaque pluie, érosion éolienne qui enlève le sol et crée des nuages de poussières dont les conséquences se font sentir bien au-delà des zones de départ. Chacun a en mémoire le processus de « *dust bowl* » qui a assombri les grandes plaines céréalières des États-Unis et du Canada dans les années 30. Chacun connaît les effets dévastateurs de l'érosion sur le plateau de loess en Chine. Le travail excessif des sols, l'eau rare et mal répartie, dont une grande quantité est perdue par ruissellement, ont imposé la recherche de systèmes de culture alternatifs destinés notamment à ralentir l'érosion et le ruissellement, à favoriser l'infiltration de l'eau de pluie et à amortir les aléas climatiques.

C'est ainsi que sont nées dans les années soixante des pratiques alliant deux principes : travail minimum du sol et semis direct dans les résidus de récolte. Parti des États-Unis puis perfectionné au Brésil, ce mouvement s'est ensuite étendu à une partie de l'Amérique Latine, à l'Australie. Il s'est initié en Asie puis en Europe (y compris la France) et enfin en Afrique et à Madagascar. Aujourd'hui plus de 90 millions d'hectares dans le monde sont cultivés sans labour et en semis direct sur un couvert végétal. Dans les années 1980, dans les « *cerrados* » brésiliens puis dans les zones de petite agriculture familiale, le Cirad et ses partenaires brésiliens ont réussi à adapter les principes du semis direct aux conditions de l'agriculture tropicale. Un espoir naissait pour les petits agriculteurs, pour qui le sol est un outil de production, qu'il convient d'entretenir durablement.

Ces nouvelles pratiques sont plus qu'une collection de techniques, elles demandent un véritable changement d'esprit, puisqu'on abandonne ce qui a toujours été considéré comme l'une des bases de l'agriculture : le labour. La recherche s'est poursuivie, notamment en Afrique du Nord (Tunisie), en Afrique sub-saharienne (Cameroun), à Madagascar, au Vietnam, au Laos ou au Cambodge. Depuis bientôt 10 ans, l'AFD (Agence Française de Développement), le FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) et le MAE (ministère des Affaires étrangères, France) apportent leur appui à l'adaptation et la diffusion de cette « agriculture durable », dans le cadre de projets de développement rural, dans des contextes agro-écologiques et socio-économiques variés. Ce nouveau type d'agriculture apporte une réponse particulièrement bien adaptée aux zones fragiles soumises à de sévères risques de désertification.

Le mérite de ce dossier thématique du CSFD est de nous exposer avec beaucoup de clarté les enjeux du semis direct sur couverture végétale permanente, ses difficultés et ses espoirs. Je suis persuadé qu'il convaincra grand nombre de lecteurs, ces nouvelles pratiques culturelles devant être considérées comme partie prenante des évolutions agricoles nécessaires à la préservation des ressources naturelles, bases de l'activité rurale des pays en développement.

Sommaire



4
Nécessité de nouvelles pratiques agricoles dans les régions soumises au processus de désertification

6
Sols et eaux en conditions de désertification

14
Les SCV : une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays touchés par la désertification

18
Les avantages des SCV pour les agriculteurs

22
Effets cumulés et services rendus des SCV aux niveaux des paysages et des communautés

30
Un exemple au Nord-Cameroun : quatre ans d'expérimentation en SCV sur les systèmes cotonniers avec les agriculteurs

36
Les SCV, une voie prometteuse pour lutter contre la désertification ?

38
Pour en savoir plus...

40
Acronymes et abréviations utilisés dans le texte

Nécessité de nouvelles pratiques agricoles dans les régions soumises au processus de désertification

La désertification a des conséquences importantes sur les eaux, les sols, la **biodiversité**, les **systèmes agraires** et par conséquent sur les hommes qui vivent des services rendus par les **agro-écosystèmes**. Le changement climatique du 21^{ème} siècle aggrave et étend la désertification, processus de **dégradation** environnementale dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches. Les agricultures familiales des pays du Sud, si elles veulent se maintenir, doivent s'y adapter, que ce soit aux niveaux technique, économique ou organisationnel.

Le sol, souvent unique capital de l'agriculteur dans ces régions, est au cœur du fonctionnement et de la **résilience** des agro-écosystèmes : il doit être préservé et amélioré. L'eau, ressource rare et aléatoire dans les pays soumis à la désertification, est en grande partie perdue par ruissellement et évaporation. Elle doit être conservée au profit du système sol-plante afin de produire plus de **biomasse** végétale.



Les agricultures (associées à l'élevage) telles qu'elles se pratiquent actuellement dans les milieux semi-arides à sub-humides, sont peu productives, peu diversifiées et leurs productions sont très irrégulières. Elles permettent à peine la survie des sociétés rurales qui

Lexique

Agro-écologie : Courant de pensée et d'action, en recherche et ingénierie, visant à ne pas séparer écologie et agriculture, appliqué aux systèmes et filières de production dans un objectif de développement durable et de protection de l'environnement.

Agro-écosystème : Écosystème dans lequel prennent place des activités de production agricole.

Biodiversité : La diversité biologique, ou biodiversité, est la variété et la variabilité de tous les organismes vivants. Cela inclut la variabilité génétique à l'intérieur des espèces et de leurs populations, la diversité des complexes d'espèces associées et de leurs interactions, et celle des processus écologiques qu'ils influencent ou dont ils sont les acteurs (définition UICN, 1988).

Biomasse : Masse totale des cellules vivantes d'un endroit donné, rapporté à la surface ou au volume.

Dégradation : En règle générale, ce terme signifie « destruction lente » ou évolution défavorable (dans une optique et un contexte à préciser : pour un sol, cela peut être une perte de biodiversité et de résilience faisant s'effondrer sa structure), d'un sol ou d'une

forme de relief, de divers processus et d'un changement de conditions de milieu (climat, végétation, régime hydrique, homme, etc.) par rapport aux conditions de genèse initiales.

Fertilité : Aptitude d'un sol à produire sous son climat.

Productivité : Aptitude potentielle d'un organisme (végétal ou animal) à fournir une certaine quantité d'un produit déterminé (plante entière, fruits, graines, fourrage, fibres, huile, bois, lait, viande, laine, etc.) rapportée à une unité d'espace ou de temps.

Recherche-action : Recherche appliquée participative associant les acteurs du développement et les agriculteurs.

Résilience : Aptitude d'un système à survivre à des perturbations dans sa structure et/ou son fonctionnement, et à retrouver, à la disparition de ces dernières, un état comparable à la situation initiale (Ramade, 1993). En résumé, il s'agit de l'aptitude à amortir les perturbations.

Système agraire : Expression spatiale de l'association des producteurs et des techniques mises en oeuvre par une société rurale en vue de satisfaire ses besoins.



Paysage érodé. Neghelle.
Rift-Valley méridionale. Éthiopie.
© M. Raunet

Zoom

La désertification en quelques mots

La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (LCD), établie en 1994, définit la désertification comme « la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

Le concept de désertification, autant que celui de dégradation des terres et des écosystèmes auquel il est très fortement connoté, est lié à une perception globale, qualitative et négative, qui sous-tend des processus insidieux (d'origine naturelle et humaine) complexes et très difficiles à enrayer, mêlant causes, effets, conséquences avec leurs multiples boucles de rétroaction. Ces processus impliquent des aspects climatiques, écologiques, agricoles, économiques et sociaux, liés, pour ces derniers, à un usage et un partage de ressources raréfiées (bois, sols fertiles, eaux, pâturages, faune chassée...) du fait de trop fortes pressions exercées sur celles-ci ou de concentrations humaines excessives.

Le concept de désertification est également associé implicitement à celui de sécheresse, donc de rareté et d'irrégularité de l'eau aux moments où il en faut, mais aussi, à l'inverse, d'excès ou de brutalité des précipitations entraînant des dommages (engorgement des cultures, effets mécaniques destructeurs, envasements d'ouvrages, ...). Cette dégradation des terres et des écosystèmes fait suite à une rupture d'équilibre écologique et concerne la diminution de la **productivité** de l'écosystème, c'est-à-dire de la **fertilité** du sol, de celle du couvert végétal, des pâturages, de la biodiversité, etc. S'ajoute à la dimension éco-climatique, la dimension humaine : pression anthropique excessive, difficulté de vivre et de produire dans ces écosystèmes, risques, pauvreté, nécessité d'adaptation, etc.

La réponse et l'adaptation des populations rurales à cette rupture d'équilibre et à cette dégradation doivent être une stratégie de lutte adaptée, intégrant une meilleure gestion des risques, et, si possible, les voies et moyens d'une régénération et d'une résilience améliorée des agro-écosystèmes. Le concept de résilience est une notion centrale à considérer quand on parle de désertification. On peut dire que la désertification équivaut à une perte de résilience vis-à-vis des agressions combinées éco-climatiques et humaines. Un « retour en arrière » (régénération) par des moyens humains (de nouvelles pratiques culturelles par exemple) signifie, à l'inverse, un gain (récupération) de résilience. La résilience d'un agro-écosystème constitue la base de sa durabilité.

souffrent par conséquent de malnutrition et de famines endémiques. Dans ces conditions, la durabilité agro-socio-économique paraît inaccessible et la protection de l'environnement et des ressources naturelles ne peut pas devenir la préoccupation majeure des agriculteurs soucieux de leur futur à très court terme.

Stopper la spirale de dégradation qui accompagne la désertification ne peut s'envisager qu'en favorisant la création, l'adaptation, le développement et la diffusion à grande échelle de nouveaux systèmes agraires, plus durables, à commencer par de nouveaux systèmes intégrés de culture et d'élevage. C'est par une dynamique de **recherche-action**, impliquant à tous les stades de son développement les agriculteurs, que ces différentes interventions pourront être développées et mises en œuvre.

Les principes d'une « nouvelle agriculture » de nature agro-écologique et mettant en œuvre des interactions synergiques « sol-eau-biomasse-biodiversité » sont présentés dans ce dossier : les systèmes ensemis directs sur couverture végétale permanente (SCV). Leurs principes et leurs caractéristiques sont exposés ainsi que les effets directs et bénéfiques indirects que l'on peut en attendre à différentes échelles (parcelle, exploitation, terroir, territoire) aussi bien pour l'agriculteur que pour les communautés.

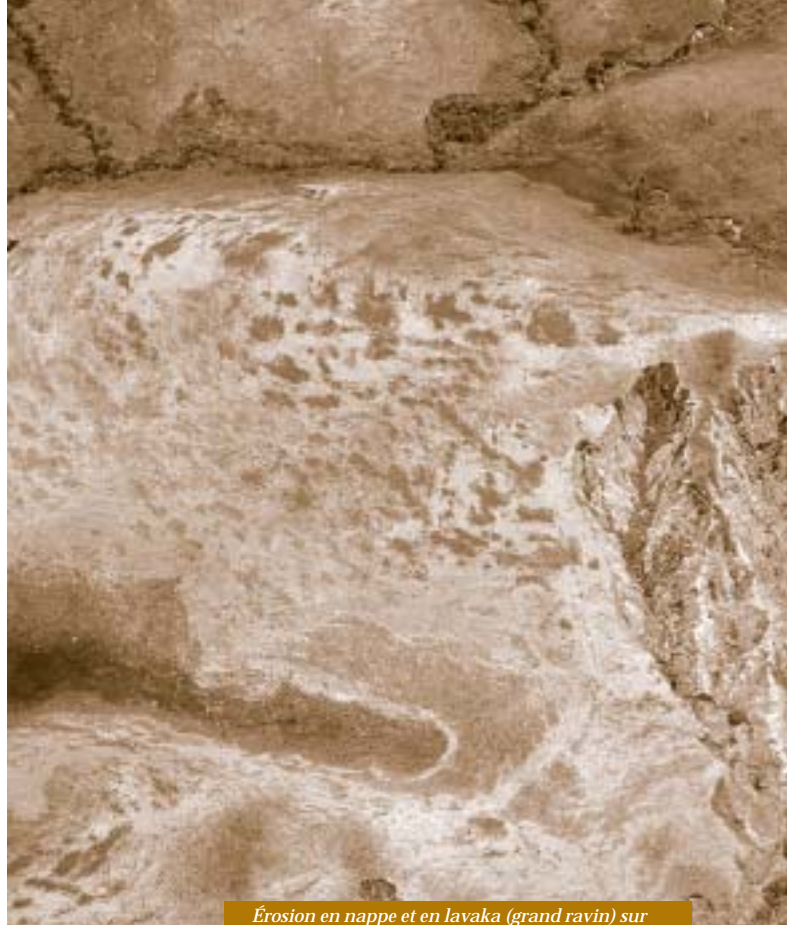
Sols et eaux en conditions de désertification

La désertification n'est pas liée directement à un montant pluviométrique annuel. Par exemple, avec 1 400 millimètres de précipitations annuelles et avec des sols et une végétation dégradés, le processus de désertification peut tout de même exister. Par contre, la désertification est directement liée au fait que l'eau de pluie, pour diverses raisons (sols encroûtés par exemple), ne pénètre pas (ou plus) suffisamment dans le sol pour assurer une alimentation correcte des plantes cultivées, des pâturages et de la végétation naturelle.

Les principales raisons du déficit d'infiltration de l'eau dans le sol émanent plutôt de la qualité physique et organique des sols dégradés, et de leur faible taux de couverture végétale, les exposant ainsi aux agressions climatiques (précipitations violentes par exemple). Il s'agit là d'un cas typique où causes et effets s'alimentent et se confortent mutuellement sans que l'on sache clairement quand, comment et pourquoi le processus s'initie. Un exemple en modèle réduit, à la fois concret et métaphorique, est le mécanisme de contraction ordonnée de la végétation en brousse tigrée (complexe végétation/sol alternant fourrés arbustifs et plages nues en forme de taches ou/et de bandes) sur les **glacis** des régions semi-arides. Les bandes de végétation correspondent à des zones d'infiltration de l'eau et les bandes nues à des zones de **ruissellement** intégral, donc à de la désertification. Le fonctionnement de cette structure tigrée est relativement bien connu ainsi que la façon dont elle se renforce une fois installée. Par contre, la façon dont elle s'initie, les déclencheurs et au-delà de quels seuils, sont quant à eux mal identifiés.

Des sols fragiles, pauvres et peu productifs

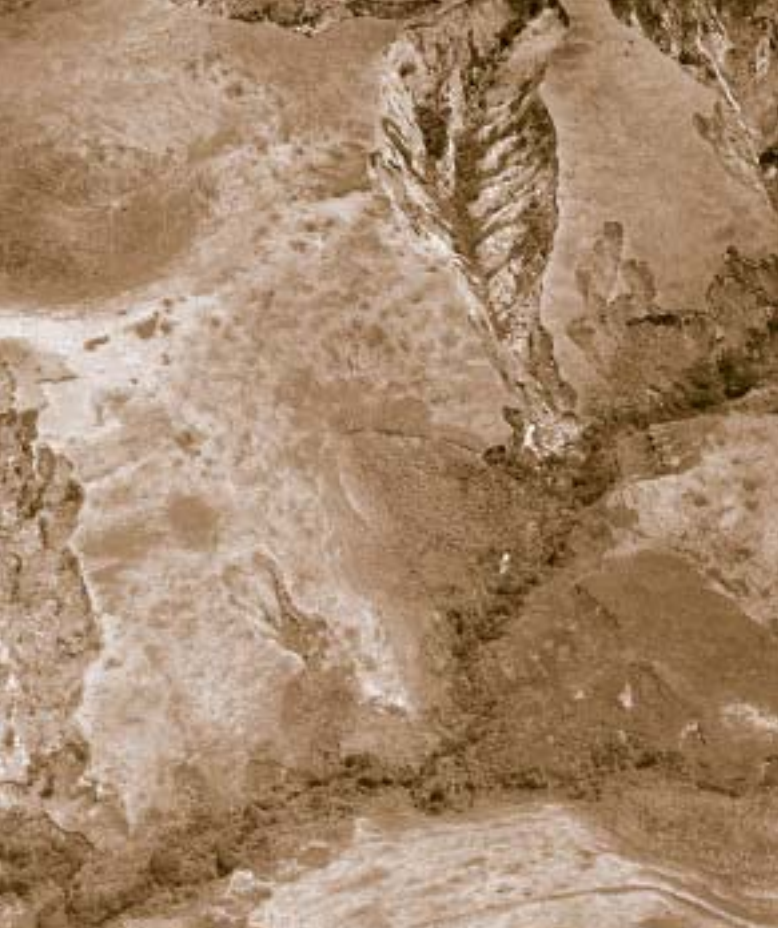
Dans les régions semi-arides et sub-humides sèches, dites dégradées, l'eau ne s'infiltré pas profondément car la **structure du sol** est défavorable (structure dite continue ou massive) du fait d'une extrême pauvreté en matière organique. Sa porosité est également faible ou totalement colmatée à faible profondeur par des argiles de nature **kaolinique**, des oxydes de fer et des sables quartzeux qui agissent comme un « béton » indéformable.



Érosion en nappe et en lavaka (grand ravin) sur les Hauts-Plateaux malgaches.
© M. Raunet

Dans les régions tropicales sèches, les sols sableux à sablo-limoneux, généralement très pauvres en matière organique (0,3 à 1 pour cent sur les 20 premiers centimètres), à structure peu développée et fragile, sont cultivés traditionnellement après grattage et pulvérisage de la surface du sol (labour sur 8 à 10 centimètres de profondeur). Les sols sont ensuite laissés à nu ; ce qui contribue à les rendre encore plus vulnérables au **glaçage** et à l'**érosion en nappe**, entretenant ou renforçant de ce fait la désertification.

Les sols y sont très fréquemment **lixiviés** jusqu'à 20 à 40 centimètres de profondeur, correspondant à la zone maxima d'infiltration de l'eau. Dans cette couche, plus sableuse ou plus limoneuse que celle d'en dessous, et engorgée lors des fortes pluies, l'eau s'écoule latéralement de façon « hypodermique », formant une petite **nappe d'eau perchée** qui affleure très vite pour se joindre au fort ruissellement de surface. Il y a alors engorgement temporaire du système racinaire qui souffre d'asphyxie, autant qu'il souffre de sécheresse s'il ne pleut pas pendant une semaine ! Ces sols, de teinte beige, grisâtre ou rosée, sont appelés « **sols ferrugineux tropicaux lessivés** ». Quand la couche lixiviée repose par une discontinuité brutale sur le substrat plus argileux mais très compact et infranchissable pour l'eau et les racines, on parle alors de **planosols** (tels les fameux sols « hardés » du Nord-Cameroun).



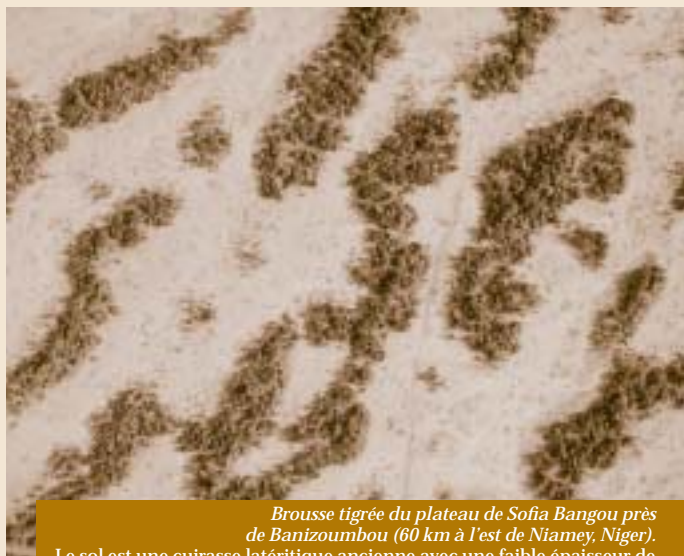
Zoom

La brousse tigrée, une végétation contractée typique des régions sahéliennes

L'écosystème « brousse tigrée » caractérise la végétation des paysages peu accidentés des longs glacis à pentes inférieures à deux pour cent des régions sahéliennes ou à la limite nord des régions soudano-sahéliennes. Cet écosystème se présente sous la forme de bandes (ou d'arcs) végétaux, le plus souvent en fourrés arbustifs parallèles aux courbes de niveau, plus ou moins continues, espacées régulièrement et de largeur variable. Ces bandes végétalisées séparent des bandes nues ou faiblement herbacées. D'où son nom de « végétation contractée ». Ces écosystèmes peuvent se présenter sous la forme de systèmes structurés – en ligne, en arc, ou en rosace. En dehors de l'Afrique, ce type de végétation s'observe aussi dans d'autres milieux semi-arides, en Australie, au Mexique, à Madagascar, ...

Il s'agit d'un mode d'adaptation et de contraction de la végétation, face à des régimes pluviométriques faibles (300-700 mm par an) mais violents et sporadiques, induisant des processus intenses de ruissellement en nappe. Ce type de végétation résulterait d'un équilibre entre le sol, le climat, la végétation et l'homme. Les structures en bandes assurent une correction du facteur pluviométrique permettant à la végétation de se développer dans des conditions écologiques *a priori* défavorables (300 à 400 mm/an). Les systèmes contractés typiques des zones climatiquement défavorables recréent par leur structure des conditions écologiques similaires à celles trouvées dans des zones plus favorables où il pleut 800 mm par an ! Ces

niveaux de productivité plus élevés remettent en question la vision qu'on en avait en les assimilant à une dégradation du milieu (Ichaou, 2000). Une fois le processus initié, il se poursuit par des **rétroactions** positives (avec piégeage des débris végétaux, des sédiments et des semences) induisant un auto-renforcement des bandes arbustives.



Brousse tigrée du plateau de Sofia Bangou près de Banizoumbou (60 km à l'est de Niamey, Niger). Le sol est une cuirasse latéritique ancienne avec une faible épaisseur de sol meuble (de 0 à 60 cm d'épaisseur) très argileux, pauvre en matière organique dans les bandes nues et riche dans les bandes de végétation.

© J. Asseline et J.L. Rajot

Zoom

Dégradation des sols intertropicaux : les pratiques agricoles doivent changer !

Avec l'augmentation démographique et la saturation du foncier, limitant de plus en plus les durées des jachères en savane et la reconstruction forestière en zone humide, les terres tropicales et sub-tropicales ont commencé à aller mal à partir des années 60 : érosion sous toutes ses formes, compaction et prise en masse, lixiviation, acidification, perte en matière organique, enherbement irrépressible... aboutissant à une dégradation générale de la fertilité des sols. Avec le changement climatique, la situation devrait empirer d'année en année si des solutions ne sont pas trouvées. Malgré la prise de conscience de ce processus, les conditions pour stopper cette spirale rétroactive de dégradation des sols, dans des conditions socio-économiques acceptables, n'ont pas été mises en application à grande échelle.

La durabilité de l'agriculture exige comme préalable indispensable celle des sols, support de la production. Protéger le sol est donc en soi un acte économique majeur. Lutter pour conserver et améliorer les sols contribue à la lutte contre la pauvreté. Paradoxalement, l'économiste et le décideur politique sont souvent peu à l'aise et mal armés pour évaluer un sol, avant, après ou en prévision d'une certaine durée d'utilisation. Les économistes du développement intègrent le sol dans la problématique générale de gestion des ressources naturelles non renouvelables alors que le sol devrait être, en principe, durable, contrairement aux autres ressources (eaux, forêts, poissons, pâturages, ...). Le sol peut être apprécié en fonction de sa qualité, autant sinon plus, qu'en quantité. Cette qualité est ce qu'on appelle la fertilité qui, elle, est dégradée ou régénérée par l'homme.

Il faut se persuader que l'agriculteur ne dilapide pas la fertilité de ses sols par plaisir, méconnaissance ou inconscience, mais que, malheureusement, il ne peut pas faire autrement. La pression sur la terre devient trop forte et sa vision du futur est conditionnée par sa survie à court terme. Les moyens et longs termes sont trop éloignés, d'autant plus que l'agriculteur n'a souvent pas de quoi investir. Devant cette impasse les agriculteurs du Sud devront changer leurs pratiques, parfois radicalement. La Recherche-Développement doit les aider. C'est une priorité.



*Érosion ravissante dans une plantation de sisal.
Rift Valley, Éthiopie.
© M. Raunet*

Zoom

Nature et fonctionnement hydrique d'un sol soudano-sahélien

Un sol typique des régions soudano-sahéliennes d'Afrique (500-900 mm de pluies annuelles) ou « sol duplex » d'Australie peut être représenté par le schéma générique suivant :

Présence de quatre horizons (ou niveaux, ou matériaux) successifs

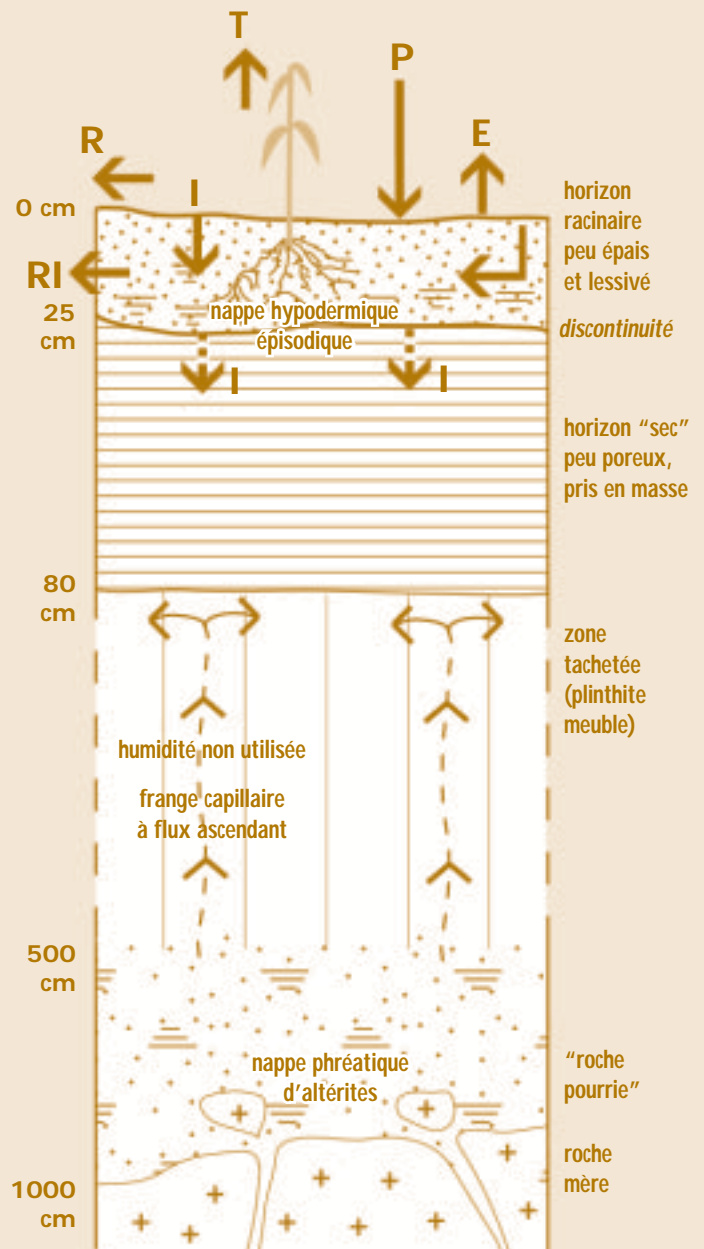
- 0 – 25 cm : horizon sablo- limoneux, lessivé, clair où se concentre le gros des racines.
- 25 – 80 cm : horizon compact, peu poreux, pris en masse, souvent sec, argilo-sableux, avec très peu de racines.
- 80 – 500 cm : altérite limono-argilo-sableuse tachetée dite « plinthite meuble », humide, à nappe phréatique fluctuante.
- 500 – 2000 cm : altérite argilo-sablo-micacée (« roche pourrie »), gris- verdâtre, plastique, noyée par la nappe phréatique dite « d'altérite ».
- Au-delà de 2 mètres : roche- mère saine, éventuellement à nappe phréatique profonde dans les fissures.

Mouvements de l'eau

Dans un tel sol, l'eau circule de façon descendante à partir de la pluie et de façon ascendante à partir de la nappe phréatique. Ces deux flux sont relativement indépendants et peuvent ne pas se rencontrer :

- En surface l'eau de pluie (P) se disperse en ruissellement (R), infiltration (I), écoulement (ou nappe) hypodermique latéral (RI) lors des gros épisodes pluvieux, transpiration (T) et évaporation (E). (R) et (RI) additionnés peuvent représenter jusqu'à plus de 60 pour cent de l'épisode pluvieux.
- En profondeur, en général, siège une nappe phréatique d'altérites imbibant une bonne partie de la zone d'altération argilo-sablo-micacée, dite souvent « roche pourrie », dont l'épaisseur peut atteindre 10 à 30 mètres. Cette nappe phréatique fluctue sur 2 à 10 mètres pendant l'année entre la saison des pluies et la saison sèche.

Au-dessus de la nappe se trouve la frange de fluctuation (en saison des pluies) ou la frange capillaire (en saison sèche) à flux dirigé vers le haut, imbibant des altérites argileuses tachetées dites « **plinthite meuble** » (par opposition à « plinthite indurée » qui est une carapace ferrugineuse résultant localement d'une induration). L'horizon situé entre 25 et 80 centimètres est un matériau à propriétés peu favorables pour l'eau et les racines. Il est argilo-sableux, massif, peu poreux, pris en masse, de sorte que l'eau d'infiltration le pénètre très peu. Pour les mêmes raisons, la frange capillaire remontante est bloquée à la base. Par conséquent, à partir de 80/100 centimètres de profondeur, le sol est humide (même en saison sèche). Cette humidité est alors perdue pour les plantes dont les racines s'arrêtent à 20/30 centimètres de profondeur, alors qu'elles souffrent de façon récurrente de stress hydrique dans ces zones.



Fonctionnement hydrique d'un sol typique des zones soudano-sahéliennes en voie de désertification.

E : Évaporation • I : Infiltration
P : Pluie • R : Ruissellement
RI : Ruissellement hypodermique
T : Transpiration



Sol salé, Ouest Madagascar
© M. Raunet

Une réserve hydrique inexploitée en profondeur

Les sols des régions africaines en voie de désertification ont par ailleurs la particularité de posséder une réserve hydrique en profondeur (en dessous d'un mètre en général). Le maintien de cette humidité est constatée en pleine saison sèche. Elle est cependant totalement inexploitée par les racines des cultures qui ne peuvent l'atteindre du fait de la prise en masse et du colmatage de la porosité de l'horizon situé entre 20/40 et 80/100 centimètres de profondeur.

Cette humidité profonde, quasi permanente et malheureusement inexploitée, peut correspondre au sommet d'une **frange capillaire** de la **nappe phréatique**, plus ou moins ancienne et régulièrement alimentée, logée dans les altérations profondes des sols. Le sommet de la nappe phréatique, qui fluctue entre 5 et 15 mètres de profondeur, alimente souvent une large frange capillaire du fait de la nature argileuse à argilo-sableuse des altérites (produits de l'altération de la roche mère). Cette frange capillaire, qui ne peut traverser la zone colmatée du sol située entre 20/40 et 80/100 centimètres de profondeur, humidifie le sous-sol en permanence. Certains modes de gestion agricole des sols (comme les SCV) sont susceptibles de capter et d'exploiter cette humidité.

Ces sols à sable/argile présentent une très faible capacité de rétention en eau dans la zone racinaire peu profonde. Par conséquent les plantes cultivées et les pâturages naturels souffrent très vite s'il ne pleut pas régulièrement. De plus,

au moins 50 pour cent de l'eau de pluie, qui ruisselle ou s'écoule latéralement, est perdue. Cette eau, qui ruisselle très vite lors des épisodes pluvieux intenses (d'autant plus que la couverture du sol est faible), inonde alors les parties basses des paysages pouvant provoquer des dégâts graves sur leur passage (engorgements, forces des eaux) aux cultures, aux infrastructures et aux habitants.

Dégradation des sols et activités anthropiques

La dégradation des sols est une autre calamité, induite, qui affecte les zones en voie de désertification. Dans les régions sèches, les parties basses des paysages sont souvent occupées par des **vertisols** (sols à argiles gonflantes), sols les plus fertiles de ces régions. Les conséquences des à-coups et aléas pluviométriques et de la piètre qualité des sols en amont font que ces vertisols sont malheureusement souvent condamnés par les inondations en saison des pluies. Par contre, ils peuvent parfois être valorisés en période de décrue sur l'humidité résiduelle des **karé** (vertisols à sorgho de décrue, encore appelé **muskwari** au Nord-Cameroun), mais leur gestion est délicate.

Les causes pédologiques décrites précédemment, auxquelles s'ajoutent le déboisement, les feux de brousse, la raréfaction des jachères, la surexploitation des pâturages et le piétinement du bétail, la faible couverture végétale qui dénude la surface, conduisent au colmatage et au glaçage du sol. Ce dernier est alors directement exposé, en totalité ou en partie, de façon plus ou moins permanente, aux agressions des pluies et du vent

(ruissellement intense, érosion hydrique et/ou éolienne) ainsi qu'aux agressions thermiques (défavorables à l'activité biologique du sol). Ces processus, à leur tour, renforcent en une spirale vicieuse la détérioration et la perte de biodiversité des sols et des milieux.

Il semble y avoir un seuil de dégradation et de dénudation des sols, par taches ou en mosaïque, au-delà duquel les mécanismes changent d'échelle pour s'accélérer et se généraliser. Un des exemples les plus connus est le *dust bowl* (nuages de poussières) qui a balayé et assombri la visibilité de l'ensemble des grandes plaines céréalières des États-Unis et du Canada dans les années 30, sous l'effet de la pression conjuguée d'un travail excessif des sols en *dry-farming* (pratique de la jachère d'été travaillée et nue) et d'années sèches.

Une autre conséquence de la désertification peut être la genèse de sols salés, suite aux défrichements des zones boisées. En effet, les arbres ont des enracinements profonds qui ont la propriété d'exploiter le sommet de la frange capillaire de la nappe et de la maintenir assez profondément. La suppression de ces arbres par déforestation et de leurs racines profondes, a pour effet de faire remonter en surface ce front d'humidité. Si le matériau sous-jacent est minéralisé, il existe alors un risque de salinisation des sols les rendant impropres aux cultures céréalières par exemple. De telles situations sont particulièrement fréquentes en Australie ainsi que dans les grandes plaines et prairies d'Amérique du Nord. Elles existent mais sont moins fréquentes en Afrique.

Zoom

Le *dust bowl* aux États-Unis, un fléau national dû au travail excessif des sols

Le cas le plus connu d'érosion éolienne de grande ampleur due à la dégradation des sols est celui des phénomènes de *dust bowl* (nuages de poussières) aux États-Unis dans les grandes plaines centrales semi-arides (300-600 mm de pluie), survenus dans les années 20, 30 et 40, des suites de la pratique excessive du *dry-farming* en rotation biennale « céréales-jachère travaillée » (dite jachère d'été). Le *dust bowl* sert de toile de fond à John Steinbeck dans son roman de 1939 « *Les raisins de la colère* » où il décrit la misère et l'exode des fermiers touchés par cette catastrophe.

La motorisation et l'augmentation de la puissance des tracteurs, à partir des années 20, avaient amplifié le travail répété du sol et accru les superficies concernées. La jachère de 18 mois était d'abord brûlée après la récolte puis systématiquement travaillée (labour, pulvérisation), donc nue, afin de faire rentrer un maximum d'eau pour la céréale suivante, cultivée une année sur deux, tout en limitant l'évaporation par le mulch poussiéreux ou granuleux ainsi créé. La deuxième raison du brûlis des résidus et du travail répété du sol était l'élimination régulière des mauvaises herbes consommatrices d'eau et l'assainissement du milieu vis-à-vis des insectes et maladies. Enfin, une dernière raison invoquée était la libération d'azote minéral au moment du semis de la céréale. Le bien-fondé du *dry-farming* a toujours été un objet de discussions sans fin. Les résultats expérimentaux, techniques et économiques, ont souvent été contradictoires, du fait de l'extrême variabilité climatique de ces régions. Plus ou moins 50 millimètres dans la saison peut en effet avoir un impact majeur.

Cette pratique, en cours depuis le début du 20^{ème} siècle, a fini par provoquer sur ces sols riches une érosion éolienne exacerbée ayant surpris par sa violence durant les années 30, qui coïncidaient, en plus à des années de sécheresse. Les nuages de poussières noires

ont atteint la côte Est. De sorte que les *dust bowls* ont constitué un fléau national qui est devenu récurrent jusqu'à la fin des années 40, avec de profondes retombées sociales. Parallèlement, dans les zones plus humides de l'est du pays sont survenus des processus d'érosion hydrique de grande ampleur, provoqués, eux aussi, par le travail excessif des sols. L'USDA (ministère américain de l'Agriculture, et notamment H.H. Bennett, pédologue) créa alors le fameux *Soil Conservation Service* qui, dans la *Corn Belt* et les états appalachiens de l'Est, a mis en œuvre un programme de grande ampleur de mesures antiérosives, à base de banquettes, bandes alternées et cultures en courbes de niveau. Ces ouvrages furent, plus tard, remplacés avantageusement par le travail sous mulch (*mulch tillage*) et le semis direct. En même temps, on s'interrogea sur la nécessité des labours, mais sans prendre des mesures dans l'immédiat. Les travaux de défense et restauration des sols, bien que très coûteux, étaient en effet plus faciles à matérialiser et plus visibles du public, que les solutions agronomiques.

C'est surtout dans les régions de *dry-farming* que le labour commença à être mis en cause à partir des années 30. Les agriculteurs, la recherche (Universités du Nebraska, du Kansas, de l'Oklaohoma, du Texas) et l'USDA mirent alors en branle dans les années 40 un vaste programme de *stubble mulch farming* (actuellement *mulch tillage*), c'est-à-dire de gestion des résidus de récolte de façon qu'ils protègent les sols pendant les jachères. Un même travail fut accompli en Alberta, dans les prairies canadiennes céréalières. On inventa pour cela des outils superficiels (10 cm) de tranchage (blades, sweeps, rod-weeders ...) pour couper les racines des adventices en touchant le moins possible aux résidus de récolte, et qui protégeaient ainsi très efficacement le sol pendant la jachère d'été. Ce fut un progrès considérable, même une véritable révolution dans les grandes plaines, qui précéda la jachère chimique dans les années 50, puis la venue du semis direct à partir de la fin des années 60.



Animaux qui rentrent au village. Vaine pâture sur résidus de récolte. On observe le tassement et la dénudation du sol dû au piétinement du bétail. Nord Cameroun.

© K. Naudin

Lexique

Boucle de rétroaction : Effet d'un processus qui « rétroagit » sur sa cause, soit pour amplifier cet effet (rétroaction positive), soit pour le réguler (rétroaction négative).

Dry-farming : Agriculture hautement mécanisée en milieu semi-aride continental ou méditerranéen (300 à 550 mm de pluies annuelles). Il s'agit d'une culture de céréales en général, une année sur deux, séparée par une jachère « nue », travaillée de nombreuses fois par des engins superficiels pour éradiquer les mauvaises herbes et emmagasiner de l'eau d'une année au profit de la culture suivante. Le *dry-farming* était (est encore en partie) pratiqué dans les grandes plaines des États-Unis, les prairies canadiennes et les milieux méditerranéens australiens. Les impacts très négatifs de ces pratiques sont l'érosion éolienne et/ou hydrique du fait que le sol reste nu 18 à 21 mois consécutifs.

Érosion en nappe : Forme d'érosion qui consiste en un enlèvement uniforme et superficiel des particules les plus fines du sol sous l'effet d'un ruissellement modéré et diffus.

Frange capillaire : Zone d'ascension de l'eau par capillarité au-dessus du niveau de la nappe phréatique.

Glaçage : Destruction, sous l'action des eaux de pluie (orages), de la structure en surface du sol ; celle-ci se présente comme une pellicule continue, à texture fine et luisante lorsqu'elle est saturée en eau.

Glacis : Plaine en pente faible (moins de quelques degrés), mais légèrement concave, se redressant à l'amont pour se raccorder au piémont des reliefs dominants.

Kaolinite : Type d'argile non gonflante (pas de grosse structure fissurée) qui caractérise les sols bien drainés des régions intertropicales, pauvres, plutôt acides et à structure fragile.

Lixiviation : Percolation lente de l'eau à travers le sol, accompagnée de la dissolution des matières solides qui y sont contenues.

Nappe perchée : Petite nappe phréatique épisodique, logée dans la partie supérieure d'un sol (par exemple un planosol ou un sol ferrugineux tropical). Elle se loge dans un matériau poreux et est sous-tendue par un horizon argileux. Elle est alimentée par les pluies qui ne peuvent s'infiltrer en profondeur. On l'appelle aussi ruissellement ou écoulement hypodermique.

Nappe phréatique d'altérite : Eau « libre » contenue dans les pores ouverts les plus grossiers des épais matériaux d'altération saturés en eau des régions intertropicales, pouvant faire 5 à 30 mètres d'épaisseur au-dessus du substratum sain. Cette nappe phréatique fluctue pendant l'année de façon importante (de l'ordre de 5 à 15 mètres). Accessible par des puits, elle assure une grande partie des ressources en eau des villages.

Planosol : Sol caractérisé par la présence d'une discontinuité brutale à moins de 50 cm de profondeur, ne résultant pas du recouvrement mécanique d'un matériau sur l'autre. L'horizon de surface (20 à 50 cm d'épaisseur) est souvent décoloré (gris clair), plus massif et plus sableux que le matériau, plus argileux, du dessous.

Plinthite : Dans les sols intertropicaux, il s'agit du matériau argilo-kaolinique tacheté (beige, gris, rouille, rouge) qui correspond à la frange de fluctuation de la nappe phréatique d'altérite. La coloration des taches est due à l'imprégnation des argiles par les oxydes de fer. Lorsqu'elle n'est plus imprégnée épisodiquement par la nappe, la plinthite meuble peut s'indurer en carapace ou en cuirasse, formant ce qu'on appelait autrefois « latérite ».

Ruissellement : Écoulement des eaux de pluie à la surface du sol.

Sol ferrugineux tropical : Sol très répandu dans les régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique, de couleur grisâtre, beige ou rougeâtre, plus sableux en surface qu'en profondeur, généralement de structure massive, compact, peu poreux en dessous de 30 cm de profondeur. Il se raccorde, à partir d'un mètre de profondeur, à une zone tachetée argileuse pouvant être le siège de la fluctuation de la nappe phréatique d'altérite.

Structure du sol : Mode d'assemblage des constituants solides du sol, minéraux et/ou organiques, qui peuvent s'agréger ou non. Une « bonne » structure signifie une bonne aération du sol, une bonne descente de l'eau et un bon développement racinaire.

Vertisol : Sol très argileux de teinte gris-foncé à olive, formé d'argiles gonflantes de la famille des montmorillonites. Ils gonflent et se ferment en saison des pluies ; ils se rétractent fortement (grandes fentes) en saison sèche. Dans le paysage, on les observe en position basse (bas-fonds, plaines, piémonts) et sur certains types de roches, dites « basiques » (de teinte sombre).

Les SCV : une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays touchés par la désertification

A lors que l'eau est rare et aléatoire dans les zones concernées par la désertification, une grande quantité est perdue ou bien n'est pas utilisable : en surface elle ruisselle, en profondeur elle est inaccessible aux racines des cultures. On arrive alors au paradoxe suivant : la désertification a des conséquences telles qu'il n'y a pas assez d'eau à certains endroits (terroirs cultivés) et qu'elle y reste peu de temps alors qu'ailleurs, trop d'eau arrive brutalement et reste longtemps (gouttières et zones basses des glaciers). Dans ces deux situations, les écosystèmes cultivés sont pénalisés et contraints, voire parfois condamnés, par des régimes hydriques et hydrologiques défavorables.

Nécessité de pratiques culturales alternatives

Les événements climatiques extrêmes prévalent dans les régions soumises à la désertification. Toute gestion agricole ayant pour effet de tamponner ces extrêmes serait particulièrement pertinente. Plutôt que de subir et à peine survivre dans ces conditions défavorables, les petites agricultures familiales ont-elles des alternatives quant à leur gestion des sols et des cultures ? Pour cela, les pratiques culturales alternatives doivent viser les objectifs suivants :

- Suppression de l'érosion et ralentissement des ruissellements au profit de l'infiltration, par la création d'un état de surface du sol favorable ;
- Mise à profit de l'eau profonde par les systèmes racinaires ;
- Amortissement des effets des aléas climatiques pendant la saison de culture et d'une année à l'autre ;
- Augmentation de la résilience des nouveaux systèmes de culture vis-à-vis des écarts climatiques ;
- Impacts sociaux et économiques bénéfiques pour les agriculteurs à court-moyen terme ainsi que pour l'entière communauté du terroir, afin de rendre attractives ces pratiques alternatives.



De tels objectifs peuvent être atteints sur les terroirs cultivés grâce aux principes suivants :

- Mise en place d'une couverture permanente du sol par une biomasse protectrice (lutte contre l'érosion, le ruissellement, l'évaporation, les fortes températures, etc.) qui conserve l'humidité et amortit les aléas climatiques. Celle-ci, en se minéralisant et s'humifiant (en formant de l'humus), **recycle les éléments minéraux** et recharge le sol en carbone, améliorant ainsi sa structure.
- Absence de travail du sol (labour en particulier) laissant au sol le temps et la faculté de se restructurer via les biomasses mais aussi ralentissant la minéralisation de la matière organique humifiée.
- Décompaction du sol dans la zone colmatée (profondeur de 20/40 à 80/100 cm) grâce par exemple à des plantes de couverture à systèmes racinaires



2

1. Riz pluvial sur couverture vive d'Arachis pintoï.
Cerrados, Brésil.
2. Coton sur couverture morte de sorgho.
Cerrados, Brésil.
© L. Ségué

puissants, en particulier des graminées (*Brachiaria sp.*, *Eleusine coracana*, sorgho...) et des légumineuses (*Crotalaria sp.*, *Cajanus cajan*), préparant le terrain pour les plantes cultivées (« labour biologique »).

- Captage par les racines de l'humidité profonde, améliorant le bilan hydrique et contribuant à l'amortissement des irrégularités pluviométriques.
- Amélioration de l'alimentation animale en associant agriculture et élevage grâce à la fonction fourragère des plantes de couverture.

Ces caractéristiques peuvent être atteintes grâce à une agriculture basée sur les systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), avec des modalités adaptées aux diverses situations écologiques et agro-socio-économiques.

En dessous de 300 millimètres de pluie, l'irrigation est absolument nécessaire et les SCV peuvent, bien entendu, y être également pratiqués dans ces conditions.

Zoom

SCV et agriculture de conservation

Les SCV font partie des approches dites « agro-écologiques ». Ils correspondent à ce que l'on appelle depuis 2000 « l'agriculture de conservation », définie ainsi dans son sens premier : non travail du sol, couverture végétale permanente et rotation des cultures.

Des systèmes de culture qui allient protection de l'environnement et production agricole

Depuis 1985, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad) met au point et diffuse en petite agriculture dans les zones intertropicales (y compris semi-arides à sub-humides) de nouveaux systèmes de culture basés sur deux principes majeurs à l'échelle de la parcelle :

- La suppression du travail du sol (d'où le nom de « semis direct »)
- Une couverture végétale permanente.

Ces systèmes proposent une agriculture attractive, rentable, protectrice de l'environnement et durable. Ils s'inspirent du mode de fonctionnement d'un écosystème forestier (qui vit sur lui-même en recyclant sa biomasse pourvoyeuse permanente d'éléments minéraux, sans fuites, ni en surface ni en profondeur) tout en augmentant la production des plantes. Dans ces systèmes, le sol n'est jamais travaillé et une **couverture morte** ou **vivante** est maintenue en permanence. La biomasse utilisée pour le paillage (mulch) provient des résidus de cultures, de cultures intercalaires ou de **cultures dérobées**, légumineuses ou graminées, utilisées comme « **pompes biologiques** » et qui valorisent les ressources hydriques disponibles.

Ces plantes ont en effet des systèmes racinaires puissants et profonds et peuvent recycler les éléments nutritifs des horizons profonds vers la surface, où ils sont alors utilisés par les cultures principales. Elles produisent également une importante biomasse et peuvent se développer en conditions difficiles ou marginales, pendant une partie de la saison sèche, sur des sols compactés où elle peut être éventuellement utilisée comme fourrage.

La couverture peut être desséchée (coupée, roulée ou par pulvérisation d'herbicide, en fonction des espèces et des moyens disponibles), ou gardée vivante mais contrôlée par une application à faible dose d'herbicides spécifiques. La biomasse n'est pas enfouie dans le sol mais est conservée en surface. Les semis sont réalisés directement dans la paille, après ouverture d'un simple trou ou d'un sillon. Toute une gamme de semoirs sont testés : semoirs motorisés pour les grandes exploitations, semoirs (développés au sud du Brésil) à traction animale, roues semeuses et cannes planteuses manuelles.

Les agriculteurs les plus modestes peuvent également utiliser un simple bâton ou une bêche. Ce type d'agriculture peut déjà répondre à la question que posent les agricultures pauvres : que faire quand on n'a rien ? Mais elle convient, bien entendu, à tous les niveaux d'équipement et d'intensification.



Rouleau coupeur (rolo-faca) pour coucher et tuer la couverture végétale avant le semis. Parana, Brésil.

© M. Raunet

Lexique

Couverture morte : Débris végétaux morts de toute nature couvrant et protégeant le sol, ancrés (par les racines) ou non comme les résidus de récolte, chaumes dressés, plante de couverture tuée (coupée, roulée ou herbicidee), végétation rapportée, etc.

Couverture vive : Plante de couverture du sol poussant en même temps que la culture principale pendant une partie au moins de son cycle et repartant éventuellement après la récolte, à usage fourrager ou non.

Culture dérobée : Culture de courte durée, intercalée entre deux cultures principales.

Pompe biologique : Voir recyclage des éléments minéraux.

Recyclage des éléments minéraux : Remontée biologique (par les racines et la biomasse qui retombe en surface) et réutilisation par minéralisation de la matière organique fraîche étalée durant la campagne agricole, des éléments minéraux du sol qui, sinon, seraient perdus, soit par ruissellement, soit par lessivage.

Petit rappel historique : du semis direct aux SCV

Les idées de base et la mise en pratique du semis direct (90 millions ha dans le monde en 2005) ont émergé en dehors des zones tropicales, d'abord aux États-Unis d'Amérique à partir des années 60, puis au Brésil subtropical (Sud), en Australie, en Argentine et au Canada à partir des années 70. Dans ces zones, dont beaucoup sont semi-arides tempérées ou méditerranéennes, des groupes d'agriculteurs pionniers, conscients que leurs terres étaient balayées irrémédiablement par l'érosion, se sont mobilisés en entraînant la recherche (publique et privée), pour inventer de nouvelles façons de produire.

Ce mouvement n'a pas cessé de s'étendre dans ces pays (25 millions ha aux États-Unis, 24 millions ha au Brésil, 10 millions ha en Australie, 12 millions au Canada en 2005), grâce à la construction de nouveaux outils (semoirs spécifiques en particulier), et des progrès techniques réalisés tous les ans. Mais jusqu'au début des années 1980, les zones tropicales, à sols plus fragiles et aux climats plus agressifs, n'avaient fait l'objet d'aucune recherche dans ces domaines. À partir de 1983, d'abord dans les grandes exploitations mécanisées des *cerrados* brésiliens (zones de savane humide) puis, au sein des petites agricultures de pays partenaires du Sud, le Cirad (avec l'animation de Lucien Ségué) a réussi à adapter et concrétiser les principes des SCV à grande échelle. Il s'agit d'un véritable changement de paradigme en région tropicale, et d'un challenge difficile du fait des conditions pédo-climatiques et de la rapide minéralisation de la matière organique.

À ce jour, le Cirad est en grande partie à l'origine du développement extraordinaire des SCV dans les *cerrados*, avec en 2005, près de 10 millions d'hectares (contre 20 000 ha en 1992). Ce qui prouve sans conteste que ces systèmes sont très attractifs économiquement. La démonstration est donc actuellement faite, avec reproductibilité des résultats en vraie grandeur, qu'il est maintenant possible en régions intertropicales, grâce à ces nouvelles technologies et à la mise en œuvre d'une agronomie tropicale spécifique (qui est encore loin d'avoir exploré le champ des possibles), de produire mieux, durablement et à coûts plus faibles, tout en supprimant l'érosion et en améliorant la qualité des sols. La mise au point de ces technologies par une recherche adaptative, s'inspirant des grands principes agro-écologiques à base de sols couverts non travaillés et orientés vers la petite agriculture pauvre, ou celles demandant divers niveaux d'intensification, a été entreprise par le Cirad et ses partenaires sur toutes les écologies des zones chaudes de la planète (Brésil, Madagascar, Réunion, Côte d'Ivoire, Mali, Cameroun, Gabon, Mexique, Vietnam, Laos, Tunisie, ...).

Bien entendu, les spécificités des SCV ne sont pas les mêmes partout. Elles dépendent des milieux humains, économiques, et physiques rencontrés. C'est le challenge de la recherche adaptative que de construire avec les agriculteurs des systèmes de culture adéquats.



Répartition des superficies importantes (ha) dédiées au semis direct dans le monde (2005)

Source : Congrès mondial de l'agriculture durable (Nairobi, 2005)

Les avantages des SCV pour les agriculteurs

Les impacts bénéfiques des SCV au niveau de l'agriculteur (parcelle, exploitation agricole) sont nombreux et se mesurent à court-moyen terme : impacts agronomiques, environnementaux et économiques.

De multiples performances agronomiques ...

La couverture végétale permanente a différentes fonctions sur le milieu agricole :

- Protection du sol contre l'érosion hydrique du fait de la barrière créée contre l'énergie des gouttes de pluie arrivant au sol.
- Augmentation de l'infiltration grâce à l'absence du travail du sol. Rappelons que ce dernier est à l'origine d'une « semelle de labour » arrêtant eau et racines. De plus, le travail des racines et l'**activité biologique** dans le sol améliorent les propriétés physiques du sol cultivé (porosité en particulier) et donc l'infiltration de l'eau.
- Réduction de l'évaporation grâce au couvert végétal et au paillis (mulch) qui diminuent les pertes des remontées capillaires.
- Réduction des variations de température du sol : le couvert végétal tamponne les excès thermiques.
- Utilisation de l'eau profonde du sol : les racines de l'ensemble « plante cultivée et couvert végétal », du fait de l'amélioration des propriétés physiques du sol, peuvent accéder aux réserves hydriques plus profondes.
- Création d'un environnement favorable au développement de l'activité biologique : l'apport de biomasse additionnelle en tant que substrat nutritionnel, l'amélioration physique et hydrique du sol et l'amortissement thermique, sont favorables à l'activité des bactéries, des champignons et de la faune (vers de terre, fourmis, arthropodes, collemboles, larves d'insectes...).
- Contrôle des adventices : le couvert végétal, par son ombrage et souvent par ses propriétés allélopathiques (excrétions biochimiques antagonistes), s'oppose à la germination des mauvaises herbes.
- Accroissement du taux de matière organique du sol (siège de sa fertilité) : l'apport de biomasse (superficielle et racinaire) permet, par humification, une accumulation durable de carbone fixé dans le sol, participant ainsi indirectement à la lutte contre l'effet de serre.



- Alimentation des plantes cultivées : la minéralisation lente pendant l'année de la biomasse fraîche par remontée d'éléments profonds (**recyclage**) alimente en continu la plante cultivée, permettant ainsi une économie d'intrants.
- Alimentation animale : le couvert végétal a, le plus souvent, une valeur fourragère utilisable par le bétail en inter-culture.

Les plantes de couverture sont sélectionnées, entre autres, pour leurs systèmes racinaires puissants « éclatant » le sol et activateurs de l'activité biologique. En conséquence, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments est accrue. Les récoltes augmentent et sont plus régulières.

Comme plantes de couverture, citons par exemple des graminées (genres *Brachiaria*, *Chloris*, *Panicum*, *Sorghum*, ...) et des légumineuses (genres *Macroptilium*, *Stylosanthes*, *Mucuna*, *Crotolaria*, *Cajanus*, ...). Par contre, les plantes de couverture ont des ennemis potentiels qui sont les feux, les troupeaux qui divaguent (vaine pâture), et parfois les termites (en Afrique).



1. Racines de cotonnier sur sol compacté à 20 cm (Cerrados, Brésil, partenariat Cirad-ca/groupe Maeda)
 2. Racines de cotonnier sur sol non compacté (Cerrados, Brésil, partenariat Cirad-ca/groupe Maeda).
 © L. Ségué

Ces inconvénients peuvent être surmontés si on change d'échelle, de la ferme au terroir, avec une exploitation collective raisonnée des ressources, en contractualisation entre les différents types d'acteurs (agriculteurs et éleveurs notamment) et au profit de tous. Par exemple, les plantes de couverture associées à des haies agroforestières pourraient améliorer la gestion des troupeaux et leur divagation serait ainsi davantage contrôlée.

... et des performances environnementales considérables dont profitent les agriculteurs sur leurs terroirs

Cette agriculture agro-écologique propose des solutions pour les principaux défis environnementaux que le monde doit affronter à court terme, en particulier dans les zones sub-arides à sub-humides menacées de désertification, grâce :

- au contrôle de l'érosion, à la protection des sols et à la régénération de leur fertilité au moindre coût ;
- à la réduction de l'agriculture itinérante et donc de la déforestation ;

- à la réduction de la consommation d'eau pour la production agricole et pour les productions pluviales rendues possibles dans les zones marginales ;
- à l'efficacité accrue de l'utilisation des engrais et pesticides, diminuant leur impact polluant et améliorant la qualité et la sécurité alimentaire ;
- à l'effet tampon pour les flux d'eau et la réduction des risques d'inondation ;
- à la récupération des sols marginaux laissés à l'abandon du fait de leur très faible fertilité naturelle.

Ces bénéfices environnementaux issus de la pratique des SCV ont été pour certains observés et évalués, d'autres sont attendus. En effet, en petite agriculture inter-tropicale, ces technologies sont récentes et encore en grande partie expérimentales. De plus, nous n'avons pas encore assez d'expérience à grande échelle (par exemple sur un terroir complet).

Mais aussi des bénéfices économiques importants !

Les SCV sont particulièrement attractifs pour les agriculteurs sur le plan économique du fait de gains à très court terme -comme la réduction des temps de travaux et de leur pénibilité-, mais aussi à plus long terme, comme la stabilisation des rendements. La large capacité d'adaptation de ces systèmes aux diverses conditions agro-écologiques, moyens de production, et différents niveaux d'intensification, rend aussi les SCV accessibles aux différentes catégories d'agriculteurs, y compris les plus pauvres.

De plus, les SCV sont un moyen crédible et vulgarisable d'aboutir à une agriculture durable, compatible avec l'agriculture « bio » (n'utilisant pas d'intrants chimiques). L'analyse de l'intérêt économique des SCV doit prendre en compte un grand nombre de postes, au niveau de l'agriculteur, des communautés villageoises, du pays et de l'environnement mondial.

Au niveau de l'agriculteur, il faut distinguer :

- Ce qui est mesurable directement : les coûts, comme l'achat de matériel spécifique, de semences et d'herbicides, et les gains comme la diminution des temps de travaux, l'économie d'intrants (engrais, pesticides, fuel) par rapport à l'agriculture conventionnelle ainsi que l'augmentation des rendements après deux ou trois années.
- Ce qui est mesurable indirectement : suppression de l'érosion, amortissement de conditions climatiques difficiles et fluctuantes, augmentation de la fertilité des sols, meilleure association avec l'élevage.

Pour l'instant, il n'existe que peu de résultats d'enquêtes permettant d'apprécier monétairement les coûts et les avantages directs comme indirects. Toutefois, des données quantitatives sont issues des expérimentations et des mises en oeuvre de SCV dans différents pays du Sud comme par exemple au Cameroun (voir page 30) et en Tunisie.

Zoom

SCV, fertilité et biodiversité dans les sols

La biodiversité du sol géré en SCV est liée à sa fertilité. En effet, l'une stimule l'autre, en rétroaction positive. Dès que le sol cultivé n'est plus travaillé, qu'il est protégé en permanence de l'érosion et des excès climatiques (agressivité des pluies, évaporation, températures excessives...), et qu'il n'est plus agressé par les pesticides, il devient un agro-écosystème vivant, véritable bioréacteur, très riche en bactéries, champignons, arthropodes, vers de terre, larves et insectes pollinisateurs, etc., ingénieurs du sol qui interagissent en structurant le sol, l'aérant, humifiant la matière organique, recyclant, fixant l'azote, minéralisant le phosphore, au profit de la résilience du système et, par conséquent, au service d'une production durable.

Un sol fertile est, entre autres, un sol vivant, riche biologiquement. Pour un tel sol, les notions de fertilité, durabilité, résilience, biodiversité sont alors indissociables. Au contraire, un sol dégradé est un sol en voie de mort biologique. Les conditions qui réduisent l'activité et la diversité biologique d'un sol sont multiples : perturbation mécanique (labour par exemple), faible aération, compaction (engins agricoles, surpâturage, ...), engorgement, érosion, déficit d'apport de matière organique fraîche (support des bio-organismes), passages de feux, contrastes thermiques accentués, excès de pesticides, manque d'humidité et pH excessifs (moins de 4 et plus de 9,5). Or les SCV, lorsqu'ils sont bien gérés, ont pour propriétés et objectifs (en plus des objectifs économiques bien entendu) de s'éloigner le plus possible de ces conditions défavorables.



Activité biologique du sol sous SCV. Turricules.
Nord Cameroun.
© L. Ségué

À cette diversité biologique intrinsèque, concourent les systèmes racinaires (plantes cultivées, couvertures, adventices), qui diffèrent d'une saison à l'autre, et qui, par leurs actions mécaniques et chimiques (excrétions racinaires, décomposition/minéralisation), servent de support nutritif et permettent à la microflore et à la méso-macrofaune de proliférer. À son tour, cette activité biologique, permet, avec la conservation de l'humidité et l'activité biologique, la création d'une ambiance physico-chimique favorable, l'assimilabilité des éléments minéraux et la création d'un important volume de sol exploitable par les racines, plus meuble et aéré. Grâce à cette microflore et à cette faune, il s'opère un recyclage minéral permanent des litières et des racines mortes avec un minimum de pertes en surface et en profondeur. Au niveau du sol, SCV et biodiversité sont donc en forte interaction, l'un n'allant pas sans l'autre.

Exemple

Comparaison des coûts de production en système de culture conventionnel et SCV au Nord de la Tunisie

Des comparaisons ont été menées entre des parcelles gérées de façon conventionnelle et d'autres en SCV dans deux fermes de référence situées l'une dans la zone Nord (précipitations de 500 à 700 mm/an) et l'autre dans la zone Sud (300 à 500 mm/an), toutes deux à base de production de céréales et de légumineuses. Le coût des intrants est évalué au prix de marché, les coûts de travail du sol sont évalués sur la base des tarifs des travaux. Les coûts de mécanisation (hors travail du sol) sont évalués de manière équivalente au travail du sol, ou de manière directe (coût des équipements ramenés à l'hectare en fonction de la durée de vie et du taux d'utilisation) ou sur la base du coût direct de l'équipement. Les résultats sont les suivants :

- Dans la ferme du nord, la culture de blé dur a des coûts de production de 311 DT*/ha en SCV contre 353 en agriculture conventionnelle, soit un avantage de 12 pour cent ;
- Dans la ferme du sud, la culture de blé dur a des coûts de production de 299 DT*/ha en SCV contre 309 en agriculture conventionnelle, soit un avantage de 3 pour cent ;
- Dans la ferme du sud, la culture de petit pois présente un avantage en faveur des SCV de 3 pour cent.

À ces données directes, pas encore tout à fait convaincantes pour le moment, il convient surtout d'ajouter les considérations d'ensemble des bénéfices des SCV : baisse du coût d'amortissement du semoir, vente du fourrage ou de l'ensilage à partir des plantes de couverture, pâturage des plantes de couverture par le troupeau de la ferme (économie d'achat d'aliment du bétail et/ou de culture fourragère, amélioration des performances du troupeau), conservation de la biomasse et restitution au sol et donc augmentation de sa fertilité.



1. Semis de blé sur des résidus de céréales, Tunisie.
2. Semis de blé sur des pailles de céréales (à gauche après passage du semoir de semis direct et à l'extrême gauche agriculture conventionnelle avec labour), Tunisie.

© J.F. Richard

Pour l'agriculteur tunisien, les SCV permettent de diminuer les coûts de production (baisse de la consommation de gasoil estimée à 50 à 80 litres par hectare, soit 20 à 30 DT* par hectare, et baisse du coût de l'équipement et des pièces détachées), une réduction des risques climatiques par effet « tampon » du SCV, la restauration des sols et de leur teneur en matière organique, l'amélioration générale du système de culture (en particulier par une meilleure intégration de l'élevage), les possibilités accrues de cultiver les pentes et les sols dits incultes.

D'après Chouen *et al.*, 2004

* 1 euro=1,6886 dinars tunisiens (DT) (cours au 2 août 2006)

Lexique

Activité biologique : Effets, produits et transformations résultant des activités des êtres vivants (micro-organismes, végétaux, animaux, etc.) dans un milieu donné pourvu en nutriments et énergie.

Recyclage des éléments minéraux : Remontée biologique (par les racines et la biomasse en surface) et réutilisation des éléments minéraux du sol qui, sinon, seraient perdus, soit par ruissellement, soit par lessivage.

Effets cumulés et services rendus des SCV aux niveaux des paysages et des communautés

Dans les pays du Sud, en petite agriculture, l'expérience des SCV, compte tenu de leur développement récent, n'a pas encore affecté la taille critique d'un bassin versant, échelle pour laquelle les impacts et **externalités** pourraient être évalués en vraie grandeur. Seuls des processus attendus lors de ces changements d'échelle sont décrits dans ce chapitre. À partir de la généralisation de la pratique des SCV, on pourra prévoir des effets, cumulatifs et interactifs (externalités positives), aux niveaux des terroirs, des bassins versants et des paysages. Certaines de ces fonctions et services rendus à la collectivité possèdent des valeurs monétaires et sociales qui devront être évaluées par les économistes de l'environnement.

Des effets indirects agro-environnementaux importants

Les effets bénéfiques, consécutifs à la meilleure gestion des sols, des eaux et des cultures, engendrés par une pratique généralisée des SCV, seraient sensibles, entre autres, sur :

■ **La fixation de l'agriculture** : L'agriculture itinérante dans les zones semi-arides ou sub-humides avec défriche sur brûlis du couvert forestier, est une source de désertification quand le temps de jachère est trop faible pour permettre la reconstruction forestière et la fertilité des sols. L'instauration de systèmes de culture SCV, qui ont pour effet de combiner, en un même lieu et sur une même durée, production végétale et reconstitution de la fertilité, supprimerait la nécessité de l'itinérance, et donc la déforestation engendrée.

■ **La revégétalisation ligneuse** : Les plantes de couverture utilisées dans les SCV sont également de bons fourrages. La généralisation des SCV permettrait par conséquent de diminuer la pression sur les pâturages naturels. En plus de la fixation de l'agriculture, la pratique des SCV permettrait ainsi d'évoluer vers une stabilisation de l'élevage. Les feux de brousse, utilisés traditionnellement pour renouveler les pâturages, seraient également moins nécessaires, laissant ainsi le temps aux bois et forêts de se reconstituer avec leur faune associée.

■ **L'arrêt de l'érosion** : Grâce à l'absence du travail du sol et à sa couverture permanente, on observe la diminution, voire la suppression de l'érosion et du ruissellement, sources importantes de désertification et de dégradation des sols. L'eau de pluie est également mieux absorbée par les sols gérés en SCV. Un des impacts attendus, très important, concernerait alors les retenues et les barrages en aval qui



Autour du puits, Mauritanie.
© M. Raunet

seraient par conséquent moins envasés ou ensablés. En région méditerranéenne (Maghreb), les travaux et aménagements antiérosifs lourds et coûteux, de DRS (défense et restauration des sols) et de CES (conservation des eaux et des sols), ne seraient probablement plus nécessaires si les bassins versants étaient gérés globalement en SCV.

■ **La prévention des inondations** : Pour les raisons précédentes (ruissellement faible, lent, retardé et dispersé sur les bassins versants), les parties aval des paysages, les dépressions, cuvettes, bas-fonds et parties inférieures des glacis, ne seraient plus inondées. Les terroirs et les zones habitées, en général à bonne capacité productive en cultures et en pâturages (vertisols, sols hydromorphes de bas-fond, ...) seraient mieux protégés et seraient moins souvent condamnés par les brutales arrivées d'eau.

■ **La remontée des nappes phréatiques** : L'augmentation de l'infiltration au niveau général des bassins versants aurait des conséquences très positives sur la remontée sensible (un à plusieurs mètres) des nappes phréatiques contenues dans l'épais manteau d'altération qui soutend les sols des régions intertropicales. Les bénéfices se feraient alors sentir à plusieurs niveaux :

- Les puits des villages seraient moins profonds et moins susceptibles de s'assécher.
- L'alimentation plus régulière du régime hydrologique des bas-fonds serait propice à la riziculture, au maraîchage de contre-saison et à l'abreuvement des animaux.



Bas-fond alimenté par les ruissellements et la nappe phréatique. Auréole de ronciers avec une nappe phréatique peu profonde (Madagascar Ouest).

© M. Raunet

- La nappe phréatique, devenue peu profonde, pourrait alimenter (en partie) des cultures « sur nappe » comme le riz et les racines-tubercules (igname, manioc, patate douce, ...).
- Les bordures plus ou moins larges (20 à 200 mètres) en périphérie des bas-fonds et des dépressions pourraient également tamponner l'irrégularité des pluies au profit de cultures arborées, tels les vergers.
- Les écoulements des cours d'eau seraient régularisés et étalés sur toute l'année.

■ **La séquestration du carbone :** La biomasse des cultures en SCV (du fait des plantes de couverture et des résidus de récolte) et celle de la végétation naturelle (du fait de la revégétalisation ligneuse espérée) augmenteraient globalement au niveau des territoires. Dans les régions de savanes semi-arides à semi-humides, la pratique des SCV et la suppression des feux de brousse, permettraient en principe de stocker dans les sols des terroirs de 0,5 à 1,5 tonnes par hectare et par an de carbone sur 10 ans (hypothèse basse). Sur l'ensemble du paysage, avec un mélange de SCV, de pâturages et de forêts régénérées, on pourrait alors espérer une séquestration du carbone appréciable. Un calcul théorique et schématique nous montre que le passage d'une région dégradée (cultures traditionnelles, sols et végétation dégradés) à une région « régénérée » (SCV, forêt et pâturages en reconstitution, en proportions égales) augmenterait sa teneur en carbone de l'ordre de 4,7 tonnes de carbone par hectare et par an sur 15 ans.

Zoom

SCV et agrobiodiversité



Troupeau sur Brachiaria. Cerrados, Brésil.
© L. Ségy

Avec les organismes génétiquement modifiés et avec la spécialisation et l'uniformisation de l'agriculture conventionnelle intensive dans les pays développés (et certains pays asiatiques de la « Révolution verte » comme l'Inde et le Pakistan), les bases génétiques, réservoir de biodiversité des plantes cultivées, diminuent de façon alarmante. De nombreux gènes potentiellement utiles et inestimables (car adaptés à divers environnements) disparaissent. Cela est dramatique alors que le réchauffement climatique va induire une évolution vers de nombreux milieux difficiles auxquels il faudra s'adapter. Nous avons besoin d'un maximum de biodiversité pour y faire face.

Au niveau variétal, les SCV permettent de mieux exploiter les synergies « génotype x environnement ». Beaucoup de variétés considérées comme sensibles à certaines pestes en conditions d'agriculture intensive sont éliminées par la sélection malgré des avantages qu'elles offrent par ailleurs (rusticité, faible exigence en engrais, ...). Ces variétés s'avèrent en réalité beaucoup mieux protégées ou plus tolérantes dans certaines conditions de micro-environnement créées par les SCV pour lesquelles elles sont mieux adaptées. Une grande quantité de variétés sont donc certainement à réhabiliter et à exploiter génétiquement en SCV, ce qui, en soi, concourt à une augmentation de la biodiversité. Il en est de même pour la diversité des plantes de couverture (légumineuses, graminées, crucifères, ...), qui, le plus souvent, sont pluri-fonctionnelles (production de biomasse, fourrage, etc.). Les exploitations conduites en SCV à faibles niveaux d'intrants, qui parient davantage sur l'agronomie et la diversification que sur la chimie et la monoculture, sont des systèmes qui exploitent et créent de la diversité biologique, une des conditions de la résilience des agro-écosystèmes.

Au niveau racinaire et proche racinaire, la diversité des espèces des cultures et des couvertures engendre, d'un système à un autre, une grande variété de micro-organismes aidant la nutrition des plantes (bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, mycorhizes, ...). Pour schématiser, les SCV fonctionnent et s'améliorent en « cercle vertueux » : ils créent de la fertilité qui crée de la biodiversité qui crée à son tour davantage de fertilité.

Aires protégées : contribution des SCV à la protection de la biodiversité

Les SCV peuvent potentiellement avoir un impact indirect sur la biodiversité de la faune sauvage, via leur intégration dans les agricultures des zones périphériques des aires protégées riches en grande faune. Ces zones sont « poreuses » à la fois pour la faune sauvage et pour l'agriculture (la plupart du temps itinérante sur brûlis). La cohabitation y est généralement conflictuelle : les gros animaux détruisent les cultures, incitant les agriculteurs à les tuer, et inversement, l'agriculture détruit l'environnement et les habitats de cette faune, sans parler du braconnage.

Cette situation risque d'empirer avec le réchauffement climatique et ses conséquences négatives sur la biodiversité. De telles situations sont très nombreuses en Afrique, où les aires protégées ainsi que leurs zones périphériques sont souvent menacées par les activités anthropiques. C'est le cas par exemple des aires d'intérêt biologique du WWF (Organisation mondiale de protection de la nature) qui, sans être officiellement protégées, hébergent encore un quart de la grande faune emblématique de l'Afrique (éléphants, rhinocéros blancs, girafes...). En Afrique australe, compte tenu de la pression démographique et sur les terres, le WWF a compris que la sédentarisation et la durabilité des agricultures de ces régions étaient indispensables pour préserver la faune.

Ces régions de Miombo (forêt claire typique d'Afrique australe), sont considérées comme marginales à cause de la piètre qualité de leurs sols, de leur faible pluviométrie, et du faible intérêt qu'y prêtent les autorités, agences de développement et bailleurs de



Les girafes au Niger.
M.L. Sabrié ©IRD

fonds. Dans ces territoires, l'enjeu est d'intégrer agriculture sur couverture (souvent fourragère), élevage avec maîtrise des feux de brousse et gestion de la faune sauvage. Cet enjeu majeur concerne en particulier toutes les régions australes, refuges de grande faune (d'Angola au Mozambique, de Tanzanie à l'Afrique du Sud en passant par le Zimbabwe, le Malawi, la Zambie et le Botswana).

Les SCV aident à la fixation des terroirs agricoles car les jachères forestières ne sont plus nécessaires pour restaurer la fertilité des sols. Ils pourraient ainsi contribuer à la résolution des conflits entre conservation de la biodiversité et production agricole.



Visite de techniciens de la Sodécoton sur une parcelle expérimentale de SCV maïs/mucuna. Nord-Cameroun.

© K. Naudin

Les bénéfices économiques indirects des SCV

■ **Aux niveaux du terroir, de la région et du pays**, les gains sont des externalités positives (qui ne sont pas perçus directement par l'agriculteur) comme par exemple la meilleure protection des bassins versants et des ouvrages en aval (barrages, routes, ponts, habitations, ...). Ces externalités sont difficilement évaluables d'un point de vue économique, les gains retirés étant non marchands pour la plupart. Les coûts pour les collectivités (ou à partager avec les agriculteurs) sont des coûts de formation, de sensibilisation, d'encadrement et de vulgarisation, voire d'assistance technique extérieure si nécessaire, de recherche d'accompagnement et des coûts d'amélioration des services en zone rurale (crédit, marchés, systèmes d'approvisionnement, ...).

■ **Au niveau mondial**, citons la participation à la lutte contre l'effet de serre par augmentation de la capacité du sol à séquestrer le carbone, l'amélioration de la biodiversité (flore et faune, réserves de gènes, paysages) et l'augmentation de l'activité économique.



Ruissellement après de fortes pluies.
Béja, Tunisie.
© J.-F. Richard

Des méthodes d'estimation des externalités existent

Pour évaluer les bénéfices économiques totaux des SCV, il convient d'en apprécier les externalités. Une méthodologie a été suggérée en 2003 par l'AFD (Agence Française de Développement) basée sur des études antérieures, en particulier celles de Paggiola *et al.* (2005) et Pimentel *et al.* (1995). Les différentes externalités positives attendues liées à une pratique généralisée des SCV et estimables à une échelle macro-économique sont les suivantes :

- **Diminution des impacts du ruissellement et de l'érosion :** dommages liés aux inondations et aux crues, perturbation des écosystèmes aquatiques, perturbation de la navigabilité, besoins de traitement additionnels des eaux lié à la présence de sédiments, perte d'intérêt touristique et récréatif.
- **Diminution des impacts sur les retenues d'eau** (petits lacs collinaires, petits et grands barrages).

Les méthodes d'estimation de ces impacts sont alors celles des évaluations contingentes, des coûts de transports, la mesure des coûts de protection supplémentaires liés à la sédimentation, la mesure des coûts directs des inondations (destructions, impacts sur l'habitat, stérilisation de terres,...), la mesure de la perte de capacité des barrages et de son impact sur l'irrigation et la production d'hydro-électricité. La méthode la plus simple consisterait à faire le produit suivant : « coût de dragage théorique d'un mètre cube de sédiment x quantité de sédiments évités en SCV ».

Exemple

Gains économiques dus au stockage de carbone : l'exemple de la Tunisie

Un bref calcul donnerait les résultats suivants : les SCV permettent de stocker 0,5 tonne de carbone par hectare et par an, soit 10 tonnes de carbone par hectare sur une période de 20 ans. Si on met en culture 60 pour cent des terres fertiles de la Tunisie en SCV (3 millions ha) et si l'on estime le coût des dommages internationaux par tonne de carbone émise à 20 USD, l'adoption des SCV en Tunisie représenterait un bénéfice international non actualisé de 600 millions de dollars américains sur 20 ans ($10 \times 3 \times 10^6 \times 20$ ans).

En considérant une réduction de 40 pour cent des émissions d'origine agricole grâce aux SCV, et en admettant que celles-ci représentent 40 pour cent des émissions de carbone de la Tunisie, et en sachant qu'en 1994 ce pays a émis 2,6 tonnes de CO₂ par habitant et par an (environ 10 millions d'habitants), le bénéfice international total serait de 21 millions de dollars américains en 2003. Sans actualiser, cela ferait 462 millions de dollars américains sur 20 ans !

D'après Richard, 2004.



Inondation dans une parcelle après un orage. Mali.
© M. Raunet

D'autres externalités positives peuvent être estimées comme :

■ *La diminution de la pollution par les intrants des eaux de surface et des nappes* : rappelons que les SCV permettent à terme une baisse de l'utilisation de produits pesticides grâce à un meilleur contrôle des pestes et ravageurs par les plantes de couverture et en lutte intégrée. Les méthodes utilisées pour évaluer cet impact consisteraient à faire le point sur les transferts d'engrais et de pesticides du champ à l'eau, sur l'impact des SCV sur les quantités d'intrants utilisés et sur l'évaluation économique de la pollution générée. Il faudrait, en toute rigueur, d'une part mesurer toutes les quantités d'engrais et de pesticides utilisés et, d'autre part, mesurer toutes les pollutions ainsi générées, sur place et ailleurs, puis chiffrer les dommages économiques causés par ces

pollutions. Pour compliquer le tout, il y a une multiplicité des impacts dus à l'utilisation d'intrants (dommages écologiques, socio-culturels et d'agrément, économiques directs) et il est difficile de tous les mesurer. On peut néanmoins suggérer de calculer le coût du traitement évité grâce aux SCV par le produit suivant : « coût unitaire x quantité évitée pour chaque polluant » en y ajoutant une estimation des impacts sur la santé.

■ *La recharge des nappes et de la régulation des débits des cours d'eau grâce aux SCV est difficilement évaluable*. En effet, comment donner une valeur à l'eau ainsi rendue disponible ? Peut être, en prenant en compte le **coût d'opportunité** de l'eau, c'est-à-dire en évaluant les quantités stockées en saison des pluies grâce à la pratique des SCV, rendues disponibles en saison sèche pour l'homme et l'agriculture.

Zoom

Deux méthodes d'évaluation économique d'un bien environnemental

■ *La méthode des coûts de transports* (ou de déplacement) est une méthode indirecte d'évaluation économique d'un bien environnemental. Un agent économique désireux d'utiliser un bien environnemental peut être amené à consommer des biens marchands pour cela. C'est à partir de cette consommation mesurable que l'on attribue une valeur au bien environnemental. Par exemple, pour se promener dans une forêt lointaine, l'agent va consommer de l'essence pour le transport. On va mesurer les coûts d'essence ainsi supportés.

■ *La méthode d'évaluation contingente* est une méthode directe d'évaluation économique d'un bien environnemental qui consiste à effectuer des enquêtes auprès des agents économiques pour leur demander combien ils sont prêts à payer (ou quelle dépense ils sont prêts à faire) pour améliorer et profiter de la qualité d'un service rendu par un bien environnemental ou pour annuler l'effet d'une détérioration de la qualité de ce bien.

■ *La diminution des dommages sur les infrastructures* en aval (réseaux de drainage, ponts, routes) grâce à la pratique généralisée des SCV est également difficilement quantifiable. Certaines pistes d'évaluation monétaire sont néanmoins possibles : le risque d'une coupure de route peut être évalué par le produit « coût total d'une coupure x probabilité d'occurrence en moins grâce aux SCV ». De plus, des économies de construction et d'entretien des ouvrages et des réseaux de drainage sont réalisés grâce à la pratique des SCV. En effet, la diminution du ruissellement engendrée par la pratique des SCV entraînerait une diminution du nombre d'ouvrages nécessaires et de leurs dimensions. L'économie réalisée sur les coûts d'entretien des infrastructures, attendue avec la pratique généralisée des SCV, peut se calculer à partir des coûts unitaires d'entretien qu'impose une certaine quantité d'eau et de terres érodées dans la zone.

■ *Biodiversité et milieu naturel* : Il est nécessaire de séparer la biodiversité dans le sol, celle des « terres de remplacement » et celle des systèmes aquatiques :

- La biodiversité dans le sol est favorisée par le non travail du sol, premier principe agronomique des SCV (augmentation du nombre d'espèces et du nombre d'individus par espèce). La diminution des pesticides et herbicides attendue à terme avec les SCV a également un rôle positif sur cette amélioration.
- La biodiversité des « terres de remplacement » : les agriculteurs défrichent de nouvelles terres en forêt lorsque leurs parcelles sont trop dégradées (**agriculture itinérante sur brûlis**). La pratique des

SCV, du fait que ce système de culture améliore la fertilité des sols de façon importante, permet de façon indirecte de sédentariser les paysans. De ce fait, elle permettrait en toute logique de ralentir la déforestation et donc de contribuer à la protection de la biodiversité.

- Les systèmes aquatiques sont dégradés par les intrants et la sédimentation. La pratique des SCV devrait contribuer à la protection de la biodiversité aquatique grâce à la diminution des intrants qu'elle engendre à terme et grâce à la diminution de la sédimentation.

Considérons que la biodiversité a trois valeurs : une valeur d'usage (ou valeur fonctionnelle), une valeur esthétique ainsi qu'une valeur culturelle et sociétale. La valeur d'usage s'estime par la mesure de la qualité biologique des sols et des systèmes aquatiques (y compris les stocks de poissons aux prix du marché). La valeur esthétique s'estime par des études d'impact sur la perte d'intérêt touristique et récréationnel des sites par évaluation contingente ou par la méthode des coûts de transports. Cependant, dans la dernière méthode, le consentement à payer est difficile à mesurer dans les pays en développement. La valeur culturelle et sociétale s'estime par évaluation contingente. Pour réaliser toutes ces études, il conviendrait de disposer de données quantitatives, notamment issues d'inventaires de faune et de flore, ce qui est malheureusement assez rare dans les zones touchées par la désertification.

Exemple

Bénéfices économiques et SCV : l'exemple de la Tunisie

Pour la collectivité, l'augmentation de la valeur ajoutée agricole est attendue grâce à la pratique des SCV ainsi que la diminution de la consommation de produits pétroliers (du fait du non travail du sol), la diminution du coût de l'équipement et de pièces détachées. À plus long terme, on peut espérer que la généralisation de la pratique des SCV entraînera une diminution des coûts des pratiques anti-érosives conventionnelles de conservation des eaux et des sols, coûteuses (évaluée à 400 DT/ha*). La recharge des nappes phréatiques ainsi que la diminution de l'envasement des barrages et des risques sur les infrastructures sont également des bénéfices possibles pour la collectivité.

La mise en oeuvre des SCV a quatre effets sur le carbone au niveau de la parcelle : la suppression de la libération du carbone produit habituellement par le travail du sol, la diminution des émissions liées à la consommation de carburants, le stockage du carbone par augmentation de la matière organique des sols, et la meilleure rétention du carbone dans les sols par diminution de l'érosion de



Construction coûteuse de banquettes de DRS (défense et restauration des sols) à faible efficacité et qui entraîne des pertes de surface cultivable. Région de Goubellat, Tunisie.

© S. Chouen

surface. Avec une tonne de carbone estimée à 10 USD**, un stockage de 14 tonnes par hectare sur 10 ans grâce à la pratique des SCV, une ferme de 200 hectares accumulerait un gain potentiel de 28 000 DT*, soit le coût d'un semoir spécialisé.

D'après Chouen *et al.*, 2004.

* 1 euro=1,6886 dinars tunisiens (DT) (cours au 2 août 2006)

** Dans le cadre du marché des droits d'émission instauré au titre du Protocole de Kyoto.

Zoom

À quoi sert le Mécanisme du développement propre ?

Le Mécanisme du développement propre (MDP) est un des instruments financiers du Protocole de Kyoto de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique. C'est la possibilité pour un pays développé, ou un agent économique de ce pays, de gagner des quotas d'émissions de gaz à effet de serre en effectuant des projets de réduction d'émissions ou des projets de séquestration du carbone dans des pays en développement.

■ **Séquestration du carbone :** Les projets sur les SCV sont souvent intégrés dans des plans plus vastes d'adaptation aux changements climatiques. En effet, leur pratique permet d'augmenter le stockage du carbone. De plus, l'adoption par la COP7 (Conférence des Parties) de la Convention des Nations Unies sur le changement climatique (UNFCCC) a permis l'élargissement de la notion de « puits de carbone » aux systèmes de culture. Dans le cadre du MDP (Mécanisme du Développement Propre), des projets « puits » peuvent être lancés et financés par des pays développés pour répondre à leurs propres obligations. Les procédures pratiques restent cependant à définir. Le stockage relatif moyen grâce aux SCV serait de 0,5 à 1,5 tonnes de carbone par hectare et par an. Au niveau planétaire, les SCV réduiraient les émissions de carbone d'origine agricole de 40 pour cent. L'évaluation économique dépend ensuite du prix du carbone sur le marché du carbone. Ce dernier peut être estimé aux environs de 10 USD la tonne. La Banque mondiale estime que le coût des dommages internationaux par tonne de carbone émise serait de 20 USD*.

L'évaluation monétaire des externalités pose plusieurs difficultés : compréhension des phénomènes et prise en compte globale, notamment des effets « **off site** », rareté des données quantitatives disponibles, difficulté d'évaluer les situations de référence et les « état initiaux » difficultés de généraliser des résultats ponctuels (il est nécessaire d'avoir une validation statistique de ces résultats, ce qui n'est pas encore le cas). Les estimations chiffrées effectuées pour chacun des points précédents sont difficilement additionnables. Par exemple dans le contexte tunisien, le bénéfice majeur des SCV réside dans la diminution de l'érosion et du ruissellement et donc de la limitation des envasements des barrages, soit 0,1 pour cent du produit intérieur brut d'après une étude de la Banque mondiale, puis dans la diminution de la sédimentation des cours d'eau et de l'impact hydrologique (recharge des nappes, régularisation des cours d'eau). Le bénéfice potentiel de la séquestration du carbone a été grossièrement estimé. Le bénéfice sur la qualité des eaux et la biodiversité est beaucoup plus difficile à quantifier.

* Banque mondiale, 2003. Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement en Tunisie. Washington.



Élevage ovin sur résidus de culture de blé dur.
Mateur, Tunisie.
© J.F. Richard



Lexique

Coût d'opportunité : Il exprime ce que perd un agent économique lorsqu'il fait un choix, c'est-à-dire la valeur correspondant à la possibilité qu'il n'a pas choisie.

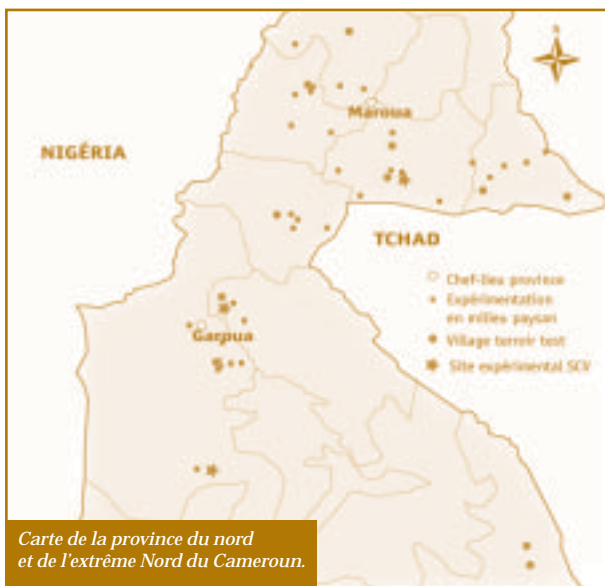
Défriche-brûlis : Agriculture itinérante en écosystèmes forestiers des régions intertropicales. Défriche et brûlis récurrents de la forêt pour la mise en culture pendant 2 à 4 ans à laquelle succède la jachère forestière pendant un temps variable (une dizaine d'années) ou plus permettant à la fertilité du sol de se reconstituer. Puis remise en culture, etc.

Effets « off site » : Ce sont les effets que l'on constate loin des lieux où l'on pratique les SCV ; par exemple la diminution des quantités de sédiments transportés par les rivières au-delà d'un bassin versant traité en SCV est un effet « off site » positif (ou une « externalité positive »).

Externalité : C'est la conséquence, positive ou négative, de l'activité d'un ou de plusieurs agents économiques sur d'autres agents économiques qui n'est pas prise en compte par le marché. L'exemple typique est l'industriel qui rejette gratuitement dans l'air des fumées polluantes qui ont des conséquences néfastes sur la santé d'autres agents économiques ; lesquels en paient le coût.

Un exemple au Nord-Cameroun : quatre ans d'expérimentation en SCV sur les systèmes cotonniers avec les agriculteurs

Les SCV à la Sodecoton
(Société de Développement du Coton au Cameroun)



Carte de la province du nord et de l'extrême Nord du Cameroun.

Depuis 1994, la Sodecoton, à travers les projets DPGT (Développement Paysannal et Gestion de Terroir) et ESA (Eau-Sol-Arbre), vulgarise des techniques de maintien de la fertilité des sols au Nord-Cameroun, zone de culture du coton (régime soudanien avec une pluviométrie annuelle de 600 mm au Nord à 1 200 mm au Sud). Cette région est en effet fortement soumise à de graves problèmes d'érosion et de dégradation des terres. Il s'agit principalement d'aménagements anti-érosifs (bandes enherbées, cordons pierreux, biefs, ...), de préservation des *Acacia albida* et de la promotion de la fumure organique. En alternative à ces aménagements, les SCV sont testés depuis 2001. La période 2001-2005 a principalement été une phase de mise au point des techniques. À l'heure actuelle, plus de 200 paysans ont expérimenté les SCV dans leurs champs.

Mise au point de SCV coton-céréale

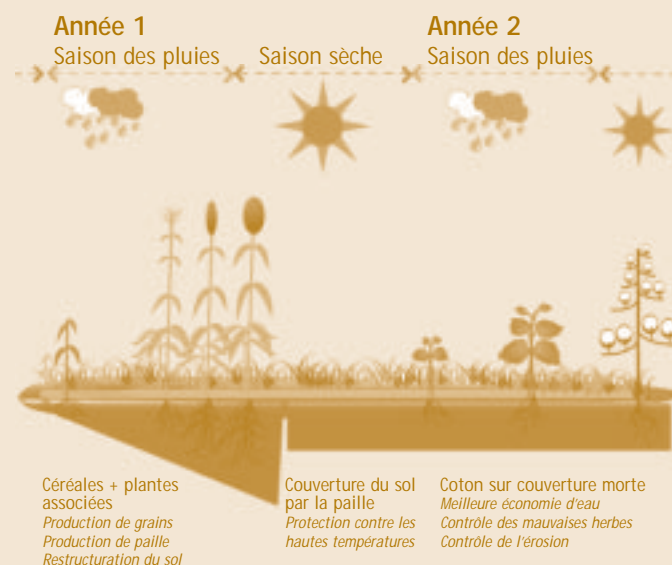
La rotation coton-céréale est habituelle chez les paysans du Nord-Cameroun. C'est sur cette base que les premiers SCV ont été construits. La première année, la céréale (sorgho/maïs/mil) est cultivée en association avec une plante de couverture (*Brachiaria ruziziensis*, *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*, *Crotalaria retusa*, *Vigna unguiculata*). Ces associations permettent de doubler la production de biomasse sur la parcelle. La biomasse ainsi produite est conservée sur place ou consommée en partie par le bétail. Elle sert ensuite de couverture au coton cultivé l'année suivante.

Zoom

Les SCV au Nord-Cameroun : comment ça marche ?

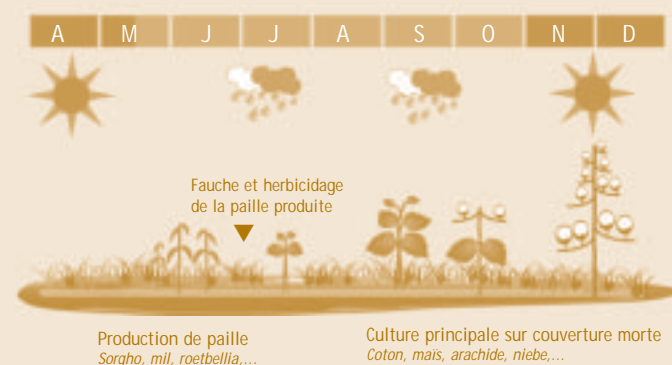
Globalement, au Nord-Cameroun, deux types de SCV sont en train d'être expérimentés :

■ Production de biomasse une année sur deux



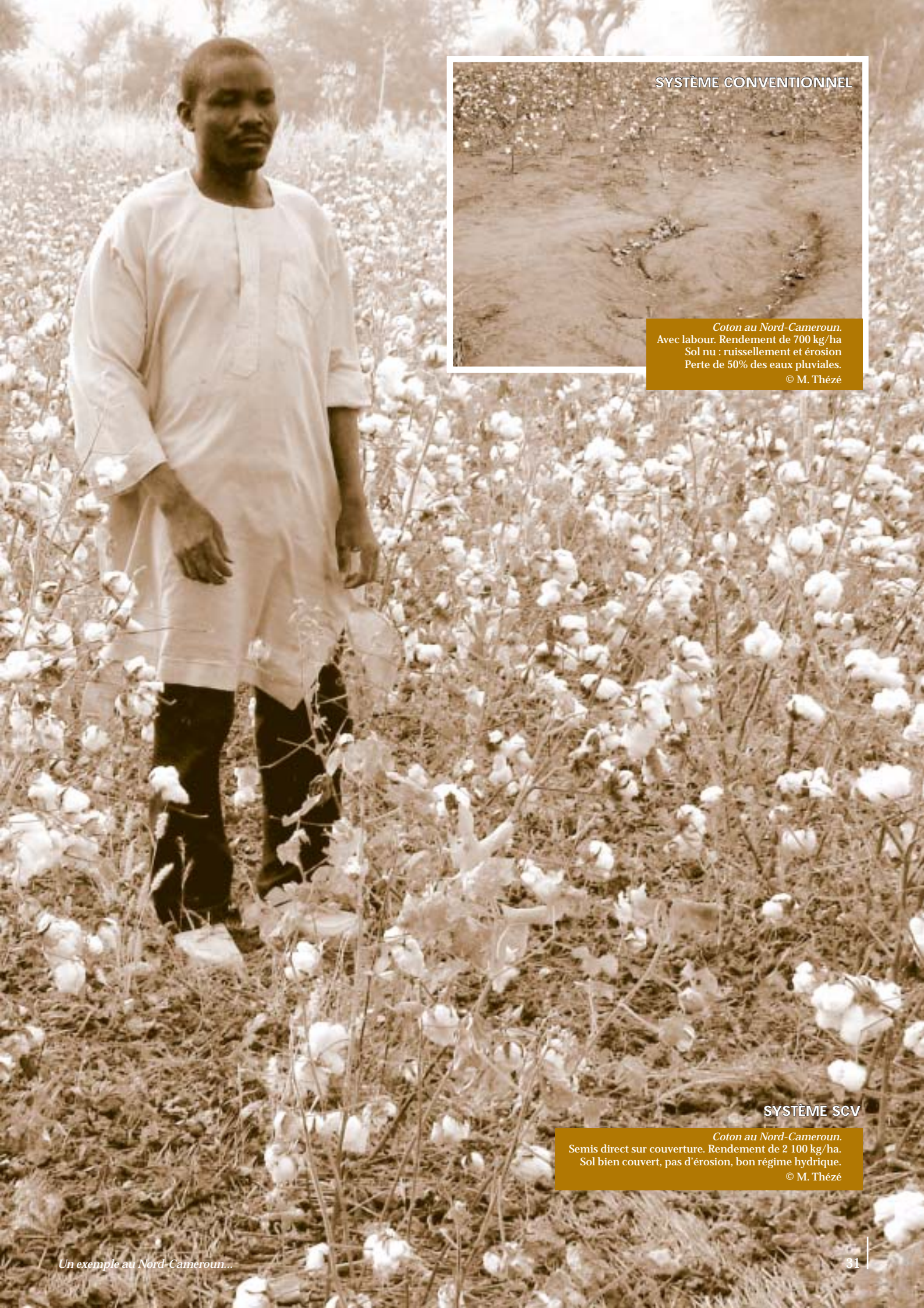
- **Avantages** : adapté aux zones de faible pluviométrie, correspond aux rotations traditionnelles à base de céréales et de coton.
- **Inconvénient** : nécessite la protection de la couverture produite si celle-ci est consommable par les animaux.

■ Production de biomasse la même année que la culture principale.



- **Avantage** : pas besoin de protection de la parcelle pendant l'intersaison.
- **Inconvénients** : nécessite une saison des pluies de 6 mois et l'emploi d'herbicide.

D'après Séguy et al. modifié.



SYSTÈME CONVENTIONNEL



Coton au Nord-Cameroun.
Avec labour. Rendement de 700 kg/ha
Sol nu : ruissellement et érosion
Perte de 50% des eaux pluviales.
© M. Thézé

SYSTÈME SCV

Coton au Nord-Cameroun.
Semis direct sur couverture. Rendement de 2 100 kg/ha.
Sol bien couvert, pas d'érosion, bon régime hydrique.
© M. Thézé



Parcelle paysanne gérée en SCV. Coton sur paille de sorgho de l'année précédente. Nord-Cameroun.
© K. Naudin

Comment sont conduits les essais ?

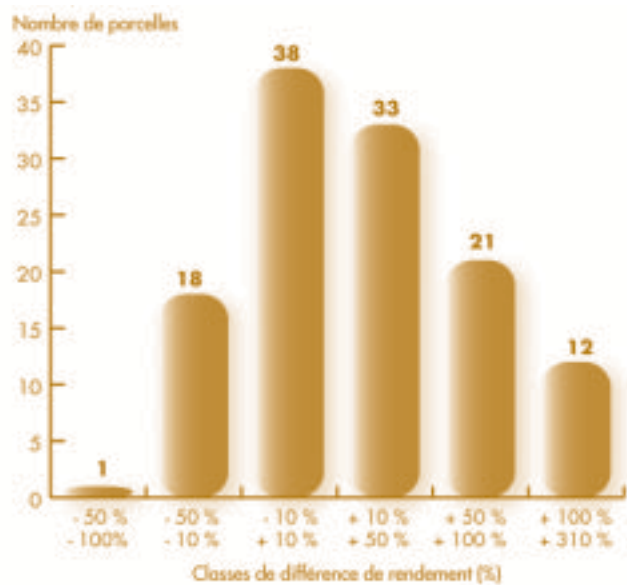
Les parcelles paysannes font généralement un quart d'hectare. Les paysans divisent leur parcelle en 2, 3 ou 4 sous-parcelles et expérimentent les SCV sur une d'entre elles (de 200 à 1 250 m²), le reste étant conduit selon l'itinéraire habituel. Tous les travaux sont réalisés par le paysan. Le projet fournit des conseils en cas de besoin ainsi que les appareils de traitement herbicide avec caches (pour une pulvérisation d'herbicide localisée).

Des rendements équivalents, voire légèrement supérieurs

De 2001 à 2005, dans l'Extrême Nord du Cameroun, là où la sécheresse est la plus fréquente et intense, les parcelles de coton en SCV ont produit environ 1,4 tonnes par hectare contre 1,16 tonnes par hectare sur les parcelles conventionnelles (mesure sur plus de 130 parcelles pendant la campagne 2001, 2002, 2003, 2004 et 2005). Ce gain de rendement provient en grande partie d'une meilleure infiltration et d'une évaporation réduite des eaux de pluies. En dehors des gains quantitatifs, il semble également que l'on puisse espérer des gains en termes de qualité de la fibre de coton.

Comparaison des rendements en coton entre SCV et témoin (agriculture conventionnelle)
Moyenne des campagnes 2001 à 2005 dans les provinces du Nord et de l'Extrême Nord
D'après Naudin et Balarabe, 2006.

	SCV		Témoin	
	Rendement moyen (kg/ha)	Nombre de parcelles	Rendement moyen (kg/ha)	Nombre de parcelles
Extrême Nord	1 421	139	1 164	134
Nord	1 689	66	1 510	66



Répartition des parcelles en fonction des différences de rendement du sorgho entre parties SCV et témoin (en %)

Campagnes 2001/2002/2003/2004, 123 couples de parcelles 10 % + 50 % : rendement supérieur de 10 à 50 % sur la parcelle conduite en SCV. Cela concerne 33 parcelles.

Provinces	Systèmes	Poquets/ha	Pieds/poquet	Capsules/pied	Poids capsulaire (gr)	Rendement (kg/ha)	Nombre de sous-parcelles
Extrême Nord	Témoin	26 402	1,89	6,32	4,66	1 468	32
	SCV	27 455	1,83	6,58	5,37	1 776	34
Nord	Témoin	19 655	1,43	12,37	5,28	1 837	16
	SCV	21 176	1,48	12,22	5,20	1 988	15

Les rares pluies s'infiltrent mieux dans le sol

Dans l'extrême Nord, dans les systèmes traditionnels, la pluviométrie est très souvent le facteur limitant le rendement du coton et des autres cultures. De plus, les rares pluies qui tombent ont souvent du mal à s'infiltrer car les sols ont une tendance naturelle à s'encroûter en surface. Cette tendance est aggravée par les techniques traditionnelles de culture qui laissent le sol nu durant le début de la saison des pluies. Les gouttes de pluie qui tombent sur ce sol nu favorisent son encroûtement.

Les SCV permettent d'enrayer ce phénomène car la présence de biomasse à la surface du sol et l'intense activité biologique dans le sol favorisent beaucoup l'infiltration de l'eau. Par exemple, des mesures ont été effectuées sur le site expérimental de Zouana (Extrême Nord) sur trois parcelles mitoyennes entre le 29 juin et le 2 septembre 2004 (précipitations totales de 397 mm). Sur les parcelles gérées en itinéraires conventionnels (semis direct sans couverture et avec labour), plus d'un quart de la pluie est perdu par ruissellement. En revanche, cette quantité est divisée par 10 dans les parcelles conduites en SCV. Ainsi, sur près de 400 millimètres de pluie, 100 sont perdus avec les techniques de culture traditionnelles tandis que quasiment toute l'eau reçue dans les parcelles en SCV s'infiltré dans le sol.

Quantité d'eau de ruissellement sur trois types de parcelles cultivées depuis 2002

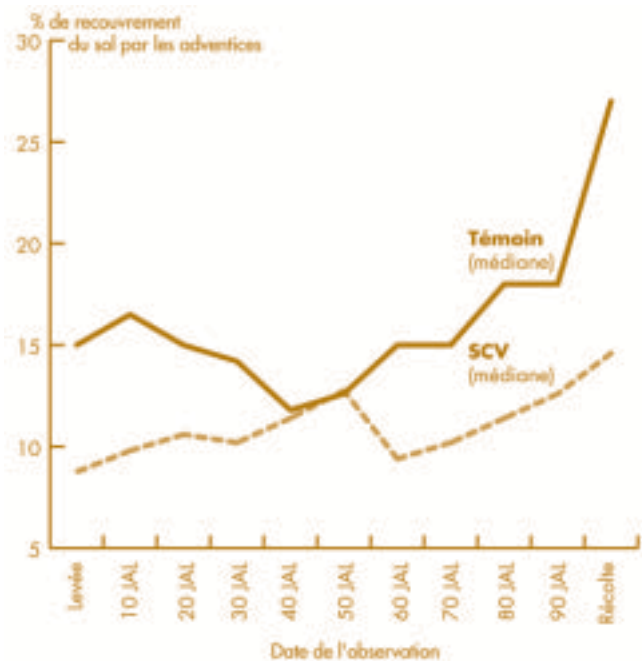
D'après Naudin *et al.*, 2005a.

Type de parcelle	Quantité d'eau perdue (mm)
Labour (pas de couverture du sol)	95 *
Semis direct seul (sans labour ni couverture du sol)	106 *
SCV (sans labour et présence d'une couverture du sol)	10

* Quantité sous-estimée.

D'importants impacts agronomiques et économiques

Les SCV ont également des effets à long terme comme l'amélioration du taux de matière organique, la diminution de l'érosion, l'amélioration de la fertilité du sol et la diminution de la pression des adventices.



Évolution de l'enherbement de la levée à la récolte du coton
Mesure sur 50 parcelles du Nord et de l'extrême Nord du Cameroun

JAL : jours après la levée

Une médiane a été calculée (et non une moyenne)

D'après Naudin *et al.*, 2005a.



Coton sur mulch (*Brachiaria* et sorgho, à droite) et sans mulch (témoin à gauche). L'humidité est mieux conservée dans la partie gérée en SCV. Nord-Cameroun.

© K. Naudin

Les paysans cherchent également des gains économiques à court et à moyen termes. Il existe des différences significatives entre les parcelles gérées conventionnellement et celles en SCV : gains de temps de travail, coûts de production moins élevés, etc.

Gains dans les parcelles en SCV	Coûts supplémentaires
Diminution du temps de travail grâce à la suppression de certains travaux : <ul style="list-style-type: none"> • Labour • Buttage • Sarclage (si le paillage est suffisant) 	<ul style="list-style-type: none"> • Herbicide pour pulvérisation localisée (seulement si le paillage est insuffisant) • Urée (50 kg/ha) les trois premières années si le paillage est composé de graminées (inutile s'il s'agit de légumineuses)

Le bilan, est généralement en faveur des SCV que ce soit en termes de revenu net à l'hectare, de nombre de jours de travail à l'hectare ou de productivité par jour de travail.

Comparaison des grands indicateurs économiques entre SCV et témoin (système conventionnel) Campagne 2004, Nord et Extrême Nord du Cameroun.

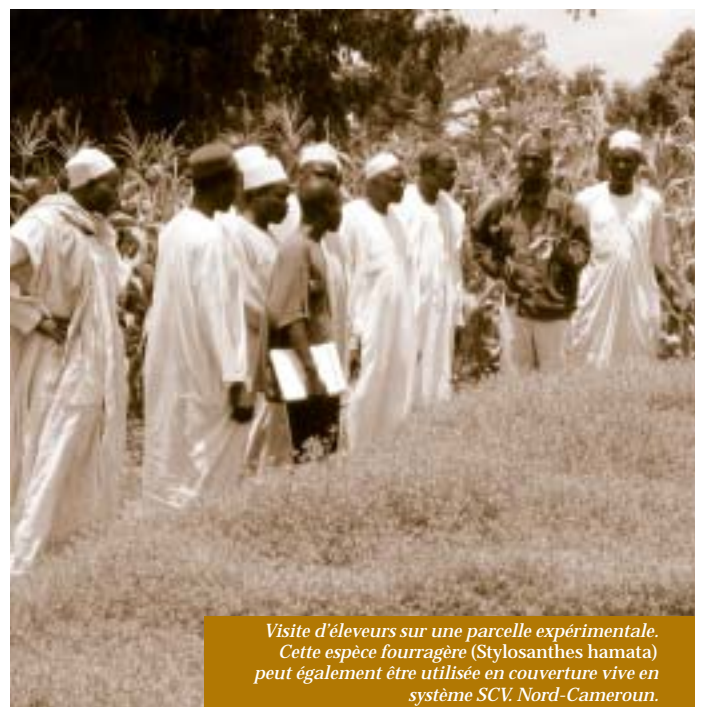
D'après Naudin et Balarabe, 2005b.

	SCV	Témoin	Nb de couples de parcelles
Revenu net/ ha (euros)	301	225	41
Jours de travail /ha (homme-jours)	101	109	28
Valorisation de la journée travaillée par l'agriculteur ou sa famille (euros/ jour de travail)	3,53	2,28	22

Le projet continue...

La pratique d'essais en milieu paysan est très enrichissante car elle permet aux chercheurs d'obtenir très tôt l'avis des paysans sur les techniques à vulgariser. Après ces quatre années d'essais en milieu paysan, les efforts vont maintenant se porter sur la diffusion et le personnel d'encadrement agricole. D'un point de vue de la recherche, les thématiques qui restent à approfondir sont les suivantes :

- la fertilisation adaptée suivant les plantes de couverture utilisées dans la rotation ;
- le traitement herbicide pour diminuer la charge de travail sur les parcelles les plus enherbées (province du Nord) quand le paillage n'est pas suffisant ;
- la production de biomasse la même année que le coton en profitant des premières pluies de la saison.



Visite d'éleveurs sur une parcelle expérimentale. Cette espèce fourragère (*Stylosanthes hamata*) peut également être utilisée en couverture vive en système SCV. Nord-Cameroun.

© K. Naudin

Zoom

Agriculture, élevage et SCV : des composantes parfois difficiles à concilier en Afrique soudano-sahélienne

Agriculture et élevage sont décrits depuis longtemps comme les deux mamelles du développement rural, mais leur intégration semble *a priori* bien difficile dans de nombreuses situations de petite agriculture familiale du Sud. Des considérations ethniques (certaines ethnies pratiquent l'agriculture, d'autres l'élevage) se mêlent à des questions de compétition pour l'espace ou de gestion antagoniste de la biomasse disponible (par exemple quand les éleveurs mettent le feu à la végétation pour favoriser les repousses des graminées alors que les agriculteurs essaient de la conserver). Cette compétition peut devenir conflictuelle quand la pression sur les ressources devient trop importante. Il n'est pas rare d'entendre, lors de la présentation des SCV dans des zones où coexistent agriculture et élevage, que ces systèmes ne peuvent pas être développés à cause de la concurrence pour la biomasse (plantes de couverture) pendant la saison sèche. Or pourquoi n'y aurait-il pas complémentarité plutôt que compétition ?

Dans de nombreuses situations, l'accès au statut d'éleveur constitue, pour le cultivateur, une promotion sociale en même temps que la garantie de nouveaux revenus plus réguliers. Les plantes de couverture des SCV ont peu de chance d'être adoptées « en pur » dans les petites exploitations proches de l'auto-subsistance où tout ce qui est cultivé sur l'exploitation doit produire immédiatement des revenus ou de l'alimentation.

Il est possible, dans ce contexte de cultiver des plantes alimentaires ou des associations permettant de produire à la fois des grains qui seront exportés de la parcelle et de la biomasse qui pourra servir de couverture. Il existe cependant toute une gamme de plantes de couverture intéressantes pour la mise en place de SCV pour leur aptitude à produire de la biomasse, de pousser dans des conditions difficiles, d'étouffer les adventices, etc., mais qui ne produisent ni revenu, ni alimentation pour la famille. Il est important de trouver des moyens de valoriser cette production de biomasse et l'animal constitue souvent la meilleure valorisation :

- alimentation d'un ou de plusieurs animaux pendant la période de production de biomasse ;
- pâturage voire même surpâturage d'une plante de couverture pour l'affaiblir avant de mettre en place la plante cultivée ;



Affouragement (*Brachiaria ruziziensis*)
provenant d'une parcelle gérée en SCV.
Nord-Cameroun.

© K. Naudin

- fauchage et stockage d'une partie de la biomasse sous forme de foin ou d'ensilage puis vente ou consommation de cette biomasse pendant la saison sèche.

La valorisation de cette biomasse, par la vente, par exemple, pour les élevages périurbains pendant la saison sèche ou pour l'alimentation des moutons avant les fêtes musulmanes peut, dans certains cas, s'avérer beaucoup plus rentable que la vente de la production de grain comme dans les pays du Maghreb où la paille a souvent plus de valeur que le grain. Dans la région de Bobo Dioulasso au Burkina Faso, des groupements de femmes vendent de 70 à 100 francs CFA (0,1 à 0,15 €) le kilogramme d'ensilage frais.

L'utilisation des plantes de couverture dans les SCV permet de reconsidérer des relations agriculture-élevage et la nécessité d'inventer de nouveaux systèmes. Il faut déterminer quelles sont les règles et les modalités de gestion de la biomasse produite, quelle partie peut être utilisée pour l'alimentation du bétail et quelle partie doit rester sur la parcelle pour jouer le rôle de couverture végétale (quelle plante, quelle gestion, quelle utilisation, quelle combinaison avec les plantes cultivées ?). C'est un travail à part entière pour le chercheur en agronomie et en zootechnie. Dans un contexte de concurrence entre élevage et agriculture pour l'utilisation de la biomasse, les SCV peuvent se révéler des systèmes privilégiés pour la réussite de l'intégration de ces deux activités en orientant le système vers la production de biomasse utile.

Les SCV, une voie prometteuse pour lutter contre la désertification ?

La désertification est sous-tendue par des processus naturels et humains. Les changements climatiques et la démographie du 21^{ème} siècle vont sans doute exacerber ces mécanismes et élargir les aires touchées par le processus de désertification, spécialement en Afrique. Les agricultures intertropicales devront alors s'adapter à ces conditions difficiles marquées par les aléas climatiques, les stress hydriques et les phénomènes érosifs. Cette adaptation devra se faire avec de nouveaux systèmes de production, dont les qualités et les fonctions premières seront la protection, la production et la résilience des agro-écosystèmes, c'est-à-dire la résistance aux agressions aussi bien naturels qu'anthropiques.

La désertification, affectant de grands espaces, fait partie des processus liés au réchauffement climatique mondial. La biodiversité, préservée ou améliorée, sera alors une condition nécessaire et essentielle pour augmenter la résilience, et ainsi la durabilité, des agro-écosystèmes et, par conséquent, favoriser leur adaptation aux changements en cours et à venir. Cette biodiversité devra intéresser différentes échelles, depuis la microflore et la faune des sols, jusqu'à l'écosystème forestier préservé, en passant par l'agro-biodiversité inter et intra-spécifique des systèmes agraires : rotations et diversification des cultures, couvertures mixtes avec mélanges de plantes à propriétés et fonctions différentes mais complémentaires, exploitation des ressources génétiques multiples dont les traditionnelles.

Les SCV répondent parfaitement à tous ces cahiers des charges, en y ajoutant bien d'autres avantages directs pour l'agriculteur (économie de travail, amélioration de la fertilité des sols, ...). De multiples externalités positives (eaux, biodiversité, économie, ...) proviennent également des SCV, à diverses échelles (exploitations, terroirs, bassins versants, communautés régionales et nationales, planète), comme la fixation accrue de carbone, contribuant ainsi à la lutte contre l'effet de serre.



Réunion de techniciens et de paysans pratiquant le SCV (séance de conseil de gestion). Nord-Cameroun. © K. Naudin

Si ces systèmes SCV sont relativement faciles à énoncer et à définir, il ne s'agit pas d'une simple panoplie de techniques et le problème de leur diffusion aux agriculteurs se pose : l'investissement en formation est alors fondamental. Il doit être envisagé dans la durée et être spécifiquement qualifié et ciblé, depuis l'agriculteur bien entendu, jusqu'au décideur politique, en passant par les organisations paysannes, les techniciens, les scolaires, les étudiants et les agronomes. Il s'agit de bousculer les traditions avec leurs forts ancrages psychologiques et culturels ainsi que de changer des modes de pensée apparemment immuables. Adopter les SCV, c'est donc entrer dans un nouveau paradigme qui implique, en plus du secteur agricole, beaucoup de structures et d'institutions qui devront accompagner les agriculteurs vers



Zoom

Le sol vivant au centre des préoccupations concernant le changement climatique, la désertification et la biodiversité

Le sol, pellicule meuble et fragile qui « enrobe » nos terres émergées, est une ressource vitale pour l'humanité puisqu'il permet l'agriculture et donc l'alimentation. Le sol est un capital et un patrimoine précieux pour tous, sociétés, citoyens, agriculteurs ... Avec l'eau et le climat, le sol forme une composante fondamentale des écosystèmes terrestres qui nous hébergent et dont nous faisons partie. Pour se former, il a le plus souvent mis des millions d'années avant de devenir un support vivant, construisant lui-même sa fertilité autorisant ainsi l'agriculture. Le sol, écosystème en soi, est le cœur ainsi que le premier maillon (peut-on dire, métaphoriquement, de la « chaîne alimentaire » ?) des grands écosystèmes terrestres et agro-écosystèmes qui se construisent sur lui, autour de lui, grâce à lui. Le sol, quand il est au mieux de son fonctionnement, est tout à la fois un « bioréacteur », un filtre, un support, un milieu nourricier recycleur, un réservoir d'eau et un espace tampon face aux agressions extérieures.

La matière organique en est bien entendu une composante fondamentale, car, d'une part, agent de structuration et de porosité, et d'autre part, support alimentaire et énergétique de sa biodiversité (microflore, méso-macrofaune, végétaux ...), elle-même garante de la résilience et des fonctions de l'écosystème sol. Or cette matière organique, fraîche et humifiée, est alimentée, en quantité et en qualité, par la biomasse qui revient au sol, qu'elle soit d'origine naturelle ou agricole. Le mieux qu'on puisse faire pour protéger, entretenir ou améliorer les qualités d'un sol cultivé consiste à le couvrir en permanence, ne plus le travailler et l'alimenter en biomasse, si possible diversifiée. Ce sont des principes agroécologiques. Une telle gestion permettra, à la fois de faire produire le sol économiquement, et de maintenir un agro-écosystème durable.

La dégradation des sols au contraire, si les pratiques agricoles ne changent pas, conduit le plus souvent à la désertification des écosystèmes, à leur perte de biodiversité, au gaspillage de l'eau pluviale, à une perte de résilience par rapport aux agressions du changement climatique qui s'annonce. On comprend donc que le sol soit l'élément-clé et commun des préoccupations actuelles de l'humanité, thèmes des trois grandes conventions internationales (changement climatique, diversité biologique, lutte contre la désertification). Un des meilleurs moyens d'éviter cette mort annoncée pourrait consister en l'adoption et la diffusion des systèmes SCV.

cette nouvelle agriculture, que l'on peut qualifier, sans exagérer, de révolutionnaire. En agriculture familiale des pays du Sud, une telle évolution sera lente mais possible, comme le laissent présager les résultats obtenus depuis une quinzaine d'années.

Après les projets entrepris par le Cirad et ses partenaires du Sud, depuis 1990, dans de nombreuses écologies (Brésil, Madagascar, Gabon, Côte d'Ivoire, Vietnam, ...), l'Agence Française de Développement (AFD) et ses partenaires (Fonds français pour l'environnement mondial, FFEM et le ministère des Affaires étrangères, MAE) se sont, depuis 1999, engagés résolument et de façon concertée dans cette voie (Laos, Tunisie, Madagascar, Cameroun, Mali, ...).

Références bibliographiques

AFD/Cirad/CTC/ESAK/ICARDA, 2004. *Deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct. 19-22 janvier 2004, Tabarka, Tunisie.* Actes.156 p.

Bikay S., Brevault T., Naudin K., 2005. *Macrofauna pattern in conventional and direct seeding mulch-based cropping systems in North Cameroon.* 3rd World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, October 3-7, 2005. Full paper.

Charpentier H., 1998. *Semis direct sur couverture végétale dans deux écologies de la Côte d'Ivoire.* Actes de l'atelier international "Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture". ANAE-Cirad-FAFIALA-FIFAMANOR-FOFIFA-TAFA, Antsirabe, Madagascar 23-28 mars 1998 :165-177.

Charpentier H., 1998. *Systèmes de culture avec semis direct sur couverture végétale dans différentes zones pédo-climatiques du Burkina Faso.* INERA-Cirad-ORSTOM-FED, 57 p.

Charpentier H., Doumbia S., Coulibaly Z., Zana O., 1999. Fixation de l'agriculture au Nord et au centre de la Côte d'Ivoire : quels nouveaux systèmes de culture ? *Agriculture et développement.* 21 (mars 1999) : 4-70.

Chouen S., M'hedhbi K., 2003. *Conditions and constraints of testing direct sowing in semi-arid areas (Tunisia).* II^o world congress on conservation agriculture, Iguassu Falls, Parana, Brazil, August 11 to 15, 2003. Extended Summary/Posters (volume II) : 239-241.

Chouen S., Quillet J.C., Rojat D., 2004. Semis direct et techniques conventionnelles en Tunisie : comparaison des coûts de production sur des exploitations types et éléments d'analyse économique. *In: AFD/Cirad/CTC/ESAK/ICARDA. Deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct.* Tabarka, Tunisie, 19-22 janvier 2004 : 116-120.

Demailly D., 2004. *Méthodologie d'évaluation économique des externalités créées par les techniques de culture en semis direct en Tunisie.* Rapport de stage, ENGREF/AFD, Paris.

Griffon M., 1988. *La révolution « doublement verte » comme complément de la « révolution verte ».* Actes de l'Atelier international « Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture ». ANAE-Cirad-FAFIALA-FIFAMANOR-FOFIFA-TAFA, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998 : 41- 49.

GSDM., 2004. *Stratégie du GSDM (Groupement Semis Direct Madagascar) pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar.* ANAE, BRL-Mad, FAFIALA, FIFAMANOR, FOFIFA, TAFA, AFD, Cirad, FFEM, MAEP, Madagascar. 28 p.

Ichaou A., 2000. *Dynamique et productivité des structures forestières contractées des plateaux de l'ouest nigérien.* Thèse en Écologie végétale tropicale, Université P. Sabatier, Toulouse, France. 230 p.

M'hedhbi K., Chouen S., Ben-Hammouda M., 2003. *A recent Tunisian experience with direct drilling.* 2nd world congress on conservation agriculture, Iguassu Falls, Parana, Brazil, August, 11 to 15, 2003. Extended Summary/Posters (volume II) : 132-135.

Michellon R., Rollin D., Razafintsalama H., 2000. Conception de systèmes de culture à base de coton sur couvertures végétales à Madagascar. *In: Cirad. Rôle et place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique : actes.* Cirad, Montpellier, France : 173-177.

Naudin K., Adoum O., Soutou G., Scopel E., 2005. *Labour biologique contre labour mécanique : comparaison de leurs effets sur la structure du sol au Cameroun.* 3rd International congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, 3-7 October 2005. 12 p.

Naudin K., Balarabe O., 2005a. *Four-year experimentation on cereals under direct seeding mulchbased cropping systems (DMC) by North Cameroonian farmers.* 3rd International Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, 3-7 October 2005. 12 p.

Naudin K., Balarabe O., 2005b. *Four-year experimentation on cotton under direct seeding mulchbased cropping systems (DMC) by North Cameroonian farmers.* 3rd International Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, 3-7 October 2005. Poster.

Naudin K., Balarabe O., Aboubakary, 2005a. *Systèmes de culture sur couverture végétale. Projet ESA-Nord Cameroun, résultats campagne 2004. I. Synthèse.* Cirad-SODECOTON/projet ESA, Cameroun. 65 p.

Naudin K., Balarabe O., Séguy L., Guibert H., Charpentier H., Boulakia S., Abou Abba A., Thézé M., 2005. *A four-year timeframe to develop and begin extension of direct seeding mulchbased cropping systems, in the cotton belt of North Cameroon.* 3rd International Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, 3-7 October 2005. 8 p.

Naudin K., Husson O., Rollin D., Guibert H., Charpentier H., Abou Abba A., Njoya A., Olina J.-P., Séguy L., 2003. *No-tillage smallholder farms in semi-arid areas (Cameroon and Madagascar).* II^o world congress on conservation agriculture, Iguassu Falls, Parana, Brazil, August, 11 to 15, 2003. Extended Summary (volume I) : 46-49.

Paggiola S., Von Ritter K., Bishop J., 2004. Assessing the economic value of ecosystem conservation. *Environment Department Paper.* 101. The World Bank, in collaboration with IUCN, Washington.

Pimentel D., Harvey C., Resodudarmo K., Sinclair K., McNair M., Shpritz L., Saffouri R., Blair R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science.* 267 : 117-123.

Raunet M., 2002. *Projet de recherche-développement sur le semis direct avec couverture végétale en Tunisie. Contexte et propositions d'appuis scientifiques.* Cirad, Montpellier, France. 21 p.

Raunet M., 2002. Du dry-farming au semis direct sur couverture végétale en « agriculture d'opportunité » dans les régions semi-arides, méditerranéennes ou continentales. *Éditorial de La gazette des SCV au Cirad.* 12 (octobre-novembre 2002). 4 p.

Raunet M., 2003. Le potentiel de séquestration du carbone sous SCV en zone intertropicale. *Éditorial de La gazette des SCV au Cirad.* 14 (février-mars 2003). 3 p.

Raunet M., 2003. *L'histoire du semis direct au Brésil.* Cirad, Montpellier, France. 69 p. + fig.

Raunet M., 2003. *Quelques clés morpho-pédologiques pour le Nord-Cameroun à l'usage des agronomes.* Cirad, Montpellier, France. 65 p.

Raunet M., 2004. Quelques facteurs déterminants de l'émergence et du développement des « systèmes semis direct » dans quelques grands pays leaders (États-Unis, Brésil, Australie, Argentine). *In: AFD/CTC-ESAK-Cirad. Les deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, Tabarka (Tunisie).* 32 p.

Raunet M., 2004. *L'histoire de l'agriculture de conservation et du semis direct en Australie.* Cirad, Montpellier, France. 105 p.

- Raunet M.**, 2004. *L'histoire du semis direct aux États-Unis*. Cirad, Montpellier, France. 34 p. + 24 cartes + 4 schémas + 16 tableaux.
- Raunet M.**, 2004. Les sols intertropicaux vont très mal : au Sud les pratiques agricoles devront changer. Éditorial de *La gazette des SCV au Cirad*. 23 (décembre 2004). 5 p.
- Raunet M.**, 2005. SCV et biodiversité. Éditorial de *La Gazette des SCV au Cirad*. 25 (avril-mai 2005). 5 p.
- Raunet M.**, 2005. SCV et changement climatique. *La gazette des SCV au Cirad*. 28 (décembre 2005-janvier 2006). 24 p.
- Raunet M., Richard J.-F., Rojat D.**, 2004. Premiers résultats d'introduction du semis direct sous couvert et lutte anti-érosive en Tunisie. *Bulletin du réseau Érosion*. 23. Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone, Colloque international IRD/Cirad, Montpellier 2004 : 388-404.
- République Tunisienne**, 2003. *Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement*. Rapport METAP préparé par Sarraf M. Banque Mondiale, Washington.
- Requier-Desjardins M. et Bied-Charretton M.**, 2006. *Évaluation des coûts économiques et sociaux de la dégradation des terres et de la désertification en Afrique*. Rapport AFD/UVSQ, France.
- Richard J.-F.**, 2004. Agriculture de conservation et séquestration du carbone. In: AFD/Cirad/CTC/ESAK/ICARDA. *Deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct. 19-22 janvier 2004, Tabarka, Tunisie*. Actes : 144-147.
- Rollin D.**, 1997. Quelles améliorations pour les systèmes de culture du Sud-Ouest malgache ? *Agriculture et développement*. 16 : 57-72.
- Rollin D., Razafintsalama H.**, 1998. Du semis direct en agriculture extensive sur défriche au semis direct sur une couverture permanente du sol, éléments pour une évolution des systèmes de culture dans le Sud-Ouest. In: ANAE-Cirad-FAFIALA-FIFAMANOR-FOFIFA-TAFA. *Actes de l'Atelier international "Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture". Antrabe, Madagascar, 23-28 mars 1998* : 271-279.
- Rollin D., Razafintsalama H.**, 1999. *Conception de nouveaux systèmes de culture pluviaux dans le Sud-Ouest malgache. Les possibilités apportées par les systèmes avec semis direct et couverture végétale*. Communication au séminaire « Sociétés paysannes, dynamiques écologiques et gestion de l'espace rural dans le Sud Ouest de Madagascar ». Tananarive, novembre 1999. 10 p.
- Sadou F., Abou Abba A., Mana J., Naudin K.**, 2005. *An approach for erosion control in the cotton belt of Cameroon*. 3rd World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, October 3-7, 2005. Poster.
- Scopel E.**, 1994. *Le semis direct avec paillis de résidus dans la région V Carranza au Mexique : intérêt de cette technique pour améliorer l'alimentation hydrique du maïs pluvial en zones à pluviométrie irrégulière*. Thèse de doctorat, INA-PG, Paris. 353 p.
- Scopel E., Douzet J.M., Macena F., et al.**, 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens. *Cahier Agric*. 14 : 71-75.
- Scopel E., Findeling A.**, 2001. *Conservation tillage impact on rainfed maize production in semi-arid zones of western Mexico. Importance of runoff reduction*. World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October 2001. 5 p.
- Séguy L.**, 1992. *Quelques réflexions et axes stratégiques pour la création-diffusion de systèmes de culture stables dans trois écologies de la Côte d'Ivoire. Rapport de mission en Côte d'Ivoire du 21 au 28 septembre 1992*. Cirad, Montpellier, France. 15 p.
- Séguy L.**, 1994. *Contribution à l'étude et à la mise au point des systèmes de culture en milieu réel : petit guide d'initiation à la méthode de création-diffusion de technologies en milieu réel. Résumés de quelques exemples significatifs d'application*. Cirad, Montpellier, France. 191 p.
- Séguy L.**, 1996. *Gestion agrobiologique des sols. Les techniques de semis direct sur couvertures mortes et vivantes : cheminements de recherche-action dans quelques grandes écologies de Madagascar. Pour, avec et chez les agriculteurs dans leurs unités de production*. Cirad, Montpellier, France. 24 p. + annexes.
- Séguy L.**, 1998. *Systèmes de culture durables avec semis direct, protecteurs de l'environnement, dans les régions du Sud-Ouest, les Hauts Plateaux et le Moyen-Ouest de Madagascar en petit paysannat. Mars 1998*. Cirad, Montpellier, France. 82 p.
- Séguy L.**, 2003. *Rapport de mission en Tunisie du 13 au 19 septembre 2003*. Cirad, Montpellier, France. 23 p. + annexes.
- Séguy L.**, 2003. *Agriculture durable. Et si on avait sous-estimé le potentiel de séquestration du carbone pour le semis direct ? Quelles conséquences pour la fertilité des sols et la production ? Touraine, France*. CD-ROM Cirad, Montpellier, France.
- Séguy L.**, 2004. *Suivi-évaluation et propositions de recherche-action pour l'avancée du semis direct sur couverture végétale au Nord Cameroun. Mission du 27 novembre au 5 octobre 2004*. Cirad/IRAD/AFD/SODECOTON. 46 p.
- Séguy L., Bouzinac S.**, 1999. *Cultiver durablement et proprement les sols de la planète en semis direct*. Cirad, Montpellier, France. 47 p. Projet de publication.
- Séguy L., Bouzinac S.**, 2001. *Cropping systems and organic matter dynamics*. 2nd World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October 2001. 6 p.
- Séguy L., Bouzinac S.**, 2001. *Direct seeding on plant cover: sustainable cultivation of our planet's soils*. 2nd World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October 2001, 6 p.
- Séguy L., Bouzinac S.**, 2001. *Systèmes de culture sur couverture végétale : stratégies et méthodologies de la recherche-action ; concepts novateurs de gestion durable de la ressource sol ; suivi-évaluation et analyses d'impacts*. Cirad-CA/GEC. 21 p. + 37 figures.
- Séguy L., Bouzinac S., Scopel E., Ribeiro F.**, 2004. New concept for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems. *Bulletin du réseau Érosion*. 23. Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone, Colloque international. IRD/Cirad, Montpellier, France, 2004 : 352-372.
- Séguy L., Bouzinac S., Trentini A., Cortes N.A.**, 1996. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et développement*. 12 (décembre 1996) : 2-61.
- Séguy L., Quillet J.C.**, 2005. *État des lieux du semis direct en Tunisie et propositions d'actions pour son amélioration*. Mission du 14 au 17 avril 2005. Cirad, Montpellier, France. 11 p.
- Seugé C., Naudin K., Aboubakary, Dugué P., Havard M.**, 2005. *Natural resources and land-use management: conditions for the adoption of mulch-based cropping system by migrant farmers in the Benoué River basin (North Cameroon)*. 3rd World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, October 3-7, 2005. Full paper.
- Soutou G., Naudin K., Scopel E.**, 2005. *Crop water balance in conventional and direct seeding mulch-based cropping systems in North Cameroon*. 3rd World Congress on Conservation Agriculture, Nairobi, Kenya, October 3-7, 2005. Full paper.

SITES INTERNET

Sites concernant tous les continents

- **Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, agriculture de conservation)**
www.fao.org/ag/ca/fr/index.html
- **Site de Rolf Derpsch**
www.rolf-derpsch.com
- **Cirad (Réseau Agroécologie)**
<http://agroecologie.cirad.fr>
- **Ecoport conservation agriculture**
<http://ca.ecoport.org>
- **New Agriculturist (site de Theodor Friedrich)**
www.new-agri.co.uk/00-4/perspect.html

Sites concernant l'Afrique

- **African Conservation Tillage network (ACT)**
www.act.org.zw et www.fao.org/act-network
- **Animal Traction Network for Eastern and Southern Africa (ATNESA)**
www.ATNESA.org
- **Center for Cover Crops Information and Seed exchange in Africa (CIEPCA)**
http://ppathw3.cals.cornell.edu/mba_project/CIEPCA/home.html
- **Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM)**
<http://iarivo.cirad.fr/doc/scv/gsdm.pdf>

Sites concernant l'Amérique latine

- **Centro Internacional de Información sobre cultivos de Cobertura (CIDICCO)**
www.cidicco.hn
- **Latin American Consortium on Agroecology and Sustainability Development (CLADES)**
www.cnr.berkeley.edu/~agroeco3/clades.html
- **Red Latino-Americana de Agricultura Sostenible (RELACO)**
www.fao.org/ag/ags/agse/6to/relaco/relaco.htm
- **Confederacion de Asociaciones Americanas para la Agricultura Sustentable (CAAPAS)**
www.caapas.org
- **Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Argentine, AAPRESID)**
www.aapresid.org.ar
- **CAMPO (Argentine)**
www.e-campo.com
- **Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Brésil, FEBRAPDP)**
www.febrapdp.org.br
- **Associação de Plantio Direto do Cerrado (Brésil, APDC)**
www.apdc.com.br
- **Institut Agronomique du Paraná (Brésil, IAPAR)**
www.iapar.br
- **Fundação Agrisus de Agricultura Sustentável (Brésil, AGRISUS)**
www.agrisus.org.br
- **Empresa de Pesquisa/Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Brésil, EPAGRI)**
www.epagri.rct-sc.br
- **Plataforma Plantio Direto de l'Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brésil, EMBRAPA)**
www22.sede.embrapa.br/plantiodireto/
- **REVISTA "Plantio Direto" (Brésil)**
www.plantiodireto.com.br
- **Cooperativa dos Agricultores de Plantio direto (Brésil, COOPLANTIO)**
www.cooplantio.com.br

Sites concernant l'Australie

- **Western Australian No-Till Farmers Association (WANTFA)**
www.wantfa.com.au
- **South Australian No-Till Farmers Association (SANTFA)**
www.santfa.com.au/
- **Victoria No-Till Farmers Association (VNTFA)**
www.vicnotill.com.au/links.htm
- **Central West Conservation Farming Association (CWCEA)**
www.confarming.org.au
- **Mallee Sustainable Farming Inc. (MSF)**
www.msfp.org.au
- **Conservation farmers Inc. (CFI)**
www.cfi.org.au
- **Bill Crabtree (chercheur semis direct)**
www.no-till.com.au

Sites concernant l'Asie

- **Rice-Wheat Consortium for Indo Gangetic Plains (RWC)**
www.rwc.cgiar.org
- **Site de Peter Hobbs (chercheur sur l'Asie du Sud)**
www.css.cornell.edu/faculty/hobbs

D'autres sites Internet existent, notamment ceux concernant l'Amérique du Nord et l'Europe, voir pour plus d'informations *La gazette des SCV au Cirad*, 31 (juin-juillet 2006) : 42-50.

Journaux

La Gazette des SCV au Cirad. Montpellier, France. Publication bimestrielle (à partir d'octobre 1999). Disponible sur simple demande à Michel Raunet, michel.raunet@cirad.fr

TCS. La revue spécialiste des techniques culturales simplifiées, des couverts végétaux et du semis direct. Éditeur : TB&A Éditions. Revue trimestrielle. ISSN 1294-2251.
www.agriculture-de-conservation.com/publitcs.php

Acronymes et abréviations utilisés dans le texte

- AFD : Agence Française de Développement
- C3ED : Centre d'économie et d'éthique pour l'environnement et le développement
- CES : Conservation des eaux et des sols
- Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
- COP : Conférence des Parties
- CSFD : Comité Scientifique Français de la Désertification
- DPGT : Développement Paysannal et Gestion de Terroir, Cameroun
- DRS : Défense et restauration des sols
- DT : Dinar tunisien
- ESA : Projet Eau-Sol-Arbre, Cameroun
- FCFA : Francs de la Communauté Financière d'Afrique
- FFEM : Fonds français pour l'environnement mondial
- IRD : Institut de recherche pour le développement
- LCD : Lutte contre la désertification
- MAE : Ministère des Affaires étrangères
- MDP : Mécanisme du développement propre
- PIB : Produit intérieur brut
- SCV : Semis direct sur couverture végétale permanente
- Sodocoton : Société de Développement du Coton au Cameroun
- UMR : Unité mixte de recherche
- UNFCCC : Convention des Nations Unies sur le changement climatique
- USD : Dollars américains
- USDA : *United States Department of Agriculture*
- UVSQ : Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
- WWF : Organisation mondiale de protection de la nature

Résumé

L'eau et le sol sont les premiers supports de la chaîne alimentaire des écosystèmes qui, en retour, par leur biomasse, alimentent le sol. La désertification touche ces deux composantes primordiales, sols et eaux, avec des effets induits sur l'ensemble de l'écosystème qui devient alors vulnérable, perd de sa biodiversité, donc de sa résilience et de ses fonctions. Ces écosystèmes dégradés ne sont plus capables de fournir des ressources et de rendre des services aux hommes, et particulièrement aux agriculteurs. Ces derniers doivent alors surexploiter le milieu, renforçant ainsi les processus de désertification. Comment contrecarrer une telle spirale, d'abord localement, puis globalement, à des échelles supérieures ?

C'est le challenge que prétend relever, du moins en partie, la recherche-développement sur les systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), puis leur diffusion dans les pays du Sud, au cours du 21^{ème} siècle. Les systèmes SCV sont des systèmes de culture très innovants situés au coeur de l'agriculture de conservation et des pratiques agro-écologiques. Ils permettent de cultiver sans travailler le sol et assurent une protection permanente de ce sol grâce à des résidus de récolte et à l'introduction de couverts végétaux additionnels, en association, en succession annuelle ou en rotation avec les cultures principales.

Mots clés : Désertification, eau, sols, résilience, SCV, semis direct, couverture végétale, biodiversité

Abstract

Water and soil are the first links of the food chain of ecosystems, which in turn, feed the soil with their biomass. Desertification affects both these key components (i.e. water and soil), with a series of consequences over the whole ecosystem that becomes vulnerable, loses part of its biodiversity - and hence of its resilience and functions. These degraded ecosystems are no longer able to provide men - and especially farmers - with resources and services. Farmers are then bound to overexploit the environment, thus increasing desertification processes. What could be done to thwart such a spiral, first at local, then at higher, global scales?

Research and development on cropping systems such as direct-seeding mulch-based cropping systems (DMC), means to take up - at least partly - this challenge, and then to disseminate this technique in Southern countries during the 21st century. DMC is a highly innovative system, central to conservation agriculture and agro-ecological practices. It allows no-till cropping and provides permanent soil protection with both crop residues and companion crops, through crop combination, yearly sequences or rotation.

Key words: Desertification, water, soils, resilience, direct-seeding mulch-based cropping systems, direct seeding, vegetation cover, biodiversity

Numéros déjà parus

La lutte contre la désertification :
un bien public mondial environnemental ?
Des éléments de réponse...
(M. Requier-Desjardins et P. Caron, janv. 2005)
Disponible aussi en anglais

La télédétection : un outil pour le suivi
et l'évaluation de la désertification
(G. Begni, R. Escadafal,
D. Fontannaz et A.-T. Nguyen, mai 2005)
Disponible aussi en anglais

Combattre l'érosion éolienne :
un volet de la lutte contre la désertification
(M. Mainguet et F. Dumay, avril 2006)

Lutte contre la désertification :
l'apport d'une agriculture en semis direct
sur couverture végétale permanente (SCV)
(M. Raunet et K. Naudin, septembre 2006)

Coûts économiques et sociaux
de la désertification
(M. Requier-Desjardins et M. Bied-Charreton)

Synthèse des projets de recherche
et développement
du CSFD en Afrique

Restauration des milieux dégradés
en zones arides et semi-arides
(É. Le Floc'h et J. Aronson)

Biodiversité et désertification
(A. Sarr)

Pastoralisme et désertification
en zone subsaharienne
(Ph. Lhoste et B. Toutain)

La révolution pastorale en Méditerranée
et son impact sur la désertification
(A. Bourbouze)

Biens, ressources naturelles et pauvreté
dans les sociétés pastorales :
quelles approches ?
(A. Bourgeot)

Désertification et gestion
des ressources en eau

L'information environnementale
pour l'aide à la décision

Changement climatique
et désertification

Arbres, arbustes et produits
forestiers non ligneux



Ministère délégué à la Recherche

1 rue Descartes
75231 Paris CEDEX 05
France
Tél.: +33 (0)1 55 55 90 90
www.recherche.gouv.fr



Ministère des Affaires étrangères

20 rue Monsieur
75007 Paris
France
Tél.: +33 (0)1 53 69 30 00
www.diplomatie.gouv.fr



Ministère de l'Écologie et du Développement durable

20 avenue de Ségur
75302 Paris 07 SP
France
Tél.: +33 (0)1 42 19 20 21
www.ecologie.gouv.fr



Agence Française de Développement

5, rue Roland Barthes
75598 Paris CEDEX 12
France
Tél.: +33 (0)1 53 44 31 31
www.afd.fr



Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

P.O. Box 260129
Haus Carstanjen
D-53153 Bonn
Allemagne
Tél.: +49 228 815-2800
www.unccd.int



Agropolis International

Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél.: +33 (0)4 67 04 75 75
www.agropolis.fr

POUR NOUS CONTACTER



CSFD Comité Scientifique Français de la Désertification

Agropolis International
Avenue Agropolis
F-34394 Montpellier CEDEX 5
France
Tél.: +33 (0)4 67 04 75 44
Fax: +33 (0)4 67 04 75 99
csfd@agropolis.fr
www.csf-desertification.org