

Analyses prospectives des possibilités d'amélioration durable des performances des exploitations agricoles de l'Ouest du Bassin Arachidier du Sénégal: cas des producteurs de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.)

A. Camara^{1*}, A. Dieng¹ & G. Mergeai²

Keywords: Survey- Farming systems- Synergies- Agriculture- Livestock- Senegal

Résumé

Une enquête a été menée auprès de 65 Exploitations Familiales (EF) cultivant le *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) dans le Sud-Ouest du Bassin Arachidier sénégalais afin de comprendre leur fonctionnement et identifier des innovations agricoles permettant d'améliorer durablement leurs performances. Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse en composantes principales suivie d'une classification ascendante hiérarchisée. Ces analyses ont permis de classer les EF en quatre grands types qui correspondent globalement aux grandes classes mises en évidence lors de travaux précédents réalisés dans la région en considérant l'importance des ressources disponibles. L'équipement agricole et le type d'élevage sont les principaux facteurs discriminant de cette classification. Les exploitations agricoles de type I représentent 6% de l'effectif total. Elles disposent en moyenne de 27,5 ha; de l'ensemble du matériel agricole de traction animale et d'un cheptel important et diversifié. Le type I se distingue du type IV (11%) principalement par son cheptel plus important. Le type II (31%) est essentiellement constitué d'agriculteurs qui disposent en moyenne de 5,3 ha; sans aucun animal de trait ni de matériel agricole de traction animale. Les exploitations agricoles de ce type sont souvent dans une situation très précaire et leur survie est menacée. Le type III (52%) dispose en moyenne de 9,4 ha et d'un cheptel composé d'ânes et de petits ruminants. Deux grands types de systèmes de culture basés sur la rotation arachide/mil et la monoculture du mil avec un faible apport de fumure organique se retrouvent chez l'ensemble des exploitations enquêtées. L'intégration de la culture de *Jatropha curcas* L. se fait sous forme de haies vives productives généralement mal entretenues du fait de leur faible rentabilité. Les EF étudiées pratiquent en général un élevage extensif peu performant. Les synergies entre les productions animales et végétales sont peu développées au sein des exploitations. Les perspectives d'innovation pour améliorer les

Summary

Prospective Analyzes of the Possibilities for Sustainable Improvement of the Performances of Farms in the Western Senegal Groundnut Basin: Case of the *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) Producers

A survey was conducted with 65 family farms (FFs) cultivating *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) in the southwest of the Senegalese groundnut basin to understand their functioning and to identify sustainable agricultural innovations enabling their performances. In a first step, the Principal Component Analysis (PCA) method was used to analyze the data, followed by Hierarchical Ascendant Classification. Four main farm types of FFs were identified which confirm globally the results of previous researches in the area. Agricultural equipment and livestock type are the main discriminating classification factors. Type I farms represent 6% of the total number and own an average area of 27.5 ha, all agricultural traction-material and a large and diversified livestock. Type I differs from type IV (11%) mainly by its larger herd. Type II (31%) groups mainly farmers who own an average area of 5.3 ha, without any draught animals or agricultural traction equipment. Farms from type II are often in a very precarious situation and their survival is threatened. Type III farms (52%) own an average area of 9.4 ha and hold a herd of donkeys and small ruminants. Two major types of crop systems based on groundnut/mil rotation and millet monoculture with a low intake of organic fertilization are found in all of the surveyed farms. *Jatropha curcas* L. is integrated in the form of productive live hedges that are generally poorly maintained due to their low profitability. Breeding practices are extensive and low performing. Synergies between livestock and plant productions are poorly developed.

¹Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiés, Sénégal.

²Université de Liège, Gembloux Agro- Bio tech, Laboratoire d'Agroécologie Tropicale, Gembloux, Belgique.

*Auteur correspondant: Email: camouabib@yahoo.fr

Reçu le 11.01.17 et accepté pour publication le 7.12.17

performances de ces systèmes de production, notamment dans les domaines fourragers, de la fumure organique, de l'agroforesterie et de l'agro-écologie, sont intéressantes pour la plupart des grands types d'exploitation identifiés.

The perspectives of innovation to improve the performances of these production systems, in particular forage, organic manure, agroforestry and agro-ecology, are interesting for the major identified types of farming.

Introduction

Dans le bassin arachidier du Sénégal, les rendements des principales cultures ont tendance à stagner, voire à baisser depuis plusieurs décennies (1); ceci entraîne des déficits céréaliers fréquents en milieu rural (11, 32). Ces baisses de performances sont principalement liées à la faible fertilité des sols (44) et à la diminution et à l'irrégularité de la pluviométrie (1, 5). Toutefois, l'importance de ces facteurs, tout comme leurs effets sur les productions, varient suivant les agro-écosystèmes et, dans une même zone, selon les exploitations agricoles (43). Pour améliorer durablement ces systèmes de production agricole, la diffusion d'innovations agro-écologiques qui tiennent compte des contraintes pédoclimatiques, en particulier des risques associés à la fragilité des sols et aux irrégularités pluviométriques, sociales, et techniques et des objectifs des exploitations agricoles constitue une des voies à privilégier (3, 10, 14, 31, 43, 44).

En effet, l'adoption d'une innovation par une exploitation agricole dépend des contextes naturel et socioéconomique dans lesquels elle se trouve, de la nature et de l'importance de ses moyens de production ainsi que de sa logique de fonctionnement (25) qui dépend elle-même en grande partie des connaissances et des savoir-faire des agriculteurs (15, 44).

L'établissement d'une typologie des Exploitations Familiales (EF) existant dans une région constitue une étape essentielle dans le processus d'innovations agricoles (25). Elle permet de classer les exploitations en un nombre limité de catégories relativement homogènes et contrastées dont les différences sont telles que les interventions destinées aux EF d'un même type puissent être similaires entre elles et différentes de celles conçues pour les autres types (24, 43, 44).

Dans cette publication, nous présentons les résultats d'un travail visant à caractériser les principaux types d'EF existant parmi les membres de la Fédération des Producteurs de Tabanani (*Jatropha curcas* L.) du département de Foundiougne (FPTF). Ceci dans le but d'identifier, dans une étape ultérieure, les innovations agro-écologiques candidates à l'amélioration du fonctionnement de chaque grand type d'exploitation mis en évidence. Le choix des producteurs de la FPTF tient à son niveau d'organisation et de structuration favorable à un diagnostic approfondi et à l'aptitude supposée de ses membres à innover.

Ceux-ci sont, en effet, les premiers à avoir adopté la culture du *Jatropha* dans la région et peuvent constituer un relai intéressant pour l'introduction d'autres innovations, à l'instar de ce qui a été observé lors de l'introduction de la culture de l'anacardier dans la zone.

Matériel et méthodes

Cadre d'étude

Le bassin arachidier du Sénégal (lat. 13°30' et 16°15' nord, long. 14°15' et 17°15' ouest) couvre plus de 60.000 km²; il concentre plus de 40% des superficies cultivées et plus du tiers de la population du pays (34, 36). Le département de Foundiougne (Figure 1), cadre géographique de l'étude, est sous l'influence du climat tropical soudano-sahélien et côtier, caractérisé par deux saisons: une saison sèche (octobre à juin) et une saison pluvieuse (juin-juillet à octobre). Entre 2000 à 2010, la moyenne de précipitations annuelles calculée à partir des données de la station météorologique départementale s'élève à 732±152 mm, avec souvent une mauvaise répartition et des séquences sèches en début de saison des pluies. Dans la classification de la FAO, les sols de la zone appartiennent au groupe "luvic acrisol" (18), caractérisés par une texture à dominante sableuse, une faible teneur en matière organique, une capacité d'échange cationique (CEC) faible, une érosion très marquée et une aptitude culturale limitée. Dix villages répartis selon un axe Nord-Sud (Figure 1), correspondant au gradient pluviométrique observé dans la région, ont été identifiés pour réaliser l'étude.

Collecte des données

La collecte des données a été faite à travers des enquêtes, en 2011 et 2012, sur un échantillon de 65 EF choisies selon la méthode d'échantillonnage aléatoire, avec une taille des échantillons proportionnelle au rapport entre le nombre de membres de la FPTF dans chaque village et l'effectif total des membres de la fédération (39). Les entretiens avec le chef d'exploitation, ou un membre qu'il désigne, ont été organisés autour d'un questionnaire semi-structuré. Le chef d'exploitation (ou le membre désigné) a été interrogé sur la composition des membres de l'EF, les ressources (terres, équipements, etc.), les spéculations cultivées, les tâches culturelles et leurs successions, la taille et la composition du cheptel domestique, les pratiques d'élevage, l'utilisation des productions agricoles et/ou d'élevage, les activités non agricoles et leurs contributions au revenu familial (21).

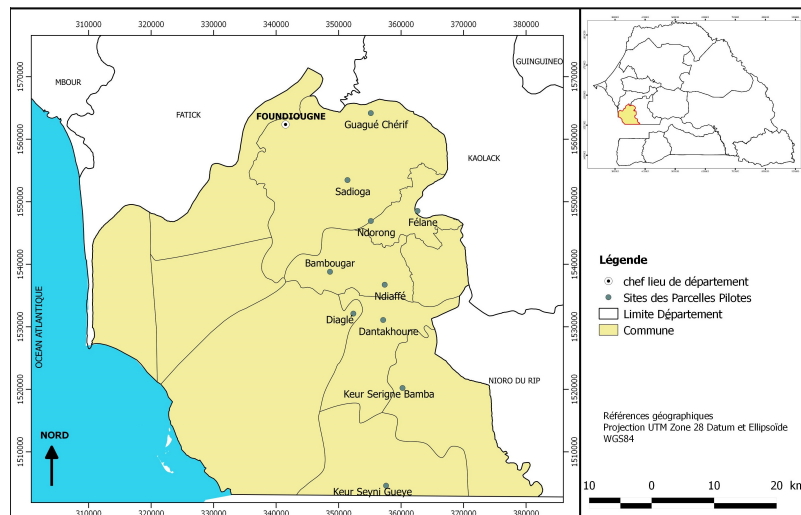


Figure 1: Situation géographique de la zone d'étude et localisation des villages.

Tableau 1

Prétraitement et conversion en kilogramme des unités de mesures utilisées par les producteurs.

Produits	Unités de mesure villageoises	Equivalent en kilogramme
Fumure organique d'origine animale « <i>Tos†</i> »	Charrette à traction équine	120 ± 15
	Charrette à traction asine	55 ± 10
Mélange de terre et de diverses matières organiques décomposées (déjections animales, déchets organiques ménagers, débris de végétaux) « <i>Sunne†</i> »	Charrette à traction équine	280 ± 40
	Charrette à traction asine	150 ± 10
Fane d'arachide	Charrette à traction équine	260 ± 30
	Charrette à traction asine	140 ± 25
Arachide (gousses)	Baril de capacité 200 litres	110 ± 10
Céréales (mil, maïs)	Baril de capacité 200 litres	140 ± 15

† Dénomination en wolof.

Prétraitement et analyse des données

Le prétraitement des certaines données d'enquêtes a débouché sur la conversion des unités de mesures utilisées par les producteurs (charrettes, baril, bottes, etc.) en unités de mesures universelles de poids et de volume (Tableau 1). La main d'œuvre familiale des exploitations est exprimée en nombre d'actifs agricoles qui sont définis comme des personnes majeures, entre 17 et 55 ans, présentes dans l'exploitation durant toute la période de culture (40). De ce fait, les enfants et les personnes âgées de plus de 55 ans ont été estimés à 0,5 actif.

Le temps de travail est ramené à l'homme-jour (H.J) qui correspond au travail d'un actif durant une journée de 6 heures.

Les analyses statistiques ont été faites sur R (R Development Core Team 2015). Une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée pour distinguer, sur base de leurs caractéristiques

structurelles, les grands types d'exploitations de la zone d'étude. Une classification ascendante hiérarchisée (CAH) des facteurs de production a permis de faire ressortir les facteurs discriminants majeurs de la typologie. La qualité de la CAH a été évaluée par la détermination des valeurs de probabilités AU ("*Approximately Unbiased*") et BP ("*Bootstrap Probability*"), à partir de la procédure de ré-échantillonnage bootstrap (41). Il a été admis que l'échantillonnage corrobore la réalité (au seuil d'erreur 0,05) lorsque la valeur de probabilité AU est supérieure à 95%.

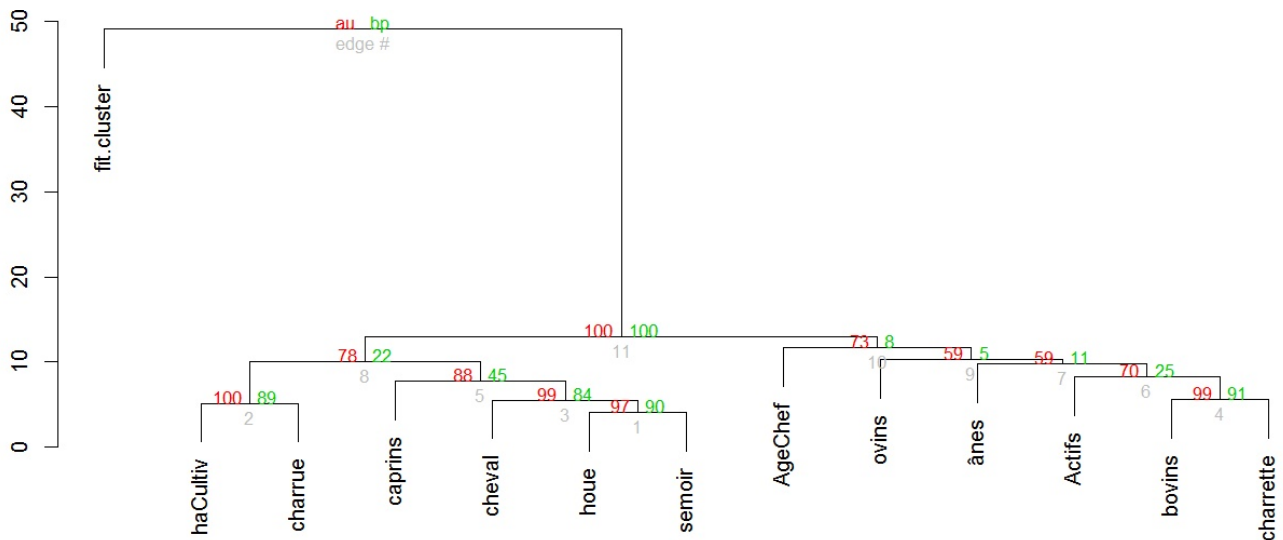


Figure 2: Classification ascendante hiérarchisée des facteurs de productions des EF (avec des valeurs de probabilité -AU/BP - à différents niveaux).

Résultats

Typologie des exploitations

Les facteurs de production

L'ACP montre que deux composantes expliquent 64% de l'information rassemblée sur les caractéristiques des EF.

La première composante qui explique près de 52% de la variation de l'information est déterminée par la possession de houe et de semoir tractés, la présence d'au moins un cheval, la superficie des EF et la possession d'au moins une charrette.

La deuxième composante (qui explique plus de 12% de la variation) est déterminée par la présence d'au moins une charrue et par l'effectif du cheptel bovin. L'analyse par grappe, selon la méthode de CAH, classe ces facteurs parmi les quatre premiers niveaux d'importance (Figure 2). Ces facteurs de production permettent de différencier les EF, avec une fiabilité statistique élevée.

Les valeurs de probabilité AU, toutes supérieures à 95% au niveau des quatre premières grappes, prédisent une faible part de l'incertitude liée à l'échantillonnage. Le poids de chaque facteur dans la caractérisation des EF et les corrélations qui existent entre eux sont illustrés sur la figure 3, par la densité de coloration et l'encoignure des vecteurs.

Les superficies cultivées sont corrélées avec le niveau d'équipement agricole ($R^2= 0,70$ à $0,79$) et l'effectif du cheptel équin ($R^2= 0,64$) des exploitations. La forte corrélation entre l'équipement en houes tractées et le cheptel équin ($R^2= 0,77$), d'une part, et de ce dernier avec le nombre de semoirs ($R^2= 0,83$), d'autre part, dénote l'importance du cheval pour la réalisation rapide du semis et du sarclage. Il faut également noter que les ânes sont souvent mis en

contribution pour la réalisation du semis et du sarclage ($R^2= 0,51$ et $0,60$ respectivement). Le sarclage des surfaces emblavées se faisant essentiellement à la houe tractée, le niveau d'équipement de celle-ci suit celui du semoir ($R^2= 0,88$).

Classification des exploitations

Les EF membres de la FPTF sont, en majorité, dirigées par des hommes (79%) dont l'âge moyen est de 52 ans; les femmes chefs d'exploitations sont essentiellement des veuves âgées d'environ 50 ans. En moyenne, les exploitations sont constituées de 6 actifs et disposent de 10,7 ha de terres cultivables. Toutefois, des contrastes très marqués existent entre elles. Les analyses réalisées permettent de distinguer clairement quatre types d'EF (Figure 4).

Les EF de type I (6%) fonctionnent sous l'autorité d'un homme dont l'âge moyen est de 51 ans. Elles se caractérisent par leur capacité de production élevée.

En effet, elles disposent d'importantes ressources en terres, de toute la gamme d'équipements agricoles utilisés dans la zone et d'un cheptel nombreux et diversifié (Tableau 2). Au niveau de ces exploitations, le cheval est très utilisé pour la réalisation des tâches culturales (semis, sarclage) et le transport. L'équipement agricole de ces EF est lié aux animaux de trait dont elles disposent: la présence de houes tractées, de semoirs et de charrettes mais absence de charrues. Le niveau d'équipement et la disponibilité en main d'œuvre familiale (12,9 actifs par exploitation) permettent à ces exploitations d'emblaver de grandes surfaces.

L'élevage des ruminants domestiques est une caractéristique majeure de ces exploitations. Leurs effectifs moyens s'élèvent à 7,8 unités de bovins; 9,5 unités d'ovins et 19,5 unités de caprins par EF.

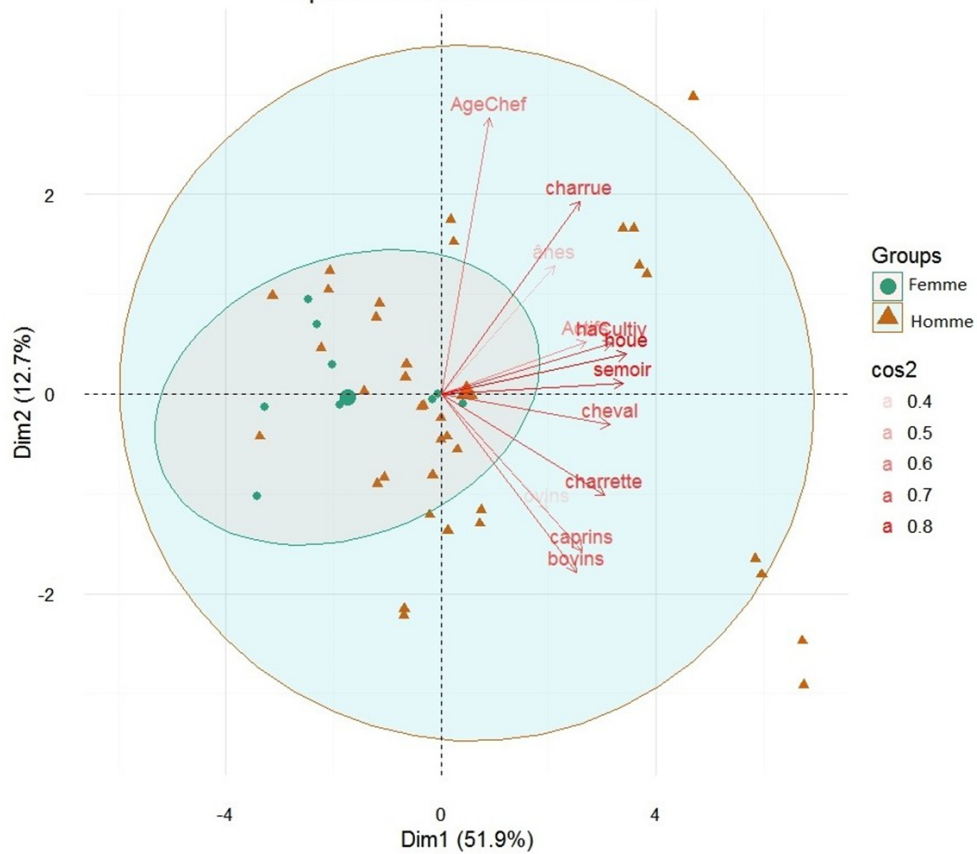


Figure 3: Représentation graphique de la matrice de données d'enquêtes (variables-exploitations) réalisées sur les EF du sud-ouest du Bassin arachidier du Sénégal.

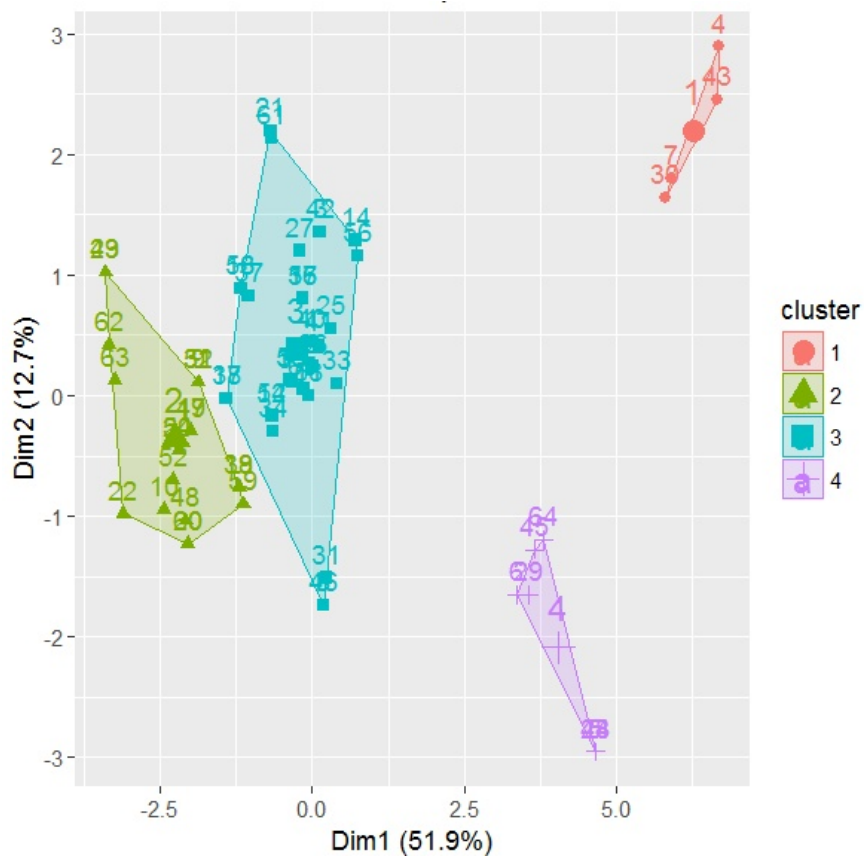


Figure 4: Classification, en quatre groupes (types), des EF du sud du bassin arachidier du Sénégal.

Tableau 2
Principales caractéristiques des différents types d'EF produisant du Jatropha du sud-ouest du bassin arachidier du Sénégal.

Groupes	Proportion (%)	Main d'œuvre et terres			Niveau d'équipement (en nombre)				Composition du troupeau (nombre de têtes)				
		Nombre d'actifs	Superficie totale (ha)	Rapport Sup./Actif	Charrues	Houes tractées	Semoirs	Charrettes	Bovins	Ovins	Caprins	Ânes	Equins
Type I	6,1	12,9 ±5,2	27,5 ±12	3,0 ±2,1	0,5 ±0,5	4,0 ±1,0	3,0 ±0,0	2,5 ±0,5	7,8 ±0,4	9,5 ±2,6	19,5 ±10,5	1,5 ±0,5	2,5 ±0,5
Type II	30,8	3,8 ±1,7	5,3 ±2,4	1,4 ±0,4	0,0	0,6 ±0,5	0,7 ±0,5	0,2 ±0,4	0,2 ±0,6	0,4 ±0,5	1,4 ±1,2	0,5 ±0,5	0,0
Type III	52,3	5,7 ±3,0	9,4 ±3,2	1,9 ±0,6	0,0	1,9 ±0,2	1,3 ±0,4	1,0 ±0,3	1,8 ±1,8	2,2 ±3,0	4,0 ±2,5	1,1 ±0,8	0,3 ±0,6
Type IV	10,8	12,3 ±4,6	23,1 ±6,8	2,5 ±1,6	1,4 ±0,5	3,9 ±1,0	2,4 ±0,5	1,6 ±0,5	3,0 ±2,7	1,9 ±0,6	5,6 ±3,0	2,6 ±0,5	1,4 ±0,5

Tableau 3
Assolement (en ha) et principales cultures des exploitations productrices de Jatropha du sud-ouest du bassin arachidier.

Groupes	Emblavure (ha)	Cultures pluviales				Cultures pérennes ou de contre saison			
		Mil	Arachide†	Maïs	Sésame	Anacardiens	Manguiers	Maraichères	Autres ††
Type I	27,5 ±12	8,5±2,3	8±1,9	2,5±2,0	0,8±0,7	6,5±0,9	0,7±0,5	0,0	0,5±0,9
Type II	5,3 ±2,4	2,1±0,4	1,9±0,6	0,0	0,0	0,5±0,7	0,4±0,5	0,4±0,2	0,0
Type III	9,4±3,2	3,8±1,3	4,1±1,1	0,3±0,5	0,1±0,3	0,7±0,5	0,3±0,5	0,1±0,1	0,0
Type IV	23,1±6,8	7,3±1,8	7,1±1,6	1,8±0,7	1,2±0,6	5,1±1,1	0,5±0,3	0,0	0,1±0,3

† : Arachide associée ou non à *Hibiscus sabdariffa* ("bissap") ou *Vigna unguiculata* ("niébé") ; †† : Agrumes, Pastèques

Le type II (31%) regroupe des chefs d'exploitation dont l'âge moyen est proche de 54 ans et concentre la majorité des EF dirigée par une femme. Ces EF sont faiblement dotées en moyens de production. Elles se caractérisent par: une disponibilité en terre limitée (5,3 ha par EF), l'absence de certains équipements (charrue, charrette) et des espèces équine et bovine (Tableau 3). La disponibilité en terre est une contrainte majeure pour le tiers d'entre elles (soit 7 EF sur l'ensemble des 65 enquêtées) qui disposent de moins de 4 ha chacune. Dans les ménages polygames, on assiste souvent à un morcellement du foncier entre les différentes veuves après le décès de leur mari. Leur sous-équipement en matériel agricole de base est très marqué: la moitié de ces exploitations ne dispose d'aucun équipement agricole à traction animale. L'exécution des travaux des champs manuellement se traduit fréquemment par une dizaine de jours de retard dans le déroulement du calendrier culturel.

Ceci affecte négativement les rendements obtenus. L'élevage est peu pratiqué et concerne essentiellement l'espèce caprine. L'élevage des ovins et des asins n'est pratiqué que par une partie de ces exploitations.

Le type III (52%) est composé d'EF de taille moyenne dont la majorité (88%) est sous l'autorité d'un homme. Ce sont les EF dont l'âge moyen du chef est le plus faible (49 ans). Elles se caractérisent par un niveau intermédiaire de capital de production et de ressources foncières. Elles disposent en moyenne de 9,4 ha de terre, de l'ensemble des équipements agricoles (sauf la charrue) et de toutes les espèces d'animaux domestiques (Tableau 3).

L'essentiel de ces exploitations (82%) possède au moins un animal de trait, généralement un âne. Elles privilégient, pour la plupart (79% des EF de type III, soit 42% de l'ensemble des EF enquêtées), la culture de l'arachide par rapport à celle du mil. L'élevage de ruminants est orienté vers l'exploitation des caprins qui sont plus prolifiques et accessibles à moindre coût.

Les EF de type IV (11%) sont dirigées par des hommes âgés en moyenne de 62 ans. Elles sont, à l'image de celles de type I, caractérisées par l'importance de leurs moyens de production agricole. Elles disposent de grandes surfaces cultivables (23,1 ha), d'une forte main d'œuvre familiale (12,3 actifs), d'un équipement agricole diversifié et de plusieurs espèces d'animaux domestiques (Tableau 3). Elles se différencient de celles de type I par leurs pratiques d'élevage et le choix de leurs équipements agricoles. En effet, les EF de type IV ont des cheptels moins nombreux que celles de type I, d'une part, et elles accordent une importance particulière au taureau et à l'âne, plus endurants que le cheval dans le travail des sols lourds, d'autre part. Dans la gamme de leurs équipements agricoles, la charrue y est plus présente qu'au niveau des EF de type I. Celle-ci est acquise directement en priorité par rapport aux autres outils aratoires en traction animale car les sols dont disposent ces EF sont trop lourds pour être travaillés avec des houes tractées.

De manière générale, le matériel agricole de traction est caractérisé par sa vétusté. Son renouvellement ne se produit que très rarement, à un taux moyen de 1,6% par an.

Par ailleurs, des disparités de niveau d'équipement et de dotation en ressources existent entre les EF, en fonction des villages. Ceux situés plus au sud et plus éloignés des points d'échange, notamment Keur Seyni Guèye, Keur Serigne Bamba et Dantakhoune, concentrent l'essentiel des EF de types I et IV. A l'inverse, les exploitations de type II sont généralement situées dans les villages de Diaglè, Bambougar et Félane situés plutôt au centre de la zone d'étude. Cette différenciation de disponibilité foncière entre les villages pourrait s'expliquer, en partie, par un plus faible morcellement des terres dans les villages éloignés du fait de leur colonisation plus récente.

Les productions végétales

Les productions végétales sont dominées par les cultures pluviales qui occupent entre 74 et 88% des superficies agricoles (Tableau 3). Deux grands types de systèmes de culture dominant: la monoculture du mil (avec apport de fumure organique) et la rotation biennale Mil/Arachide.

Quand il est cultivé en continu dans les champs de case, le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.], bénéficie généralement de l'apport d'une faible quantité de fumure organique (moins de 1,5 t.ha⁻¹ de matière brute). Son semis est fait à sec, à l'aide d'un semoir tracté, avec des écartements moyens de 90×90 cm. Les semences utilisées sont essentiellement autoproduites (98%) et de cycle moyen à long (95 à 120 j). L'entretien de la culture nécessite deux à trois sarclages. A l'exception des exploitations de type II qui le réalisent souvent à la main, celui-ci se fait quasi systématiquement par des passages à la houe tractée suivis d'un désherbage manuel dans les lignes. Cette opération mobilise une main d'œuvre importante, notamment le premier sarclage qui demande environ un tiers de travail en plus que le deuxième. La rapidité d'exécution du sarclage est souvent une condition pour garantir une bonne production. Ceci explique en partie les meilleurs rendements obtenus par les exploitations qui peuvent le réaliser en traction animale. Les rendements varient entre 600 et 900 kg.ha⁻¹ de mil (grains), selon les villages (Tableau 4) et les catégories d'EF (Tableau 5). La culture continue du mil s'observe chez toutes les EF de types I et IV, ainsi que chez 68% des EF de type III et 10% des EF de type II.

La rotation Mil/Arachide est généralement pratiquée dans les champs plus éloignés des cases. Ces cultures sont sarclées après celles des champs de cases; en outre, elles ne bénéficient d'aucune fumure organique. Les rendements en mil obtenus varient entre 200 et 600 kg.ha⁻¹, suivant les villages (Tableau 4). Les plus faibles rendements (200 kg.ha⁻¹) qui traduisent une faible fertilité des sols, et/ou une mauvaise exécution des itinéraires techniques, sont obtenus par les EF de type II et une partie des EF de type III (Tableau 5). Celles-ci ne disposent pas

d'équipements agricoles adéquats et/ou de la main d'œuvre nécessaire, pour exécuter à temps les opérations du calendrier cultural. Il est également probable que ces catégories concentrent les derniers arrivants dans les villages qui n'ont pu avoir accès qu'aux terres marginales, pauvres et fragiles, voire inaptés à la culture. Le poids de ces contraintes au niveau des EF et une conjoncture climatique défavorable (mauvaise répartition des pluies) peuvent contraindre certains agriculteurs de type II à abandonner des champs de mil envahis par les adventices. Lorsque la disponibilité en main d'œuvre est le principal facteur limitant, notamment pour certaines EF de type III, celles-ci accordent la priorité aux cultures d'arachide [*Arachis hypogea* L.]. Dans ce cas, l'arachide est cultivée seule ou en association avec le "bissap" [*Hibiscus sabdariffa* L.] ou le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Son semis, en lignes continues espacées de 45 à 50 cm, est fait après la première pluie utile et un grattage superficiel du sol. Les semences d'arachide sont souvent autoproduites (57%) ou achetées (43% dont seulement 2% de semences certifiées). L'itinéraire technique appliqué à la culture de l'arachide varie entre les groupes d'EF: celles de types III intensifient généralement la production en appliquant des densités de semis élevées et un apport localisé d'engrais minéraux à la dose de 25 kg.ha⁻¹ tandis qu'au niveau des autres groupes, surtout les types I et II, l'arachide est associée avec une culture secondaire sans apport d'engrais. Trois sarclages à la houe sont souvent nécessaires, pour assurer le nettoyage des champs. Ils s'accompagnent d'un buttage afin de favoriser l'enfouissement des gousses. Les rendements en gousses sont très variables, suivant les villages (Tableau 4), la densité de semis, la quantité apportée d'engrais minéral et la qualité du désherbage. Les EF de type III ayant intensifié leur culture d'arachide réalisent les meilleurs rendements qui varient entre 900 kg.ha⁻¹ et 1250 kg.ha⁻¹. Les EF de type II réalisent les plus faibles performances agricoles avec des rendements moyens de 300 kg.ha⁻¹. Les rendements réalisés par les types I et IV sont intermédiaires, 750 kg.ha⁻¹ et 700 kg.ha⁻¹ respectivement.

Les principales étapes de l'itinéraire technique sont: le nettoyage et la préparation des champs, le semis, les sarclages et la récolte. Ces opérations mobilisent une main-d'œuvre importante, essentiellement familiale, surtout au niveau des EF sous-équipées en matériels agricoles (type II). Quand ces opérations culturales sont réalisées en traction animale, le nombre moyen d'H.J nécessaires pour cultiver un hectare passe de 99 à 50 pour le mil et de 85 à 68 pour l'arachide par rapport au travail totalement manuel. Le précédent cultural est déterminant sur le temps de nettoyage: un précédent cultural de mil nécessite un temps plus long qu'un précédent d'arachide.

Tableau 4
Rendements moyens (en kg.ha⁻¹), par village, des cultures de mil et d'arachide.

Villages	Nombre d'EF	Mil (en monoculture)	Mil (dans la rotation)	Arachide
Bambougar	6	613±38	302±73	400±67
Dantakhoune	14	760±44	393±86	820±148
Diaglé	5	602±55	373±80	320±26
Félane	4	665±62	405±93	532±45
Guagué Chérif	5	643±85	402±67	560±44
Keur Serigne Bamba	5	870±33	430±15	853±166
Keur Seyni Guèye	6	915±27	630±34	795±145
Ndiaffé	9	638±67	432±53	573±82
Ndorong Sérère	5	847±53	419±65	630±80
Sadioga	6	780±88	398±37	535±41
Moyenne		733	418	602

Tableau 5
Rendements moyens (en kg.ha⁻¹), par type d'exploitation, des cultures de mil et d'arachide.

Catégories d'EF	Nombre d'EF	Mil (en monoculture)	Mil (dans la rotation)	Arachide
Type I	4	900±28	615±33	750±56
Type II	20	600±58	200±37	300±45
Type III	34	680±35	265±74	1180±98
Type IV	7	930±20	620±52	700±65
Moyenne		696	305	831

Dans le premier cas, le nettoyage consiste à ramasser et brûler les résidus de pailles ayant échappé aux différents prélèvements (par l'homme ou les animaux) alors que les résidus de la culture d'arachide ayant été exportés intégralement laissent le sol nu. Globalement, le nettoyage et le grattage superficiel du sol (avant le semis de l'arachide) nécessite une faible quantité de main d'œuvre (4 à 6% en moyenne du temps annuel de travail), généralement disponible au niveau de l'exploitation. Le semis, essentiellement réalisé avec un semoir, mobilise 12% et 18% du temps des travaux, respectivement pour les cultures de l'arachide et du mil. Chez le mil en particulier, ce taux peut être plus élevé avec le regarnissage des poquets manquants, souvent causés par les attaques de chenilles contre les jeunes plants.

Les contraintes liées à l'indisponibilité de semoirs et d'animaux de trait au niveau de l'EF sous-équipées sont plus marquées dans le cas du semis de l'arachide car le semis du mil se fait à sec et sur une période relativement longue.

Le sarclage est la tâche qui mobilise le plus de main-d'œuvre: 62% de la main d'œuvre pour la culture du mil et 53% pour celle de l'arachide. L'utilisation

d'animaux de trait pour le sarclage réduit sensiblement la demande en main-d'œuvre agricole. La traction équine est plus efficace que la traction asine et permet un gain de temps de 11 à 34%. L'exécution des opérations de sarclage met en évidence une organisation du travail où les femmes et les enfants de moins de 15 ans sont affectés à l'arrachage des résidus d'adventices restés au champ après le sarclage à la houe tractée. Ce travail, exclusivement manuel, est exécuté avec la *daba* (petite houe à fer étroit, à manche courte et incurvée) et le *gnossi* (petite houe à fer large, à manche courte et linéaire).

Certaines EF du type III (42%), ne pouvant pas assurer l'entretien de l'ensemble de leurs champs, concentrent leur effort sur les cultures d'arachide au détriment de la culture du mil.

La récolte mobilise en moyenne 31% de la main d'œuvre pour la culture de l'arachide contre 14% pour la culture du mil. Elle est exclusivement manuelle dans le cas du mil (rabattage des tiges, coupe des épis). Pour l'arachide, elle nécessite une traction animale, généralement fournie par des bovins de trait ou des ânes, pour l'opération de soulèvement des gousses. Le battage de la production (gousses et

fane) séchée au champ et le vannage sont réalisés manuellement. Chez les types I et IV, la main d'œuvre familiale est souvent insuffisante pour la réalisation en temps voulu des opérations de récolte de l'arachide; elles ont alors recours à l'engagement de journaliers («santané») rémunérés à la tâche. D'autres plantes, le maïs, le sésame, l'anacardier et le mangouier et les cultures maraîchères, sont cultivées à côté du mil et de l'arachide (Tableau 3). Le maïs et le sésame sont essentiellement cultivés par les EF de types I et IV et, parfois, par celles de type III. Ils occupent moins de 13% des superficies agricoles disponibles au niveau de ces EF. Le maïs est généralement cultivé dans les champs de case, avec un apport de fumure organique et un entretien régulier.

L'arboriculture fruitière, dominée par les plantations d'anacardières et de mangouiers, occupent entre 11 et 26% des superficies agricoles disponibles au niveau de toutes les EF à l'exception de celles du type II qui ne disposent pas de plantations d'arbres fruitiers. Après l'installation de la plantation, les principales activités d'entretien consistent à tailler les arbres, en début d'hivernage et à réaliser un nettoyage autour des pieds, après la saison pluvieuse.

L'entrée en production des plantations d'anacardières survient à partir de la 4^{ème} année. Avant celle-ci, des cultures intercalaires de mil ou d'arachide sont installées entre les lignes d'arbres. La production de noix d'anacarde qui s'étale sur 3 mois s'élève entre 200 et 400 kg.ha⁻¹. Les cultures maraîchères sont pratiquées par les femmes, principalement au niveau des EF de types II et III où elles occupent jusqu'à 7,4% des superficies agricoles. Le maraichage est plus pratiqué dans les villages de Diaglé et Bambougar, caractérisés par la prédominance des exploitations de type II et leur proximité par rapport au marché de commercialisation.

L'intégration de *J. curcas* aux systèmes de culture se fait essentiellement (95%) sous forme de haies vives productives en bordure de champs. La disponibilité foncière limitée des EF, les difficultés d'exécution des opérations culturales en traction animale (semis, sarclage) en présence de *Jatropha* en plein champ et la faible attractivité du prix à la vente des graines, comparé à celui des autres cultures, expliquent dans une large mesure ce mode de culture du *Jatropha*. Il est probable que la sécurisation du foncier fasse aussi partie des motivations de l'installation de haies vives de *Jatropha*. On constate souvent une forte mortalité et un faible développement des jeunes plantes ainsi qu'une grande variabilité de densité de plantation. Ceci réduit pratiquement à néant leur rôle défensif vis-à-vis des animaux divagants.

Les productions de graines sont très variables, en fonction de l'âge de la haie (1 à 3 ans), la qualité du sol (teneur en argile, fertilité) et l'entretien des plantes (taille, sarclage, etc.): entre 23 et 72 kg pour 100

plants. Ce bilan très mitigé de la mise en place de haies vives de *Jatropha* questionne la pertinence de celle-ci. Par ailleurs, la désaffection vis-à-vis de la culture de *Jatropha*, du fait de sa faible rentabilité et des contraintes liées à sa production, est également constatée dans d'autres régions du Sénégal et d'Afrique de l'Ouest (42).

Les productions animales

L'élevage des animaux domestiques est une activité importante des EF du bassin arachidier: les bovins, les ovins, les caprins, les équins et les ânes sont présents dans 45%, 50%, 79%, 29% et 71% des exploitations, respectivement. Le cheptel de ruminants domestiques est constitué essentiellement de femelles (entre 71 et 76%).

La pratique de l'élevage bovin est plus marquée au niveau des villages de Dantakhoune, Keur Serigne Bamba, Keur Seyni Guèye et Ndiaffé où se retrouvent les exploitations de type I et IV.

L'élevage des petits ruminants est pratiqué dans l'ensemble des villages, avec une forte dominance des caprins qui représentent, en nombre, plus du double des ovins. Les petits ruminants, notamment les caprins, sont les principaux animaux d'élevage des exploitations de type II. Les animaux de trait, utilisés pour les travaux des champs et le transport, sont plus nombreux dans les villages de Keur Seyni Guèye, Dantakhoune et Ndiaffé. Ce cheptel domestique est conduit suivant trois principales modalités d'élevage.

Le système extensif, avec mobilité du troupeau, est pratiqué essentiellement par les EF de types I et IV. Il concerne trois-quarts du cheptel bovin qui séjourne, entre mars et septembre, en dehors du terroir villageois. Les animaux sont généralement confiés à un berger moyennant une rémunération monétaire de 200 FCFA par mois et par animal, ou en nature, avec le lait de la traite des vaches. La mobilité est motivée par la taille du cheptel bovin qui ne permet pas le maintien des animaux dans le finage du village toute l'année. D'une part, l'alimentation de ces animaux devient une contrainte majeure en fin de saison sèche (entre mars et juin) et, d'autre part, l'accès aux rares pâturages est difficile en période de culture, essentiellement du fait de l'enclavement des zones de parcours.

Le système extensif sédentaire est le mode de conduite dominant chez les petits ruminants; il est également le mode de conduite de près du quart du cheptel bovin (types III et IV). Il concerne principalement des mâles non castrés utilisés en traction animale dans les champs. Selon la période, ces animaux sont fixés au piquet ou pâturent librement, sous la surveillance d'un berger, dans les pâturages naturels ou les champs de mil récoltés. En fin de journée, ils sont parqués dans l'arrière-cour où ils peuvent recevoir un supplément de fourrages à base de fanes d'arachide ou de niébé.

La vaine-pâture dans les champs et le parcage nocturne des animaux permettent aux agro-éleveurs de fertiliser les champs avec les déjections produites in situ ou collectées durant toute la saison sèche au niveau des parcs nocturnes.

En période de culture, les petits ruminants sont conduits par un berger au niveau des pâturages ou fixés au piquet; tandis qu'en saison sèche, ils sont laissés en divagation libre. Leur régime alimentaire est constitué exclusivement de ressources fourragères disponibles sur les parcours naturels et de résidus de culture. L'espèce asine est également conduite suivant les mêmes modalités d'élevage: fixée au piquet en période de culture, elle est laissée en divagation libre en saison sèche.

Le système d'élevage semi-intensif est peu présent dans cette partie du bassin arachidier. En effet, seul 8% des EF enquêtées, classées dans le groupe III, pratiquent l'embouche ovine de finition.

Le cheptel équin bénéficie de la même considération dans toutes les exploitations (types I, III et IV). Ces animaux sont maintenus dans l'arrière-cour des ménages où ils reçoivent une alimentation à base de fane d'arachide et/ou de niébé. Cette ration peut être complétée par des céréales (mil) ou des concentrés du commerce, notamment en période de fortes activités culturelles.

Le maintien en stabulation des animaux permet une production importante de déjections utilisées pour fumer les champs de case (mil et maïs). Selon l'espèce animale et la modalité de conduite d'élevage, le suivi vétérinaire peut être limité à la vaccination et au déparasitage ou comporter en outre des soins. Les bovins sont vaccinés généralement contre la péripneumonie contagieuse, le charbon symptomatique et la pasteurellose. Chez les équins, la vaccination contre le tétanos et la peste équine qui sont des maladies fréquentes dans la zone n'est pas systématique; elle est conditionnée par les niveaux de risques de contagion au sein de l'espèce.

Les soins vétérinaires appliqués à l'espèce équine portent généralement sur les blessures au garrot ou aux sabots. Le déparasitage, en début et en fin de saison pluvieuse, et les traitements anti diarrhéiques sont les principales interventions chez les petits ruminants.

La vaccination des petits ruminants, notamment contre la PPR, est très peu pratiquée car ces animaux restent sur place toute l'année alors que cette mesure prophylactique concerne essentiellement les troupeaux transhumants. Les performances zootechniques de ces systèmes d'élevage sont faibles, surtout pour le cheptel bovin. En effet, la reproduction de ce cheptel est lente, avec un taux de fécondité ne dépassant pas 50%, soit en moyenne une mise-bas par vache tous les 2 à 3 ans. La production de lait est faible: les pics de production ne dépassant guère 2 L par jour et par vache et cette période de pic production ne s'étale pas sur plus de deux mois.

Discussion

Typologie des exploitations

La typologie met en évidence la variabilité des facteurs de production et l'affectation des ressources au sein de l'unité de production (44). Elle montre que les superficies cultivées correspondent plus au niveau d'équipement de l'EF qu'à l'espèce animale de trait employée. Quant aux espèces animales de trait employées, leur choix intègre une logique de fonctionnement global des exploitations en termes de structures foncières, de main d'œuvre familiale disponible, de qualité des sols, de besoins pour le transport et de capacités d'investissement.

Ainsi la pratique du labour sur des sols lourds fait souvent appel aux bovins. Le cheval ou l'âne, peuvent assurer le semis et le sarclage avec des capacités équivalentes en termes de quantités de travail rapportées au poids vif. Le cheval est plus rapide, mais l'âne du fait de sa rusticité, d'une plus grande flexibilité et d'une moindre exigence sur le plan alimentaire et de son plus faible coût est bien adapté à des exploitations aux structures foncières et socio-économiques modestes. Ceci pourrait expliquer la propension à la traction asine en conditions de capacités d'investissement réduite, de manque de disponibilité en sols fertiles et de fractionnement des exploitations (veuvages polygames, succession etc.). Quand les moyens le permettent l'acquisition du cheval, répond avantagement à la satisfaction des besoins de transport des personnes, du matériel et des récoltes.

Les travaux antérieurs visant à caractériser les exploitations agricoles du bassin arachidier classent généralement celles-ci en trois grandes catégories, en fonction de leur surface et de leur nombre d'actifs (9, 13).

En suivant cette logique, on peut considérer que les types I et IV correspondent aux exploitations de grande taille des classements antérieurs. En 2008, Dione *et al.* (13) distinguaient, à l'échelle de l'ensemble du bassin arachidier, 7% d'EF à revenu élevé, 20% d'EF à revenu moyen et 73% d'EF à faible revenu. En considérant ce classement comme une référence, nous constatons une surreprésentation des exploitations qui disposent du plus de ressources parmi celles qui produisent du *Jatropha*. Parmi celles-ci, les exploitations les mieux dotées et celles de taille moyenne représentent respectivement 15 et 30% du total. Ceci pourrait s'expliquer par la plus grande capacité des types I et IV à prendre des risques, et donc s'engager dans un processus d'innovation. Celles-ci ont également été les premières à adopter la culture de l'anacardier.

La recherche de revenus complémentaires constitue sans doute une motivation importante d'adoption du *Jatropha* par les EF dotées de faibles moyens de production. Leur faible capacité de production se répercute inéluctablement sur la satisfaction de leurs

besoins vitaux. Plusieurs études antérieures rapportent des déficits céréaliers fréquents dont sont d'abord victimes les exploitations les moins bien nanties du bassin arachidier (12, 34).

Selon une étude réalisée par Demande (11), sur les performances économiques des exploitations dans le village de Dantakhouné, le revenu agricole des EF ayant les mêmes caractéristiques que celles du type II se situe en dessous du seuil de survie. Celles-ci doivent chercher d'autres sources de revenus que ceux générés par leurs activités agricoles hivernales, pour couvrir leurs besoins vitaux.

Ceci explique le développement, par les EF de type II, des activités de productions maraîchères en saison sèche qui sont une forme de diversification adaptée à la faiblesse des moyens de production dont elles disposent.

Pour les EF des types I, III et IV qui peuvent travailler en culture attelée, la CAH des facteurs de production tend à montrer que la disponibilité de la main d'œuvre familiale n'est pas aussi déterminante dans leur fonctionnement que chez les exploitations agricoles analysées trois décennies plus tôt (25). La terre, l'équipement agricole à traction animale et le cheptel bovin déterminent leur capacité de production. Cette évolution pourrait être liée à la diminution de la surface par actif constatée dans la région (23). La faiblesse de la capacité d'investissement des EF de type II ne leur permet pas l'acquisition de matériel agricole à traction animale. Le renouvellement de cet équipement au niveau des autres types est très faible; les EF ont recours à la réparation et au remplacement des éléments défectueux de leurs outils par les artisans locaux (2). Le type d'animaux de trait est caractéristique de la situation socio-économique des EF. Celles de type I, qui ont une importante activité pastorale, utilisent davantage la traction équine alors que celles de type IV, qui disposent d'effectifs animaux un peu moins élevés, privilégient la traction bovine. Les EF de type III développent l'élevage de petits ruminants, notamment les caprins, et utilisent la force de traction asine. L'effectif des petits ruminants est globalement supérieur à celui observé par Piraux (34) au milieu des années 1990 pour toutes les catégories d'exploitation. La réalisation d'une analyse plus approfondie des différents agro-écosystèmes et des trajectoires des EF aurait sans doute permis de mieux comprendre l'influence de la fertilité des sols et de la variabilité climatique sur la stratégie des EF, d'une part, et des conditions d'accès et d'accumulation des moyens de production sur leur diversité actuelle, d'autre part.

Les systèmes de production

Les formes d'association entre les cultures et l'élevage sont très variables, en fonction du type d'EF. Les systèmes de production exclusivement (ou presque) agricole se rencontrent au niveau des petites exploitations (types II). L'absence d'animaux au niveau de ces exploitations et la faiblesse de leur capacité d'investissement ne permettent aucune forme de fertilisation (organique ou minérale). Par ailleurs, le caractère manuel de leur agriculture et le ratio de leur surface cultivée par actif (Tableau 2) se traduisent par un déficit important de main d'œuvre dont les conséquences sont l'étalement de leur calendrier agricole, surtout en année de pluviométrie erratique (21, 35) et de très faibles productions.

En effet, les rendements agricoles obtenus par ces EF sont nettement plus faibles et leurs productions ne permettent pas de couvrir leurs besoins alimentaires. En saison sèche, ces EF pratiquent les cultures maraîchères, notamment dans les villages de Diaglè et Bambougar, pour diversifier et accroître leurs revenus agricoles. La culture du *Jatropha* relève sans doute des mêmes motivations mais les résultats obtenus sont en général très décevants. La non-satisfaction des attentes de ces EF par la culture du *Jatropha* explique le désengagement progressif de celles-ci et le manque d'entretien de la culture.

Les systèmes de production agropastoraux sont basés sur l'élevage des équins, des bovins de trait et des asins. Ils se rencontrent au niveau des exploitations de type I, III et IV. Au niveau de ces exploitations, les synergies développées entre les cultures et l'élevage portent principalement sur l'utilisation de la force animale dans les travaux des champs et, dans une moindre mesure, l'utilisation des déjections animales pour la fumure des champs de mil et de maïs et la valorisation des fanes de légumineuses ou d'autres résidus de culture via la vaine pâture. L'utilisation de la traction équine, essentiellement par les EF de type I, permet une exécution plus rapide du semis et des sarclages que la traction asine, dominant au niveau des exploitations de type III. L'usage du bovin de trait, pour le travail du sol à la charrue, est spécifique aux EF de type IV et à la culture du maïs et du sésame sur sols lourds. L'effectif de bovidés utilisés en traction animale dans les champs est en diminution au même titre que le cheptel bovin dans la zone (2). L'élevage des bovins, orienté vers un objectif de reproduction, est au centre des systèmes d'élevage des ruminants domestiques bien qu'il ne soit pas bien intégré aux activités de production agricole à l'échelle de l'exploitation. En effet, la proportion élevée de vaches dans le cheptel bovin (plus de 70%), la faiblesse des pratiques d'embouche, la prévalence de types d'élevage extensifs (divagant, transhumant), les

faibles niveaux de fumure organique des champs et la faible utilisation du bovin de trait (7% des exploitations) observées lors de l'étude sont autant d'illustrations de la faible intégration de l'élevage bovin avec les cultures. Le cheptel bovin des EF de type I est conduit en dehors du village, sous la contrainte des restrictions d'accès à l'espace rural en période de culture. Ainsi, il ne contribue pas pleinement à l'amélioration des synergies entre les cultures et l'élevage. La présence des bovins de traits dans les EF améliore davantage la disponibilité du fumier. Les doses de fumure organique appliquées par les EF de type IV sont généralement supérieures à celles de type I. Toutefois, elles restent faibles et inférieures aux doses de fumure organique recommandées en Afrique subsaharienne (4, 19, 20). L'intensification des cultures, même modérée, à travers l'application de fumure organique sur le mil ou la fertilisation minérale de l'arachide permettent d'augmenter leurs performances agricoles.

La majorité des EF de type III ont opté pour une intensification modérée de la culture de l'arachide, à travers l'application de densités de semis élevées et de fertilisation minérale. Ces EF agropastorales adaptent leurs investissements humain et en intrants en fonction de leur situation socio-économique et de l'importance de la culture pour leur subsistance. Ceci peut se traduire par un délaissement des champs de mil au profit de l'arachide. Ce choix résulterait de la conjoncture de plusieurs facteurs dont le déficit de main d'œuvre au niveau de l'EF, la mauvaise répartition des pluies et l'impossibilité de disposer localement de l'équipement de traction animale pour le sarclage.

Les EF de type III correspondent aux exploitations à moyens de production intermédiaires décrites par Demande (11) dans le village de Dantakhouné qui grâce à ce type d'intensification étaient globalement plus performantes en termes de rémunération de leur main d'œuvre que les exploitations de plus grande taille.

En outre, la caractérisation de ces systèmes de production fait ressortir une marginalisation de certaines spéculations culturales dont le sorgho. Le recul de cette culture pourrait s'expliquer par la diminution des précipitations, le potentiel allélopathique du sorgho sur la culture subséquente (2) et les considérations sociologiques qui accordent une importance moindre au sorgho comparé au mil. Ces effets allélopathiques du sorgho dont l'importance est difficile à mesurer en situation réelle de production et très variable en fonction des conditions climatiques et des types de sol et les considérations sociologiques de la culture mériteraient d'être approfondis par des enquêtes et observations *in situ*.

Les perspectives d'évolution

Les résultats de cette typologie constituent une base de dialogue avec les producteurs du bassin arachidier prêts à tester des innovations susceptibles d'améliorer la situation de leur exploitation (6). Nous reprenons ci-dessous quelques pistes d'amélioration que nous inspiront les résultats du diagnostic réalisé. La priorité que nous accordons aux innovations permettant une meilleure intégration des productions végétales et animales se base sur les expériences acquises dans la région qui mettent en évidence leur grand intérêt notamment pour améliorer le potentiel de production des sols (2, 17, 27, 29, 30, 34, 46). Une des clés d'un changement réussi passe par l'amélioration de la disponibilité en fourrage afin d'intensifier les principaux systèmes d'élevage puis, indirectement, les systèmes de culture.

Ceci concerne tout particulièrement les exploitations des types I, III et IV. Les innovations à envisager pour atteindre cet objectif peuvent être plus ou moins complexes à mettre en œuvre.

La première piste consiste à mieux valoriser des résidus de culture. Cela implique des interventions au niveau de la récolte, du stockage et de la distribution ciblée à des lots d'animaux prioritaires (vaches en lactation, animaux embouchés, animaux de trait). L'association d'une légumineuse fourragère (ou mixte), tel le niébé à double usages déjà testés localement (44), avec le mil, le maïs ou dans un système de culture multi-étager impliquant des arbres fruitiers (anacardier, manguiers) et/ou fourragers (*Leuceana*, *Moringa*, etc.) constitue une deuxième option pour sécuriser l'affouragement des animaux. Ces innovations, dont la pertinence a été validée en zone semi-aride du Nigéria (32), permettraient d'élever un plus grand nombre d'animaux et d'améliorer les performances zootechniques de reproduction et de croissance, notamment grâce à la pratique de l'embouche, tout en limitant les problèmes liés au surpâturage (14).

L'intensification des systèmes d'élevage se traduit généralement par une augmentation des apports en fumure organique grâce à une augmentation de la production de fumier par UBT (4, 20, 27). Ceci permet d'améliorer la fertilité du sol par ses effets bénéfiques sur la disponibilité en éléments nutritifs, l'économie en eau et le maintien d'une bonne structure (37). L'apport de fumier permet également d'améliorer l'efficacité des engrais minéraux, tout particulièrement pour la culture de l'arachide (20, 22, 26).

Le développement de systèmes de culture en semis direct dans un couvert végétal permanent d'une plante fourragère (SCV) constitue une autre alternative pour augmenter la disponibilité en fourrage des exploitations. Ce type de système

permet en outre d'améliorer l'économie en eau et la gestion de la fertilité des sols tout en les protégeant contre l'érosion et en facilitant le contrôle des adventices (7, 32, 33). La concrétisation de ces bénéfices implique cependant la mise en œuvre de changements majeurs dans le fonctionnement de l'ensemble des systèmes agraires (15); tout particulièrement en ce qui concerne l'adaptation des règles de gestion de l'espace.

La limitation du droit de vaine pâture dans certaines parties des terroirs et l'acceptation de l'installation de clôtures pour protéger les parcelles cultivées selon les nouvelles modalités proposées constituent les fondements de leur succès (16).

L'amélioration des techniques actuelles de mise en place et d'entretien des haies vives de *Jatropha* pourrait contribuer à leur faire jouer un rôle plus défensif vis-à-vis des animaux divagants (28). Cependant, l'ampleur des efforts nécessaires pour atteindre cet objectif et le faible prix offert pour les graines de *Jatropha* limitent fortement les perspectives de succès de cette option. Les plantes n'étant pas épineuses, il est nécessaire de les installer, si possible en quinconce, à une faible distance les unes des autres et de les tailler à plusieurs reprises pour obtenir une haie qui empêche le passage des petits ruminants.

Pour cela, l'application des recommandations de l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique concernant les meilleures modalités de mise en place de haies vives défensives avec d'autres espèces épineuses bien adaptées aux conditions de la région telles *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. et *Ziziphus mauritiana* Lam nous semble plus judicieuse (38). La promotion de l'élevage des chèvres dont le coût d'acquisition est faible et qui sont à la fois très prolifiques et moins exigeantes au point de vue alimentaire constitue une alternative à privilégier pour les exploitations les moins nanties.

Conclusion

Le travail réalisé a permis de distinguer, sur base de leurs moyens de production, quatre grands types d'EF qui recoupent les classifications antérieures établies à l'échelle de l'ensemble du bassin arachidier.

Celle-ci distinguaient trois catégories d'exploitations: les mieux dotées en terres et en capital fixe, correspondant aux types I et IV, les exploitations avec un niveau de ressources intermédiaires, correspondant au type III, et les exploitations les plus pauvres dont la survie est menacée, correspondant au type II de notre étude.

L'élevage joue un rôle relativement important dans les exploitations qui disposent de niveaux élevés et intermédiaires de moyens de production mais il existe actuellement très peu de synergies entre celui-ci et les productions végétales.

Les proportions des différents types d'exploitations sont différentes par rapport aux résultats des typologies antérieures: celles qui disposent du plus de ressources sont proportionnellement plus nombreuses. Ceci pourrait signifier qu'elles ont été plus enclines à adopter la culture du *Jatropha* que les exploitations les plus pauvres. Les performances de production sont généralement faibles et varient en fonction des village: celles qui réalisent les meilleures performances sont autonomes en équipement agricole pour exécuter les opérations culturales et intensifient parfois leurs cultures.

La culture du *Jatropha*, généralement mal entretenue, donne de très faibles rendements. On observe chez la majorité des exploitations enquêtées une désaffection vis-à-vis du *Jatropha* du fait de sa faible rentabilité et des contraintes liées à sa production. L'amélioration durable des performances des exploitations agricoles de la zone d'étude passe par l'élaboration et l'adoption d'innovations adaptées à leur situation. Dans cette perspective, la typologie réalisée permettra d'identifier les innovations à tester, de cibler les catégories d'EF pour chaque innovation et de répartir les agriculteurs prêts à les tester. Ces investigations réalisées de manière participative devraient permettre de co-concevoir des systèmes de production innovants qui tiennent compte des caractéristiques propres et des expériences déjà menées dans le bassin arachidier. Le succès de cette démarche devrait impliquer l'adoption de changements des règles traditionnelles de gestion de l'espace et des ressources naturelles. Ceci pourrait être obtenu grâce à l'emploi de nouveaux outils participatifs de sensibilisation des acteurs par des équipes de recherche pluridisciplinaires.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Académie de Recherche pour l'Enseignement Supérieur (ARES), ex Commission Universitaire pour le Développement (CUD), du Royaume de Belgique qui a financé cette étude.

Références bibliographiques

1. Aune J.B. & Bationo A., 2008, Agricultural intensification in the Sahel - The ladder approach. *Agric. Syst.*, **98**, 119-125.
2. Badiane A.N., Khouma M., Sène M., 2000, (Eds), *Gestion et transformation de la matière organique - Synthèse des travaux de recherche menés au Sénégal depuis 1945*. Edition ISRA, 131 p.
3. Bidogeza J.C., Berentsen P.B.M., De Graaff J. & Oude Lansink A.G.J.M., 2007, *Multivariate typology of farm households based on socio-economic characteristics explaining adoption of new technology in Rwanda*. AAEA Conference Proceedings, 275-281.
4. Blanchard M., Coulibaly K., Bognini S., Dugué P., Vall E., 2014, Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d'Afrique de l'Ouest: quelles conséquences sur les recommandations de fumure? *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**, 4, 512-523.
5. Buldgen A., Piraux M. & Compère R., 1995, *Réhabilitation des terres et synergie agriculture-élevage au sein de systèmes de production modernisés en région sahélo-soudanienne sénégalaise. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait?* Colloque et congrès «Sciences et changements planétaire / Sécheresse». (Eds) John Libbey Eurotext, Paris, pp 389-401.
6. Camara A., 2007, *Diagnostic fourrager pour une amélioration des productions animales dans le bassin arachidier du Sénégal: cas de l'Arrondissement de Niakhar*. Mémoire de fin d'étude de DEA, EISMV-UCAD, (2007) N°1.34 p.
7. Capillon A. & Ségué L., 2002, *Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone: Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale*. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France, **88**, 5, 63-70.
8. Chia E., 2004, Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **57**, 3-4, 233-240.
9. Coly I., Diop B. & Akpo L.E., 2013, Transformation locale des résidus de récolte en fumier de ferme dans le terroir de la Néma au Saloum (Sénégal). *J. Appl. Biosci.*, **70**, 5640-5651.
10. Corbeels M., de Graaff J., Ndah T.H., Penot E., Baudron F., Naudin K., Andrieu N., Ghirat G., Schuler J., Nyagumbo I., Rusinamhodzi L., Traore K., Mzoba H.D. & Adolwa I.S., 2014, Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: A multi-scale analysis. *Agric., Ecosystems Environ.*, **187**, 155-170.
11. Demande N., 2011, *Diagnostic du fonctionnement des principaux systèmes de production agricoles du village de Dantakhouné dans le département de Foundiougne, au Sénégal*. Mémoire de fin d'étude de Master Bioingénieur en Sciences Agronomiques, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège (Belgique). 84 p.
12. Dièye P. N. & Guèye M., 1998. *Les systèmes agriculture-élevage au Sénégal: Importance, caractéristiques et contraintes*. Report from the Workshop on Crop-Livestock in the Dry Savannas of West and Central Africa held at IITA, Ibadan, 127-152.
13. Dione M., Diop O., Dièye P.N., Ba D.N. & Ndao B., 2008, *Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal-Bassin arachidier* (Tome 3). ISRA, **8**, 3, 30 p.
14. Djamen Nana P., Andrieu N., Zerbo I., Ouédraogo Y. & Le Gal P.-Y., 2015, Agriculture de conservation et performances des exploitations agricoles en Afrique de l'ouest. *Cah. Agric.*, **24**, 2, 113-122.
15. Dugué P., Djamen Nana P., Faure G. & Le Gal P.-Y., 2015, Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales: de la technique aux processus d'innovation. *Cah. Agric.*, **24**, 60-68.
16. Dugué P. & Olina Bassala J.P., 2015, Processus d'innovation et recomposition des territoires agricoles: le cas du semis sous couvert végétal au nord du Cameroun. *Cah. Agric.*, **24**, 93-101.
17. Dugué P. & Dongmo Ngoutsop A.L., 2004. Traction animale et association agriculture élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. D'un modèle techniciste à une démarche d'intégration raisonnée à différentes échelles. *Rev. Élevage Méd. Vétérinaire Pays Trop.*, **57**, 3-4, 157-165.
18. Feller C., Chopart J.L. & Dancette F., 1987, Effet de divers modes de restitution de pailles de mil sur le niveau et la nature du stock organique dans deux sols sableux tropicaux (Sénégal). *Cah. ORSTOM*, **24**, 3, 237-252.
19. Fernandes P., Olivier R. & Diatta S., 2000, Changes in organic matter of a ferrallitic tropical soil degraded by cropping systems: the case of Southern Senegal. *Arid Soil Res. Rehabilitation*, **14**, 137-150.
20. Ganry F. & Badiane A., 1998, La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne Diagnostic et perspectives. *Agric. Développement*, **18**, 73-80.
21. Guèye G., Sall M., Dièye P.N., Louhounghou C.E.R. & Sy I., 2008, *Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal - Sénégal Oriental et Haute Casamance* (Tome 2). ISRA, **8**, 4, 37 p.
22. Groot J.J.R., Koné D. & De Willigen P., 1998. *Utilisation des engrais chimiques pour l'intensification durable de l'agriculture. L'intensification agricole au Sahel*. Eds. Khartala, Eds Breman H. & Sissoko K. pp 35-49.
23. Goussard J.J. & Labrousse R., 2008, Des écosystèmes entre conservation, production et gestion dans la durée. Devèze J. C., éd. Défis agricoles africains. Eds. Karthala, pp 73-98.
24. Hauswirth D., Pham T.S., Wery J., Tittonell P., Jourdain D. & Affholder F., 2015, Apport des typologies d'exploitations aux démarches de conception en agriculture de conservation: une étude de cas dans le nord du Vietnam. *Cah. Agric.*, **24**, 2, 102-112
25. Jouve P., 1986. Quelques principes de construction de typologies d'exploitations agricoles suivant différentes situations agraires. *Cah. Rech. Développement*, **11**, 48-56.
26. Koulibaly B., Dakuo D., Ouattara A., Traoré O., Lompo F., Zombré P.N. & YaoKouamé A., 2015, Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso. *Tropicultura*, **33**, 2, 125-134.
27. Landais E. et Lhoste P., 1993. Système d'élevage et transfert de fertilité dans la zone de savane africaine. 2- Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cah. Agric.*, **2**, 9-25.

28. Levassieur V., Olivier A., Niang A., 2009, Protection des cultures à l'aide de la haie morte et de la haie vive dans la région de Ségou, au Mali. *Tropicultura*, 27, 2, 115-118.
29. Lhoste P., 2004, Les relations agriculture-élevage. *OCL*, 11, 4-5, 253-255.
30. Lhoste P., 1987, *L'association agriculture-élevage, évolution du système agropastoral au Sine Saloum (Sénégal)*. Maison-Alfort, IEMVT, Etudes et Synthèses n° 21. 314 p.
31. Nacro S., Ouedraogo S., Traoré K., Sankara E., Kaboré C. & Ouattara B., 2010, Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4, 4, 1044-1055.
32. Odunze A.C., 2002, Mulching practice in a semi-arid zone of Nigeria for soil erosion control and grain yield of maize. *J. Sustainable Agric.*, 20, 2, 31-40.
33. Onyeonagu C.C. & Asiegbu J.E., 2013, Harvest frequency effect on plant height, grass tiller production, plant cover and percentage dry matter production of some forage grasses and legumes in the derived savannah, Nigeria. *Afr. J. Agric. Res.*, 8, 7, 608-618.
34. Piraux M., 2000, *Intensification et diversification des systèmes de production en situation à risques: cas de la région centrale du bassin arachidier sénégalais*. Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénieries biologiques - Faculté Universitaire des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique). 247 p.
35. Piraux M., Buldgen A., Steyaert P. & Dieng A., 1997, Intensification agricole en région sahélo-soudanienne. 1. Itinéraires techniques dans un contexte à risques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 1, 3, 196-208.
36. Sakho J.M.S., 2009, *L'autonomie alimentaire par la diversification des activités: le cas des ménages agricoles du bassin arachidier au Sénégal*. Thèse de Docteur à l'Université de Montpellier 1. 241 p.
37. Sanogo D., Dia Y.K., Ayul E. & Pontanier R., 2000, *Adoption de la haie vive dans le bassin arachidier du Sénégal. La Jachère en Afrique tropicale*, Eds. Floret C. & Pontanier R. John Libbey Eurotext, Paris. pp 733-740.
38. Scopel E., Douzet J-M., Macena da Silva F-A., Cardoso A., Moreira J.A.A., Findeling A. & Bernoux M., 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. *Cah. Agric.*, 14, 1, 71-75.
39. Sossa E.L., Amadji G.L., Vissoh P.V., Hounsou B.M., Agbossou K.E. & Hounhouigan D.J., 2014, Caractérisation des systèmes de culture d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8, 3, 1030-1038.
40. Stessens J., 2002, *Analyse technique et économique des systèmes de production agricole au nord de la Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Biologiques Appliquées de la KU Leuven, 286 p.
41. Suzuki R. & Shimodaira H., 2006, Pvcust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics Applications Note*, 22, 12, 1540-1542.
42. Terren M., Cissé C. & Mergeai G., 2013, Analyse des perspectives de rentabilité de la culture extensive de *Jatropha curcas* L. dans la zone agroécologique de transition orientale du Sénégal: cas de la communauté rurale de Dialacoto. *Cah. Agric.*, 22, 568-574.
43. Tiltonell P., Muriuki A., Shepherd K.D., Mugendi D., Kaizzi K.C., Okeyo J., Verchot L., Coe R. & Vanlauwe B., 2010, The diversity of rural livelihoods and their influence on soil fertility in agricultural systems of East Africa - A typology of smallholder farms. *Agric. Syst.*, 103, 83-97.
44. Tiltonell P., Vanlauwe B., Leffelaar P.A., Rowe E.C. & Giller K.E., 2005, Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya - Heterogeneity at region and farm scale. *Agric. Ecosystems Environ.*, 110, 149-165.
45. Toutain B., Klein H.D., Lhoste P. & Duteurtre G., 2009, Histoire et avenir des cultures fourragères en Afrique tropicale. *Fourrages*, 200, 511-523.
46. Van der Linden M., 2011, *Identification des sols et évaluation de leurs contraintes et potentialités pour la culture de *Jatropha curcas* L. en milieu paysan dans l'Ouest du bassin arachidier sénégalais*. Mémoire de fin d'étude de Master Bioingénieur en Sciences et technologie de l'environnement, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, 92 p.

A. Camara, Sénégalais, DEA, Assistant, Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiés, Sénégal.

A. Dieng, Sénégalais, PhD, Professeur Ecole Nationale Supérieure d'agriculture, Thiés, Sénégal.

G. Mergeai, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro- Bio Tech, Gembloux, Belgique.