

Improving soil fertility and rehabilitating degraded soils: technical and social dynamics in Western and Central African drylands

By Florent Maraux, Patrick Dugué, Francis Ganry, CIRAD
Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5
France

Résumé français :

Le présent article développe une analyse rétrospective mettant en évidence la trajectoire de la Recherche Agronomique finalisée pour le Développement (au CIRAD en particulier) dans le domaine de la gestion conservatoire des eaux et des sols (aspects technologiques et aspects sociaux. Il met en évidence les convergences méthodologiques sur la base desquelles des initiatives conjointes sont maintenant mises en place avec les partenaires de la Recherche et du Développement. L'article présente une revue des innovations technologiques mises en œuvre en Afrique de l'Ouest et du Centre, ainsi que les conditions qui ont prévalu à leur mise au point (les méthodes de la recherche) et de leur diffusion (Développement) au cours des « trente glorieuses ». On s'intéressera ainsi aux techniques de conservation des eaux et des sols, à la gestion de la fertilisation et des parcs arborés, au travail du sol.

On s'intéresse aux efforts d'intégration des démarches (parcelle / exploitation/ terroir / bassin versant), et à la prise en compte de l'élevage dans les conceptions de systèmes de production. On analyse aussi de quelle manière la recherche sort des stations expérimentales pour travailler en milieu réel, et comment elle s'associe avec des paysans (et les organisations dont ils se dotent), pour poser des bonnes questions de recherche (comme d'ailleurs pour y répondre).

Enfin, pour ce qui concerne le Développement, à travers le projet SCAP¹, on pointe le doigt sur ce qui mobilise de façon croissante les bailleurs, observateurs et promoteurs du développement, c'est-à-dire le renforcement des capacités des acteurs et des organisations dont ils se dotent pour identifier et promouvoir des innovations.

English Abstract:

The present paper develops a retrospective analysis on the evolution of the Agronomic Research finalized towards Development (in CIRAD in particular) in the field of Sustainable Land Management (technological and social aspects), and underlines the convergences on the basis of which joint initiatives are now set up with the partners of Research and Development. The paper presents a review of the technological innovations (soil protection, fertility management, soil tillage) that were implemented in Western and Central Africa (WCA), as well as the conditions that prevailed for their fine tuning, (Research methods) and of their dissemination (Development) during the 1950-1980 decades.

Special attention is given to the integration efforts (Plot / Field / Farm/ Terroir / Watershed) and in taking into account cattle and animals in the farming system. How Research has got more and more interested in working in farms and out of experimental centres is also analyzed, as well as how farmers (and the organizations of which they endow themselves with) are presently associated, to ask good research questions (and answer these questions).

Finally, the SCAP project is analyzed as an example of how to take into account lessons learned on Natural Resources Management in WCA. Capacity building, knowledge management are becoming the new keywords for sustainable development.

¹SCAP: Smallholder Conservation Agriculture Promotion (SCAP) in Western and Central Africa

Introduction : le cadre général

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Cnued) s'est tenue à Rio de Janeiro en 1992, et a qualifié de désertification "...la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines".

Les régions arides menacées par la désertification² occupent 40 pour cent des terres disponibles pour l'agriculture et l'élevage, soit 5,2 milliards sur 13 milliards d'hectares. 37 pour cent des zones arides sont recensées en Afrique. En 2000, environ 70 pour cent de ces terres arides étaient déjà soumises à un processus de désertification, soit 3,6 milliards d'hectares. Sur ces 3,6 milliards d'hectares, 93 pour cent sont occupés par des pâturages, 6 pour cent par des cultures pluviales et 1 pour cent par des cultures irriguées. Ne pas combattre ces processus de dégradation, c'est condamner les populations qui dépendent des zones affectées à perdre un de leurs principaux moyens de production, à savoir la Terre.

On s'intéresse dans cette communication à caractériser les analyses et les pratiques qui ont été développées par la communauté scientifique internationale (le CIRAD en particulier) en Afrique de l'Ouest et du Centre, pour construire une démarche de développement durable pouvant aboutir à des solutions efficaces de maintien de la fertilité des sols et du potentiel de production.

Les spécificités des environnements tropicaux africains

Un milieu physique usé

Les régions tropicales africaines ont des températures élevées pendant toute l'année, et se différencient par le régime des pluies : deux saisons des pluies sous l'équateur et une seule saison pluvieuse de plus en plus courte quand on se rapproche des tropiques. Ces pluies sont souvent très violentes. Les températures élevées et la forte humidité favorisent l'altération des roches. En conséquence, dans les couvertures pédologiques anciennes des régions tropicales humides qui évoluent depuis le début du quaternaire, l'altération des roches atteint souvent 30 m de profondeur et les horizons supérieurs, acides ne contiennent plus que des minéraux très résistants à l'altération, le plus souvent sableux, résultat de la lente dissolution des argiles et de l'érosion différentielle des particules fines.

La figure 1 montre un exemple de toposéquence qui en résulte.

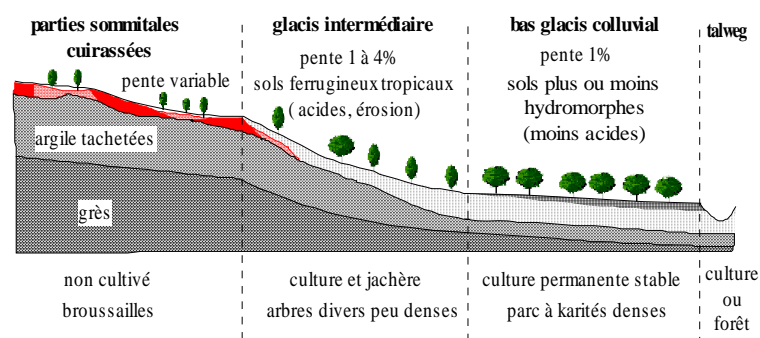


Figure 1 - Schéma d'une toposéquence en zone de savane (région de Fana, Mali). (Traoré et al., 2004).

Dans les régions tropicales plus sèches, l'altération est plus limitée. Cependant, en raison de la faible couverture végétale, les risques d'érosion hydrique et éolienne sont élevés. Parmi les formations typiques des zones arides, on trouve des zones de sols sableux où l'eau s'infiltré

² CIRAD Dossier désertification http://www.cirad.fr/fr/regard_sur/desert2006.php

généralement bien, des plaines alluviales, des bas fonds et de grands glacis dénudés sur lesquels l'eau ruisselle sans s'infiltrer en totalité.

Un contexte socio économique fragile

La population rurale continue de croître malgré l'exode rural vers les villes. En conséquence, les surfaces cultivées augmentent jusqu'à ce que toutes les terres potentiellement cultivables soient défrichées. Il faut alors soit intensifier la production des zones déjà cultivées, soit étendre les cultures vers des terres encore moins favorables, soit (le plus souvent), les deux. Dans la plupart des situations, le contrôle du foncier dépend du droit traditionnel, la terre est un bien géré collectivement sur lequel s'appliquent différents droits fonciers emboîtés (droit de cultiver, droit de pâturage, droits sur les arbres et sur les jachères, etc.). Mais les législations officielles reconnaissent difficilement ces droits. Par ailleurs, les infrastructures, les circuits d'approvisionnements en intrants, les circuits de vente et d'échanges avec l'extérieur, les systèmes de crédits sont déficients et instables.

Des critères de fertilité instables

La **fertilité** est classiquement définie comme l'aptitude d'une terre, d'un champ ou d'une région à produire des récoltes. Elle dépend du climat, du sol, mais aussi des techniques appliquées, ou plus vraisemblablement applicables compte tenu des éléments de contexte décrits plus haut. Un bas fond pourra être classé comme infertile, mais deviendra intéressant si on connaît (et si on sait tirer partie de sa géométrie et de son fonctionnement hydrologique). De plus, si on a quelques moyens pour l'aménager, pour le gérer, alors tout peut changer.

Des questions aussi difficiles à poser qu'à résoudre.

Les interactions entre ces réalités physiques, historiques et conceptuelles donnent la mesure des difficultés qu'on aura à poser de bonnes questions à la recherche: Par où commencer ? Faut-il s'adresser au local ou au global ? Quelle est la bonne échelle ? A quoi bon chercher à élaborer des recommandations que personne n'aura les moyens d'appliquer ? L'environnement physique naturellement hostile, et la dynamique inexorablement descendante de la pauvreté ne finiront-ils pas par reprendre ses droits ?

Des organismes, et derrière eux des hommes ont pourtant relevé les défis posés par ces environnements difficiles. On analysera leurs initiatives, et on verra comment la communauté affronte maintenant ces questions.

Les « trente glorieuses » de la recherche au sud du Sahara

Recherche en station expérimentale et en milieu réel

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, un gros effort de recherche a été effectué pour piloter, ou donner des orientations et grandes lignes à la conduite de bonnes pratiques agricoles. La rigueur expérimentale et la possibilité de travailler dans la durée sur le même terrain (plus particulièrement en station) ont permis d'obtenir des connaissances scientifiques sur le fonctionnement des peuplements végétaux et des troupeaux dans des conditions de sol et de climat diverses. L'objectif d'accroissement de la productivité de la terre, commun à la majorité des politiques agricoles jusque dans les années 80, a orienté la conception de ces expérimentations pour lesquelles les doses d'intrants et les quantités de travail investies pouvaient être très éloignées de ce qui était pratiqué chez les agriculteurs et les éleveurs.

La prise en compte des attentes des paysans, de leurs savoirs et la mise en place de dispositifs de recherche en partenariat ont établi à partir des années 90 comme principe de considérer

qu'une bonne expérimentation devait nécessairement se dérouler dans le champ d'un paysan et avec lui. Les résultats obtenus dans ces dispositifs expérimentaux « paysans » ont pu être difficiles à interpréter et ont manqué de précision.

A ce jour, on sait mieux équilibrer un continuum entre (i) expérimentation station et en milieu paysan, pour l'élaboration des références utiles pour les producteurs et leurs partenaires et la valorisation de ces connaissances qu'il faut mieux concevoir.

Quelques certitudes, ayant débouché sur des réussites majeures acquises pendant cette époque:

Equilibrer les bilans minéraux.

Dans le Bassin arachidier du Sénégal, pour les trois nutriments majeurs : azote, phosphore et potassium, quatre axes d'intervention ont démontré leur efficacité :

Effets toujours bénéfiques des parcs arborés, (e.g à *Faidherbia* ; ou *Karité*).

Favoriser le conditionnement et la diffusion des phosphates naturels (ressources minières importantes dans le pays) ; en effet, le phosphore est un des trois nutriments majeurs dont les sols sont carencés.

Optimiser la gestion du fumier pour de multiples raisons, dont la principale est que seule la fumure organique à base de fumier, compost ou matières végétales riches en fibres combinée à la fertilisation minérale stabilise, tamponne et équilibre le bilan entrée/sortie de minéraux d'une année sur l'autre.

Augmenter la production fourragère d'une façon générale et péri-urbaine en particulier ; en effet, accroître la production de fumier – ce qui doit être un objectif majeur rappelons-le - suppose une stabilisation de l'élevage qui se heurte au manque de fourrage.

Aménager / Protéger les sols contre l'érosion

Les organismes de recherche ont longtemps travaillé pour qualifier et quantifier les effets sur le milieu (eau, sols, fertilité, végétation naturelle et cultivée) d'un certain nombre de techniques : Le *zai* pratiqué au Sahel consiste à creuser des micro-cuvettes pendant la saison sèche (de janvier à mai), auxquelles on adjoint une poignée de fumure organique. A une autre échelle, les *cordons pierreux* visent à freiner la vitesse des eaux de ruissellement qui s'écoulent en "nappe" à la surface du sol. Les *haies vives*, traditionnellement utilisées pour délimiter les champs, qui ralentissent le ruissellement des eaux de pluie et réduisent l'érosion. La *recupération de rigoles et des ravines* : on repique des souches de certaines espèces dites « fixatrices », pour lutter contre le développement de ces rigoles. Les *demi-lunes*, dans lesquelles on consolide un support de quelques mètres permettant retenue (et infiltration) transitoire de l'eau.

Le travail du sol.: Des incertitudes malgré tout

La question du bien fondé ou non du labour en zone tropicale est un débat depuis les années 60 et à longtemps opposé deux écoles: celle de Bambey (IRAT) qui prônait le labour en sol sableux présenté comme un puissant moyen d'amélioration de la fertilité des sols de zone sèche (Charreau et Nicou, 1971) et celle d'Ibadan (IITA) qui présentait le labour comme facteur de dégradation de ces sols (Lal et Kang, 1982).

Les effets défavorables du labour résultent d'une réalisation dans de mauvaises conditions dont les trois plus fréquentes sont : (i) le manque de puissance des attelages (surtout en début de saison des pluies), (ii) l'insuffisance de l'aménagement de l'espace (e.g difficulté de maintenir un état motteux en saison sèche du fait de la divagation des animaux), (iii) la réalisation d'un labour trop tardif en début de saison des pluies dont sait que chaque jour de pluie perdu pénalise le rendement final.

En revanche, il est bien établi que le labour favorise la circulation de l'eau dans le sol et, en particulier, l'accroissement de l'infiltration des pluies et de l'écoulement de l'eau saturante. Il permet également de créer un état favorable à la germination des graines, à l'installation et au bon fonctionnement du système racinaire des végétaux cultivés (Pieri, 1989), Chopart (1985) au Sénégal, (Affholder, 1986) au Mali.

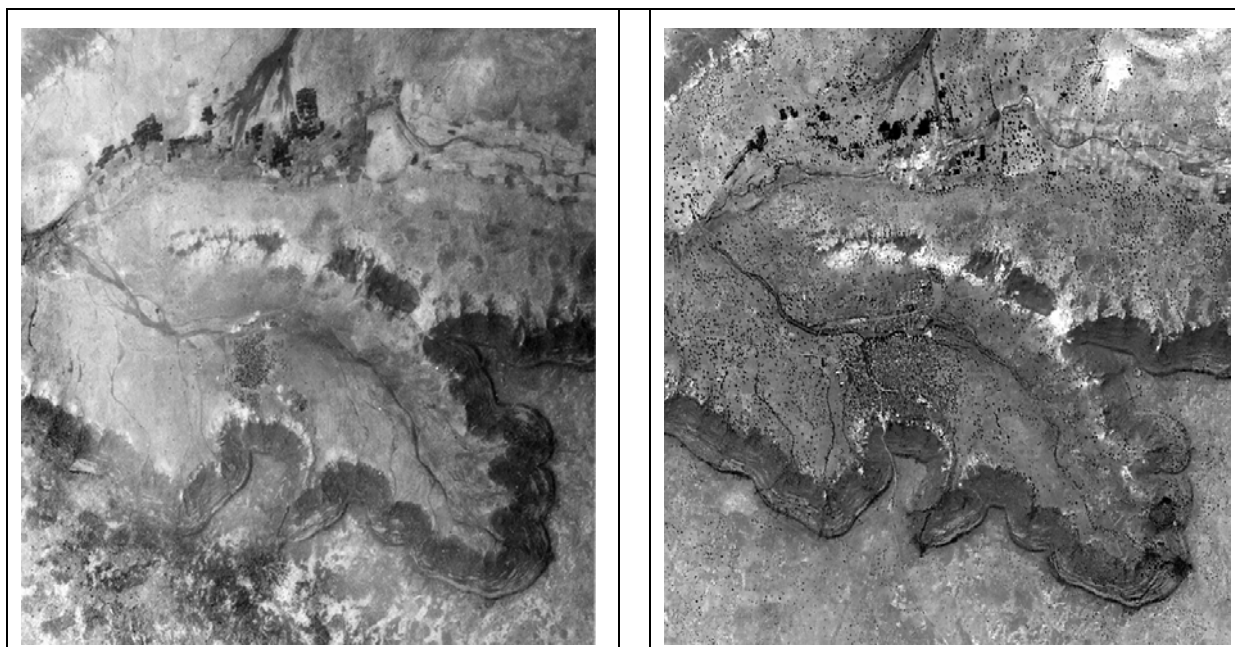
Pieri (1989) a conclu sur les effets positifs du labour à *condition* de respecter un minimum de règles.

Sur ces questions, Il n'est pas inutile de rappeler ici l'émergence depuis les années 90 d'une recherche d'adaptation des techniques de non travail du sol avec résidus de culture ou plantes de couverture largement répandue dans la zone tropicale sud-américaine. Des travaux sur plantes de couverture sont actuellement en cours ce thème en Afrique de l'Ouest³.

³ <http://agroecologie.cirad.fr>

Une adoption des techniques sélective par les agriculteurs.

Selon les conditions agro-socio-économiques, ces techniques ont été largement reprises ou au contraire ignorées ou modifiées par les agriculteurs. Un inventaire et une évaluation ont été conduits par le FIDA (Maraux, 2006) du Programme Spécial du FIDA pour les pays touchés par la sécheresse et la désertification (PSA)⁴. Ce programme a été lancé par le FIDA en 1985, suite à la grave crise alimentaire de 1984/85 dans les pays du Sahel. Cette crise exceptionnelle ponctuait un cycle de sécheresse plus que décennal et se surimposait à une crise économique et financière structurelle dans la plupart des pays les plus pauvres de la Région. Elle intervenait dans une phase d'explosion démographique sans précédent qui induisait un déséquilibre croissant entre les systèmes traditionnels de production et leur base de ressource. Cette combinaison de facteurs négatifs aggravait une pauvreté rurale déjà endémique. Le PSA a été le théâtre de nombreuses actions ponctuées de succès et parfois d'échecs⁵.



L'analyse de ces images (Reij 2006) permet de compter les cases, les arbres, les surfaces cultivées... et de procéder à des quantifications agricoles, démographiques, d'usage du sol... dans le terroir du village de Roukouzoum, au Niger, à 27 ans d'intervalle, et de montrer le fruit des efforts consentis.

Cependant, les échecs ont été nombreux, et leur analyse a permis de travailler différemment. On développe ci après les grandes lignes de ces réorientations.

⁴ La synthèse se trouve sur http://www.ifad.org/evaluation/public_html/eksyst/doc/thematic/ts02spaf.htm

⁵ On signale aussi d'autres initiatives et « success stories » en régions sèches. Un consortium (s'est créé sur ce sujet, et présente, pour l'Afrique et au-delà, de nombreuses et riches expériences technologiques et sociales : Dryland success stories : <http://www.ddpa.net/successes.htm>

De nouvelles exigences dans la pratique de la recherche en gestion des ressources naturelles et de la fertilité du sol :

Un besoin d'intégration de la parcelle au territoire.

La recherche agricole a historiquement privilégié les investigations au niveau du peuplement végétal et du sol (parcelles), de l'animal (troupeaux ou lots d'animaux) et dans une moindre mesure l'exploitation agricole (combinaison des productions). En Afrique tropicale le développement de l'irrigation a amené les agronomes à prendre en compte d'autres échelles et à collaborer avec d'autres disciplines comme la pédologie, l'hydrologie et l'hydraulique agricole. Dans le domaine des systèmes de culture et de production pluviaux, cette évolution a été plus tardive, mais s'est néanmoins avérée cruciale lorsque la recherche s'est préoccupée de l'érosion hydrique, de la gestion des eaux de ruissellement et plus globalement de la gestion des terres exondées.

Mais les chercheurs que nous sommes doivent cependant reconnaître que pour ces thématiques, les avancées ont été souvent le fait des paysans eux-mêmes, des ONG et des projets de développement, tant au point de vue technique qu'organisationnel. Les succès en matière de contrôle du ruissellement et de l'érosion hydrique obtenus par les agriculteurs sahéliens tant au Burkina qu'au Niger (cf. supra) et dans certaines régions du Mali et du Nord du Cameroun sont maintenant bien connus, et montrent leurs capacités à se mobiliser d'abord individuellement (aménagement des parcelles, récupération des sols dégradés), que collectivement (aménagement de grands ravines et de bas fond) (Rochette R.M, 1989 ; Reij C., Thiombiano L., 2003).

Dans bien des cas les approches « technicistes » ont montré leurs limites, lorsque la pression démographique a continué à croître et qu'un besoin d'innovations organisationnelles se faisait sentir. La recherche agronomique (dont le Cirad) s'est enrichie progressivement pour cela de l'apport des sciences sociales et de l'environnement et de nouveaux outils comme la modélisation, les systèmes d'information (géographiques, partagés,...), les jeux de rôles, etc. Par exemple le partage des ressources naturelles entre différents utilisateurs ou différents secteurs de production a été exploré dans le cas des relations entre agriculture et élevage. Cette question implique de construire avec les acteurs en place les meilleures combinaisons entre systèmes d'élevage et systèmes de culture de façon à valoriser au mieux les ressources en eau et en nutriments pour les plantes mais aussi en carbone et en protéines (MO pour le sol mais aussi fourrages pour le bétail et aliments pour les hommes). L'objectif est bien dans ce cas et pour un territoire donné, de limiter les pertes de ressources constatées aujourd'hui (par les feux, l'érosion, le piétinement, etc.) afin d'enclencher un cercle vertueux de développement économique et durable qui s'appuiera entre autres sur des innovations et les mesures d'accompagnement concomitantes (crédit, assurance ou stratégies anti-risques, formation, organisation de la commercialisation des produits, etc.).

Ces nouvelles questions de recherche relatives à la gestion concertée des ressources ont pu aboutir à la mise en place d'outils ou démarches utilisables par les acteurs concernés (communautés de producteurs et villageoises, collectivités locales élues, structures d'appui au développement) : On cite l'exemple de cadres de concertation pour le partage et la gestion des espaces et ressources entre communautés d'éleveurs et d'agriculteurs (cas du nord du Cameroun, Dongmo et al., 2002), ou de formulation de plan d'occupation des terres établi et géré par les collectivités locales valorisant les connaissances locales (droits ancestraux et pratiques d'utilisation des terres) , les acquis obtenus par les techniciens (cartographie de l'état actuel des ressources) et le cadre législatif de la région concernée (cas du delta du Fleuve Sénégal, D'Aquino *et al.*, 2002).

Ces quelques exemples ont montré l'intérêt de l'implication de la recherche dans la mise au point d'outils de concertation et de coordination qui seront utiles pour mettre en place de nouvelles façons de les gérer. Toutefois ces outils du développement local basés sur l'engagement des différentes catégories d'acteurs sont utiles et durables lorsqu'ils s'intègrent dans un cadre réglementaire officiel et /ou lorsqu'ils sont reconnus et acceptés de tous.

Des méthodes de recherche et de la posture des chercheurs qui évoluent : du diagnostic participatif à la recherche-action en partenariat

Les relations entre la recherche agronomique et la société civile (plus particulièrement les agriculteurs) en Afrique subsaharienne ont fortement évolué depuis les années 80. Les démarches « *topdown* » reposant sur des références techniques acquises en stations expérimentales ont été remises en question à cette période au vu du taux d'adoption par les paysans des technologies proposées par la recherche. Notamment, la faible diffusion de variétés « améliorées » à fort rendement dans les conditions des stations (sol non dégradé et fertilisation minérale forte) a incité les chercheurs à aborder de façon systémique l'amélioration des systèmes de culture, et plus globalement des systèmes de production. Dans ce cadre une attention particulière a été apportée à la gestion des ressources naturelles, bases de la production agricole.

L'approche « Recherche-Développement » (Billaz et Dufumier, 1980 ; Lefort, 1988) a permis aux chercheurs de mieux prendre en compte les contraintes mais aussi les atouts des agriculteurs sahéliens. Les producteurs ont été ainsi largement associés aux diagnostics des situations agricoles dans lesquelles ils œuvraient. Ces diagnostics participatifs parfois coûteux ont permis aux chercheurs de découvrir les pratiques des agriculteurs, de comprendre leurs décisions et stratégies de façon ensuite à leur proposer des voies d'amélioration. Celles-ci se concrétisaient par la combinaison d'expérimentations en milieu contrôlé (stations et points d'essai gérés par la recherche) et en milieu paysan. Dans cette approche l'agriculteur était devenu à la fois « fournisseur » d'informations sur sa propre situation et « expérimentateur » de technologies. Mais le processus de R-D restait piloté par les chercheurs, le paysan restant dans une position d'attente de solutions et dans une certaine mesure « d'exécutant ».

Les chercheurs ont vu les limites de cette approche. Du fait de leur présence fréquente dans leurs villages et campements, les agriculteurs et les éleveurs voyaient en eux des partenaires potentiels pouvant financer des actions, leur fournir des intrants gratuitement etc.... Aujourd'hui émergent des démarches plus ambitieuses qui accordent aux producteurs et à leurs organisations une place de véritable partenaire dans le processus de recherche. La Recherche Action en Partenariat telle qu'expérimentée dans certains projets du Cirad (Chia, 2004 ; Faure et al., 2006) vise à construire un collectif associant chercheurs, producteurs et les autres acteurs économiques impliqués dans le programme de recherche. Des représentants des producteurs siègent au comité de pilotage du projet, et leurs positions peuvent infléchir le processus de recherche, le réorienter voire contribuer à arrêter les activités. Cette démarche apparaît intéressante spécialement lorsque l'on travaille à la conception d'innovations plus ou moins complexe (sélection participative de nouvelles variétés⁶, mise en point de nouveaux systèmes de culture). Très rapidement cette démarche renvoie à des collaborations avec des structures d'appui au développement et à de nouvelles questions de recherche (en particulier en sciences humaines dans le domaine de l'action collective et des politiques agricoles).

⁶ Concernant la Sélection participative voir <http://selection-participative.cirad.fr/>

Quelques options et innovations actuelles conduites selon ces principes

A la lumière des succès et des échecs de technologies spécifiques, on passe ci après en revue quelques travaux ponctuels en cours, puis on présentera un projet de recherche-développement dont la conduite tente de s'inspirer dans leur intégralité des apports éthiques et méthodologiques sur les pratiques de recherche en partenariat décrits plus haut.

Aménagement des champs en courbes de niveau (ados) (Gigou et al., 2006)

L'aménagement consiste à réaliser des ados de terre suivant les courbes de niveau, avec la charrue tractée par les boeufs, et à les conserver sous un enherbement permanent. Les cultures sont réalisées sur des billons qui suivent ces courbes de niveau : l'eau des pluies est retenue entre les billons, où elle s'infiltré, et l'excès d'eau s'écoule lentement aux extrémités du champ. L'infiltration supplémentaire est d'environ 10 % du total des pluies. L'augmentation des rendements est d'environ 30 %, et plus, les années sèches. Les variations interannuelles des rendements sont réduites. La réalisation de l'aménagement, avec les moyens de l'exploitation, est peu coûteuse, si bien que l'aménagement est très rentable pour le paysan. Cependant, un appui technique extérieur est nécessaire pour le piquetage des courbes de niveau. Au Mali, une ONG de Koutiala propose localement ce service pour un prix modeste, mais elle ne peut satisfaire la demande. Des initiatives sont en cours pour la promotion de cette méthode d'aménagement, par des associations professionnelles, ce qui permettrait d'augmenter la capacité des agriculteurs à leur mise en place.

Gestion appropriée du Parc arboré (Traoré et al., 2004)

En zone soudano-sahélienne, les cultures traditionnelles sont presque toujours associées à des arbres. Avec ces systèmes et peu d'intrants, les paysans peuvent cultiver pendant plus de 20 ans sans baisse importante des rendements. Au contraire, dans les stations de recherche, sans association avec les arbres, les rendements diminuent tendanciellement. D'où l'hypothèse que le parc arboré permet de maintenir la fertilité des terres et la durabilité des systèmes de culture.

Dans la région soudanienne du Mali, le karité (*Vitellaria paradoxa*) est le principal arbre du parc arboré. Il est sensible à la disponibilité en eau du sol : les arbres sont beaucoup plus nombreux en bas de pente qui bénéficie d'un report d'eau par le ruissellement. L'aménagement en courbes de niveau améliore la conservation de l'eau de pluie et permet de ce fait la régénération de jeunes arbres en amont. De plus, les arbres améliorent l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol.

Le parc arboré participe à la séquestration du carbone. Dans le parc à karité relativement dense en bas de pente, 24 t C ha⁻¹ sont stockés en raison de la présence des arbres (répartis entre 16 dans les parties aériennes et 8 dans les racines). La quantité de carbone supplémentaire stockée dans le sol apparaît négligeable par rapport au carbone contenu dans la biomasse : moins de 1 t C ha⁻¹. Le sol sous les arbres est bien enrichi en carbone, mais les arbres couvrent seulement 7,6% de la surface totale, ce qui explique le faible impact global sur le stock de carbone du sol de ce système agroforestier. Cependant, on a montré que l'influence de l'arbre sur le carbone du sol est sensible jusqu'à une distance égale à 2,5 fois le rayon du houppier. Aussi, même si elle est faible et sans influence significative sur la séquestration du carbone, cette augmentation de la teneur en MOS est un élément important pour la fertilité des sols, car ils sont sableux et à faible CEC.

Rotation culturale et raisonnement de la fumure dans les rotations de culture (Ganry et al, 2000).

La région Mali Sud est la principale région agricole du pays puisqu'elle nourrit près d'un tiers de la population malienne et contribue pour près de 50 % au produit intérieur brut du pays. Elle bénéficie d'une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 800 et 1100 mm de juin à septembre favorable au cotonnier et au sorgho. Cultivés depuis plusieurs décennies, les sols sont appauvris en matière organique. La culture « attelée » (traction bovine) est générale et certains paysans possèdent des troupeaux de bœufs. Le raisonnement de la fumure se place dans le cadre de la culture continue, qui, d'après les résultats des enquêtes, concerne actuellement 60 % des surfaces cultivées. Ce raisonnement est fondé sur une démarche en trois étapes : 1) des enquêtes agro socio-économiques sur les pratiques agriculteurs ; 2) des essais à la ferme (production de fumure) et au champ portant sur ces pratiques ; 3) à partir des résultats de ces essais, un modèle simple de système de culture fondé sur *le raisonnement de la fumure*. Par souci de simplification, on appelle « système traditionnel » le système actuellement en vigueur et « système optimisé » le système appliquant le raisonnement de la fumure.

Le principe de cette optimisation repose 1) sur la valorisation du fort potentiel de production en paille du sorgho (dont l'optique est de le transformer en fumier, 2) sur la forte réponse d'une part du cotonnier au fumier et d'autre part du sorgho paille à l'urée. Le système optimisé crée les conditions du maintien de la fertilité azotée du sol. Pour assurer l'élevage bovin qui est le moteur de cette intensification, l'agriculteur doit disposer d'une ressource fourragère, qui provient traditionnellement des pâturages naturels mais aussi de l'amélioration des jachères.

Le projet SCAP : Smallholder Conservation Agriculture Promotion (SCAP) in Western and Central Africa

L'Agriculture de Conservation (AC) se présente au premier abord comme une combinaison nouvelle de techniques culturales présentant de nombreux avantages. Mais on constate vite que son adoption par les agriculteurs suppose un bouleversement complet du système de production, à l'échelle de la ferme et du village, du mode de distribution des terres, du mode de négociation entre agriculteurs et éleveurs, des droits en général. De nombreux facteurs de la vie rurale sont concernés (filière, mécanisation, conseil technique etc.), et la non prise en compte de ces facteurs et de leurs acteurs condamne trop souvent à l'échec toute tentative de promotion de ces systèmes. Enfin, les situations concrètes montrent que les innovations peuvent se construire naturellement parmi des agriculteurs innovants, et que l'accompagnement des personnes, des réseaux et du contenu de ce qu'ils mettent en place est facteur d'avancées significatives dans la mise en place de progrès technologiques et sociaux.. Le FIDA est un organisme dédié au Développement, et non un organisme de recherche. Pour autant, il est gros consommateur des produits de la recherche en matière de CES. Après avoir développé, avec des échecs mais aussi de vrais succès, des programmes d'investissements lourds sur la mise en place de ces techniques en AOC, le FIDA recentre ses efforts sur le renforcement des hommes, de leurs organisations, et des institutions dont ils se dotent pour être mieux à même d'affronter les défis que présente la lutte contre la pauvreté. Ceux-ci sont de nature productive, environnementale, mais aussi organisationnelle, juridique, sociale, et laissent une large part à la gestion et au partage des connaissances.

Le FIDA et le CIRAD, puis l'ICRAF et l'AFD ont fait le constat des convergences dans l'analyse des situations, dans les objectifs et dans les méthodes. Ils ont choisi de construire ensemble, avec un organisme africain dédié à la promotion de la CES à travers l'AC (African

Network for Conservation Tillage, ACT) et avec d'autres partenaires (, FAO,...) un projet de Recherche-Action dont l'ambition sera d'initier de nouvelles dynamiques, en essayant de faire mieux que ce qui se fait actuellement en matière de CES dans le cadre des projets actuels d'investissement du FIDA. On s'intéressera pour cela tout autant aux aspects techniques qu'aux aspects sociaux, formation, gestion de connaissances. Plus que tout, on s'intéressera à consolider les institutions, groupements, réseaux, organismes africains investis dans la mise en place de ces travaux.

Conclusions :

Il convient de pouvoir évaluer les coûts et les bénéfices des pratiques concernant l'activité agricole dans son environnement ainsi que leur impact sur les ressources naturelles et les organisations sociales. Cela ne peut se faire que dans la durée, en traçant les actions de suivi et recourant à des méthodes rigoureuses. L'imagerie satellitaire (voir notre référence) est un outil précieux, et peut être utilisée pour mieux analyser et comprendre les liens entre facteurs sociaux et facteurs du milieu. La systématisation de ces travaux devrait pouvoir aider considérablement à évaluer les interventions. Il convient pour cela d'entretenir une veille technologique attentive sur les approches spatiales.

Plus en amont, il y a besoin d'organiser le continuum et la complémentarité entre recherche amont et recherche appliquée, puis recherche développement dans un cadre où recherche et partenariat sont balisés. La recherche sur la gestion des ressources naturelles complexifie l'organisation du partenariat, car elle s'inscrit dans des territoires, des espaces où se chevauchent activités économiques, conflits sur les ressources, rapports de force entre groupes d'utilisateurs. On aura des résultats d'autant plus percutants, socialement applicables et reproductibles que les bénéficiaires potentiels seront intégrés dans le processus de recherche, et ne resteront pas en position d'attente. C'est tout l'enjeu de la Recherche Action en Partenariat.

Bibliographie

Affholder F., 1986. Suivi multilocal de l'enracinement du sorgho au Mali: conséquences sur la réserve utile racinaire. Diplôme d'Agronomie Approfondie, Science du Sol et du Bioclimat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 8 p.

Billaz R., Dufumier M., 1980. Recherche et développement en Agriculture. Coll. Techniques vivantes, Développement en zones arides, PUF, Paris, 188 p.

Chia E. 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Revue Elev Méd Vét* , 57(3-4) : 233-240

Charreau C. et Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques (d'après les travaux des chercheurs de l'IRAT en Afrique de l'Ouest). Bulletin Agronomique, Vol. 23. IRAT, Paris, 254 p.

Chopart J.L., 1985. Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l'Ouest et la résistance à la sécheresse. In: La sécheresse en zone intertropicale: Pour une lutte intégrée. CILF, Paris, pp. 145-154.

D'Aquino P., Seck S.M., Camara S., 2002 Seydou, 2002. Un SIG conçu pour les acteurs : l'opération pilote POAS au Sénégal. Espace géographique, 1, 23-37

Defoer, T., Wopereis, M., Idinoba, P., Kadisha, T., Gaye M., 2004. Curriculum d'Apprentissage Participatif et Recherche-Action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture du riz de bas-fond (GIR) en Afrique sub-saharienne. Manuel du facilitateur. ADRAO, Cotonou, Bénin ; IFDC, Muscle Shoals, Etats-Unis

Dongmo Ngoutsop A.L., Dugué P., Njoya A., 2006. Des systèmes d'agriculture et d'élevage Nord - Camerounais à la recherche de synergies à l'échelle des terroirs. *Revue scientifique du Tchad* décembre 2006.

Faure G., Dugué P., Beauval V., 2004. Conseil à l'exploitation familiale, expériences en Afrique de l'Ouest et du Centre, GRET, CIRAD, France, 127 p.

Faure G., Hocdé H., Chia E., 2006. Concilier standardisation du produit et diversité des pratiques de production : un défi pour la recherche en partenariat. Le cas d'organisations paysannes au Costa Rica exportant *marginata verde* et ananas. *How to match product standardization and diversity of production practices? A challenge for research-action in partnership : the case of farmers' organizations in Costa Rica exporting Marginata Verde and pine apple*. Communication au symposium Africa Innovation, Kampala, Uganda, novembre 2006, 13 p.

Ganry F., Barthès B. et Gigou J., 2005. Les défis du maintien de la fertilité des sols tropicaux ; cas de l'Afrique de l'Ouest. In : *Environnement et Sols*. Girard M.C. (ed), Dunod, Paris. ouvrage collectif, 816p.

Lal R. et Kang B.T., 1982. Management of organic matter in soils of the tropics and subtropics. In: *Non-Symbiotic Nitrogen Fixation and Organic Matter in the Tropics*. Transactions of the 12th International Congress of Soil Science, New Delhi, India, 8-16/02/1982, pp. 152-178.

Lefort J., 1988. Innovation technique et expérimentation en milieu paysan. *Les cahiers de la recherche-développement*, n°17, 1-10.

Maraux, F. et Rémy, P. : *Expérience du FIDA dans la lutte contre la Désertification*, ROME, FAO, 4-5 décembre 2006

Pieri C., 1989⁷. *Fertilité des terres des savanes*. Ministère de la Coopération-CIRAD, Paris, 444 p.

Reij C., Thiombiano T., 2003. Développement rural et environnement au Burkina Faso : la réhabilitation de la capacité productive des terroirs sur la partie nord du Plateau Central entre 1980 et 2001. Rapport de synthèse GTZ, PATECORE, USAID, Ambassade Pays Bas, Ouagadougou, 82 p.

Rochette R.M., 1989. *Le sahel en lutte contre la désertification : leçons d'expériences*. CILSS/GTZ. Weikersheim, Verlag Josef Margraf, 592 p.

Scopel E., Findeling A., Chavez Guerra E., 2004. Impact des techniques de semis direct avec paillis sur la réduction de l'érosion et l'évolution des stocks de C dans des systèmes de maïs pluvial en zones semi-arides de l'ouest mexicain. In : *Gestion de la biomasse, érosion et séquestration du carbone*. - Paris : IRD, p. 311-322

Traoré K., Ganry F., Oliver R., Gigou J. 2004. Litter production and soil fertility in a *Vitellaria paradoxa* parkland in a catena in southern Mali. *Arid Land Research and Management*, 18 (4): 359-368.

⁷ Version anglaise : Pieri C., 1992. *Fertility of Soils: A Future for Farming in the West African Savannah*. Springer Series in Physical Environment. Springer-Verlag, Berlin, 348 p.