

# CHANGEMENTS TECHNIQUES ET DYNAMIQUE D'INNOVATION AGRICOLE EN AFRIQUE SAHELIENNE: le cas du *Zai* mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie

D. Clavel\*, A. Barro<sup>2</sup>, T. Belay<sup>3</sup>, R. Lahmar<sup>1</sup>, F. Maraoux<sup>1</sup>, <sup>1\*</sup>Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement, TA A-08/01, Av Agropolis, 34398, Montpellier, cedex 5, France, Courriel : [clavel@cirad.fr](mailto:clavel@cirad.fr), <sup>2</sup> Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Burkina Faso, <sup>3</sup> Mikelle University, Ethiopie.

---

**Résumé :** En Afrique, 45% du territoire est situé dans des régions où l'agriculture pluviale est fragilisée par les sécheresses récurrentes. Au Burkina Faso, la dégradation des sols peut être limitée grâce à la technique du *Zai*, technique manuelle traditionnelle très exigeante en main d'œuvre (300h/ha). La mécanisation de l'opération permet de passer à 40h/ha. L'amélioration de la technique touche aujourd'hui plusieurs centaines de fermes et d'artisans dans une vingtaine de villages du nord du Burkina Faso. Une cactée (*Opuntia ficus-indica* Mill) originaire du Mexique a été introduite accidentellement il y a moins de 20 ans en dans la province aride du Tigray au le nord de l'Ethiopie. Dans un délai très court, des modes de culture, d'utilisation et de transformation des différents produits de *Opuntia* ont fait l'objet d'améliorations techniques permettant d'améliorer l'alimentation humaine et animale et les revenus en période de soudure (juillet-septembre). Ces progrès ont été, au départ, initiés par la recherche agricole locale mais une rapide montée en puissance a été opérée grâce à une collaboration multi acteurs impliquant notamment les utilisateurs de ces techniques notamment les agriculteurs eux mêmes. Les deux expériences ont été présentées à la conférence AIDA : « Agricultural Innovation in Dryland Africa » (<http://inco-aida.cirad.fr>) tenue à Accra (Ghana), 22-24 janvier 2007, qui a permis un premier inventaire d'études de cas d'amélioration agricole en Afrique sahélienne. Le principal enseignement de la conférence, illustré par ces deux études de cas, est que dans les conditions d'une grande variabilité spatiale et temporelle des facteurs environnementaux et humains, l'innovation agricole est un processus dynamique, complexe et interactif, en rupture avec les démarches linéaires de transfert de technologie majoritairement pratiqués depuis 40 ans. Les méthodes et les approches qui permettent d'intégrer cette complexité sont aujourd'hui au centre des débats afin de permettre l'appropriation par les acteurs donc accroître l'impact des améliorations technologiques et leur pérennisation dans des contextes où les marges de manœuvre économique et climatiques sont très réduites.

**Mots-clés :** amélioration technologique, innovation, agriculture pluviale, sécheresse, Afrique sahélienne

**Abstract:** In Africa, 45% of the land is located in regions where rainfed agriculture is weakened by recurrent droughts. In Burkina Faso, soil degradation can be limited by the *Zai* technique, which is a very labour-intensive traditional, manual technique (300 h/ha). By mechanizing the operation it only takes 40 h/ha. Today, several hundred farms and craftsmen in around twenty villages in northern Burkina Faso are benefiting from the improved technique. A cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill), which originates from Mexico, was accidentally introduced less than 20 years ago in the arid province of Tigray in northern Ethiopia. Within a very short time, ways of growing, using and processing the different products derived from *Opuntia* have been technically developed, leading to better human and animal nutrition, and income during lean periods (July-September). At the outset, this progress was initiated by local agricultural research, but it was rapidly boosted by multi-stakeholder collaboration, notably involving users of the techniques, particularly farmers themselves. These two cases were presented at the AIDA conference (Agricultural Innovation in Dryland Africa) (<http://inco-aida.cirad.fr>) held in Accra (Ghana), 22-24 January 2007, which enabled the first inventory of agricultural improvement case studies in Sahelian Africa. The main lesson learnt from the conference, illustrated by these two case studies, was that under conditions of considerable spatial and temporal variability in environmental and human factors, agricultural innovation is a dynamic, complex and interactive process and a complete break from the linear technology transfer approaches mostly taken in the last 40 years. Today, the methods and approaches whereby this complexity can be integrated are at the heart of the debate, so that technological improvements can be appropriated by the stakeholders, their impact increased, and their durability ensured in contexts with very little economic and climatic room for manoeuvre.

**Keywords:** Technological improvement, innovation, rainfed agriculture, drought, Sahelian Africa

---

## Introduction

L'agriculture demeure le pivot de la plupart des économies des pays africains en fournissant près de 60 % des emplois en particulier dans les zones rurales. En Afrique, 45% du territoire est classé comme aride, subaride et subhumide sec. Ces régions où la pluviométrie est comprise entre 300 mm et 800 mm par an, sont particulièrement concernées par les changements climatiques récents. Ces derniers accentuent les contraintes pesant sur la production agricole rendant ces régions très vulnérables aux fluctuations de la production qui provoquent de graves crises alimentaires et des famines. Les régions sahéliennes de l'Afrique occidentale et orientale (« Drylands ») subissent régulièrement des crises alimentaires du fait de la grande fragilité des systèmes agricoles pluviaux à faibles ressources. Ces systèmes constituent le réseau très dense des « agricultures familiales » qui sont le mode de production largement dominant en Afrique (Caron, 2005). Les agricultures familiales, en particulier lorsqu'elles sont pratiquées dans des zones déficitaires en pluies, sont particulièrement vulnérables. Cette fragilité est due aux sécheresses, à la faible fertilité des sols et des prélèvements domestiques accrus par une démographie en hausse. Sur le plan humain les crises alimentaires récurrentes occasionnent des migrations fréquentes.

L'Union Africaine, le Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique (NEPAD) et, plus généralement, les institutions qui ont présidé à l'aide internationale depuis 25 ans (voir, à ce sujet, les initiatives européennes pour l'Afrique et le rapport 2008 de la Banque Mondiale consacré à l'agriculture) reconnaissent aujourd'hui que l'agriculture a été négligée. Elle ne reçoit que 5% du budget des Etats en moyenne et une aide internationale très insuffisante (Banque Mondiale, WDR 2008). Les programmes d'ajustement structurels mis en place en Afrique sous l'égide du FMI et de la Banque Mondiale depuis le début des années quatre-vingt ont négligé le rôle central des petites agricultures paysannes africaines. Par ailleurs, les grands travaux d'aménagement hydro agricoles se sont souvent avérés sans efficacité sur l'amélioration de la production agricole notamment sur les cultures alimentaires faute de suivi et d'appropriation par les populations concernées. Cependant, pour réduire la pauvreté de moitié en 2015, comme il est prévu dans le « Millenium Development Goals » de l'Organisation des Nations Unies (2000 et 2001), l'agriculture africaine aura besoin de maintenir un taux de croissance annuelle de 6% entre 2000 et 2015. Le fait que l'agriculture à faibles ressources doit bénéficier prioritairement des appuis publics est donc récemment devenu incontestable car il n'existe aucune alternative pour améliorer la production alimentaire en Afrique.

Des conférences internationales récentes (Agricultures familiales et Mondes à venir, SIA, mars 2005 ; « Agricultural Innovation in Dryland Africa » (AIDA), janvier 2007, Partenariat-Innovation-Agriculture, Paris, juin 2008) ont fait état d'un grand nombre d'initiatives montrant la capacité de réactivité et d'innovation des

populations rurales africaines. Les situations décrites dans ces instances sont très variables, elles vont de la diffusion de semences de légumineuses locales à haute valeur alimentaire, à l'introduction de nouvelles espèces en passant par des techniques de conservation des sols ou de récupération d'eau. Elles sont souvent dérivées de pratiques communautaires et tiennent compte de la dimension sociale de l'innovation diffusée (Reij, sous presse) montrant que la résilience des populations rurales dans ces régions dépend donc d'un système complexe d'interactions entre facteurs de nature biologique et facteurs d'origine sociale et humaine.

Deux expériences techniquement innovantes et réussies présentées lors de la conférence Agricultural Innovation in Dryland Africa (AIDA) tenue à Accra (Ghana) du 22 au 24 janvier 2007, sont décrites dans cet article. Ces études de cas concernent deux régions, l'une du Sahel occidental et l'autre du Sahel oriental où l'agriculture occupe environ 75% de la population. Elles sont toutes deux à leur démarrage, des initiatives de la recherche locale qui a cherché à décloisonner ses activités. Elles nous ont paru bien illustrer comment les changements ou des apports externes d'ordre technologique ont été appropriés par la collectivité concernée et quels développements seront nécessaires pour transformer ces apports technologiques en dynamique d'innovation.

Le premier cas présente l'amélioration d'une technique traditionnelle, le *zaï*, grâce au recours à une mécanisation spécifique. Cette technique très ancienne est utilisée pour l'économie d'eau et la lutte contre la dégradation des sols dans le centre et le nord du Burkina Faso et au Niger. L'ensemble de la collectivité locale est peu à peu impliquée dans le processus d'amélioration de la technique.

Le deuxième cas concerne une cactée (*Opuntia ficus-indica* Mill) originaire du Mexique introduite accidentellement dans la province semi-aride du Tigray dans le nord de l'Ethiopie. Dans ce cas, on a observé que la forte demande sociale avait entraîné une série d'innovations dans les modes de culture, de stockage, d'utilisation et de transformation des différents produits de *Opuntia*. Ces derniers font l'objet d'améliorations constantes dans une démarche associant une grande diversité d'acteurs.

## Etudes de cas

*Le " zaï mécanisé", technique traditionnelle améliorée au Burkina Faso*

### *Description de l'innovation*

Depuis les sècheresses des années soixante-dix qui a entraîné un glissement des isohyètes vers le sud, le Plateau Central du Burkina Faso présente une pluviométrie comprise entre 500 mm au nord et 800 mm au sud (Figure 1). Le sorgho (*Sorghum bicolor*) est une céréale très cultivée dans cette région. Le

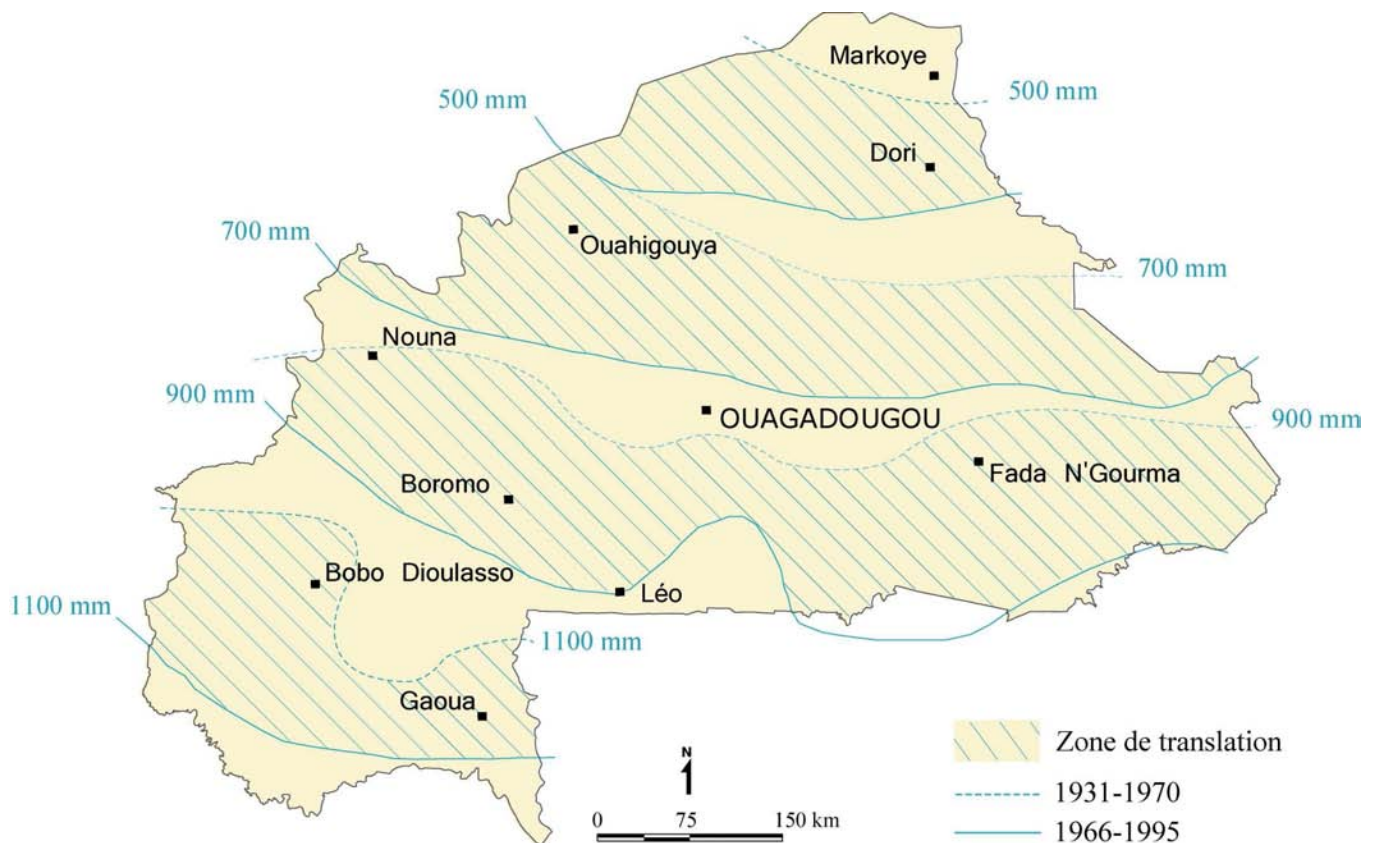


Figure 1. Carte pluviométrique du Burkina Faso (source Atlas de l'Afrique, Burkina Faso, 2005).

sorgho est aussi une céréale majeure en zone sèche africaine. Les graines sont très utilisées pour la consommation humaine et les pailles pour la consommation animale et la construction de toitures et de palissades dans les villages.

Le quart des surfaces agricoles exploitables est constitué de sols dégradés et nus, localement appelés « zipellé ». Ces sols sont mis en valeur par la technique du *zai* manuel. La technique consiste à creuser manuellement à l'aide de *daba* (outil de travail du sol) des cuvettes de 10 à 15 cm de profondeur et de 20 à 40 cm de côtés, en saison sèche. La terre excavée est mise en croissant en aval de la cuvette de manière à faire obstacle à l'eau de ruissellement. Une poignée de fumier ou de compost (environ 300g) y est ensuite apportée. L'ensemble est légèrement saupoudré de terre fine. Le semis du sorgho est réalisé dans les poquets après les premières pluies (Figure 2).

La technique est pénible et demande beaucoup de temps car elle est réalisée au moment des grandes chaleurs (40 à 45 °C). Le temps de travail est de l'ordre de 300 heures pour un hectare (Barro et al., 2005). La mécanisation de l'opération consiste à réaliser des passages croisés d'une dent de travail du sol, en sec, attelée à un animal (traction asine, bovine, ou équine). Le premier passage est fait dans le sens de la pente, le second croise la pente. A l'intersection des deux sillons l'agriculteur installe la

cuvette de *zai*. La dent de travail du sol en sec est une lame fer de 8 mm ou 12 mm d'épaisseur, biseautée à ses deux extrémités. La lame de 8 mm est utilisée dans des sols argileux cohérents, celle de 12 mm est adaptée aux sols sableux et limoneux peu cohérents. Cette lame peut être montée sur tous les outils aratoires présents dans l'exploitation (Figure 3a).

Le facteur temps de travail est déterminant dans l'adoption de l'innovation. En *zai* mécanisé, il est de 50 h ha<sup>-1</sup> alors qu'il est 6 fois supérieur en *zai* traditionnel. Par ailleurs, le passage croisé de la dent de travail du sol en sec donne une possibilité d'infiltration de l'eau plus importante que l'opération manuelle du fait d'un émiettement plus important de la couche superficielle du sol (Figure 3b) (Barro et al., 2005). La technologie est destinée aux petites exploitations familiales ayant une superficie de 3 à 5 ha et possédant un outil aratoire en traction animale. Une étude faite en 2006 dans le département d'Arbollé montre que 75% des exploitations possède au moins un outil aratoire et un animal de trait. Pour ceux qui n'en disposent pas, il est possible de faire appel à une prestation de service. En période sèche les charges de travail sont moins importantes qu'en saison des pluies. Cela rend possible et facile les interventions des prestataires de service sur les « *zipellé* » des demandeurs, et permet à la technique de toucher un grand nombre de paysans.





Figure 2. a) *Zai* manuel sur zipellé », b) Sorgho âgé de 3 semaines poussant dans des poquets de *zai* (Photos A. Barro)

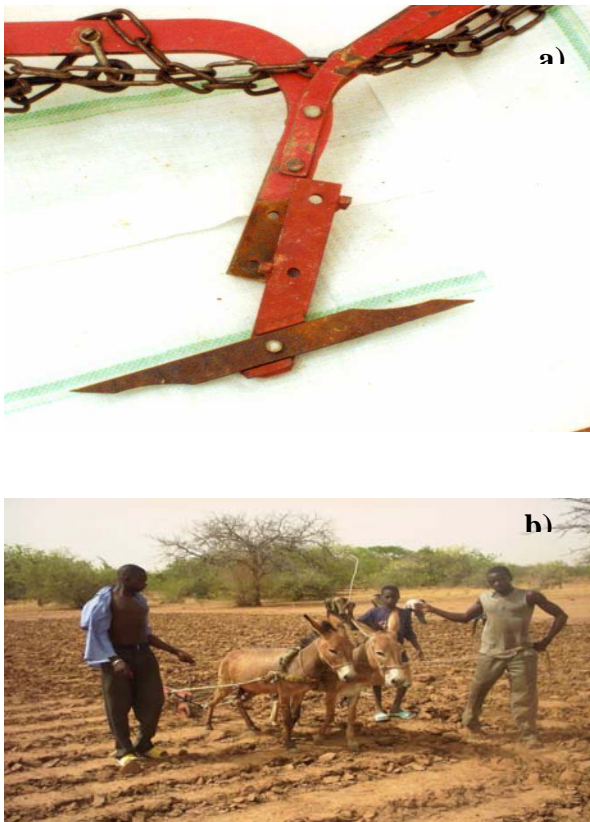


Figure 3. a) Outil de travail du sol pour le *zai* mécanisé; b) Travail du sol en traction asine et ses effets sur l'émiettement de la couche superficielle du sol (Photos : A. Barro).

### *Intérêts de l'amélioration et de la diffusion de la technique du zai mécanisé*

La mécanisation du *zai* permet une récupération rapide de surface plus importantes de sols dégradés (Barro et al., 2006). L'apport localisé de la matière organique et l'accroissement du stock d'eau dans le sol induirait un meilleur fonctionnement du système racinaire des plantes et une reprise de l'activité des micros organismes. Dans ce cas, les propriétés physico chimiques des sols seraient améliorées ce qui permet d'accroître l'alimentation en eau et en nutriments des plantes, dans notre cas, le sorgho et d'améliorer la production de grains et de paille.

Le temps de travail libéré par la mécanisation peut être utilisé par les villageois pour réaliser d'autres activités qui améliorent leurs conditions de vie (santé, instruction, investissement dans l'exploitation ou dans des activités génératrices de revenus etc...).

La *zai* favorise également la végétation ligneuse dans les parcelles. Les arbustes qui poussent dans les poquets de *zai* sont préservés et croissent dans de bonnes conditions car l'humidité stockée dans ces parcelles est plus importante. Cet effet s'oppose aux facteurs aggravants, principalement l'érosion, le ruissellement et, dans une moindre mesure, le vent.

La mise en valeur de 0,5 à 1 ha de sol dégradé par exploitation permettrait en 5 à 6 ans de restaurer la majorité des sols dégradés et d'améliorer de façon importante le potentiel de production de la région.

### *Résultats et impacts actuels*

Les résultats techniques montrent que le *zai* mécanisé est plus efficace que le *zai* manuel en termes de gains de productivité (Figure 4). En outre, le gain de rendement est d'autant plus grand que les pluies sont irrégulières ce qui constitue un facteur important pour la sécurité de la production du paysan. Sur des sols improductifs on a pu atteindre 1500 kg par ha de grains et 5000 kg par ha de paille soit respectivement +34 % et +40 % de plus que la technique manuelle. Au bout de trois années d'exploitation le sol dégradé devient moins compact et plus perméable. Il peut être utilisé de façon classique sans *zai*.

Du point de vue économique et social, on a calculé que l'opération de mécanisation du *zai* a pu permettre un accroissement des revenus du producteur de l'ordre de 150 000 F cfa soit 229 € par hectare (Tableau 1, Barro et al., 2005). En année de bonne pluviométrie on constate que le tiers environ des producteurs de sorgho a une production de grains inférieure à 700 kg par ha alors qu'en année de mauvaise pluviométrie ce sont les trois quart des parcelles qui sont touchées par la baisse de production (Tiemtoré Kaboré, 2006). Le surcroît de production et la libération de temps permis par le *zai* mécanisé conduit donc les exploitations vers la sécurisation de leur alimentation et contribue

à l'amélioration de leurs conditions de vie. L'amélioration de la technique touche aujourd'hui plusieurs centaines de petits agriculteurs et d'artisans dans une vingtaine de villages du centre et du nord du Burkina Faso.

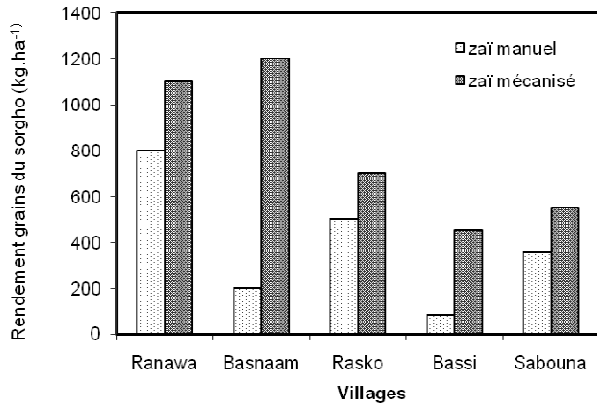


Figure 4: Effet du *zaï* manuel et du *zaï* mécanisé sur le rendement en grains du sorgho dans cinq villages du Nord du Burkina Faso

*Futurs développements : les facteurs favorables et les freins à la mise en œuvre d'une dynamique d'innovation*

Sur le plan technique, le *zaï* traditionnel manuel n'est plus suffisamment efficace dans le contexte actuel de forte contrainte climatique et de pression démographique sur l'environnement. Par conséquent, le *zaï* mécanisé, s'il était généralisé, permettrait une restauration plus rapide des sols et limiterait le phénomène de dégradation. Cependant la technique du *zaï* mécanisé doit être réalisée dans un système d'aménagement général de la toposéquence, voire du bassin versant (Roose et al., 1995). Le *zaï* mécanisé ne peut pas valoriser tout les types de « *zipellé* » par la production céréalière ou agricole car certaines parcelles dégradées où les sols n'ont pas une profondeur suffisante pour

une production céréalière, conviendraient mieux à la plantation d'arbres.

Les freins majeurs à la diffusion de la technique sont le manque de formation surtout pour les femmes qui sont capables de porter l'innovation (Tiemtoré Kaboré, 2006) et l'insuffisance d'équipement en traction attelée des exploitations. Dans les provinces du Nord du pays, la majeure partie des paysans se trouve dans une situation d'insécurité alimentaire quasi-permanente. Les revenus sont très faibles ce qui rend tout investissement dans les exploitations très difficile. La technique peut jouer alors le rôle d'amorce de l'investissement dans l'exploitation. Le prix additionnel de la technique, 15 000 Fcfa soit 23 € à l'hectare, est à la portée des paysans à condition qu'ils disposent d'un mode de traction. Les femmes qui représentent 54 % de la population dans cette région, pourraient être mobilisées à condition qu'elles disposent de l'appui matériel et technique nécessaire.

La collaboration de la recherche agronomique avec les projets de développement, les services techniques de vulgarisation, les ONGs, les producteurs innovateurs, les artisans ruraux dans les villages, les groupements villageois et les autorités administratives et coutumières autour de la technologie du *zaï* mécanisé a été mise en œuvre mais elle doit être généralisée afin d'accumuler des données techniques, sociales et économiques et permettre une diffusion rapide de cette technique.

La question cruciale de la sécurisation foncière est en cours d'examen par les autorités du pays qui sont conscientes de l'impact négatif du risque foncier dans l'implication des agriculteurs à maintenir leur terre en état de produire sur le long terme. Dans l'état actuel des choses, la capacité des forgerons, ne permettrait pas de faire face à une demande élevée des producteurs. Dans un système où la production serait plus stable, les artisans locaux pourraient augmenter leur production d'outils avec des coûts de production réduits.

Tableau 1. Comparaison des gains de production et de revenus de la culture du sorgho utilisant le *zaï* manuel et le *zaï* mécanisé (en F cfa)

Type de Zaï	Zaï manuel	Zaï mécanisé
Temps de travail (h/ha)	380	50
Coût de la culture du sorgho (F cfa)	166 698	76 790
Revenu de la vente (F cfa)	183 968	244 128
Revenu par ha (F cfa)	17 270	167 338

*Conclusion et perspectives*

Les raisons essentielles du succès du *zaï* mécanisé sont liées à l'efficacité de la technique pour améliorer la production avec une charge de travail moins lourde que dans le *zaï* traditionnel. Le fait qu'elle soit dérivée d'une longue pratique parfaitement adaptée aux besoins des agriculteurs est un facteur important de la réussite. La technique du *zaï* mécanisé serait écologiquement durable du fait d'une meilleure utilisation de l'eau de pluie par les plantes et de la limitation de l'érosion des sols qu'elle permet et économiquement viable compte tenu des faibles investissements qu'elle nécessite. Néanmoins des données manquent quant à ses impacts sur le long-terme notamment sur la capacité d'investissement des petites exploitations des zones concernées.

Un développement de cette technique d'économie d'eau pour la croissance des plantes herbacées ou ligneuses permettrait d'augmenter la biomasse et donc la fumure organique par le bœuf de l'élevage qui lui-même participe à la sécurisation des gains de l'exploitation et à la production de matière organique pour le maintien de la fertilité des sols. Cet aspect dynamique est capital pour la durabilité des systèmes mais lors d'une année sèche la capacité de maintien d'un cheptel peut être anéantie.

Afin d'assurer le succès et la durabilité économique et écologique de cette technique et ainsi passer de l'amélioration technique à la dynamique d'innovation, il est important que les composantes de la société concernée soient impliquées dans l'action. Des solutions permettant de diffuser la technique par l'amélioration de l'accès à l'équipement et la formation devront être trouvées en collaboration avec tous les acteurs, notamment les agriculteurs et agricultrices. Il faudra également veiller à assurer l'appui institutionnel au plan administratif, légal ou coutumier, sécuriser le foncier et suivre les dynamiques sociales et environnementales afin de permettre une pérennisation des bénéfices permis par l'extension de la technique. Ces aspects de la question sont actuellement étudiés dans le cadre de deux études réalisées en 2008, l'une sur les aspects biophysiques (Droux, 2008) et l'autre sur ses impacts socio économiques (étude en cours à l'Université de Ouagadougou).

*Le développement de produits à base de cactus (Opuntia ficus-indica Mill dans la province du Tigray (Nord Ethiopie)*

*Description de l'innovation*

Dans les régions désertiques et semi-désertiques du Nord de l'Ethiopie (Figure 5) l'alimentation et la conservation des sols sont des défis majeurs de développement. Le cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) est une crassulacée originaire d'Amérique introduite en Espagne dès le 15<sup>e</sup> siècle. *Opuntia* a été probablement introduit en Ethiopie il y a 150 ans par des missionnaires venus des régions méditerranéennes. Sa diffusion a été ensuite accélérée par les pèlerinages musulmans.

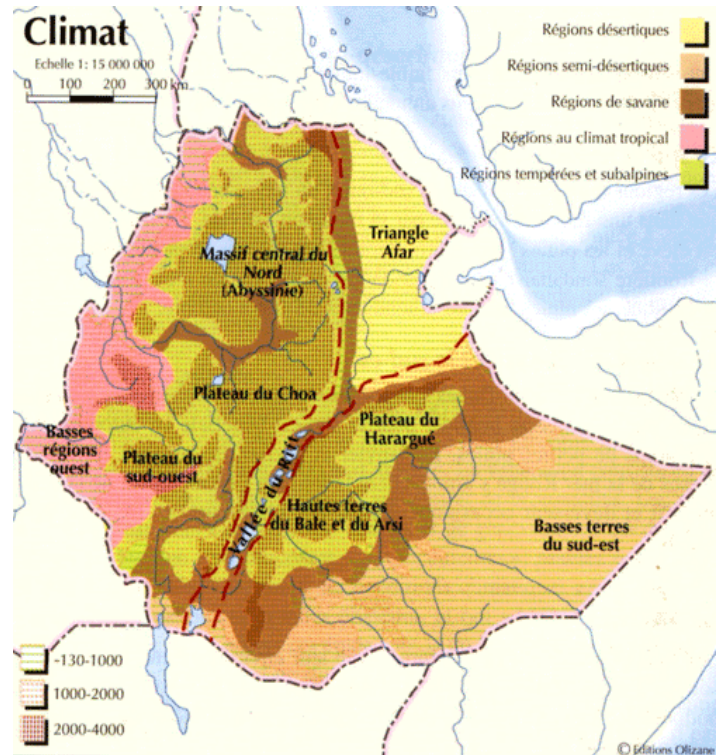


Figure 5. Carte climatique de l'Ethiopie (Source Editions Olizane)

Récemment, la culture du cactus s'est étendue rapidement du fait des conditions climatiques et édaphiques très favorables. On estime à plus de 30 000 hectares, l'emblavement dans la province de Tigray, dans le nord de l'Ethiopie qui constitue la zone la plus sèche du pays avec moins de 200 mm par an en moyenne. Dans cette région, le cactus fait, aujourd'hui, partie intégrante des systèmes de culture.

Les épines du cactus sont des feuilles modifiées. Elles servent à conduire l'eau et à protéger la plante des herbivores et autres prédateurs. Les tiges sont aplaties et constituées par des tissus succulents, appelés aréoles, spécialisés dans le stockage de l'eau. Les aréoles portent les fruits du cactus appelés cladodes ou « nopalitos » en espagnol (Figure 6). L'espèce possède une grande efficacité de l'utilisation de l'eau, quatre à cinq fois supérieure à celles des graminées les plus résistantes à la sécheresse, en termes de production de matière sèche par unité d'eau consommée (Russel et Felker, 1987).

*Intérêts de l'introduction d'Opuntia dans le Nord de l'Ethiopie*

Les fruits du cactus mûrissent pendant les mois de juillet à septembre. Les fruits frais sont vendus dans les marchés de rue par des enfants et consommés directement. L'époque de disponibilité des fruits, de juillet à septembre, correspond à la saison des pluies lorsque les récoltes de l'année précédente sont épuisées et que les nouvelles cultures n'ont pas encore produit



leurs fruits. Cette période dite de soudure est une phase critique dans les pays sahéliens sur le plan de l'alimentation tant pour les hommes que pour les animaux. Les différentes parties de la plante sont utilisables après transformation pour l'alimentation humaine et animale. Ces transformations multiplient les formes de consommation du produit en dehors de la période de récolte.



Figure 6. Aréoles (tiges) de cactus portant des cladodes (fruits) ou « nopalitos » (source FAO)

Le cactus a montré une très bonne adaptation agronomique aux conditions semi arides des régions nord du Tigray. Le système d'implantation racinaire du cactus est efficace pour capter l'eau mais aussi pour combattre l'érosion par les pluies et le vent. De ce fait, le cactus s'accommode mieux de sols sévèrement dégradés que la majeure partie des plantes cultivées. La plante est d'ailleurs largement utilisée pour la reforestation des zones arides (Nefzaoui et Ben Salem, 2002). Ces particularités propres à la plupart des crassulacées en font une plante particulièrement adaptée aux zones arides et semi-arides.

#### Résultats et impact actuel

Jusqu'en 1997, l'Université de Mekelle (Tigray) en Ethiopie s'était peu intéressée à cette culture et son expansion s'est opérée en dehors de toute structure stratégique de développement agricole tant la plante présentait d'atouts pour cette zone très touchée par la sécheresse. En 1997, l'université de Mekelle a eu l'initiative d'un Atelier International sur le thème « Opuntia en Ethiopie : l'état de connaissance dans la Recherche sur Opuntia ». L'atelier été organisé en collaboration avec l'Institut Polytechnique de Weissbaden (Allemagne) et a permis de rassembler les connaissances et d'explorer le potentiel de cette culture. L'objectif de cet atelier était aussi de définir les besoins en recherche et développement pour valoriser cette culture en Ethiopie en se basant sur les expériences de pays d'Amérique latine.

Les résultats des actions en faveur du cactus concernent toute la filière de production, de transformation et d'utilisation des

différents produits du cactus. Les recommandations formulées lors du premier atelier organisé par l'Université de Mekelle ont conduit à la mise en place d'un projet de recherche développement financé par la FAO. Les objectifs du projet FAO étaient les suivants :

- amélioration de l'utilisation du cactus comme fourrage pour le bétail ;
- diversification des utilisations et des transformations des nopalitos pour consommation humaine;
- développement de sous-produits de cactus;
- introduction de cochenille carmin au Tigray.

Les principaux résultats du projet ont permis d'acquérir et de commencer à mettre en œuvre des améliorations de la culture et de l'utilisation des produits de d'Opuntia dans divers domaines. Des choix de variétés ont été opérés sur la base de la comparaison de la production et de la qualité des fruits (tableau 2).

Tableau 2. Comparaison de quelques caractères des fruits, des aréoles et semences sur 11 variétés de cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill).

Variétés	Pulpe (g)	Ecorce (g)	Aréole /Fruit	Poids de semence (g)	Nbre de semences
Magal Hailu	55.0	34.5	66.6	2.8	275
Tsaeda Ona	36.9	19.4	69.0	1.9	160
Berbenre	35.3	15.8	45.4	2.6	208
Shenkor	41.4	20.7	58.0	2.2	166
Limo	45.2	25.5	54.6	1.6	239
Meskel	37.2	24.2	66.4	1.8	333
Dhewechawa	37.8	25.7	66.6	1.8	199
Tesemsama	47.6	23.3	53.2	2.5	179
Mot Kolea	39.8	21.3	76.4	2.1	226
Awkukal Bahri	31.2	17.9	68.2	2.0	196
Cheguar	49.8	36.3	64.0	1.9	116

L'amélioration des techniques culturales notamment l'apport d'urée en mélange avec des résidus de récolte a été préconisé afin de remplacer la pratique courante du brûlage des épines et des résidus de récolte qui occasionne une perte importante de matière organique pour les sols. Des hachoirs ont été mis au point et diffusés afin de découper les cladodes du cactus en fragments et éliminer le risque de blessures au niveau de la bouche du bétail lors de la prise alimentaire.

Ce projet a également transformé une organisation non gouvernementale locale, les «Mamans pour des Mamans» («Mums for Mums»), en un centre d'excellence dans la préparation et la promotion de recettes d'alimentation à base de cactus. Une gamme de produits à base de cactus comme des confitures, des jus et des confiseries, ou des gâteaux a été aussi mise au point (Figure 7). D'autres organisations non gouvernementales comme la suisse Helvetas et l'allemande DED ainsi qu'un certain nombre d'organisations locales se développent et utilisent ces innovations pour la promotion du cactus.



Figure 7. a) Préparation de confiture de fruits de cactus (photo «Mums for Mums»); b) Promotion- démonstration des préparations culinaires à base de cactus (photo T. Belay).

Les intervenants en science de l'alimentation du Bureau d'Agriculture et de Développement Rural du Tigray ont été formés sur les diverses utilisations alimentaires des cladodes et ont eux même réalisé des démonstrations et des formations pour les agriculteurs. Aujourd'hui, un nombre important de villageois du Tigray ont adopté et incorporé le cactus dans leur alimentation. L'utilisation de «nopalitos» devient également courante dans les restaurants de Mekelle.

Après avoir été considérée comme la nourriture des pauvres, l'adoption dans les communautés est croissante et on retrouve les produits de plus en plus souvent dans les supermarchés de la capitale, Addis-Abeba. Des groupes féminins commencent à vendre leurs préparations alimentaires dans les supermarchés de Mekelle.

Une dernière série de résultats concerne la production d'une cochenille particulière, la Cochenille Carmin (*Dactylopius coccus*) qui s'alimente uniquement sur les cactus. Les premiers essais conduits sur la cochenille carmin ont montré que l'insecte pouvait être produit dans une large zone de la province. Le colorant rouge naturel tiré de la cochenille sert en alimentation et entre dans la composition des médicaments et des produits de beauté. Le prix actuel de cet insecte se situe autour de 15 US\$ par kg d'insecte sec ce qui est attractif et pourrait constituer une plus

value très intéressante de cette culture notamment dans la région montagnaise du Sud-Est où cet insecte sera introduit.

*Futurs développements : les facteurs favorables et les freins à la mise en œuvre d'une dynamique d'innovation*

Compte tenu de la rareté des cultures possibles dans la zone semi-désertique considérée, la stratégie de développement agricole du gouvernement de la province du Tigray prévoit une large place à la diffusion du cactus. Une décision politique a permis la promotion de la diffusion et la diversification des produits dérivés des fruits du cactus par les intervenants du développement rural dans toutes les régions du pays y compris dans la capitale.

Par exemple, les ressources génétiques disponibles permettent d'envisager une meilleure adéquation entre les variétés de cactus et les différentes utilisations qui en sont faites. On a observé en particulier que la consommation de cladodes par les moutons limitait considérablement leur besoin en eau et que les fruits du cactus utilisés de façon optimale pour l'alimentation animale pourraient contribuer à limiter les besoins en fourrage à hauteur de 60 %. Des essais participatifs d'adaptation variétale et technologiques doivent être mis en œuvre pour permettre de tirer bénéfice de cette observation.

Par ailleurs des essais d'adaptation de la cochenille doivent être poursuivis de manière à développer sa production. La vente à l'export de cet insecte pourrait permettre une augmentation des revenus des paysans. L'information concernant les marchés pour cet insecte semble favorable puisque des acheteurs potentiels sont venus d'Amérique et d'Europe et ont montré un grand intérêt pour cette production susceptible de faire de la culture du cactus une culture de rente à haute valeur ajoutée.

*Conclusions et perspectives*

Le projet FAO et l'implication d'un grand nombre d'acteurs sous l'impulsion de l'Université de Mikelle ont permis d'assurer le succès de la diffusion de la culture du cactus et de ses utilisations. Cette diffusion a été facilitée du fait que sa consommation permettait de limiter les effets du déficit alimentaire des populations rurales lors de la difficile période de soudure mais aussi à d'autres périodes que la courte saison des pluies. Dans les régions les plus fragiles du Nord du pays où les famines sont fréquentes, des interventions très ciblées et cohérentes, réalisées en collaboration avec les utilisateurs, ont été rapidement adoptées. L'extension rapide de la culture et l'utilisation du cactus dans une des régions les plus sèches du pays montre que les intérêts multiples de cette ressource ont été très vite perçus et appropriés par les communautés rurales vivant dans cette zone.

Les succès obtenus ont convaincu le gouvernement régional du Tigray des bénéfices actuels et potentiels de l'encouragement la



culture du cactus. La réactivité des agriculteurs et autres utilisateurs et les actions de développement conduites en liaison avec eux ont conduit les autorités locales de la province du Tigray à considérer le cactus comme une culture stratégique et à en développer la culture et l'utilisation. Il conviendra que la future stratégie soit raisonnée en concertation avec tous les acteurs présents ou potentiels de la filière.

Les calculs économiques et les évaluations des impacts sociaux des populations n'ont pas encore été réalisés car devant l'urgence, on a privilégié une démarche pragmatique pour la diffusion rapide des pratiques par rapport à la mise en œuvre d'une stratégie concertée. Considérant la variété des acteurs concernés, on peut se demander si la diffusion d'*Opuntia* selon une planification même concertée n'aurait pas freiné son développement car la dynamique d'une d'innovation aurait pu s'en trouver entravée.

### **Conclusion : Un nouveau cadre pour promouvoir l'innovation agricole dans les zones fragiles**

Les deux situations décrites dans cet article correspondent à des initiatives modestes relativement anciennes, une dizaine d'années, mais dont la résonance est accrue par les crises alimentaires récentes dans cette région du monde. Les révoltes de la faim en Afrique et dans le monde en 2008 ainsi que la récente parution du rapport de la FAO (FAO, Rapport annuel 2008) faisant état d'une personne sur trois souffrant de la faim en Afrique et d'une aggravation générale de la faim durant la période 2007-2008 mettent en lumière l'impérieuse nécessité de l'aide internationale pour l'agriculture et les zones rurales. La question qui se pose de façon cruciale aux institutions et aux politiques est celle de la façon la plus efficace de venir en aide aux populations les plus démunies, notamment celles qui ont en charge de produire l'alimentation vivrière, face à la rareté et à la fragilité des ressources naturelles. L'accent sera mis sur une manière nouvelle d'aborder la question des innovations visant le développement rural prenant en compte toutes ses dimensions et en valorisant le contexte culturel, économique et social selon des principes que l'on peut regrouper en trois axes majeurs.

*Les trois principes de mise en œuvre d'une innovation en milieu rural*

#### *Prendre en compte les facteurs d'appropriation sociale*

Dans le contexte général de faibles ressources, notamment hydriques, le point commun à tous les systèmes de production traditionnels est qu'ils visent la minimisation du risque financier au regard de l'incertitude climatique et économique. La durabilité de la production dans les systèmes où la ressource environnementale est faible (ou le deviendra), certains principes essentiels doivent présider à la mise en œuvre des interventions. Le premier est qu'une innovation technologique ne peut contribuer à un progrès humain que si les facteurs

d'appropriation sociale qui garantissent la durabilité écologique et économique des systèmes de production sont correctement analysés. Il faut noter que ces systèmes « minimisateurs de risques » abandonnés dans les pays développés, connaissent aujourd'hui un regain d'intérêt compte tenu de l'impératif environnemental (Chevassus Au Louis, 2008). Certains de ces systèmes sont promus par des initiatives locales qu'il faut repérer et soutenir.

#### *Inscrire l'innovation dans une trajectoire*

Un autre principe est que les changements permanents de l'environnement écologique, économique et humain, imposent de tenir compte du fait que l'optimum de viabilité technico-économique est en déplacement constant (Dugué, 2007). Par conséquent, le processus d'innovation devra s'inscrire dans une trajectoire dynamique et réflexive où les savoirs profanes seront souvent associés aux savoirs experts et où la prise en compte de tous les acteurs dans le processus d'innovation en garantira l'impact et la durabilité (Floquet, 2007).

#### *Organiser et développer la montée en compétence des acteurs locaux*

Le couplage du progrès technique et du progrès social ne pourra s'opérer que si on veille à une montée en compétence des acteurs locaux. La durabilité et l'adaptabilité des changements techniques ne pourra se faire sans prise de conscience et donc prise de responsabilité des acteurs concernés.

#### *La démarche proposée en Afrique Subsaharienne*

Pour que l'agriculture africaine soit en mesure de nourrir les populations qui en dépendent la « nouvelle » aide internationale pour l'Afrique devra utiliser l'atout indéniable constitué par la grande faculté d'adaptation des agricultures familiales, largement majoritaires dans le continent. Les deux expériences décrites dans cet article ne sont pas isolées dans les zones rurales africaines soumises à la sécheresse. La conférence de lancement du projet AIDA (<http://inco-aida.cirad.fr>), Accra, 22-24 janvier 2007) a permis un premier recensement des cas, souvent basés sur des savoirs locaux, dont certains sont actuellement analysés en profondeur dans le cadre d'un projet financé par l'Union Européenne (UE-FP6-043863). Un des objectifs du projet INCO AIDA est de fournir un cadre d'analyse pour s'assurer qu'un changement d'ordre technologique permette de créer une dynamique d'innovation durable bénéficiant à l'ensemble des acteurs. Par l'étude précise d'une douzaine d'expériences en cours dans 4 pays sahéliens, on vise à préciser les conditions et les déterminants des succès des innovations techniques dans l'amélioration des conditions de vie en milieu rural en dans les zones les plus déshéritées de l'Afrique.

Les débats réalisés pendant la conférence AIDA du Ghana (AIDA Syntesis Report, 2008) ont fourni un cadre préliminaire

d'analyse en quatre recommandations majeures, déclinées en quatre mots-clés : disponibilité, participation, adoption ou appropriation, partenariat. Ce cadre d'analyse doit être complété et précisé afin non seulement d'améliorer la technologie mais aussi pour la rendre disponible et en assurer l'adoption ou appropriation. Il est innovant car délibérément établi en rupture avec les transferts de technologie linéaires qui ont été majoritairement pratiqués jusque là.

Par disponibilité de l'innovation, on entend que les systèmes techniques de culture innovants peuvent être endogènes ou exogènes mais doivent être intégrés et durables tant sur plan économique que social et environnemental.

Par participation au développement de l'innovation technologique on se réfère à la question de l'implication de tous les acteurs locaux, communautés rurales, organisations non gouvernementales, décideurs et agents de la commercialisation, dans la dynamique d'innovation dès son démarrage et notamment pour le volet suivi-évaluation.

L'adoption ou appropriation de l'innovation implique un meilleur accès à une information adaptée, un développement des compétences de tous les acteurs et d'outils et mécanismes de communication-concertation entre acteurs.

La notion de Partenariat renvoie à la capitalisation des savoirs par la participation aux plateformes existantes pour développer des projets communs et faciliter les synergies avec d'autres initiatives. Ces initiatives notamment européennes et africaines sont nombreuses, nous citerons celles issues des accords entre l'Union Africaine et l'Union Européenne, la *Platform for African and European Partnership in Agricultural Research for Development* (PAEPARD), celle du NEPAD (*Comprehensive Africa Agriculture Development Programme*, CAADP) et celles du 7e Programmes cadre Européen lancé en 2008 et du programme européen *Food Security Thematic Program* (FSTP) qui sera lancé courant 2009.

Dans le contexte actuel d'une grande variabilité spatiale et temporelle et de la rareté des ressources environnementales, savoir accompagner la dynamique de l'innovation agricole en Afrique, et plus généralement dans les pays pauvres est un enjeu stratégique majeur pour lutter contre la pauvreté et la faim. Comprendre la dynamique du processus d'innovation qui dépend fortement des contextes est une tâche complexe mais urgente si l'on veut garantir un progrès social et humain en même temps que technologique. L'analyse des pratiques actuelles de recherche pour le développement (« *Impact Research* » en anglais) ainsi que le développement d'outils et les méthodes d'échange et partage des savoirs entre acteurs sont aujourd'hui au centre des débats en Afrique et en Europe afin d'améliorer efficacement et durablement la capacité des systèmes agricoles à nourrir les populations qui en dépendent.

## Bibliographie

- Agricultures familiales et Mondes à venir, 2005, Conférence de Paris, SIA, Actes de la conférence tenue à Paris, mars 2005, P. Caron(Ed), CIRAD, Montpellier, 110 p.
- Agricultural Innovation in Dryland Africa (AIDA), 2008, Synthesis Report, International Conference On Agricultural Innovation in Dryland Africa, Accra, Ghana, 22-24 January 2007, Clavel, D, J. Francis, J. Verhagen, R. von Kaufmann, and M. Wopereis, (Eds),CTA, Wageningen, Netherland, 12 p.
- Banque Mondiale, 2008, Rapport sur le développement dans le monde. L'Agriculture au service du développement, 375p.
- Barro, A.,R. Zougmore et S.J.B. Taonda, 2005, Mécanisation de la technique du zaï manuel en zone semi-aride, Cahiers Agricultures vol. 14, 6, pp 549-559.
- Barro, A., V. Hien, Billaz, I. Kaboré et S. Konkisséré, 2006, La pratique du zaï mécanique par les paysans innovateurs du Nord et du Centre du Burkina Faso, FRSIT Ouagadougou, 15 p.
- Droux, D., 2008, Réhabilitation des sols dégradés dans les zones sèches sahélienne. Etat des connaissances, perception des pratiques paysannes, Master soutenu le 23 septembre 2008, Université de Paris 12, Créteil Val de Marne, 80p.
- Dugué, P., 2007, Ressources acteurs et institutions : un environnement qui change. In *Exploitation agricoles familiales en Afrique de l'ouest et du centre*, Gafsi, M et al. (Ed.), QUAÉ, 2007, pp 25-45.
- Chevassus Au Louis, B. et M. Griffon, 2008, Une nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. Economie et stratégies agricoles, Edition Club Déméter, Paris pp 7-48.
- Conférence Agricultural Innovation in Dryland Africa (AIDA), 2007, Accra, 22-24 janvier 2007, [En ligne] : <http://inco-aida.cirad.fr>, consulté décembre 2008.
- Food and agriculture organization (FAO), 2008, L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, Rapport annuel, 60 p. [En ligne] : <http://www.fao.org/docrep/011/i0291f/i0291f00.htm>, consulté décembre 2008
- Floquet, A., 2007, A l'échelle d'une vie : trajectoires et décisions paysannes au Bénin. In : *Exploitation agricoles familiales en Afrique de l'ouest et du centre*, Gafsi, M et al. (Ed.), QUAÉ, 2007, pp. 195-212.
- Horwith, B.J., P.N. Windle, E.F. Mac Donalds, K.J. Parker, A.M. Ruby et C. Elfring, 1989, The role of technology in enhancing low resource agriculture in Africa, *Agriculture and Human Values*, 6, 3, pp 68-84.
- Nefzaoui, A. et H. Ben Salem, 2002, Forage, fodder, and animal nutrition. In *Cacti: Biology and Uses*, Ed P S Nobel Berkeley, California, University of California Press, pp. 199–210.
- Roose, E., V. Kaboré et C. Guenat, 1995, Le zaï. Fonctionnement, limites et améliorations d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso), Cahiers ORSTOM Pédologie. In *Spécial érosion : réhabilitation des sols et GCES*, pp 158-173.
- Reij, C.P., E.M.A. Smaling, 2008, Analyzing successes in agriculture and land management in Sub-saharan Africa ; Is macro-level gloom obscuring positive micro-level changing ? *Land Use Policy* 25, 3, pp 410 - 420.
- Russel, CE et P. Felker, 1987, The prickly pear (*Opuntia* spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semi-arid regions, *Economic Botany*, 41, 443-445.
- Tiemtoré Kaboré I.B., 2006, Stratégies de résolution des problèmes liés à la valorisation des équipements dans les exploitations agricoles au Passoré: cas de la commune d'Arbollé, Rapport de stage CAP de Matourkou, 67p.