



LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

Institut d'Economie Rurale – Revue Semestrielle – n°14 Janvier - Juin 2012 – ISSN 1987 - 0000

n°14

Caractérisation des exploitations agricoles dans la région de Mopti au Mali	1
Évaluation de la durée des parcsages des bovins sur la productivité des sols et des cultures dans le Sahel : Cas de la région de Mopti	20
Impact du gradient climatique et des pratiques paysannes sur la production de fruits de <i>Vitellaria paradoxa</i> (karité) au Mali	34
Variation des constituants chimiques du beurre de <i>Vitellaria paradoxa</i> (karité) en fonction du gradient climatique Nord-Sud au Mali	47
Évaluation du comportement de <i>Detarium microcarpum</i> arrosé en plantation	63
Accès libre à la littérature scientifique : points de vue des chercheurs du domaine rural au Mali	75







LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE

N° 14 – Janvier-Juin 2012

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali



LES CAHIERS DE L'ÉCONOMIE RURALE

Revue scientifique de l'Institut d'Économie Rurale (IER)

Fax : (223) 20 23 37 75 – Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

B.P. 258 – Rue Mohamed V – Bamako, Mali

Directeur de publication : Dr Aly Kouriba
Éditeur Scientifique : Dr Samba Soumaré
Secrétaire de rédaction : Dr Lassine Diarra

Comité de rédaction

Pr Daniel Dansonko, IPR/IFRA Katibougou
Dr Tiéma Niaré, Université de Marseille
Dr Pierre Hiernaux, CESBIO, Toulouse
Dr Kalifa Sanogo, PNUD, Bamako
Dr Mamadou D. Coulibaly, DNPIA, Bamako
Dr Mike Bertelsen, Virginia Tech
Dr Peter White, Washington State University
Dr Oumar Niangado, Fondation Syngenta
Pr Siaka Sidibé, Hôpital du Point G, Bamako
Pr N'Golo Diarra, INSFRA, Bamako
Pr Alhousseini Bretaudeau, CILSS, Ouagadougou
Pr Aly Yéro Maïga, CNRST, Bamako
Dr Niamoye Yaro, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdou Yéya Maïga, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoul Karim Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Abdoulaye Hamadoun, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Amadou Kodio, Institut d'Économie Rurale, Bamako

Comité scientifique

Dr Aly Kouriba, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Lassine Diarra, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Modibo Sidibé, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Bara Ouologuem, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Ibrahima N'Diaye, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Gaoussou Traoré, Institut d'Économie Rurale, Bamako
Dr Zana Sanogo, Ministère de l'Agriculture, Bamako

INFORMATIONS ET INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Créée en 2003 au sein de l'Institut d'Économie Rurale, la revue « *LES CAHIERS DE L'ECONOMIE RURALE* » est une revue scientifique qui publie deux fois par an, en français et en anglais, les résultats de travaux originaux de recherche effectués par les chercheurs de l'IER ou en collaboration avec divers partenaires. Les propositions doivent relever des domaines suivants : productions végétales, productions animales, productions forestières, productions halieutiques, systèmes de production et économie des filières, etc. Les articles proposés par d'autres chercheurs sont également admis lorsque leur qualité scientifique est reconnue. Le Comité éditorial, en collaboration avec un réseau de lecteurs, assure la sélection des articles.

I. Généralités

1. Manuscrit

Le manuscrit est saisi sur ordinateurs (en interligne 1.5) et imprimé sur papier de format 21 cm x 29.7 cm avec une marge de 4 cm à droite comme à gauche, sans rature ni surcharge. Sa longueur ne doit pas dépasser 15 pages, y compris les illustrations et les tableaux.

Le manuscrit soumis en trois exemplaires, ainsi que la version électronique, doivent être envoyés à l'adresse suivante : Dr Lassine Diarra, Éditeur scientifique, BDIP IER, B.P. 258, Bamako, Mali. Email : lassine.diarra@ier.ml

2. Style

Le style doit être simple et concis, avec des phrases courtes, du type : sujet, verbe, complément. Les noms scientifiques de genres et d'espèces, doivent être écrits en italique et seront suivis du nom du descripteur, à la première apparition dans le texte. Par la suite, le nom du descripteur sera occulté.

Lorsque dans une citation, la référence des auteurs comporte plus de deux noms, seul le nom du premier auteur est mentionné et il est suivi de « et al. » écrit en italique.

3. Notes en bas de page

Excepté les adresses des auteurs à la première page, les notes en bas de pages ne sont pas admises.

4. Pagination

Les numéros de pages, en chiffres arabes, seront portés en haut et au centre de la page.

5. Unités de mesure

Elles seront du système international et devront être cohérentes dans le texte.

6. Procédure d'évaluation des manuscrits

Les manuscrits seront évalués, dans le cadre d'un réseau de lecteurs, par au moins trois lecteurs. En cas de litige, l'avis d'un quatrième lecteur sera sollicité.

Au besoin, les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés, donc le texte à corriger. Le document corrigé doit être retourné à l'Éditeur scientifique dans un délai d'un mois, à partir de la date d'expédition par l'expéditeur.

Les manuscrits refusés seront retournés à leurs auteurs et la raison sera signifiée par écrit.

7. Corrections des mises en page

Les premières mises en page faites par l'éditeur vous seront envoyées et vous devrez consulter cette réalisation avec beaucoup de soins, de façon à relever toutes les corrections et rectifications à y apporter. Il n'est pas question de modifier le document. Le manuscrit devra ensuite être retourné, dans les meilleurs délais au Secrétariat de rédaction de la revue.

8. Tirés à part

Un seul tiré à part sera transmis gracieusement à chaque auteur ou coauteur. D'autres tirés à part pourront être obtenus contre paiement d'un montant qui sera fixé lors de l'expédition de l'exemplaire gratuit.

II. Organisation du manuscrit

1. Première page

La première page doit comporter le titre en français et en anglais de l'article, le nom et le prénom du ou des auteurs, les adresses complètes de leurs institutions d'affiliation. En bas de page, on précisera les adresses postale et électronique si possible, les numéros de téléphone et le fax de l'auteur à qui doivent être envoyées les correspondances.

Cette page contiendra également un résumé en français et un résumé en anglais plus substantiel dans le cas d'un manuscrit en français et inversement. Chaque résumé ne devra pas dépasser 200 mots et sera suivi de 3 à 6 mots clés ; il permettra de comprendre la justification, la méthodologie, les résultats et les conclusions. Dans le corps du texte, la numérotation des titres et sous titres se fera selon la norme internationale (1., 1.1., 1.1.1, etc.).

2. Introduction

Elle doit situer le contexte de l'étude par rapport aux travaux antérieurs effectués dans le domaine.

3. Matériel et méthodes

Seul le matériel original sera décrit. Évitez les longues listes de matériels communément utilisés tels que sécateur, bottes, etc.

Si les méthodes habituellement utilisées doivent être succinctement décrites, les méthodes nouvelles, par contre, doivent être détaillées.

4. Résultats

Ils seront rendus sous forme de texte, de tableaux et/ou de figures. Le même résultat ne doit pas être présenté de façon répétitive, par exemple sous forme de tableau et de figure.

5. Discussion

Elle doit être une analyse des résultats expérimentaux par rapport à d'autres travaux similaires, et non une reprise de la description des résultats.

6. Conclusion

La conclusion devra faire ressortir l'importance des résultats acquis pour les recherches futures. Elle doit être différente du résumé, de la description des résultats et de la discussion.

7. Remerciement

S'ils s'imposent, ils devront être concis et ne pas dépasser cinq lignes.

8. Références

Les références concernent uniquement les auteurs cités dans le texte. Elles sont classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre d'ancienneté pour un même auteur.

- Articles

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de l'article, nom complet du périodique, numéro et volume, les numéros de la première et de la dernière page.

Exemple : TRAORE D., 1981 – La formation du grain de pollen chez les Cypéracées de la tribu des Cypérées, étudiées en Côte d'Ivoire. *Candollea* 36 (2) : 431-444.

- Livres

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet du livre, éditeur, maison et lieu de publication, nombre de pages.

Exemple : BERHAUT J., 1988 – Flore illustrée du Sénégal, Tome IX. Edition Clairafrique, Dakar, Sénégal, 523 pages

- Thèses

Noms et initiales de prénoms de l'auteur, année de publication, titre complet de la thèse, spécialité, Université, ville et pays, nombre de pages.

Exemple : TRAORE N'G., 1998. Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore du Baoulé. Thèse de Doctorat du 3^{ème} cycle. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 150 pages.

- Communications

Noms et initiales de prénoms du ou des auteurs, année de publication, titre complet de la communication, éditeurs, titre du forum scientifique (congrès, séminaire, symposium) date et lieu, les numéros

de la première et de la dernière page. Exemple : CISSE M., 1982. Évaluation du potentiel fourrage de la zone d'étude du projet CIPEA. In Actes du Colloque sur les ligneux fourragers. Addis-Abeba, Éthiopie. 154-169.

9. Liste des taxons végétaux cités

À la fin de chaque article, une liste des taxons végétaux cités sera donnée, en suivant l'ordre alphabétique des noms actualisés des espèces. Le nom du descripteur sera obligatoirement mentionné. La famille de chaque espèce doit être précisée.

10. Illustrations

Elles seront toutes appelées dans le texte. Les figures (dessin, courbes, histogrammes, cartes, photographies) seront numérotées en chiffres arabes (1, 2, 3...) en suivant l'ordre d'appel dans le texte. Toutes les illustrations doivent être sur disquette.

11. Tableaux

Ils seront tous appelés dans le texte et numérotés en chiffre romains (I, II, III, etc.) selon l'ordre d'appel dans le texte. Ils doivent être présentés, chacun sur une feuille séparée. Les légendes des tableaux, des figures, des photos et en général de toutes les illustrations seront rassemblées sur une même feuille et placées en fin de manuscrit.

Caractérisation des exploitations agricoles dans la région de Mopti au Mali

Characterization of the farms in Mopti region in Mali

Traoré B¹, Maiga M.S.², Goïta O.¹, Témé B.¹, Yossi D¹, Touré M.S.M.¹

¹Institut d'Economie Rurale, BP. 258, Rue Mohamed V, Bamako, Mali

*Adresse contact : E-mail : boureimatraore@gmail.com - Tél. : +223 66 76 22 89

²Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako - E-mail : pamaiga@yahoo.fr

Résumé

La présente étude est une contribution aux travaux réalisés par le Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale sur les éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno du plateau et du Delta dans la région de Mopti au Mali (DRSPR, 1992). Elle a pour objectif de contribuer à une bonne connaissance des exploitations agricoles à partir de leur structure et de leur fonctionnement dix ans après. Ainsi, une enquête au niveau de l'exploitation a été menée auprès des paysans des trois communes rurales dans les trois zones agro-écologiques de la région. Une bonne connaissance des exploitations permet une bonne prise de décision pour ce qui concerne la proposition et la diffusion des technologies. Les résultats des enquêtes ont montré une disponibilité relativement importante en résidus de récolte, généralement utilisés dans l'alimentation du cheptel. Les analyses des résultats ont révélé que le type de gestion de la fertilité des sols par les exploitations dans la région est déterminé d'une part par sa taille (le nombre d'actifs), et sa disponibilité en main-d'œuvre, et d'autre part en équipement et en intrants. Elles ont montré aussi, que la disponibilité en actifs, en superficies, en équipement et en cheptel influent positivement sur l'exportation des résidus de récolte à la concession, le stockage de fumier au champ, et l'enfouissement des résidus de mil au champ. Des critères tels que le nombre d'actifs, de charrettes, d'animaux de trait, la surface cultivée, le cheptel total (UBT) ont permis de faire une typologie des exploitations. Les exploitations ont été ainsi regroupées en 3 types dénommés : Type A (14,80%), Type B (34,78%) et Type C (50,42%).

Mots clés : exploitation, typologie, gestion, mil, fertilité.

Abstract

This study is a contribution to the work done by the Department of Research on Rural Production Systems on elements of general recognition in Seno, Dogon plateau, and in the Delta areas in Mopti region in Mali (DRSPR, 1992). It aims to contribute to a good knowledge of farms from their structure and functioning after a decade. Thus, an investigation was conducted with farmers of three rural communes on three agro-ecological zones of the region. A good knowledge of farms would be essential to decision-making with regard to the proposal and diffusion of technology. The survey results showed a relatively high availability of crop residues which are generally used in livestock feed. Analysis of the results revealed that the type of soil fertility management used in farms in the region is determined in part by the size (number of assets), and availability of labor, and other equipment and inputs. They also revealed that availability of assets, land, equipment and livestock positively affect transport of crop residues to the household, storage of manure in the field, and burial of millet residues in the field. Criteria such as the number of assets, carts, draught animals, acreage, total livestock (TLU) were used to make a typology of farms. Farms were thus grouped into 3 types named Type A (14.80%), Type B (34.78%), and Type C (50.42%).

Key words: farm, typology, management, millet, fertility.

I. Introduction

La région de Mopti est confrontée depuis quelques décennies à une dégradation des ressources naturelles (sol et végétation) due aux contraintes climatiques et à la croissance démographique avec la complexité et l'ampleur des mouvements migratoires. La persistance de la sécheresse et de la dégradation de l'environnement ont eu des conséquences néfastes sur tous les secteurs de développement de la région. Ces différents phénomènes ont mis à rude épreuve la presque totalité des projets et programmes locaux et régionaux de développement du monde rural. Outre l'ensablement des terres cultivables et l'enclavement des zones de production, l'agriculture est confrontée à des contraintes de plusieurs ordres dont l'état d'appauvrissement des terres utiles, le sous équipement des agriculteurs, et autres (DRSPR 1992).

Pour garantir leur sécurité alimentaire, les paysans utilisent des itinéraires techniques de production agricole visant à maximiser leur production. Ainsi se pose la question de savoir quelles interventions techniques il faut mettre en œuvre pour atteindre une production agricole élevée, rentable et durable sous un climat semi-aride à forte fluctuation pluviométrique, dans un contexte socio-économique aux possibilités d'investissements limitées et au faible niveau de formation des intervenants ?

Pour répondre à cette principale préoccupation, la question spécifique ci-dessous doit avoir sa réponse « à quel type d'exploitation les itinéraires techniques sont-ils proposés » ?

En vue de promouvoir l'utilisation par les agriculteurs des itinéraires techniques, il est essentiel de pouvoir établir préalablement une caractérisation des exploitations. Cette caractérisation permet de distinguer les types d'exploitation et par conséquent de proposer le type d'itinéraire approprié. Il convient de ne pas considérer les agriculteurs comme un ensemble homogène à qui on pourrait proposer

des solutions passe-partout selon Bergeret P. et Dufumier M., 2002. La réalité est beaucoup plus complexe : les agriculteurs d'une même région ne disposent pas tous des mêmes moyens et ne produisent pas nécessairement dans les mêmes conditions économiques et sociales. Il importe donc de concevoir et de mettre en œuvre des interventions appropriées aux moyens, aux conditions et aux intérêts de chacune des catégories d'exploitants.

Sur la typologie des exploitations agricoles, plusieurs travaux ont été réalisés parmi lesquels ceux effectués dans la commune rurale de Madiama par Kaboré, 2000 et Kébé, 1989. La typologie des exploitations de la commune rurale de Madiama dans le cercle de Djenné au Mali effectuée par Kaboré, 2000 était basée sur les activités des populations. Elle indique trois types d'acteurs: agriculteurs, agro-pasteurs, pastoralistes sédentaires et pastoralistes transhumants. Bien après cette typologie, Kébé, 2000 a classé la population de la commune en pauvres, moins pauvres et riches à partir de critères financiers. Ainsi une typologie des exploitations basée sur les pratiques de fertilisation des sols pour une meilleure connaissance du milieu est nécessaire. La particularité de cette typologie, c'est la prise en compte non seulement des moyens matériels et humains dont dispose l'exploitation mais surtout de leur degré de mise en œuvre dans la fertilisation des champs (quantité d'engrais organique et minéral mobilisée pour les champs). Deux grandes familles de méthodes d'élaboration des typologies d'exploitations agricoles peuvent être distinguées :

- celles qui sont basées sur un recueil d'informations factuelles sur les exploitations (les informations recueillies sont traitées pour mettre en évidence des relations entre variables) ;
- celles qui sont basées sur la recherche directe de relation entre variables.

Notre démarche a porté sur le premier groupe.

II. Matériel et méthode

Les trois sites retenus pour la caractérisation des exploitations dans la région de Mopti ont été la commune rurale de Koporo-pen dans la zone agro-écologique du Séno, la commune rurale de Docoumbo sur le Plateau Dogon et la commune de Madiama dans la zone du Delta. Le choix des villages est basé sur l'accessibilité, la réceptivité et la disponibilité des paysans à collaborer avec les services de recherche. Pour ce qui concerne la taille de l'échantillon, un taux de 20% a été retenu comme base de sondage des exploitations au niveau de chaque village sur la base des expériences antérieures. Le Tableau I indique les communes choisies, les nombres de villages, de ménages, d'exploitations obtenus à partir des registres de la mairie des différentes communes. Ces différentes listes ont permis d'établir des exploitations qui ont été enquêtées.

Les enquêtes sont basées sur l'interview des chefs d'exploitation à partir de fiches d'enquête. À cet effet, un questionnaire a été élaboré, testé et affiné. Les questions ont porté sur les ressources en terre, la main-d'œuvre,

les biens d'équipements, les intrants (quantités de fumier et autres engrais), les proportions de résidus de récolte utilisées. D'autres membres de l'exploitation ont participé à l'interview afin d'apporter des compléments d'information. Le choix des critères pour bâtir une typologie a été fait de façon raisonnée et les variables retenues étaient les suivantes : la force productive (actifs), l'équipement (charrue, animaux de trait, charrette), le cheptel et les superficies cultivées en céréales. À ces critères seront combinés les décisions prises par les paysans face à des contraintes comme la pauvreté des sols. Ce sont : l'utilisation des résidus de récolte et l'utilisation de la fumure organique.

Les données collectées ont été codifiées puis saisies sur le logiciel Excel. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS. Conformément aux objectifs de l'étude, l'analyse des données a été faite en plusieurs étapes. Des analyses de moyenne, de variance, de fréquences de régression ont été faites en vue de rechercher des relations de corrélation entre ces formes d'utilisation et certaines variables collectées au niveau de l'exploitation.

Tableau I. Villages d'enquêtes et taille des échantillons correspondants dans les communes étudiées.

Communes	Nombre de Villages	Nombre total de ménages	Nombre total d'exploitations	Nombre d'exploitations enquêtées
Commune rurale de Koporo-pen	16	2488	1316	50
Commune rurale de Madiama	10	1835	1135	77
Commune rurale de Docoumbo	24	2034	946	50
Total	50	6357	3397	177

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

III. Résultats

3.1. Caractéristiques des ressources des exploitations des communes étudiées

Dans les communes étudiées, les caractéristiques essentielles concernent les disponibilités en main-d'œuvre, en terre, en cheptel, en équipement, les productions des principales cultures telles que le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide. L'analyse du mode de distribution de chacune des variables liées aux ressources au sein de la population, a donné les résultats suivants.

3.1.1. Ressources humaines au niveau des exploitations

Les ressources humaines dont il est question dans cette étude se rapportent au nombre d'actifs et de non actifs hommes et femmes. La commune de Docoumbo présente l'effectif le plus élevé, suivie de la commune de Koro-pen et de Madiama (Tableau II). Le nombre moyen d'actifs en hommes est presque le même que celui des femmes dans les communes de Koro-pen et de Madiama ce qui traduit une participation accrue des femmes aux activités de production agricole dans ces communes. Le nombre de consommateurs à la charge moyenne d'un actif est respectivement de 2 à Koro-pen, de 1,73 à Madiama, et de 1,94 à Docoumbo. Dans l'ensemble des communes, il existe deux types de main-d'œuvre pour les activités : la main-d'œuvre familiale et la main-d'œuvre extérieure, laquelle est

repartie en temporaire et semi permanente ou permanente. Les exploitations font recours à la main-d'œuvre salariée en général ou à une association de travail dans le cadre de l'entraide mutuelle. Le salariat existe sous la forme temporaire, et la forme permanente. Il ressort des résultats d'enquête, que le salariat semi permanent existe dans la zone depuis un certain nombre d'années. Il dure de 1 à 10 mois selon un accord mutuellement consenti entre les deux parties. Le paiement est fait en espèces ou en nature. Le paiement en espèces est estimé de 750 à 1000 FCFA par jour et le paiement en nature qui varie surtout à Madiama selon la surface à cultiver, d'un bœuf pour 7 mois d'activités, à une génisse pour 10 mois. En plus de cette rémunération payée à la fin du contrat, l'employé est pris en charge par son employeur du point de vue logement et alimentation. Les tâches vont des travaux d'élevage (conduite et entretien du troupeau) à la participation aux activités de culture et aux travaux domestiques (corvées d'eau, de bois).

3.1.2. Disponibilités en terre

Le mil occupe la plus grande superficie comme indiqué dans le Tableau III. Il couvre respectivement en moyenne 58,05% dans la commune de Koro-pen, 46,45% dans la commune de Madiama, et 43,12% dans celle de Docoumbo. Le mil est suivi des légumineuses avec 23,6% à Koro-pen et 37,75% à Docoumbo. La culture des légumineuses est plus pratiquée dans le Séno et le plateau Dogon que dans le Delta Central du Niger.

Tableau II. Ressources humaines des exploitations enquêtées des communes rurales étudiées

Ressources humaines	Communes					
	Koro-pen		Madiama		Doucombo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Actif homme	6	3,50	4	2,3	10	7,53
Actif femme	5	3,69	4	2,3	8	5,58
Actif total	11	6,71	8	4,2	18	13,11
Taille	22	13,25	12	7,5	35	22,47

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Mais le riz, est exclusivement cultivé dans le Delta et occupe 23,22 % des terres cultivées.

Dans la commune de Koporo-pen, le mil est la culture la plus fréquente où il est présent dans 100 % des exploitations, avec seulement 6 % pour le sorgho. Les légumineuses occupent d'une façon générale 23,62 % (avec 98 % pour le niébé et 48 % pour l'arachide). La superficie moyenne mise en jachère est de 4,55 ha, et 36 % des unités de production enquêtées pratiquent la jachère avec une durée moyenne de 3 ans.

Dans la commune de Madiama, le mil et le riz sont les cultures les plus fréquentes. La superficie moyenne de la jachère est d'environ 1,3 ha et 63 % des unités de production enquêtées n'ont pas de jachère. La durée moyenne de la jachère est d'environ 2 ans.

Cela démontre que cette pratique est en régression dans cette commune.

Dans la commune rurale de Docoumbo c'est le mil, qui est la culture la plus fréquente, il est présent dans 100 % des exploitations. La superficie moyenne de la jachère est d'environ 2,6 ha et 50 % des exploitations enquêtées n'ont pas de jachère. La durée moyenne de la jachère est d'environ 6 ans.

3.1.3. Cheptel

Les effectifs du cheptel sont plus élevés dans la commune rurale de Koporo-pen, suivie de la commune rurale de Docoumbo et celle de Madiama (Tableau IV). Les bovins représentent 90,03 % du cheptel en UBT, de la commune rurale de Koporo-pen, et 91,51 % de celle de Docoumbo. Tandis que dans la

Tableau III. Disponibilités et utilisation des terres (en hectares) par unité de production des communes étudiées

Superficies en hectare	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Mil	5,80	4,33	4	2,3	4,45	2,00
Sorgho	1,83	0,76	2	1,6	2,18	1,05
Riz	-	-	2	1,7	-	-
Niébé	1,40	0,84	0,31	0,5	1,29	0,98
Arachide	0,96	0,72	0,30	0,5	2,40	1,60
Jachère	4,55	4,22	1,31	1,9	2,66	1,99

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau IV. Effectifs du cheptel par exploitation des communes étudiées

Ressources animales	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Bœufs	5,48	7,08	3	2,1	3,68	2,26
Vaches	15,5	15,7	1	3	14,78	9,93
Veaux	6,75	7,64	0	0	7,33	5,5
Ovins	11,16	9,89	4	5,3	9,11	6,55
Caprin	13,41	11,62	4	5,5	10,03	6,51

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

commune de Madiama, il est de 80%. Dans toutes les communes, plus de la moitié des exploitations possèdent des petits ruminants, avec un effectif moyen de 4, les 15% des exploitations ne possèdent pas de bœufs et 3% n'ont aucun animal.

Dans toutes les communes, les parcs sont généralement fixes et individuels et sont situés dans les concessions. Il existe également des parcs mobiles qui regroupent les animaux de quartier, de quelques grandes familles. Les bovins qui en constituent l'essentiel sont confiés à un berger peuhl. Les petits ruminants sont parqués dans les exploitations ou attachés au piquet. Pour les parcs mobiles, les animaux séjournent dans les champs des propriétaires à proximité du village. La production de fumier revient généralement au propriétaire du parc.

3.1.4. Équipement

Le Tableau V indique la disponibilité en équipements par exploitation des communes rurales étudiées. Les charrettes constituent le moyen de transport le plus courant. On distingue les charrettes asines et les charrettes équines, le type dominant est la charrette asine à deux roues. Dans la commune rurale de Koporo-pen, 92% des exploitations possèdent au moins une charrette, 38% n'en possèdent qu'une seule, 32% en possèdent deux et 22% plus de deux. En ce qui concerne la charrue, 4% des exploitations enquêtées n'en possèdent pas, 20% n'en possèdent qu'une seule et 76%

possèdent au moins deux charrues. Parmi les exploitations enquêtées, 8% ne possèdent pas d'animaux de trait, 20% n'en possèdent qu'un seul, 28% en possèdent deux. Dans la commune rurale de Madiama, 8,5% des exploitations ne possèdent pas de charrette, 91,5% possèdent au moins une charrette. Dans la commune de Docoumbo, 8% des exploitations ne possèdent pas de charrettes, et 46% n'en possèdent qu'une seule, 30% possèdent deux charrettes et 16% plus de deux. En ce qui concerne la charrue, 22% des exploitations enquêtées n'en possèdent pas, 32% n'en possèdent qu'une seule et 46% possèdent au moins deux charrues. Quant aux animaux de trait, 26% des exploitations enquêtées n'en possèdent pas, 18% en possèdent deux, 16% n'en possèdent qu'un seul.

3.1.5. Rendement des cultures

Les récoltes de mil et de sorgho se situent au mois de novembre, celles du niébé et de l'arachide en octobre dans l'ensemble des communes étudiées de la région de Mopti. En 2005, le rendement moyen du mil a varié entre 457,35 kg.ha⁻¹, et 663 kg.ha⁻¹ et celui du sorgho entre de 313,16 kg.ha⁻¹ et 583,33 kg.ha⁻¹ (Tableau VI). Le niébé et l'arachide ont respectivement un rendement moyen de 245,27 kg.ha⁻¹ et de 295,13 kg.ha⁻¹. Ces faibles rendements résultent d'une pluviométrie déficitaire de l'année où les enquêtes ont été effectuées.

Tableau V. Disponibilités en équipements par exploitation des communes étudiées.

Equipements	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Charrue	2,22	1,09	1	0,6	1,58	1,37
Charrette	1,76	1,08	1	0,6	1,68	1,22
Animaux de trait	2,68	1,87	3	2,2	2,60	2,52
Ratio Equipments/Actifs	0,36	0,24	0,16	0,11	0,11	0,06
Ratio Equipements/Superficie	0,36	0,24	0,13	0,07	0,31	0,20

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau VI. Rendements moyens (en kg.ha⁻¹) des cultures dans les communes étudiées.

Rendement	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Mil	592,68	142,62	663	379,7	457,35	263,31
Sorgho	583,33	425,25	491	413,0	313,16	310,99
Riz	-	-	482	356,8	-	-
Niébé	245,26	151,81	94	156,1	146,40	112,61
Arachide	295,12	161,48	128	239,0	223,42	222,84

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.6. Production de paille

Le Tableau VII indique que le mil fournit la plus grande quantité de paille, cela est lié non seulement au rapport paille/grains élevé mais aussi à l'importance des superficies cultivées en mil. Ainsi, la paille de mil à Koporo-pen représente 76,35 % de la quantité totale de résidus de récolte, 81 % à Madiama et 84,76 % à Docoumbo.

3.1.7. Distance

Les champs de mil, de sorgho, de niébé et d'arachide sont situés en moyenne dans un rayon de 2 à 3 km des villages, tandis que les champs de sorgho et de riz, même moins nombreux, sont les plus éloignés. L'éloignement des champs du village (Tableau VIII) peut contribuer à l'explication du comportement des exploitants en ce qui concerne la conduite des animaux pour pâturer au champ, le transport des résidus et celui du fumier au niveau de l'exploitation.

Tableau VII. Productions en résidus de récolte par exploitation (en kg) des communes étudiées.

Paille ou fane	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Mil	14268,16	11036,46	9812	7410,9	7750,00	6869,16
Sorgho	2800,00	1808,31	3135	3316,9	2033,64	1818,92
Riz paddy	-	-	5508	4550,5	-	-
Niébé	836,32	527,94	153	239,6	530,00	633,22
Arachide	781,25	930,00	206	306,9	1228,27	914,70

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau VIII. Distances moyennes des champs de culture (en km) aux villages des communes étudiées.

Champs de culture	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Mil	2,41	1,54	2,3	1,9	3,82	2,51
Sorgho	5,33	2,88	2,4	1,9	3,39	2,07
Riz	-	-	5,2	3,4		
Niébé	2,43	1,49	1,6	1,10	1,79	1,43
Arachide	2,00	1,38	2,3	2,05	2,19	1,71

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.8. Utilisation des résidus de récolte

Dans l'ensemble des communes étudiées les résidus de culture ont deux destinées : une partie est transportée du champ à l'exploitation

(à l'enclos, pour servir de fourrage, Photo 1) et la seconde est laissée au champ. La partie laissée au champ constitue un pâturage potentiel compte tenu de l'importance de la quantité de résidus (Tableau IX).

**Photo 1.** Résidus de mil stockés pour servir de fourrage aux animaux à Madiama**Tableau IX.** Différentes formes d'utilisation des résidus de récolte en pourcentage des communes étudiées.

Mode d'utilisation des résidus	Communes						
	Koporo-pen		Madiama			Docoumbo	
	Mil	Sorgho	Mil	Sorgho	Riz	Mil	Sorgho
Fourrage à la ferme	20,88	100	25	60	17	60,3	71,77
Combustible à la ferme	4,40	0	2	0	0	3,19	0,68
Construction à la ferme	3,73	0	8	23	0	1,72	7,55
Paille pâturée au champ	61,01	0	53	13	66	26,77	18,77
Paille enfouie au champ	3,56	0	6	2	7	5,52	0,20
Paille brûlée au champ	1,75	0	8	2	10	2,5	1,13

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.9. Utilisation de la paille de mil

Dans la commune rurale de Koporo-pen la production moyenne de paille de mil par exploitation a été estimée à 14268,16 kg. Des exploitations enquêtées, 96 % utilisent la paille de mil comme fourrage à la concession. Une analyse de régression a montré que seules les superficies influent positivement sur l'exportation des résidus de mil à la ferme (Tableau X). Le modèle est très significatif au seuil de 5 % pour les superficies. Dans la commune rurale de Madiama, la quantité moyenne de paille de mil produite par exploitation a été estimée à 9812 kg. L'analyse de régression montre que la disponibilité en actifs et en superficie cultivée de l'exploitation influent positivement sur l'exportation des

résidus de mil à la concession. Le modèle est significatif au seuil de 1 %. Dans la commune rurale de Docoumbo, la production moyenne de paille de mil par exploitation a été estimée à 7750 kg. L'analyse de régression montre que seules les superficies influent positivement sur l'exportation des résidus de mil à la concession. Le modèle est significatif au seuil de 1 % pour les superficies.

Les analyses ont montré (Tableau XI), en ce qui concerne les ressources en actif de l'exploitation et l'enfouissement des résidus de mil, qu'ils n'ont pas d'influence significative sur l'enfouissement des résidus de mil au champ, le modèle dans les deux cas est non significatif au seuil de 5 % et indique que l'enfouissement des résidus au

Tableau X. Analyse de régression : ressources et structure et le stockage de résidus de mil à la ferme dans les communes étudiées.

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	807,212	1,052	0,299
	Actif total	- 46,923	- 0,653	0,517
	Superficie de mil	570,687	5,332	0,000
Madiama	(constante)	-1186,649	-2,568	0,012
	Actif total	156,341	3,539	0,001
	Superficie de mil	226,728	2,871	0,005
Docoumbo	(constante)	-2548,037	-1,002	0,322
	Actif total	25,466	0,316	0,754
	Superficie de mil	1727,863	3,494	0,001

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau XI. Analyse de régression : actif et l'enfouissement des résidus de mil au champ dans les communes rurales étudiées

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	159,250	0,133	0,906
	Actif total	82,250	1,235	0,342
Madiama	(constante)	-395,938	-2,021	0,047
	Actif total	86,607	3,909	0,000
Docoumbo	(constante)	930,366	4,615	0,000
	Actif total	-7,102	-0,842	0,407

(B = constante et T = le coefficient de la variable X) (Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

champ n'est pas une pratique importante dans les communes rurales de Koporo-pen et de Docoumbo. Par contre, dans la commune rurale de Madiama, le modèle est significatif au seuil de 5%. Il indique que la disponibilité en actif de l'exploitation influe positivement sur l'enfouissement des résidus de mil au champ.

Le Tableau XII indique que dans les communes rurales de Koporo-pen et de Docoumbo, la disponibilité en charrettes et la distance des champs au village n'ont aucune influence significative sur la pâture des résidus de mil au champ. Par contre, dans la commune rurale de Madiama, l'équipement en charrettes, la superficie et la distance des champs au village ont une influence significative sur la pâture des résidus de mil au champ. Le modèle est significatif au seuil de 1%. Cependant, dans la commune de Docoumbo, la superficie

des champs de mil n'a aucune influence significative sur la pâture des résidus de mil au champ. Le modèle est significatif au seuil de 5%.

Le Tableau XIII indique que la disponibilité en cheptel, en superficie et la distance des champs au village, dans la commune rurale de Docoumbo n'ont aucune influence significative sur la pâture des résidus de mil au champ.

Dans la commune rurale de Koporo-pen, seules les superficies cultivées de l'exploitation ont une influence sur la pâture des résidus aux champs, le modèle est très significatif au seuil de 5%. Par contre dans la commune rurale de Madiama, la disponibilité en cheptel, les superficies cultivées et la distance des champs de riz au village influent positivement sur la pâture des résidus de mil au champ. Le modèle est significatif au seuil de 5%.

Tableau XII. Analyse de régression : ressources et structure et la pâture des résidus de mil au champ dans les communes étudiées.

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	591,846	0,506	0,616
	Charrette	-331,161	-0,654	0,517
	Distance champ de mil	- 0,222	-0,695	0,491
	Superficie de mil	1 986,348	15,987	0,000
Madiama	(constante)	- 2104,26	-3,711	0,000
	Charrette	993,23	3,990	0,000
	Distance champ de mil	420,50	3,158	0,002
	Superficie de mil	154,42	2,542	0,013
Docoumbo	(constante)	3404,942	1,268	0,231
	Charrette	569,283	-0,496	0,630
	Distance champ de mil	0,109	0,300	0,770
	Superficie de mil	258,734	-0,565	0,583

Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

* L'équation de la courbe de régression est de la forme $Y=B+TX$ et (**B** = constante et **T** = le coefficient de la variable X).

Tableau XIII. Analyse de régression : ressources et structure et la pâture des résidus de mil au champ dans les communes étudiées.

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	311,180	0,316	0,753
	Superficie de mil	1948,419	17,131	0,000
	Cheptel total	- 206,286	-0,794	0,432
	Distance des champs	- 0,166	-0,510	0,613
Madiama	(constante)	4659,2	3,242	0,002
	Superficie de mil	795,1	3,272	0,002
	Cheptel total	173,6	3,312	0,001
	Distance des champs	-439,5	-3,082	0,003
Docoumbo	(constante)	612,285	2,055	0,054
	Superficie de mil	43,265	0,744	0,466
	Cheptel total	- 12,114	- 1,117	0,278
	Distance des champs	1,02	- 0,575	0,572

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.10. Utilisation de la paille de sorgho

Dans les trois communes, la paille de sorgho constitue une source fourragère pour les animaux. La paille de sorgho participe pour 14,98% dans la production totale de la commune de Koporo-pen, 74,56% de la production totale de la commune de Madiama et 71,77% de la production totale à Docoumbo. L'analyse de régression (Tableau XIV)

indique que le modèle est significatif au seuil de 5%, et que la disponibilité en superficie de l'exploitation influe positivement sur le stockage de résidus de sorgho à la ferme, par contre il est non significatif au seuil de 5% pour la disponibilité en équipement. En effet, la disponibilité en équipement ne justifie pas la variation observée entre les exploitations pour ce qui concerne le stockage de résidus à la concession.

Tableau XIV. Analyse de régression ressources et structure : charrette et superficie de sorgho et le stockage des résidus de sorgho à la concession dans les communes étudiées

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	- 1039,05	- 2,86	0,068
	Superficie de sorgho	2077,31	9,21	0,000
	Charrette	2104,53	2,67	0,211
Madiama	(constante)	- 1039,05	- 1,85	0,068
	Superficie de sorgho	1067,31	7,24	0,000
	Charrette	1103,33	2,55	0,013
Docoumbo	(constante)	- 497,794	- 0,565	0,579
	Superficie de sorgho	904,470	2,507	0,022
	Charrette	210,464	0,712	0,426

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Le transport des pailles de sorgho en vue de combler le déficit ultérieur des pâturages en fourrage est très courant. Le Tableau XV indique que la structure (superficie du sorgho) n'explique pas la variation observée entre les exploitations pour ce qui concerne la pâture des résidus de sorgho au champ avec un modèle non significatif au seuil de 5% pour les communes rurales de Koporo-pen et de Docoumbo. En revanche le modèle est très significatif au seuil de 5% pour la commune de Madiama.

3.1.11. Utilisation de la paille de riz

La riziculture est une activité rencontrée uniquement dans la commune rurale de Madiama. Dans cette commune, tout comme les pailles de mil et de sorgho, celle du riz a également un usage assez diversifié. Elle constitue d'abord une source fourragère pour les animaux. Ensuite, elle est recyclée par brûlage ou enfouissement au champ. Selon les résultats de l'enquête, la quantité moyenne

de paille produite est de 10309,68 kg dont 77,89% sont pâturés au champ et 16,73% sont transportés comme fourrage à la concession. La partie enfouie est de 22,11%. Les champs de riz situés dans la plaine inondable constituent les pâturages essentiels des animaux en saison sèche. En moyenne 94,62% de la production en paille est consommée dans les champs par les animaux. Selon nos résultats d'enquête, 97% des exploitations, laissent brouter la totalité ou une partie des pailles de riz au champ. Cette utilisation de la paille de riz laissée au champ joue un rôle non négligeable dans la survie du cheptel de la commune en saison sèche. L'analyse de régression (Tableau XVI) indique que la disponibilité en superficie de l'exploitation influe positivement sur le stockage de résidus de riz à la concession (le modèle est significatif au seuil de 5%).

La disponibilité en superficie au niveau de l'exploitation influe positivement sur la pâture des résidus de riz au champ (le modèle est significatif au seuil de 5%) (Tableau XVII).

Tableau XV. Analyse de régression structure : superficie de sorgho et la pâture des résidus de sorgho au champ dans les communes étudiées.

Variables	B	T	Signification
(constante)	- 318,162	- 2,013	0,278
Superficie de sorgho, Koporo-pen	321,056	4,713	0,123
(constante)	- 418,572	- 1,004	0,319
Superficie de sorgho, Madiama	321,056	3,827	0,000
(constante)	355,939	0,591	0,569
Superficie de sorgho, Docoumbo	280,210	1,210	0,257

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau XVI. Analyse de régression structure et le stockage de résidus de riz dans les concessions de la commune rurale de Madiama.

Variables	B	T	Signification
(constante)	- 249,813	- 0,527	0,599
Superficie de riz	389,370	2,664	0,009
Superficie de sorgho	330,805	2,175	0,033

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau XVII. Analyse de régression structure et la pâture des résidus de riz au champ de la commune rurale de Madiama

Variables	B	T	Signification
(constante)	-712,629	-0,440	0,661
Superficie de riz	1432,846	6,170	0,000
Superficie de mil	-556,439	-3,306	0,001
Superficie d'arachide	2768,393	3,367	0,001
Distance champ de mil	849,132	2,235	0,029

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.12. Utilisation des fanes de niébé

Les fanes de niébé servent exclusivement à l'alimentation du cheptel. Les enquêtes ont révélé qu'elles sont distribuées entre les animaux au niveau de la concession. Dans des conditions exceptionnelles (déficit de pluie), elles sont consommées aux champs et dans ce cas-ci, elles ne sont pas au préalable arrachées du sol. La vente a été rarement notifiée, cette activité occupe la dernière position dans la stratégie d'utilisation des fanes. Les producteurs sont à la fois des agriculteurs et des éleveurs. La production est même insuffisante pour couvrir les besoins des animaux des exploitations ont affirmée certains

paysans. Toute la production (100%) de fanes de niébé est transportée à la concession pour une distribution ultérieure. Une analyse de régression indique que la superficie cultivée en niébé de l'exploitation a une influence sur le stockage des fanes de niébé à la ferme dans les communes de Kopro-pen et de Madiama. Le modèle est très significatif au seuil de 5 % (Tableau XVIII). Mais dans la commune de Doucombo le modèle n'est pas significatif et indique que la superficie cultivée en niébé de l'exploitation n'a aucune influence sur le stockage des fanes de niébé à la concession. Il a été constaté que les superficies cultivées en arachide n'ont également aucune influence sur le stockage de fane de niébé à la concession.

Tableau XVIII. Analyse de régression structure et le stockage de fanes de niébé à la concession dans les communes étudiées.

Communes	Variables	B	T	Signification
Kopro-pen	(constante)	219,732	2,034	0,055
	Superficie de niébé	447,162	4,657	0,000
	Superficie d'arachide	63,877	0,561	0,581
Madiama	(constante)	20,865	0,729	0,468
	Superficie de niébé	253,800	5,441	0,000
	Superficie d'arachide	111,496	2,400	0,019
Docoumbo	(constante)	37,376	0,100	0,924
	Superficie de niébé	508,244	2,126	0,078
	Superficie d'arachide	- 12,667	- 0,114	0,913

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

3.1.13. Utilisation des fanes d'arachide

Les exploitations des trois communes transportent la totalité des fanes d'arachide au niveau de la concession. Le Tableau XIX indique que le modèle est très significatif au seuil de 5 % pour toutes les communes, c'est-à-dire que les superficies cultivées en arachide de l'exploitation influent positivement sur le stockage des fanes d'arachides à la ferme. De l'avis des paysans enquêtés, laisser pâturer les fanes et leur enfouissement au champ interviennent surtout lorsqu'un déficit hydrique survient au sol. À cause de la faible production, le paysan ne se donne pas la peine de collecter les fanes, qui sont ainsi abandonnées au champ, à la pâture libre des animaux.

3.1.14. Contraintes à l'utilisation des résidus de récolte

En ce qui concerne les contraintes dans l'utilisation des résidus à Koporo-pen, il ressort de l'enquête que les contraintes les plus importantes sont l'équipement dans 54 % des exploitations, la distance dans 14 %, le stockage dans 12 % et enfin la main-d'œuvre et le moyen financier dans 6 % des exploitations. En plus de l'équipement signalé comme principale contrainte à Madiama, les autres contraintes sont : la main-d'œuvre, la distance, le financement. La contrainte de main-d'œuvre a été notifiée par 7 % des exploitations. La distance ressort comme

contrainte au transport dans 20 % des cas en particulier pour les résidus de riz. Le manque d'animaux a été également évoqué dans 2 % des cas. Les exploitations n'ayant pas de troupeau ne voient pas l'utilité de transporter leurs résidus de culture. À Docoumbo également il ressort comme contrainte la plus importante, l'équipement pour 44 % des exploitations, cela s'explique par le fait que le transport utilise beaucoup plus les animaux que les charrettes à cause du relief de la zone. Les autres contraintes signalées sont la main-d'œuvre dans 20 % des exploitations, les difficultés de stockage 14 %, la distance ressort comme contrainte au transport des résidus dans 12 % des cas, les moyens financiers 8 %, le manque d'animaux a été également évoqué dans 6 % des cas.

3.1.15. Utilisation de la fumure organique

Dans la commune rurale de Koporo-pen les paysans utilisent la fumure organique provenant des animaux de leurs exploitations (Tableau XX). Le fumier est collecté pour 30 % des exploitations à partir des concessions, 26 % des lieux d'abreuvement et 44 % à partir des parcs. Le fumier est utilisé en totalité dans les champs de mil. En ce qui concerne la production du fumier, 40 % des exploitations s'en occupent durant toute l'année, 32 % pendant la saison froide, 22 % pendant la saison sèche et 6 % à des périodes indéterminées ; 8 % des exploitations affirment acheter du fumier à

Tableau XIX. Analyse de régression structure et le stockage de fanes d'arachide à la ferme dans les communes étudiées.

Communes	Variables	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	-146,387	-0,661	0,088
	Superficie d'arachide	957,561	5,177	0,000
Madiama	(constante)	70,481	2,330	0,022
	Superficie d'arachide	391,778	7,146	0,000
Docoumbo	(constante)	509,37	1,779	0,088
	Superficie d'arachide	299,062	2,995	0,006

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

raison de 250 F CFA la charretée. Le transport de fumier se fait pendant la saison sèche jusqu'à l'approche de la saison pluvieuse. Des pertes en proportions négligeables d'environ 4% ont été constatées lors du transport. Cette activité de transport entre en concurrence avec les activités de crépissage des maisons et greniers, des travaux de forge et autres. Le transport du fumier s'effectue par les charrettes et 8% des exploitations affirment louer des charrettes pour cette activité. Le fumier est déposé en tas peu distants les uns des autres de façon à couvrir tout le champ. L'épandage du fumier est effectué à l'approche de l'hivernage au moment des premières pluies au rythme des labours. Le fumier est apporté surtout aux champs communs, sur les sols pauvres appelés « *Sonson-no* » ou « *édié son-son* » ou « *Nion yandié* » chaque année pour 64% des exploitations et tous les deux (2) ans pour 36 % des exploitations. Dans la commune rurale de Koporo-pen, le parage des animaux au champ pendant la nuit se fait toute l'année pour 42% des exploitations, pour 26% pendant la saison froide, pour 12% pendant la saison chaude et pour 10% pendant l'hivernage. La durée moyenne de parage de nuit est de 14 heures. Le fumier transporté est généralement un mélange produit à partir des bovins et des petits ruminants et même des ânes et des chevaux. La quantité de fumier varie d'une exploitation à une autre. La quantité moyenne de fumier disponible par hectare est de 4145 kg.

Dans la commune rurale de Madiama, les bovins sont mis en stabulation chaque soir, lorsqu'ils ne sont pas en transhumance pour éviter les vols. La durée de stabulation varie de 12 à 14 heures. En raison de cette pratique, les animaux dépendent essentiellement des parcours naturels pour leur alimentation. De plus, une certaine quantité de son est distribuée aux animaux le matin et certains reçoivent une supplémentation composée de *Bourgou*, de paille de mil ou de sorgho et d'aliments bétail pendant les périodes critiques de l'année. La quantité moyenne de fumier disponible est de 8326,03 kg pour une superficie totale fumée de 13,12 ha.

Dans la commune rurale de Docoumbo, les bovins sont mis également en stabulation chaque soir dans les champs proches du village pendant toute l'année pour 42% des exploitations, 30% pendant l'hivernage et 28% pendant la saison chaude. La durée de parage de nuit est de 14 heures. Les exploitations du village regroupent les animaux en un troupeau autour de ceux du chef de village pour la conduite au pâturage par un berger. Les 82% des exploitations de la commune apportent du fumier dans leur champ. La quantité de fumure organique varie d'une exploitation à une autre, elle est en moyenne de 961,25 kg.ha⁻¹. Le maximum disponible est de 3250 kg. Le fumier transporté est déposé en tas dans les champs et son épandage est effectué à l'approche de l'hivernage.

Tableau XX. Quantité moyenne de fumier en charretées apportées et superficie moyenne fumée par exploitation dans les communes étudiées

Quantité de fumier	Communes					
	Koporo-pen		Madiama		Docoumbo	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Quantité totale de fumier	49,66	31,806	23,84	28,12	20,42	17,429
Superficie totale fumée	3,27	2,117	5,5	5,01	7,41	4,654
Quantité de fumier/ha de mil	16,58	7,378	9,24	9,59	3,876	3,2877
Quantité fumier/ha de sorgho	-	-	8,72	10,45	3,286	3,9857
Quantité de fumier/ha	-	-	8,96	9,19	3,845	3,300

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Les contraintes identifiées dans l'ensemble des communes sont le manque d'équipement pour le transport, la distance, la main-d'œuvre et l'eau. La majorité des exploitations enquêtées (88 %) pensent pouvoir accroître leur production de fumier si elles disposent d'équipements tels que les charrettes, les brouettes pour le transport des résidus des cultures et des herbes, et de petits matériels pour creuser des fosses pour le compostage. (La charretée de fumier est estimée à 250 kg).

Une analyse de régression montre que le modèle est significatif au seuil de 5%. Le Tableau XXI montre que les ressources humaines ont une influence positive sur le stockage de fumier au champ aussi bien à Koporo-pen qu'à Madiama, mais dans la commune de Docoumbo les actifs et les superficies cultivées de l'exploitation n'ont aucune influence sur le stockage de fumier au champ.

3.2. Les types d'exploitations agricoles des communes étudiées

Trois types d'exploitations agricoles ont été dégagés à partir des critères suivants : Actif, charrette, animaux de trait, superficie cultivée, cheptel total (UBT). Les classes ont été dénommées Type A (14,80%), Type B (34,78%), et Type C (50,42%) Les caractéristiques structurelles des différents types sont consignées dans le Tableau XXII.

Il ressort du Tableau XXII que les exploitations de type A se caractérisent en moyenne par les nombres d'UBT, d'actifs, et de surfaces cultivées plus élevés que les deux autres types. Les types A disposent également d'un nombre de charrette plus élevé que les types B et C. Les exploitations de type B se caractérisent par des nombres d'UBT, d'actifs, et de surfaces cultivées plus élevés que les types C.

Tableau XXI. Résultat d'analyse de régression actifs et superficie cultivée de l'exploitation et le stockage de fumier au champ des communes étudiées.

Communes	Variabiles	B	T	Signification
Koporo-pen	(constante)	43,440	2,055	0,047
	Superficie totale	0,904	0,341	0,735
	Actif total	4,291	2,338	0,025
Madiama	(constante)	8,537	1,384	0,171
	Superficie totale	1,889	3,120	0,003
	Actif total	-1,061	-2,159	0,034
Docoumbo	(constante)	7,537	1,384	0,171
	Superficie totale	1,689	3,120	0,067
	Actif total	-1,061	-2,159	0,078

(B = constante et T = le coefficient de la variable X)

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Tableau XXII. Caractéristiques des exploitations par type d'exploitation des communes étudiées.

Exploitations	Communes	Nombre d'UBT	Animaux de trait	Charrette	Actif total	Superficie totale	UBT/ Superficie
Type A (14,80%)	Koporo-pen	43,48	3,88	2,38	16,50	9,38	5,18
	Madiama	10,5	4	2	11	11	0,87
	Docoumbo	7,06	2,8	1,7	20,39	14,2	0,49
	Moyenne	20,34	4	2	16	11,52	2,18
Type B (34,78%)	Koporo-pen	16,31	3,43	1,71	11,71	11,36	1,37
	Madiama	5	4	1	10	9	0,5
	Docoumbo	4,7	4	1	17	12,15	0,38
	Moyenne	8,67	4	1	13	10,83	0,75
Type C (50,42%)	Koporo-pen	2,78	2,30	1,63	10,85	6,90	0,46
	Madiama	1,7	2	1	5	8	0,21
	Docoumbo	1,4	1	0,6	15	6,7	0,20
	Moyenne	2	2	1	10	7,2	0,29

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

VI. Discussion

Les résultats montrent que la quantité de résidus de récolte produite est importante dans cette zone. Ces résidus servent principalement à l'alimentation des animaux au champ ou à la concession. Les fanes d'arachide et de niébé sont transportées et stockées dans les concessions en vue d'assurer l'alimentation des animaux pendant les périodes critiques de l'année. L'analyse des résultats d'enquête a montré d'une part que la disponibilité en équipement, en superficies, et en actifs de l'exploitation influent positivement sur le stockage des résidus de récolte dans les concessions et d'autre part, que la disponibilité en actifs, en charrette, et en superficie de l'exploitation influent positivement sur le dépôt de fumier au champ.

La première mesure adoptée par les paysans dans les trois communes pour pallier la baisse de fertilité des sols est l'application du fumier.

L'essentiel du fumier est obtenu par le parcage des animaux. La charrette et le cheptel sont des préalables pour l'utilisation du fumier. Un résultat similaire a été obtenu par l'ESPGRM-MOPTI/SANREM, 1999. La plus grande proportion de fumier est utilisée sur les champs communs et plus précisément sur le mil. Aucune exploitation n'a utilisé l'engrais chimique comme complément minéral sur le mil. L'enfouissement et le brûlage des résidus au champ ne sont pas des pratiques importantes. Tout le transport de matériel et de personnes se fait avec la charrette. Les analyses des données ont montré que la disponibilité en actifs, en équipement, en superficies, et la distance des champs au village influent positivement (permet de réaliser cette activité) sur le brûlage et l'enfouissement des résidus de mil au champ.

Des critères tels que le nombre d'actifs, de charrettes, d'animaux de trait, de superficie cultivée, de cheptel total (UBT) ont permis de

distinguer trois types d'exploitation : A, B, et C. Cette typologie a été utilisée par Dembélé *et al.*, 1998 dans le cadre des travaux sur la gestion paysanne de fertilité des sols au Sud du Sahara. Cette typologie est très proche de celle effectuée par la DRSPR, 1992 dans la zone Mali sud basée sur l'équipement agricole et la présence d'un troupeau de bovins, à la différence que dans la présente typologie, les quantités d'intrants (fumure) ont été prises en compte. Dans cette typologie, les limites entre les types d'exploitation ne sont pas très nettes et le passage d'un type à l'autre peut se faire par achat ou perte de bœufs, de charrues, ou de charrettes. Ainsi, en fonction des quantités de fumier stockées dans la concession les exploitations A, B et C des communes de Koporo-pen et Madiama sont capables d'apporter au moins 2 tonnes de fumier à l'hectare au champ chaque année. Seules les exploitations A dans la commune de Documbo peuvent apporter 2 tonnes de fumier à l'hectare chaque année au champ.

Suivant les effectifs du cheptel (UBT), la pratique du parage au champ serait possible pour 49 % des exploitations (A, B). En effet, seules les exploitations de type A, de la commune de Koporo-pen peuvent réaliser d'une manière pratique au champ le parage de 43,48 UBT à l'hectare pendant une durée de 10 mois (correspondant au parage de 10 nuits au champ), de 8 mois de parage pour les 5 nuits, et 2 mois de parage pour les 2 nuits. Les exploitations de type A des communes rurales de Koporo-pen, de Madiama, et de Documbo pourront respectivement parquer au champ : 43,48 UBT, 10,5 UBT et 7,06 UBT pendant 2, 7 à 10 mois (correspondant au parage des 2 nuits des tests au champ). Les exploitations de type B, de la commune de Koporo-pen pourront réaliser le parage au champ de 16,31 UBT à l'hectare pendant une durée de 5 mois (correspondant au

parage de 2 nuits). Les exploitations de type C des communes ne peuvent pas réaliser le parage d'une manière pratique au champ à cause du nombre d'UBT de l'exploitation. Pour ce dernier type d'exploitation, l'apport au poquet de 2 g (soit, 20 kg/ha) de DAP peut être proposé pour améliorer la production du mil.

V. Conclusion

La présente étude se voudrait une contribution à une bonne connaissance du système agricole afin de prendre en compte leurs préoccupations socio-économiques. Cette étude a permis d'identifier les méthodes actuelles de gestion paysanne de l'exploitation et d'établir une typologie des exploitations à partir d'enquêtes des exploitations. Les enquêtes ont été menées auprès de 177 paysans chefs d'exploitation dans 12 villages de 3 communes rurales situées dans trois zones agro-écologiques de la région. Ces enquêtes ont permis d'établir une typologie des exploitations pour une bonne orientation des technologies proposées. Selon Dugué, 2001 l'agriculture africaine, tant en zone soudano-sahélienne qu'en zone forestière, les sociologues et agroéconomistes ont montré que la notion d'exploitation agricole telle que définie pour les pays du Nord n'était pas transposable au contexte africain. L'unité de production (ou exploitation agricole) est généralement un système complexe débouchant sur une production collective gérée par le chef d'exploitation et des productions individuelles revenant à l'épouse (aux épouses), aux dépendants. Pour ces différentes raisons et compte tenu du poids économique et démographique des exploitations, tout appui aux producteurs pour moderniser et améliorer leur productivité doit se référer à une typologie de ces exploitations.

VI. Références

- Bergeret P. et Dufumier M., 2002. Analyser la diversité des exploitations agricoles. In *Mémento de l'Agronome CIRAD-GRET 2002*. Ministère des Affaires étrangères. Pages 321-405.
- Dembele I., Kater L., ESPGRN Niono, 1998. Gestion paysanne de la fertilité des sols en Afrique au sud du Sahara. 50 pages.
- DRSPR, 1992. Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale, Éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en 5^{ème} région. Rapport. 127 pages.
- Dugué P., 2001. Le conseil aux exploitations familiales. Actes de l'Atelier 19 – 23 novembre 2001 Bohicon, Bénin Cirad. 77 pages.
- ESPGRM-MOPTI/SANREM, 1999. Participatory Landscape/Lifescape Appraisal: Synthèses du diagnostic participatif réalisé à Madiama, Nérékoro et Tombonkan du 1^{er} au 14 février 1999 : Working Paper N°. 99-02: OIRD. West Africa. 82 pages.
- Kaboré D.P., 2000. Modeling District-Level Socioeconomic Linkages and Growth: Towards Sustainable Natural Resource Management in Agricultural and Pastoral Systems under Environmental Stress and Conflict in the Niger Delta Region of Mali. SANREM CRSP West Africa. Working Paper N° 01-03.
- Kébé D., 1989. Les relations agriculture-élevage et le devenir des systèmes de production de Fonsébougou, Sud-Mali Mémoire ENSAM, Unik. Montpellier – I. 105 pages.
- SANREM/IER, 2005. Enquête exploitations dans les communes de Koporo-pen, de Madiama et de Docoumbo.
- Van Duivenbooden N., 1996. La durabilité exprimée en fermes d'éléments nutritifs avec référence spéciale à l'Afrique de l'Ouest Rapport PSS N° 2a. 262 pages.

Évaluation de la durée des parcsages des bovins sur la productivité des sols et des cultures dans le Sahel : Cas de la région de Mopti

Assessment of the duration of cattle system on soils and crops productivity in the Sahel: case of Mopti region

Traoré B^{1*}, Samaké O.¹, Maiga M.S.², Touré M.S.M.¹, Keita M.¹,

¹Institut d'Économie Rurale, BP. 258, Rue Mohamed V, Bamako, Mali

*Adresse contact : E-mail : boureimatraore@gmail.com - Tél : +223 66 76 22 89

²Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako

E-mail : pamaiga@yahoo.fr

Résumé

En plus des aléas climatiques, l'accroissement démographique, l'urbanisation accrue et l'ouverture des marchés nécessitent l'augmentation soutenue de la production agricole pour couvrir les besoins alimentaires des populations du Sahel. Pour contribuer à relever ce défi, une étude a été menée en zone sahélienne du Mali entre 2005 et 2007 dans les communes rurales de Docoumbo (zone du Plateau), Koporo-pen (zone du Séno) et Madiama (zone de Delta) dans la région de Mopti. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de quatre durées de parcage (0, 2, 5 et 10 nuits) des bovins sur la productivité des sols et des cultures. Le dispositif utilisé était le bloc de Fisher en 3 répétitions à raison d'une répétition par commune. Les résultats ont montré que le parcage des bovins dans les champs pendant les nuits, contre nourriture du berger, est une bonne alternative pour les producteurs à faible revenu. Cette technique permet d'augmenter le niveau de matière organique du sol et d'accroître le rendement du mil de 45 à 106 % en fonction de la durée du parcage. L'effet de 5 et de 10 nuits de parcage a été plus élevé que celui de 2 nuits dans l'amélioration de la teneur du sol en carbone organique et du rendement du mil.

Mots clés : Parcage, bovins, production, sols, cultures, Sahel, carbone organique.

Abstract

In addition to climatic fluctuations, population growth and increased urbanization, the opening of markets require a sustained agricultural production increase to cover the food needs of populations of the Sahel. To help meet this challenge, a study was conducted in the Sahelian zone of Mali between 2005 and 2007 in rural areas of Docoumbo (Plateau zone), Koporo-pen (Seno zone) and Madiama (Delta zone) in Mopti region. The purpose of this study was to evaluate the effect of four parking times (0, 2, 5 and 10 nights) of cattle on soil and crop productivity. The device used was the block of Fisher 3 replications, each commune representing a replication. The results showed that the parking of cattle in the fields during the nights against food for the shepherd is a good alternative for low-income producers. This technique allows the soil to increase its level of organic matter and to improve millet yield from 45 to 106% depending on the length of the parking. The effect of 5 and 10 nights of parking was higher than that of two nights in the improvement of soil content in organic carbon and millet yield.

Key words: Parking, cattle, production, soil, crops, Sahel, organic carbon.

I. Introduction

L'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique constitue un moyen efficace pour restaurer la fertilité des sols et accroître les rendements des plantes cultivées (Bationo *et al.* 1998, Piéri, 1989, Van Reuler et Janssen, 1989). Cependant, l'application de ces intrants est extrêmement limitée dans le Sahel à cause de leur faible disponibilité, de la faible capacité d'investissement de la plupart des paysans et des risques économiques dus aux aléas climatiques (Témé *et al.*, 1995 ; Dugué, 1993). En conséquence, des technologies efficaces et accessibles aux producteurs à faibles revenus sont nécessaires pour accroître la productivité agricole. Une alternative est l'utilisation de la fumure organique, qui est une pratique traditionnelle dans les pays du Sahel. Avec la disparition des friches, le rôle de la fumure organique dans la restitution des aptitudes productives des sols devient de plus en plus important (Ganry, 1985 ; Kleene, 1989 ; Kébé, 1989 ; Landais *et al.*, 1990 ; Angé, 1990). La gestion des troupeaux des exploitations et des résidus de récolte permet une production de fumier au niveau de l'exploitation ou des parcs communs. Comme l'indique Poulain (1980) (cité par Bationo *et al.*, 1991 et Camara, 1996), le recyclage des résidus de récolte dans les pays en développement est important du fait que les quantités de nutriments qu'ils contiennent sont sept à huit fois plus élevées que celles apportées par l'application des engrais. En plus, les résidus de récolte contiennent des éléments nutritifs absents dans les traditionnelles formules d'engrais NPK (Pichot, 1981).

Ainsi, comme l'indique Breman, 1987 une intensification de la production agricole permet de produire des résidus de récolte et sous-produits de bonne qualité pour l'amélioration de l'élevage et la lutte contre la dégradation de l'environnement. Dans le contexte écologique et socio-économique actuel, l'utilisation de la fumure animale peut contribuer au maintien, et même à la reconstitution de la fertilité des sols. Il faut, pour cela, accroître la production et améliorer la qualité de ces fertilisants animaux. Pour répondre à ces besoins, le

parcage de nuit est un des créneaux les plus importants. Son intérêt tient au fait que, d'une part, le transfert du fumier est assuré par les animaux et que, d'autre part, il nécessite peu d'investissement. Les quantités déposées sont de l'ordre de 600 kg de MS fèces par UBT par an (Landais, 1990). Ces techniques sont couramment utilisées pour fertiliser les champs de céréales pendant la saison sèche (Bationo, 1998). En zone semi-aride du Mali, les paysans ont conscience de cet état de fait et par conséquent établissent des contrats de fumure avec les conducteurs ou bergers des troupeaux transhumants pour la fertilisation des champs de cultures.

La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet du parcage des bovins sur la productivité des sols et des cultures dans la région de Mopti en zone Sahélienne du Mali.

II. Matériel et méthode

L'étude a été menée dans la région de Mopti. Les trois sites retenus pour l'expérimentation ont été la sous station de recherche agronomique de Koporo-pen (commune de Koporo-pen) dans la zone agro-écologique du Séno, le village de Tougoumé dans la Commune rurale de Docoumbo sur le Plateau Dogon et le village de Madiama dans la zone du Delta au niveau des champs de brousse. Ces trois sites ont été choisis parce qu'ils sont à la fois représentatifs des trois zones agro-écologiques de la région de Mopti et accessibles. Selon le Centre Régional de Recherche Agronomique de Mopti, les paysans y sont volontaires et ils manifestent leur intérêt pour les innovations technologiques. Les sites présentent les caractéristiques suivantes :

La commune rurale de Koporo-pen est localisée dans le Séno qui, dans son ensemble, correspond à un fossé d'effondrement entre le plateau Mossi et le Plateau Dogon. Les plaines sont constituées de matériaux du continental terminal (sable et grès argileux) coiffés d'une dalle cuirassée. Le Séno est dominé au sud par des bancs de collines et au nord par des cordons de dunes. La zone d'étude se situe dans cette zone dunaire. L'ensemble du Séno

est assez contrasté du point de vue type de sol ; en effet, on y distingue essentiellement trois types de sols : les sols légers sableux (50 %), les sols lourds argilo-limoneux (35 %) et les sols limoneux sableux (15 %) (DRSPR, 1992). Le climat, de type sahélien comprend une saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une saison pluvieuse de juin à septembre. La pluviométrie est en moyenne de 468 mm (de 1977 à 2005), avec un minimum de 273 mm reçu en 2002 et un maximum de 643 mm (Traore *et al.*, 2005).

Comme le reste du plateau Dogon, la commune rurale de Doucombo est caractérisée par un relief très accidenté, composé d'un massif de 600 m d'altitude entouré de zones basses. Il s'agit de grès siliceux, caractérisés par une grande hétérogénéité. On dénote çà et là des collines et des étendues rocailleuses constituées d'un empilement de bancs gréseux. La situation géomorphologique de la commune justifie la rareté des sols de culture, qui ne représentent de façon estimative, que 22 % de la superficie totale du cercle, le reste étant occupé par des affleurements rocheux. À l'état actuel, les terres sont dégradées à cause de l'insuffisance de couvert végétal et des eaux de ruissellement (DRSPR, 1992). Le climat est caractérisé par une saison humide de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril. Il est caractérisé par une température moyenne annuelle de 29,1°C avec un maximum aux mois d'avril et de mai et un minimum au mois de janvier ; par une humidité relative annuelle moyenne de 44 % dont le maximum se situe aux mois d'août, septembre, octobre et le minimum aux mois de janvier, mars, avril ; par un ensoleillement minimal de six heures par jour en juillet, qui augmente pour atteindre son maximum en février avec 8 heures par jour et par saison pluvieuse (Traore *et al.*, 2005).

La commune de Madiama est située dans le Delta Central du Fleuve Niger en particulier dans le bassin sédimentaire du moyen Bani qui a été comblé par les alluvions du quaternaire. Le relief relativement élevé en bordure a été façonné dans les grès

infracambriens de Bandiagara. La vallée moyenne du Bani et du Niger a commencé sa formation au début du quaternaire avec l'entaille des grès infracambriens, coiffés d'une cuirasse ferrugineuse dont on retrouve les vestiges sur les bordures de la commune. Les oscillations du niveau marin et les variations climatiques pendant le quaternaire ont provoqué plusieurs phases de creusement fluvial et d'alluvionnement qui ont donné des dépôts très variés par leur granulométrie et leur position topographique. Selon les travaux de Badini, 2001, la série texturale des types de sol des unités morpho-pédologiques répertoriées comprend : sable, sable limoneux, limon gravillonnaire, limon-sableux, limon, limon-argileux et argile.

Le choix des paysans collaborateurs devait être le principe directeur dans la conduite des tests. C'est pourquoi ce choix a été obtenu en assemblée villageoise en juin 2005 en présence des agents du service d'encadrement technique local et de quelques membres de la Commission Régionale des Utilisateurs des Résultats de la Recherche (CRU). Le choix de la durée et du nombre de têtes pour le parcage a été obtenu sur la base du disponible et des bergers volontaires.

Le dispositif expérimental était le bloc de Fisher en 3 répétitions (à 4 traitements chacune) dont une répétition par zone agro-écologique. La superficie de la parcelle élémentaire était de 150 m². La parcelle élémentaire correspondant à une durée de parcage déterminée, était entourée d'un grillage pour éviter la mobilité des animaux pendant leur nuitée. L'enclos était déplacé au fur et à mesure d'un traitement à l'autre en fonction de la durée prévue pour le parcage. L'effectif de 20 têtes de bovins a été pris en fonction de la disponibilité et utilisé par traitement au niveau de tous les sites (Photo 1). Les traitements étaient constitués de quatre durées de parcage (0 nuit, 2 nuits, 5 nuits et 10 nuits). Le traitement sans parcage et sans fertilisation, qui est généralement la pratique la plus répandue dans la région, a été pris comme témoin.



Photo 1. Le dispositif de parcage des bovins utilisés dans les expérimentations dans les zones du Séno, du Plateau et du Delta.

Une variété locale du mil, *Pennisetum glaucum* (L.) bien adaptée à la zone, a été semée à plusieurs graines (minimum 8 grains) par poquet à l'écartement de 1 m entre les lignes et 1 m entre les poquets et démarquée à 2-3 plants par poquet 15 jours après la levée. Le semis a été fait quand les sols étaient suffisamment humectés après une pluie d'au moins 15 mm. Le premier sarclage a eu lieu 15 jours après la levée tandis que le deuxième sarclage a été effectué à 20 jours après le premier. Les autres sarclages ont été faits au besoin.

Les mêmes parcelles de 2005 ont été retenues en 2006 et 2007 sans aucun autre apport de fumure afin de mieux évaluer les arrières-effets des différentes durées de parcage sur le rendement du mil et sur la fertilité du sol. À la maturité, le mil a été récolté suivant les traitements en utilisant 5 carrés de rendement de 16 m² soit 4 m x 4 m. Les épis récoltés ont été d'abord séchés au soleil pendant deux semaines, puis battus et, enfin, pesés.

Le dispositif utilisé au niveau de la station de Kopro-pen a été retenu pour le suivi du sol.

Le sol sur ce site est de type sablonneux ; il est surexploité sans aucun apport. D'abord, 12 échantillons de sols ont été prélevés dans l'horizon 0-20 au niveau de chaque traitement. Ensuite, ils ont été mélangés et, enfin, il a été tiré de ce mélange un échantillon moyen. Ainsi, un échantillon moyen pour chaque traitement est prélevé à la fin de chaque récolte. La situation initiale par rapport à nos indicateurs (N, P, K, C) est supposée être la même pour l'ensemble des parcelles élémentaires situées sur le même champ, malgré la grande variabilité qui affecte les sols. Les analyses ont été réalisées au Bureau National des Sols (BUNASOL) Burkina Faso 03. BP 7142 Ouagadougou. Les indicateurs ont été retenus en fonction des moyens de l'étude. Elles ont porté sur l'azote total, le phosphore total, le potassium total, le carbone (matière organique) et le pH du sol.

Le taux de l'azote total du sol a été déterminé à partir du principe suivant : le sol est minéralisé par l'acide sulfurique concentré, porté à l'ébullition en présence d'un catalyseur. Ainsi, l'azote contenu dans la matière organique se transforme en sulfate d'ammonium.

L'ammonium est déterminé à l'aide de l'auto-analyseur. Les nitrates présents dans la terre ne se transforment que partiellement en ammonium par cette méthode. Pour les sols à haute teneur en nitrate, il est préférable d'employer pour la minéralisation un mélange d'acide sulfurique et d'acide salicylique. Après, avoir tracé la ligne de base et mesuré les hauteurs de pic de la gamme étalon, des blancs et des échantillons par rapport à cette ligne. Les concentrations en azote des blancs et des échantillons ont été calculées à l'aide de la gamme Technicon Industrial Systems (1977).

$$\% N = 0.01 * (a-b)$$

Où $a = \text{ppm N pour l'échantillon}$
 $b = \text{ppm pour le blanc}$
 Précision : 0.01 % près.

La détermination du phosphore total du sol a été réalisée à partir du principe suivant : le sol est minéralisé par l'acide de Fleischmann à la température de 140°C (avec des variations possibles de 120 et 160°C). Dans le minéralisé le phosphore est déterminé sur auto-analyseur en mesurant l'intensité du complexe bleu phosphomolybdique. Après, avoir tracé la ligne de base et mesuré les hauteurs de pic de la gamme étalon, des blancs et des échantillons par rapport à cette ligne. Les concentrations en phosphore des blancs et des échantillons ont été calculées à l'aide de la gamme Technicon Industrial Systems (1977).

$$P \text{ total} = 100 (a-b)$$

Où $a = \text{ppm P mesuré pour échantillon}$
 $b = \text{ppm P mesuré pour le blanc}$
 Précision : 1 ppm près.

La détermination du potassium total du sol a été réalisée à partir du principe suivant : l'extraction par HCl donne une indication du K présent dans le sol sous forme soluble, du K au complexe absorbant et d'une partie du K fixe dans les minéraux. Pour être sûr que le sol est extrait par HCl il faut compenser la quantité d'acide neutralisé par le sol (CaCO_3 , dolomite). Ceci pourrait se faire par l'addition d'une plus grande quantité de HCl, ou par introduction d'acide oxalique. Par addition supplémentaire

de HCl, probablement, plus de K serait extrait. Ceci est dû à une destruction plus rapide des minéraux par l'acidité initiale plus élevée. Par addition d'acide oxalique la concentration en ion H^+ reste constante pendant la période d'extraction et le Ca du CaCO_3 dissout se précipite sous de forme de Ca-Oxalate. Ainsi, le calcul est fait suivant la formule Technicon Industrial Systems (1977).

$$K \text{ en mg/100 g de terre} = (a-b)$$

$$\text{K}_2\text{O en mg/100g de terre} = 1,2 (a-b)$$

Où $a = \text{ppm K mesuré pour l'échantillon}$
 $b = \text{ppm K mesuré pour le blanc}$
 Précision : 0.01 ppm près.

La détermination du Carbone organique du sol (Méthode Anne modifiée) a été réalisée à partir du principe suivant : le carbone dans le sol est oxydé par un mélange de dichromate de potassium et d'acide sulfurique. L'excès de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ par une solution contenant le Fe^{2+} (sous la forme de sel de Mohr ou de sulfate de fer). L'acide phosphorique est utilisé pour complexer l'ion Fe afin d'obtenir un point de virage plus distinct. La différence en meq. Fe utilisé pour l'échantillon et pour l'essai à blanc permet de calculer le contenu de carbone dans le sol. Des analyses élémentaires ont montré que 97% du carbone dans le sol sont oxydes de cette façon. Le pourcentage de matière organique dans le sol peut être calculé sur la base du taux de carbone suivant la formule Nelson and Sommers, 1982.

$$\% C = 0.24 \times (a-b) \times (13/V)/g$$

Où $a = \text{volume versé pour le blanc}$
 $b = \text{volume versé pour l'échantillon}$
 $V = \text{volume versé pour le contrôle de la solution de Fe.}$

$$G = \text{poids de l'échantillon}$$

$$\% \text{ MO} = 1.72 \times \% C$$

Précision 0.01 près.

L'analyse de la variance a été effectuée pour déterminer la différence entre les effets des traitements et le test de Duncan utilisé pour séparer les moyennes des différents traitements.

III. Résultats

3.1. Effets du parcage de bovins sur la fertilité du sol

Les effets des différentes durées de parcage des bovins dans le champ sur le niveau de la fertilité du sol sont présentés dans le tableau I. L'analyse des résultats montre que la variation de la durée de parcage de 0, 2, 5 et de 10 nuits n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur du sol en azote (N) total, en phosphore (P_2O_5) total et en potassium (K_2O) total.

Par contre, la quantité du carbone (C) organique dans l'horizon superficiel (0-20 cm)

du sol augmente significativement avec l'augmentation de la durée du parcage (Figure 1). Les niveaux de C estimés sont de 0,21 % pour 0 nuit de parcage, de 0,25 % pour 2 nuits, de 0,28 % pour 5 nuits et de 0,39 % pour 10 nuits. L'effet de 10 nuits de parcage a été plus élevé dans l'évolution du niveau de C organique avec des taux d'augmentation de 72,6 % par rapport à la pratique du paysan sans fertilisation (témoin), de 46 % par rapport à 5 nuits de parcage et de 31,5 % par rapport à 2 nuits de parcage. Les effets de 2 et 5 nuits de parcage sont restés statistiquement équivalents ($p > 0.05$) sur la qualité des sols. Le plus faible taux de C organique a été enregistré avec témoin non fertilisé.

Tableau I. Effet de la durée du parcage bovin sur l'évolution de la teneur du sol en éléments nutritifs dans les champs dans la commune rurale de Koporo-pen.

Durée parcage	N total (%)	P_2O_5 total (ppm)	K_2O total (ppm)
0 nuit (témoin)	0,017	42,87	265,33
2 nuits	0,018	49,20	355,03
5 nuits	0,020	50,17	402,17
10 nuits	0,024	58,00	374,03
SED	0,002	3,30	128,15
P > F	0,435	0,506	0,655
CV (%)	26,83	22,85	36,71

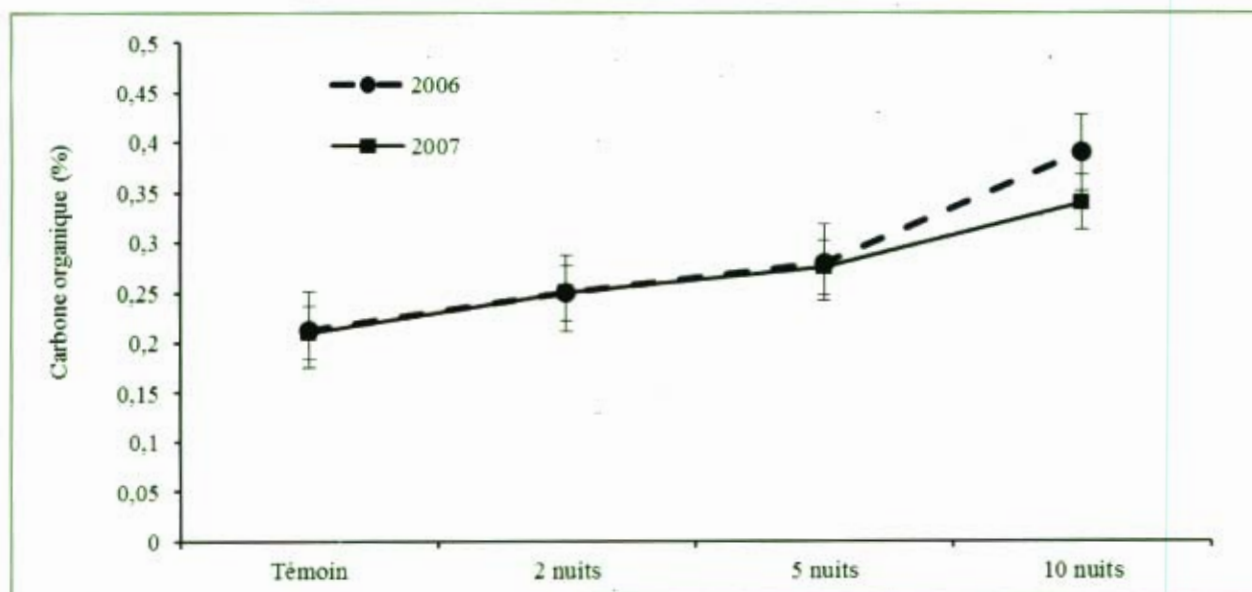


Figure 1. Évolution du taux de carbone du sol en fonction de la durée du parcage des bovins dans les champs dans la commune rurale de Koporo-pen

3.2. Effets du parcage de bovins sur les rendements du mil

Pendant la période de l'étude dans la commune rurale de Koro-pen la moyenne pluviométrique (sur les 3 ans) a été de 468 mm. Ainsi, pendant la première année de l'étude (2005), le cumul annuel de pluie a été de 412,2 mm en 43 jours, légèrement déficitaire en début de campagne, à la troisième décennie du mois de juillet, et à la fin du mois de septembre. En deuxième année (2006) le cumul annuel de pluie a été de 495,8 mm en 39 jours, légèrement excédentaire. Cependant, la campagne a connu des déficits au début, et dans la troisième décennie de septembre. La troisième année (2007) a été la plus arrosée avec un cumul de 503 mm en 32 jours. Elle a été excédentaire mais tardive, avec des déficits en juin et juillet entraînant des semis tardifs.

Dans la commune de Doucoumbo, la moyenne pluviométrique a été de 538 mm pour les trois années de l'étude. Ainsi, pour l'année 2005, le cumul de pluie a été de 358 mm en 32 jours, déficitaire et très mal répartie avec des poches de sécheresse dont les cumuls décennaires ne dépassent pas 10 mm. Ces déficits se situaient surtout en période de floraison et de fructification à la fin du mois d'août et au début du mois de septembre. À la deuxième année (2006), le cumul annuel de pluie a été de 487,1 mm en 37 jours. La pluviométrie a été légèrement déficitaire, les périodes de déficit se situant surtout à la première décennie de juin (8,5 mm), et à la première décennie de septembre (2,8 mm). En revanche, en troisième année (2007), la pluviométrie a été excédentaire et bien répartie avec un cumul de 604,5 mm en 36 jours. Les semis ont été accomplis très tôt par rapport aux autres années.

Dans la commune rurale de Madiama, la moyenne pluviométrique a été de 544 mm pendant la période de l'étude. La première année (2005) a été marquée par une pluviométrie déficitaire avec un cumul annuel de 472,5 mm en 21 jours. La campagne s'était installée tardivement et elle a conduit à des semis tardifs dans la deuxième décennie de juillet. La première décennie du mois d'août a

été caractérisée par un déficit de pluie cumulé de 12,5 mm. Le même déficit a marqué le mois de septembre pendant ses deux dernières décades.

Contrairement à la première année, la deuxième année (2006) de l'étude a connu un cumul pluviométrique annuel excédentaire soit : 717 mm en 44 jours. Cependant, la pluviométrie a connu des déficits, situés d'abord à la première décennie du mois de juillet, à la deuxième décennie du mois d'août, et à la deuxième décennie de septembre. Ces périodes de déficit ont eu certainement des impacts négatifs sur le rendement. Quant à la troisième année (2007), le cumul annuel de pluie a été de 618 mm en 46 jours excédentaire avec des périodes de déficit situées en début du mois de juin, et à la fin du mois de septembre.

Les variations des rendements moyens paille et grains du mil en fonction de la durée du parcage des bovins dans les champs et de la pluviométrie moyenne dans les communes rurales de Doucoumbo, Koro-pen et Madiama sur les trois années d'expérimentation sont consignés dans la Figure 2 et dans le Tableau II. Les résultats montrent que l'augmentation du temps de parcage entraîne une augmentation significative de rendements paille et grain du mil. Les rendements les plus élevés ont été obtenus avec 5 et 10 nuits de parcage avec un effectif de 20 bovins. Par contre, la plus faible production a été enregistrée avec le témoin absolu sans parcage qui a donné un rendement statistiquement équivalent à celui de 2 nuits de parcage. Les taux d'augmentation de rendement grain par rapport au témoin ont été de 45 %, 82 % et 106 % pour des durées respectives de parcage de 2, 5 et 10 nuits avec un effectif de 20 bovins par parcelle de 150 m² équivalant à environ 1300 têtes par hectare.

L'analyse des résultats n'a montré aucune différence notable entre les ratios grain sur paille des différents traitements malgré une tendance à la hausse du ratio de 11 % observée avec les durées de parcage de 5 et 10 nuits par rapport à celles de 0 et 2 nuits.

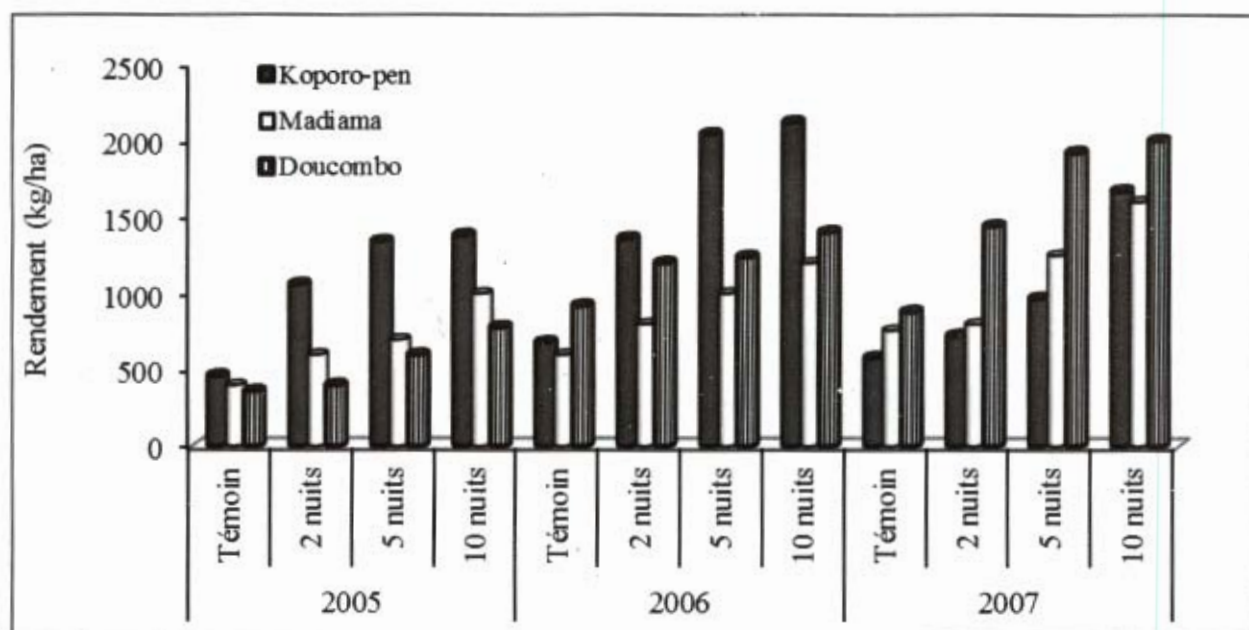


Figure 2. Effet du parage des bovins sur le rendement grain du mil dans les communes rurales de Koporo-pen, Madiama et Doucombo en 2005, 2006 et 2007.

Tableau II. Effet de parage de bovins sur les rendements moyens de pailles et grains de mil dans les communes rurales de Doucombo, Koporo-pen et Madiama en 2005, 2006 et 2007.

Durée du parage	Rendement (kg/ha)		Rapport grain/paille
	Paille	Grain	
Témoïn	4419 b	673 b	0,18
2 nuitées	6150 ab	976 ab	0,18
5 nuitées	6821 a	1229 a	0,20
10 nuitées	7254 a	1392 a	0,20
SED	409	84	0,01
P > F	0,045	0,009	0,915
CV (%)	39,79	47,01	44,41

3.3. Évaluation économique du parage de bovins sur les rendements du mil

Le Tableau III indique le nombre d'hommes qui travaille par jour (homme/jour) pour les différents travaux. Il a été estimé à partir du nombre de travailleurs impliqués pour l'installation du test chez un paysan. Les valeurs obtenues ont été ramenées à l'hectare.

Ainsi, de nombreuses investigations ont été faites sur le terrain auprès des techniciens et des paysans pour aboutir à des données supposées raisonnables d'homme/jours par tâche. Quant au travail concernant la récolte, il a été évalué à 10 % de la valeur de la production.

Tableau III. Nombre d'hommes par jour et par hectare

Activités	Mil	Niébé
Labour (tous les ans)	2	2
Semis (tous les ans)	1	1
Sarclage 1 (tous les ans)	3,75	4
Sarclage 2 (tous les ans)	2,25	1
Gardiennage de parc 2 nuits (1 ^{ère} année)	2	-
Gardiennage de parc 5 nuits (1 ^{ère} année)	5	-
Gardiennage de parc 10 nuits (1 ^{ère} année)	10	-

(Source : enquête exploitations SANREM/IER 2005)

Les prix de vente du mil, au producteur, varient d'une année à l'autre et dans la même année les prix varient d'une période à l'autre. Ils sont les plus bas, juste après les récoltes et montent progressivement pour atteindre le maximum vers le début de la campagne agricole suivante. Les investigations sur les marchés des différents sites ont permis de retenir le prix moyen de vente du mil à 140 F CFA.kg⁻¹ dans le Delta Central du Niger sur les trois ans et dans le Séno en première année, le prix moyen de 130 F CFA.kg⁻¹ sur le Plateau Dogon durant les trois ans et les deux dernières années pour le Séno. La quantité de mil recommandée par hectare est de 5kg.ha⁻¹ pour la valeur 225 F CFA le kg et la main-d'œuvre h/jour coûte 750 F CFA. La valeur (F CFA) du fumier est calculée à partir de son taux en éléments, du coefficient (kg engrais/kg élément), du taux d'engrais dans le fumier de bovin et du prix engrais (F CFA.kg⁻¹) (Tableau IV).

Dans la commune rurale de Kopro-pen, l'évaluation économique des résultats (Tableau V) à la première année a indiqué que le parcage des 10 nuitées a permis d'obtenir une augmentation de la valeur ajoutée à partir de la production grain par hectare de 207 % (93 560 F CFA.ha⁻¹) par rapport à 0 nuitée. Le parcage de 5 nuitées a permis d'obtenir un accroissement de la valeur ajoutée de 134 % (6 000 F CFA.ha⁻¹), et de 154 % (65 480 F CFA.ha⁻¹) pour le parcage de 2 nuitées par rapport au 0 nuitée, ces valeurs ajoutées évoluent en fonction de la durée de parcage malgré le déficit et l'irrégularité de la pluie en début de campagne qui a nécessité des reprises au niveau des parcelles d'où une augmentation du coût de production. Le parcage de 5 nuitées a permis de réaliser le bénéfice le plus élevé. En deuxième année le parcage des 10 nuitées a été le plus performant avec un taux d'accroissement par rapport au

Tableau IV. Valeur (F CFA) du fumier calculée à partir de son taux en éléments, du coefficient (kg engrais/kg élément), du taux d'engrais dans le fumier de bovin et du prix engrais (F CFA.kg⁻¹)

Engrais	% de l'élément dans le fumier	Coefficient (kg engrais/kg élément)	% engrais dans le fumier	Prix engrais (F CFA.kg ⁻¹)	Valeur du fumier (F CFA.kg ⁻¹)
Kg. N	0,980	2,18	0,021	310	6,51
Kg. P ₂ O ₅	0,580	2,27	0,013	310	4,03
Kg. K ₂ O	1,680	2,27	0,038	310	11,78
					22,32

Tableau V. Indicateurs de la production du parcage de bovins dans les communes rurales étudiés (en F CFA).

Communes	Indicateurs	Années	Itinéraires techniques			
			Mil (témoin)	Parcage 2 nuitées	Parcage 5 nuitées	Parcage 10 nuitées
Koporo-pen	Coût total de production	2005	22 045	33 765	42 045	48 885
		2006	15 325	16 925	17 725	20 125
		2007	15 325	16 925	17 725	20 125
	Bénéfices/pertes	2005	45 155	114 635	151 155	138 715
		2006	73 075	159 875	247 475	281 475
		2007	60 075	77 325	107 985	196 975
Madiama	Coût total de production	2005	18 525	23 725	28 325	38 125
		2006	15 325	16 925	17 725	20 125
		2007	15 325	16 925	17 725	20 125
	Bénéfices/Pertes	2005	37 475	60 275	69 675	101 875
		2006	68 675	151 075	94 275	119 875
		2007	91 075	95 075	157 275	203 875
Docoumbo	Coût total de production	2005	30 245	28 525	35 125	39 165
		2006	15 325	16 925	17 725	20 125
		2007	13 325	16 925	17 725	20 125
	Bénéfices/Pertes	2005	78 955	27 475	48 875	11 235
		2006	113 475	151 075	178 275	153 475
		2007	107 875	184 675	251 075	259 875

(Source : tests en milieu paysan)

parcage de 0 nuitée de 285 % (208 400 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage de 5 nuitées avec un taux de 238 % (174 400 F CFA.ha⁻¹) et enfin le parcage de 2 nuitées, qui a permis d'obtenir un taux d'accroissement de 118 % (86 800 F CFA.ha⁻¹). Les bénéfices réalisés évoluent en fonction du nombre de nuits de parcage des bovins. En troisième année le parcage des 10 nuitées venait toujours en tête avec un taux d'accroissement de la valeur ajoutée le plus élevé soit de 228 % (136 900 F CFA.ha⁻¹) par rapport au parcage de 0 nuitée, suivi du parcage de 5 nuitées, avec un taux d'accroissement de 80 % (47 910 F CFA.ha⁻¹) et enfin le parcage de 2 nuitées, avec 29 % (17 250 F CFA.ha⁻¹) par

rapport au parcage de 0 nuitée. Les bénéfices réalisés ont évolué en fonction du nombre de nuits de parcage comme en deuxième année.

Dans la commune rurale de Madiama, l'évaluation économique des résultats (Tableau V) de la première année de parcage de bovins a montré que le parcage des 10 nuitées a réalisé la valeur ajoutée la plus élevée avec un taux d'accroissement par rapport au parcage de 0 nuitée de 171,8 % (64 400 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage de 5 nuitées, avec 85,9 % (32 200 F CFA.ha⁻¹), et du parcage de 2 nuitées, avec 68,8 % (22 800 F CFA.ha⁻¹). Ces valeurs ajoutées ont évolué en fonction de la durée

de parcage malgré le déficit et l'irrégularité de la pluie. En deuxième année les analyses des résultats ont cependant montré que c'était plutôt le parcage de 2 nuitées qui a permis d'obtenir la valeur ajoutée la plus élevée avec un taux d'accroissement par rapport au parcage de 0 nuitée de 119,9 % (82 400 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage des 10 nuitées, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 74,5 % (51 200 F CFA.ha⁻¹), et du parcage de 5 nuitées, avec 37,27 % (25 600 F CFA.ha⁻¹). À la troisième année, en terme de valeur ajoutée le parcage des 10 nuitées revient en tête des autres traitements avec 123 % (112 800 F CFA.ha⁻¹) par rapport au parcage de 0 nuitée suivi du parcage de 5 nuitées, avec 72 % (66 200 F CFA.ha⁻¹) et du parcage de 2 nuitées, avec seulement 4,3 % (4 000 F CFA.ha⁻¹).

Dans la commune rurale de Docoumbo, l'évaluation économique de la production en première année a montré un déficit en valeur ajoutée pour tous les traitements de parcage bovins par rapport au témoin. Ce déficit (Tableau V) a été plus élevé avec le parcage des 10 nuitées, pour 85,7 % (67 720 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage de 2 nuitées, avec 65,2 % (51 480 F CFA.ha⁻¹) et enfin le parcage de 5 nuitées, avec un déficit de 48,2 % (38 080 F CFA.ha⁻¹) par rapport au parcage de 0 nuitée. Par contre, en deuxième année, c'était plutôt le parcage de 5 nuitées qui a réalisé le meilleur gain, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 57,1 % (64 800 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage des 10 nuitées, avec 35,2 % (40 000 F CFA.ha⁻¹) et enfin le parcage de 2 nuitées, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 33,13 % (37 600 F CFA.ha⁻¹) par rapport au parcage de 0 nuitée. Les rendements paille obtenus en deuxième année ont été inférieurs à ceux obtenus en première année pour tous les traitements. En troisième année pour tous les traitements, le parcage des 10 nuitées a donné le meilleur bénéfice, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 140,9 % (152 000 F CFA.ha⁻¹), suivi du parcage de 5 nuitées, avec 132,7 % (143 200 F CFA.ha⁻¹) et enfin le parcage de 2 nuitées, avec un accroissement de la valeur ajoutée de 71 % (76 800 F CFA.ha⁻¹) par rapport au témoin.

IV. Discussion

L'augmentation de la durée de parcage provoque une augmentation significative des rendements du mil. Les rendements les plus élevés ont été obtenus avec le parcage d'environ 1300 têtes de bovins pendant 5 à 10 nuitées. Cette augmentation de rendement a été attribuée à l'augmentation de la teneur du sol en carbone organique. Des résultats similaires ont été obtenus par Samaké *et al.* (2005) dans une étude, de variabilité spatiale de la fertilité des sols et des rendements de mil, menée dans le village de Lagassagou, région de Mopti, au Mali. Les résultats de cette étude ont montré que le rendement du mil était de l'ordre de 1050 kg/ha dans les champs de case dans un rayon de 200 m autour du village contre 450 kg/ha dans les champs de brousse à plus de 500 m du village. Cette augmentation de rendement dans les champs de case s'explique par l'importance de la quantité de fumier, qui est estimée à 12 t/ha, apportée par parcage de 117 bovins pendant 6 mois.

Pour estimer les fèces apportées par ha par la présente étude nous avons estimé d'abord les animaux parqués en Unité Bétail Tropical (UBT) par la conversion suivante : 1 bovin pour 0,8 UBT, 1 ovin pour 0,1 UBT et 1 caprin pour 0,1 UBT. La production moyenne de matière fécale par jour d'une unité de bétail tropical (UBT) est estimée à 2,5 kg de matière sèche pour un temps de séjour au parc de 17 heures au niveau d'une exploitation pratiquant un élevage semi-intensif (Landais, 1990). Sur cette base, on peut ainsi estimer à 1,7 kg.UBT⁻¹jour⁻¹ la quantité moyenne de fumier produite pour un temps de séjour de 12 heures. Dans nos expériences, 1,3 kg.UBT⁻¹jour⁻¹ serait plus proche de la réalité sahéenne selon Breman (communication personnelle).

Ainsi, à partir du nombre d'UBT utilisé sur la parcelle élémentaire d'expérimentation, la quantité de fumier produite a été estimée respectivement à : 2 773 kg (18,4 kgMS/m²) pour 2 nuitées, 6 933 kg (46,22 kgMS/m²) pour 2 nuitées, et 13 866 kg (92,4 kgMS/m²) pour 2 nuitées. Ces résultats confirment ceux obtenus par Sédogo (1993) à Saria au Burkina

Faso qui a enregistré une augmentation du niveau de carbone organique entre 11 à 20 g/kg dans les champs de case contre 2 à 5 g/kg dans les champs de brousse sur un rayon de 200 m autour du village. Le parcage des animaux dans les champs près des agglomérations et l'apport des matières organiques d'autres sources ont été responsables de l'amélioration de la teneur du sol en C organique. Dans son étude d'évaluation de la dynamique des matières organiques dans les sols dans les conditions de parcage de nuit, Masse (2007) a conclu que, pour obtenir un effet significatif sur les teneurs en Matière Organique du Sol, les apports en fèces doivent être de l'ordre de 24 kgMS/m² de sol par an et pour que cet effet dure au-delà de cinq années, ces apports doivent être de l'ordre de 60 kgMS/m² de sol par an.

Le faible prix de vente des produits agricoles et le bas niveau de revenu des exploitants limitent l'utilisation des engrais chimiques (Témé *et al.*, 1995). En conséquence, l'utilisation du système de parcage peut être une possibilité d'améliorer la fertilité des sols et le rendement pour les exploitants à faible revenu. Dans la région de Mopti où l'expérience a réussi, les animaux domestiques sont réunis pendant la saison sèche et confiés à des bergers chargés de la surveillance des parcs la nuit dans les champs à la demande du producteur.

V. Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que la variation de la durée de parcage de 1300 têtes de bovins à l'hectare, pendant 2, 5 et 10 jours, entraîne une augmentation significative de rendements du mil et de la quantité de carbone organique dans le sol. Les variations de rendements obtenus ont été de 673 kg/ha avec le témoin non fertilisé à 1229 kg/ha avec 5 nuits de parcage et 1392 kg avec un parcage de 10 nuits. L'effet du parcage pendant 2 nuits (976 kg/ha) est resté statistiquement équivalent à celui du témoin.

Les résultats ont également montré que la durée de parcage de nuit a aussi une influence sur la teneur du sol en carbone organique. Les

niveaux de C estimés dans les parcsages de nuits ont été de 0,21 % avec le témoin sans parcage, de 0,25 % avec 2 nuits, de 0,28 % pour 5 nuits et de 0,39 % pour 10 nuits. L'effet de 10 nuits de parcage a été plus élevé dans l'évolution du niveau de C organique.

La principale conclusion tirée des expériences sur les effets du fumier, a été que, au moins sur les terres sablonneuses, il peut y avoir un lessivage considérable des éléments nutritifs si bien que l'application de 10 t/ha de fumier de bovins, n'est pas nécessaire chaque année à cause des pertes élevées en éléments nutritifs. Pour réduire les pertes dues au lessivage, il serait plus efficace d'appliquer de petites quantités de fumier plus fréquemment, plutôt que de grandes quantités pour une longue durée. Cette quantité plus petite et appropriée dépend de chaque terrain individuellement pris (Brouwer *et al.*, 1997). L'effet du fumier et de l'urine semble être indépendant de la position topographique de la parcelle.

Avec l'accroissement de la densité des populations qui a fortement diminué les ressources terres par tête, l'utilisation du système de parcage peut être une alternative pour améliorer la fertilité des sols et les rendements des cultures pour les producteurs à faible revenu. Dans ce système, les animaux du village ou ceux des transhumants, confiés à des bergers, peuvent être parqués pendant la nuit dans les champs de culture à la demande du producteur contre nourriture. Le parcage, d'une manière générale, n'est pas lié au moyen matériel de celui qui le pratique, car dans la tradition, chaque berger de passage dispose d'un logeur sédentaire « *diatigui* », qui peut ou ne pas être un nanti. Si bien que cette pratique est à la disposition de tous les paysans.

L'élevage est un avantage comparatif pour la région de Mopti, les communes choisies constituent des points de séjour des animaux en transit pour les bourgoutières du Delta Central. La pratique du parcage est une opportunité pendant la période qui se situe à la fin de la saison des pluies (avec les dernières activités de récolte des champs) et au début de l'hivernage (à la levée des plans au niveau

des champs). Cette période est également une période de conflits entre éleveurs et agriculteurs autour des points d'eau (mares, fleuves) et des zones de passages (bourtol), généralement occupées par les cultures. La gestion décentralisée des communes peut utiliser ce créneau pour juguler ou prévenir ces multiples conflits, et améliorer d'une manière concertée la production et la productivité des paysans par la pratique du parcage. Une intégration agriculture-élevage devient nécessaire dans la région pour répondre aux besoins alimentaires du cheptel et à la fertilisation des sols.

VI. Références

- Angé A., 1990. La fertilité des sols et les stratégies paysannes de mise en valeur des ressources naturelles : le mil dans les systèmes de culture du Sud du bassin arachidier sénégalais. 33 pages 89-121.
- Badini, O. and L. Dioni, 2001. Etude Morphopédologique de la Commune de Madiama, Cercle de Djenné – International Programs, Washington State University, Pullman, WA. Technical report SANREM West Africa. Working Paper N° 01-02, 29 pages.
- Bationo A. and Mokwunye AU., 1991. Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production: With special reference to the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Fert. Res.* 117-125.
- Bationo, A., F. Lompo and S. Koala, 1998. Research on nutrient flows and balances in West Africa: state-of-art. *Agric. Ecosyst. and Environm.* 71: 19-35.
- Breman H., Traore N., 1987. Analyse des conditions de l'élevage et proposition de politique et de programme. Mali OCDE/CILSS Club du Sahel.
- Brouwer J., et Bouma J., 1997. La Variabilité du sol et de la croissance des cultures au Sahel: points saillants de la recherche (1990-95) au Centre Sahélien de l'ICRISAT : Bulletin d'information n° 49 : 42 pages.
- DRSPR, 1992. (Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale), Éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en 5ème région. Rapport 127 pages.
- DRSPR, 1992. (Département de la Recherche sur les Systèmes de Production Rurale), Éléments de reconnaissance générale dans les zones du Séno et du Delta en 5ème région. Rapport 127 pages.
- Dugué P., 1993. La gestion de la fertilité et l'utilisation des ressources naturelles dans les systèmes agro-pastoraux soudano-sahéliens. Quelques éléments de réflexions à partir des situations du Yatenga (Burkina Faso) et du Sine Saloum (Sénégal). Communication présentée à la journée AGR (gestion de la fertilité) du 20 janvier 1993. CIRED-SAR. N° 26/93, 15 pp.
- Ganry F., 1985. Quelques réflexions pratiques sur la valorisation des fumiers et composts en : Atelier sur la recherche agronomique pour le milieu paysan, Nianing, Sénégal du 5 au 11 mai 1985 Dakar, ISRA pages : 108-119.
- Kébé D., 1989. Les relations agriculture-élevage et le devenir des systèmes de production de Fonsébougou, Sud-Mali Mémoire ENSAM, Unik. Montpellier -I 105 pages.
- Landais E., Lhoste P., Guérin H., 1990. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. In: Savanes d'Afrique terres fertiles ? Actes des rencontres internationales, Montpellier, 10-14 décembre 1990, Ministère de la Coopération et du Développement/CIRAD, p. 219-270
- Masse D., 2007. Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique subsaharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches. Institut National Polytechnique de Toulouse, France. 82 pp
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1980. Total nitrogen analysis for soil and plant tissues. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 63:770-778.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 539-579, in A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney, eds., *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Pichot J. Sogodogo M.P., Poulain. J.F, Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques, *Agronomie tropicale* 2613 pages.

- Piéri, C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération/CIRAD, Paris, 444 p.
- Samaké O., Smaling E.M.A., Kropff M.J., Stomph T.J., Kodio A., 2005. Effects of cultivation practices on spatial variation of soil fertility and millet yields in the Sahel of Mali. *Agricult. Ecosyst. and Environ.*, 109:335-345.
- SANREM/IER, 2005. Enquête exploitations dans les communes de Koporo-pen, de Madiama et de Docoumbo.
- Sédogo P.M., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : Indice des modes de gestion sur le fertilité. Thèse de PhD, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 343 p.
- Technicon Industrial Systems. 1977. Individual/simultaneous determination of nitrogen and/or phosphorus in BD acid digests, Technicon Industrial Systems, Tarrytown, New York.
- Témé, B., H. Breman and K. Sissoko, 1995. Intensification agricole au Sahel : Mythe ou réalité ? Rapport de synthèse du colloque international sur l'intensification agricole au Sahel ; Bamako (Mali), Déc. 1995, 28 pp.
- Traore B., Samake O., Badini O., 2002. Combinaison de l'expression régionale et de la gestion holistique pour la recherche des Alternatives d'amélioration de la fertilité du sol de la Commune de Madiama, 18 Pages.
- Van Reuler H. and Jansen B.H., 1989. Nutrient constraints in secondary vegetation and upland rice in southwest Ivory Coast. *In*: J.H. Protor (Ed.), Mineral nutrients in tropical forest and Savana ecosystems. Special publication N° 9 of the British Ecological Society, Blackwell Scientific publications, Oxford, England, pp. 71-382.

Impact du gradient climatique et des pratiques paysannes sur la production de fruits de *Vitellaria paradoxa* (karité) au Mali

Impact of climatic gradient and farmers practices on fruits production of *Vitellaria paradoxa* (shea tree) in Mali

Kelly B.A.

Institut d'Economie Rurale, Programme Ressources Forestières Centre Régional de la Recherche Agronomique de Sikasso, BP. 16.

Auteur pour correspondance : Tél : 66 72 54 07, Email: bokarykelly@gmail.com

Résumé

Pour une meilleure connaissance des facteurs qui influencent la production fruitière du karité une étude a été entreprise dans différents sites selon le gradient climatique nord-sud. Trois sites ont été retenus. D'autres facteurs comme le type d'occupation du sol et l'âge des parcelles ont été pris en compte. L'étude a été conduite en 2008, 2009 et 2010. Les résultats ont montré une forte variation de la production de fruits en fonction de l'année avec un rendement en noix fraîches plus élevé en 2008 (11,1 kg/arbre). L'effet site a été significatif. Le site de Mperesso a le rendement le plus élevé (10,9 kg/arbre). Le type d'occupation du sol est relativement moins important dans la production du karité. Les champs et les jachères produisent bien en année de bonne fructification jusqu'à un certain âge des jachères. Les activités culturelles favorisent la production du karité alors que la longue période de jachère décline la production fruitière. À cet effet il est important d'opter pour de bonnes pratiques de gestion des parcs à karité pour le maintien du potentiel productif. Ce potentiel productif est également sous l'influence de nombreux autres facteurs biotiques et abiotiques qu'il faudrait étudier davantage.

Mots clés : Catégorie âge des parcelles, Champs, Gradient climatique, Jachères, Parc à karité, Mali, Production fruitière karité

Abstract

For a better knowledge of the factors which influence the fruits production of the shea tree, a study was undertaken in different sites according to the North-South climatic gradient. Three sites were retained. Other factors like the type of land use and the age of parcels were taken into account. The study was conducted in 2008, 2009 and 2010. The results showed a strong variation of fruits production according to year with a fresh nut yield much higher in 2008 (11.1 kg/tree). Site effect was significant. The site of Mperesso had the highest yield (10.9 kg/tree). The type of land used is relatively less important regarding fruits production. Fields as well as fallows produce well in years of good fruiting until a certain age of fallows. Cultivation activities improve fruiting of the shea tree whereas the long fallow period decreases fruit-bearing of the species. Therefore it is important to seek for good management practices of shea tree parklands in order to maintain the productive potential, potential which is also under the influence of many other biotic and abiotic factors that it is worth investigating more.

Key words: Age category, Fields, Climatic gradient, Fallows, Shea tree parklands, Mali, Fruits production of shea tree.

I. Introduction

Vitellaria paradoxa Gaertn. C.F (karité en français) est une espèce forestière de la famille des *Sapotaceae*. Elle est très fréquente dans les parcs agroforestiers de l'Afrique de l'Ouest en zones soudanienne et soudano-guinéenne. Elle joue un rôle écologique et socio-économique très important.

La pulpe est très nutritive et joue un rôle alimentaire de taille pour les populations locales (Teklehaimanot, 2003). L'amande est riche en matières grasses, en acides gras et en tocophérols (Wiesman *et al.*, 2003 ; Maranz *et al.*, 2004 ; Davrieux *et al.*, 2010). Le beurre est utilisé pour la cuisine dans de nombreuses familles africaines, mais aussi en pharmacologie, dans la médecine traditionnelle locale, dans l'industrie de la cosmétique et en tant que CBE (Cocoa Butter Equivalent) dans l'industrie du chocolat. À cet effet, l'importation annuelle du continent Européen en noix de karité a été estimée à 60.000 tonnes (Becker and Statz, 2003).

Actuellement, au niveau mondial, on constate un intérêt croissant pour les produits du karité alors que les populations naturelles de l'espèce et leur production en fruits font face à plusieurs contraintes. La baisse de la densité des pieds de karité dans les parcs a été mentionnée par plusieurs études (Lericollais, 1989 ; Gijsbers *et al.*, 1994 ; Nikiema *et al.*, 2003). La sécheresse et la pression croissante de l'homme dont la conséquence est le raccourcissement de la période de jachère, voire sont abandon ont augmenté la mortalité des karités et réduit la régénération naturelle. Une autre contrainte à laquelle fait face le karité est le parasitisme par les *Tapinanthus* affectant la majorité des populations de cette espèce (Maïga, 1988 ; Boussim *et al.*, 2003). Par rapport à la production de fruits, le principal problème est la fluctuation de la production d'une année à l'autre. Beaucoup d'auteurs ont essayé de comprendre le phénomène et les facteurs qui sont à la base de cette fluctuation. Certains pensent que la fluctuation suit un cycle de deux, trois ans ou

plus (Coull, 1928 ; Delolme, 1947 ; Chevalier, 1948 ; Ruyssen, 1957 ; Desmarest, 1958 ; Depommier & Fernandez, 1985 ; Agbahungba & Depommier, 1989 ; Millogo-Rasolodimby, 1989 ; Soro *et al.*, 2011), mais ils n'ont pas clairement établi une relation avec les paramètres climatiques. D'autres évoquent un succès différentiel de la pollinisation (Boffa, 1999). En un mot, les auteurs évoquent une combinaison de beaucoup de facteurs biotiques et abiotiques qui expliquerait la fluctuation de la production de fruits du karité, mais le processus reste toujours non totalement compris.

Pourtant, une meilleure connaissance de la production et de la productivité du karité est essentielle pour les stratégies d'aménagement. Les données de la production et de la productivité sont utiles pour l'évaluation du bénéfice des espèces agroforestières dans les parcs. Une connaissance de la valeur économique de la ressource ainsi que l'organisation sociale de la collecte et de l'appropriation est importante (Boffa *et al.*, 1996).

Par conséquent, cette étude visait à élaborer, à travers un suivi phénologique global, des recommandations pour la gestion des parcs à partir de l'évaluation de l'impact du gradient climatique et des pratiques paysannes sur la production de fruits du karité. Peu d'études ont concerné la comparaison de populations localisées dans des sites caractérisés par des différences environnementales marquées (Goulard *et al.*, 2005). De même, des études évaluant l'effet du type d'occupation du sol sur la production de fruits du karité sont rares. Les quelques études entreprises jusqu'à présent ont tendance à minimiser l'effet de la pratique de la jachère tant que celle-ci n'est pas très longue au point de tomber dans le domaine de la formation naturelle. Ces aspects sont, cependant, importants car ils peuvent aider à comprendre comment la variabilité phénologique sert de stratégie de survie dans différents environnements et comment les facteurs abiotiques et biotiques influencent les aspects phénologiques.

II. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'étude

Trois sites ont été sélectionnés selon le gradient climatique nord-sud de l'aire de distribution du karité. Ces sites sont Daelan (cercle de San) au nord de la zone d'étude, Mperesso (cercle de Koutiala) au centre et Nafégué (cercle de Kadiolo) au sud. Les données météorologiques affichées par la Figure 1 proviennent des stations météorologiques les plus proches des sites de l'étude.

2.2. Dispositif expérimental

Dans chaque site, des placettes permanentes de $50 \times 50 \text{ m} = 2\,500 \text{ m}^2$ soit 0,25 ha ont été installées dans les champs et les jachères. Les parcelles ont été réparties en 3 catégories d'âge en fonction du temps d'utilisation de la parcelle en tant que champ ou jachère.

Les 3 catégories d'âge des parcelles sont :

- 1 à 5 ans (jeune champ et jeune jachère) ;
- 6 à 10 ans (champ et jachère d'âge moyen) ;
- +10 ans (vieux champ et vieille jachère).

Chaque catégorie d'âge a été répétée 3 fois donnant un total de 18 placettes par site (9 placettes en champs et 9 placettes en jachères).

2.3. Echantillonnage des karités adultes

Soixante (60) karités adultes (10 karités par catégorie d'âge en champs et en jachères) ont été sélectionnés et marqués par site pour le suivi et la quantification de la production de fruits. La taille de l'échantillon pour les 3 sites était de 180 karités ayant chacun un diamètre à 1,30 m au dessus sol $\geq 10 \text{ cm}$. Les pieds sélectionnés ont été choisis sur la base

du suivi de la phénologie de la floraison et de la fructification. La position géographique de chaque karité a été déterminée à l'aide du Global Positioning System (GPS).

2.4. Collecte des fruits et quantification

La collecte des fruits pour la quantification de la production a été faite par les femmes des exploitations auxquelles appartiennent les parcelles. Elles ont procédé au ramassage quotidien des fruits sous les pieds de karités du début de la maturité à la fin de la dissémination. Les fruits ont été collectés par pieds séparés et mis dans des sacs portant l'identité du pied (numéro, parcelle, âge). Un technicien a ensuite procédé au comptage et au pesage des fruits collectés à l'aide d'une balance ordinaire. Les données sont portées sur des fiches de mesure conçues à cet effet pour chaque karité. Ce processus de quantification a été mené pendant 3 ans (de 2008 à 2010).

2.5. Variables mesurées et analyse des données

Les variables mesurées sont le nombre de fruits et le poids des fruits ainsi que le rendement. Le logiciel SYSTAT 9 FOR WINDOWS a été utilisé pour l'analyse des données. Les statistiques descriptives ont été calculées. Une analyse de variance (ANOVA) simple (ne tenant pas compte de la hiérarchie des facteurs) ainsi qu'une autre ANOVA tenant compte de la hiérarchie des facteurs (modèles hiérarchisés) ont été effectuées pour tester l'effet des facteurs étudiés que sont l'année, le site, le type d'utilisation du sol (champ, jachère) et la catégorie d'âge des parcelles (jeune, moyenne, vieille) sur la production et la productivité en fruits du karité. Le test de Bonferroni au seuil de signification de 5% a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

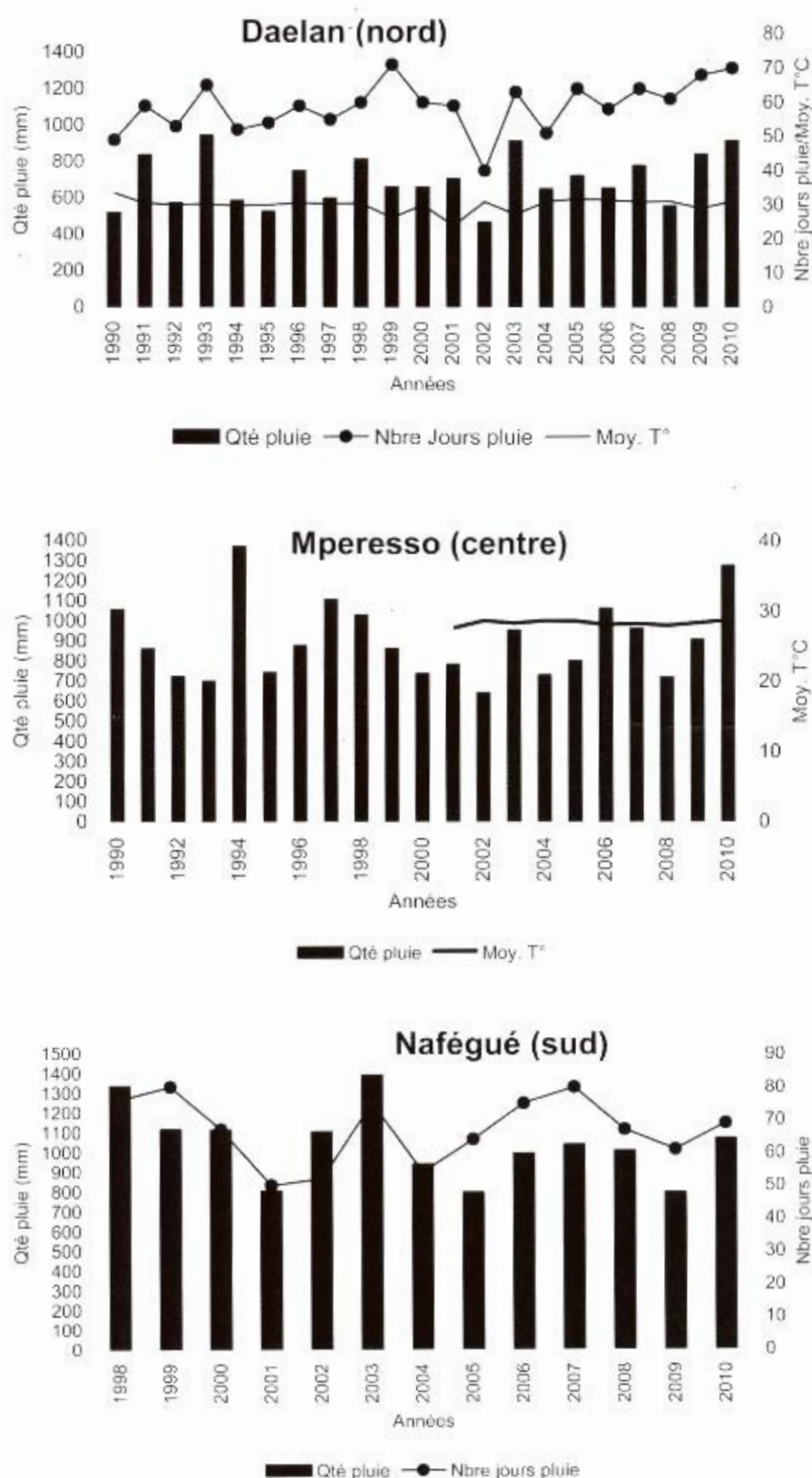


Figure 1. Données météorologiques des sites (pluviométrie totale annuelle = barres noires, nombre jours pluvieux = trait avec cercles noirs, température moyenne annuelle = trait simple). Les données sur le nombre de jours de pluies à Mperesso et sur la température à Nafégué n'ont pas été obtenues.

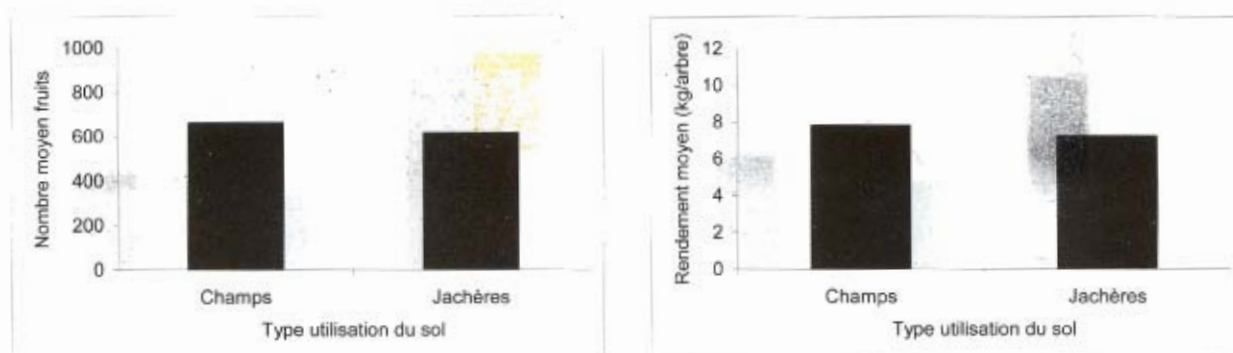


Figure 2c. Nombre moyen de fruits et rendement moyen par type d'utilisation du sol

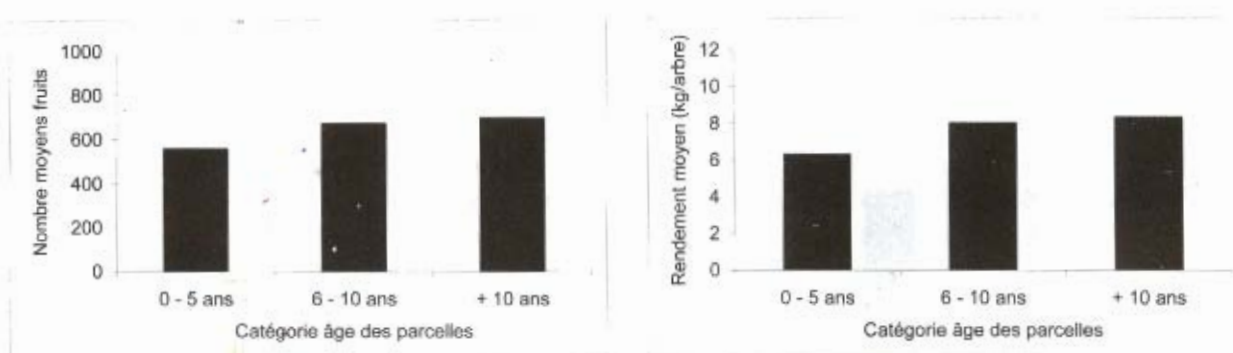


Figure 2d. Nombre moyen de fruits et rendement moyen par catégorie d'âge

Il faut, cependant, souligner que la signification de l'effet type d'occupation du sol est sur la base de la comparaison des moyennes des 6 traitements (3 sites x 2 types d'occupation du sol). Ainsi les champs de Daelan sont significativement différents des champs et jachères des deux autres sites et les jachères de Daelan sont significativement différents des champs et jachères de Mperesso. Pour chaque site pris à part, la différence entre les champs et les jachères n'a pas été significative comme l'illustre la Figure 3 qui affiche le rendement moyen observé par type d'occupation du sol dans chaque site.

La signification de la catégorie d'âge est également sur la base de la comparaison des moyennes des 18 traitements (3 sites x 2 types d'occupation du sol x 3 catégories d'âge). Des différences significatives ont été relevées entre les catégories d'âge des champs de Daelan et entre celles-ci et celles des autres sites. Ainsi les jeunes champs de Daelan sont significativement différents des vieux champs du même site

ainsi que de toutes les autres catégories d'âge des différents types d'occupation du sol des deux autres sites. Les champs d'âge moyen de Daelan sont significativement différents de toutes les catégories d'âge des champs des deux autres sites ainsi que de leurs jachères jeunes et moyennement âgées. Toutes les autres comparaisons des traitements deux à deux n'ont pas été significatives. La figure 4 illustre les rendements moyens observés par catégorie d'âge des parcelles et par type d'occupation du sol en fonction du site.

La Figure 4 affiche pour le site de Mperesso au niveau des champs (4c) un faible rendement des champs de 0 - 5 ans comparativement aux autres catégories d'âges et au niveau des jachères (4d) un faible rendement des vieilles jachères (+ 10 ans). Pour le site de Nafégue, le même constat a été fait pour les jachères (4f) et au niveau des champs, ceux qui sont âgés de plus de 10 ans affichent un rendement largement au dessus des autres catégories d'âge (4e).

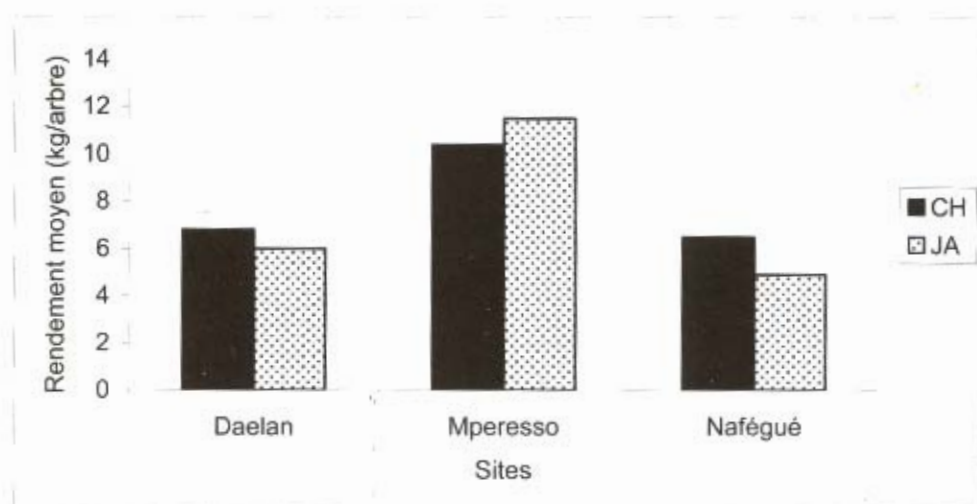


Figure 3. Rendement moyen par type d'occupation du sol dans chaque site (CH = Champs, JA = Jachère)

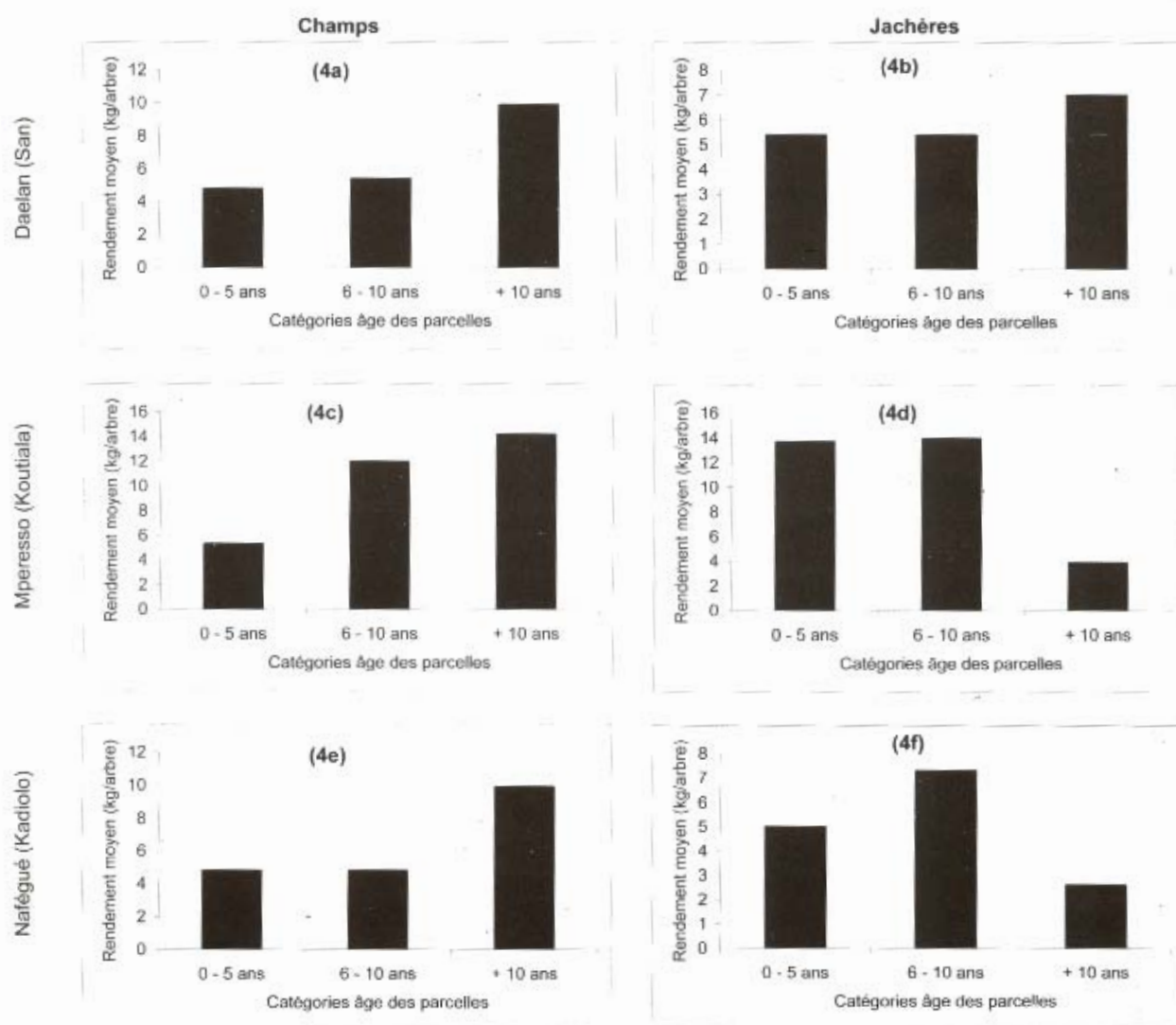


Figure 4. Rendement moyen par catégorie d'âge et par type d'occupation sol en fonction du site

En effet, une analyse mono-factorielle (test de l'effet catégorie d'âge par type d'occupation du sol et par site) révèle que la différence observée entre les catégories d'âge en champs à Mperesso (4c) est significative ($P = 0,020$) tout comme la différence observée entre les catégories d'âge en jachère à Nafégué (4f) ($P = 0,000$). La différence observée entre les catégories d'âge en champs à Nafégué (4e) et celle observée entre les catégories d'âge en jachère à Mperesso (4d) sont presque significatives tout de même ($P = 0,054$ et $0,052$ respectivement).

IV. Discussion

4.1. Production de fruits et fluctuation de la production du karité

La quantification de la production de fruits du karité sur 3 années dans 3 sites a donné, tous sites et toutes parcelles confondus, un nombre moyen de 646 fruits arbre⁻¹ et un rendement moyen de 7,5 kg arbre⁻¹ de noix fraîches correspondant à 3,1 kg arbre⁻¹ d'amande sèche¹. Ce rendement est proche de celui observé par Boffa *et al.* (1996) après 3 années d'étude à Thiougou au Burkina Faso (757 fruits arbre⁻¹). L'étendue observée pour la variable nombre de fruits (0 à 7694 fruits) est, cependant, plus large que celle observée pour la même variable par Boffa *et al.* (1996) qui était de 0 à 3806 fruits arbre⁻¹. Soro *et al.* (2011) ont également observée de larges étendues dans la quantification de production du karité (0 à 15000 fruits et 0 à 20 kg de fruits frais arbre⁻¹). Les coefficients de variation pour les deux variables sont très élevés. Ceci est prévisible d'autant plus qu'à la forte variabilité intra-population reconnue chez le karité par de nombreux auteurs (85 % selon Bouvet *et al.*, 2004) s'ajoute une variabilité inter-site et inter année.

Les 3 années de suivi ont montré une forte fluctuation de la production du karité. Une année de forte production (2008) a été suivie par une année de très mauvaise production

(2009) elle-même suivie d'une autre pas très satisfaisante (2010). L'année de très mauvaise production a été surtout remarquable à Daelan (nord) où la quantification n'a même pas pu être conduite (Figure 2a2).

Beaucoup d'études ont souligné cet aspect de fluctuation de la production du karité qui est devenu une caractéristique qui soulève beaucoup d'interrogations quant aux facteurs qui sont à l'origine. Beaucoup d'auteurs ont évoqué une production cyclique de cette espèce bien que n'ayant pas déterminé clairement les facteurs expliquant le phénomène. Des auteurs comme Ruysen, 1957, Hall *et al.*, 1996, Kelly, 2005, Kelly *et al.*, 2007, Soro *et al.* 2011 ont évoqué un cycle de 2 à 3 ans ou plus dont plusieurs facteurs seraient à la base, mais sans un fondement scientifique bien établi.

Boffa *et al.* (1996) ont également observé une importante fluctuation de la production avec une production moyenne en 1994 (1004 noix) et 1995 (1047 noix) à peu près 5 fois la production de 1993 (219 noix). Dans les tentatives d'explication de cette grande variation, les auteurs viennent à cette déclaration «... le potentiel productif variable des pieds de karité serait sous l'effet de facteurs externes qui ont besoin d'être identifiés». Soro *et al.* (2011) pensent que la pollinisation entomophile joue un rôle significatif dans la variation de la production en fonction des années. Pour Laroussilhe (1979), l'irrégularité de la production de fruits du karité pourrait être due à des facteurs endogènes ou exogènes, mais selon lui, l'alternance régulière de la production pourrait provenir de facteurs endogènes de régulation en ce sens que par exemple une période de repos viendrait après une année de forte production.

Les paysans, par contre, sont fermement convaincus que la production de karité est en relation avec la pluviométrie et que la production d'une année donnée dépend de la pluviométrie de l'année précédente (Kelly *et al.*, 2011). Leur conviction semble tout de même être appuyée par les données climatiques (Figure 1) du moins au niveau des sites nord et centre où la mauvaise année de

¹L'amande sèche représente 69%, l'amande fraîche représente 60 % de la noix fraîche.

production (2009) a été précédée par l'une des années (2008) les plus déficitaires en pluies sur plusieurs années avec des quantités de pluie de 558 mm à San (nord) et 720 mm à Koutiala (centre) or la moyenne annuelle sur 21 années est de 699 mm à San et 901 mm à Koutiala.

Un autre constat sur les données climatiques qui conforte la conviction des paysans est qu'au sud où un cycle de 4 ans est constaté dans le déclin de la pluviométrie (Figure 1), l'année 2009 a été une année de déclin pour la période 2006-2009 avec une quantité de pluies de 797 mm à Kadiolo, la pluviométrie moyenne sur 13 ans étant de 1040 mm. L'année 2010 qui a été précédée par l'année de déficit pluviométrique (2009) a été une année de mauvaise production à Nafégoué (sud) avec une production inférieure à celle des sites du centre et du nord.

4.2. Variation de la production de fruits en fonction du site

Toutes les analyses faites ont indiqué que l'effet site est significatif, suggérant une différence significative entre les 3 sites par rapport à la production de fruits du karité. La différence significative entre sites par rapport à la production de fruits du karité a été observée dans des études précédentes (Kelly, 2005 ; Kelly *et al.*, 2007).

Pour le cas de cette étude, en année de bonne fructification (2008), la production du site de Mperesso (centre) était meilleure aux deux autres sites. En année de mauvaise fructification (2009), la production du site de Nafégoué (sud) était meilleure à celle du site de Mperesso, la quantification n'étant pas faite à Daclan pour cause de mauvaise production.

Ces variations de la production des sites en fonction de l'année suggèrent que la production de fruits du karité n'est pas seulement dépendant du gradient climatique. On sait qu'un site donné réunit des conditions climatiques, physico-chimiques et anthropiques. Ces facteurs interagissent et en commun avec d'autres forces endogènes, déterminent la production du karité qui très

variable en fonction des individus et des années (Boffa, 1999 ; Kelly *et al.*, 2007 ; Soro *et al.*, 2011). Le processus et le niveau d'interaction de ces facteurs qui conditionnent la production d'un individu donné en une année donnée ne sont pas à présent bien compris et nécessitent d'être étudié davantage comme souligné par Boffa *et al.* (1996).

4.3. Variation de la production de fruits en fonction du type d'occupation du sol (champs, jachères)

L'analyse, tous sites confondus, a montré que la différence entre les champs et les jachères par rapport au rendement en fruits du karité n'est pas significative (figure 2c). Le même résultat a été observé quel que soit le site pris à part (Figure 3). Il est, cependant, admis que les activités culturales entreprises dans les champs profitent au karité et améliorent sa production comme on le constate dans la plupart des cas, bien que la différence ne soit pas significative. Cette considération est surtout vérifiée si des champs et/ou jachères sont comparés aux formations naturelles. De telles études ont été rapportées par Lamien *et al.*, 2004 ; Okullo *et al.*, 2004 ; Kelly, 2005 ; Kelly *et al.*, 2007 et les champs et/ou jachères ont été trouvés meilleurs à la forêt en ce qui concerne la production de fruits du karité. Schreckenber (1996) a noté que des karités en champs ont enregistré une meilleure production que ceux localisés en brousse dans la zone de Bassila au Bénin pour une catégorie donnée de diamètre (28-37 cm de diamètre à 1,30 m). Lamien *et al.* (2004) ont également rapporté que la production moyenne en amandes des karités des parcs agroforestiers du Burkina Faso était significativement meilleure à celle des karités localisés en formations naturelles.

Notre étude a comparé des champs et des jachères répartis en classes d'âge sur la base des déclarations des paysans. La différence non significative entre champs et jachères n'est pas très surprenante car Serpantié (1997b) a rapporté : « tant que la jachère n'est pas âgée de 10 ans et n'est pas couverte d'herbacées pérennes, elle produit au tant que

le champ». Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Serpantié (1997a) au Burkina Faso qui n'avait pas observé une différence significative entre les champs et des jachères de moins de 10 ans en ce qui concerne la production de fruits du karité. De nos jours, on s'intéresse de plus en plus à l'effet du type d'occupation du sol sur la production de fruits du karité. Byakagaba *et al.* (2011) ont étudié la production de fruits du karité dans différentes conditions environnementales et ont trouvé que des jeunes jachères sont meilleures à des parcelles exploitées (champs) pour la production de fruits.

4.4. Variation de la production de fruits en fonction de l'âge des parcelles

La tendance générale dégagée par les résultats est que l'effet de l'âge des parcelles sur la production de fruits du karité est significatif. Ainsi d'une manière générale, les vieux champs (+ 10 ans) ont une meilleure production alors que les vieilles jachères (+ 10 ans) produisent peu. Ceci suggère d'une part que les travaux champêtres favorisent la production du karité et que d'autre part la longue jachère affecte négativement la production de fruits.

Pour ce qui concerne l'effet positif des activités culturelles, Péliissier (1980) a rapporté que l'expansion de la ressource karité est liée aux activités humaines. Kelly 2005 ; Kelly *et al.*, 2007 ont observé un effet positif des pratiques agricoles sur la floraison et la fructification du karité dans les parcs agroforestiers au sud du Mali.

Quant à l'effet négatif de la longue période de jachère sur la production de fruits du karité, les conclusions de Serpantié (1997b) mentionnées en font le cas. Kelly *et al.* (2007) ont rapporté que les jeunes jachères sont meilleures aux vieilles jachères par rapport à la floraison et fructification du karité dans les parcs agroforestiers au sud du Mali. Byakagaba *et al.* (2011) ont également constaté que les jeunes jachères produisent mieux que les vieilles jachères en Ouganda.

V. Conclusion

Les résultats de cette étude confirment ceux des études antérieures. Une importante variation de la production de fruits du karité en fonction de l'année, du site et de la catégorie d'âge des parcelles a été observée, renforçant ainsi les déclarations des auteurs, à savoir «plusieurs facteurs biotiques et abiotiques interagissent et déterminent la production de fruits du karité». Discriminer l'impact de chacun des facteurs n'est pas une tâche facile, mais nécessite davantage d'investigations au niveau de l'aire de distribution de la ressource karité.

Ces investigations doivent être basées sur des protocoles de recherche tenant en compte plusieurs éléments ou facteurs supposés influençant la production du karité. Le temps nécessaire pour un suivi et des observations permettant de mieux comprendre comment ces facteurs influencent la production de fruits doit être aussi pris en considération.

Cette étude a permis tout de même de projeter la lumière sur l'effet des pratiques de gestions paysannes des parcs à karité (culture et jachère). Ainsi, la durée de ces pratiques semble être très prédominante dans la production de fruits du karité. En effet, pendant deux années sur trois, les sites de Mperesso (cercle de Koutiala) ont été plus productifs que le site de Nafégoué (cercle de Kadiolo) qui, cependant et de manière générale, a une pluviométrie plus élevée. Par conséquent, tout programme de domestication du karité devrait être basé sur des pratiques appropriées de gestion de la ressource karité.

VI. Remerciements

Nous remercions très sincèrement l'Union Européenne qui a financé le projet Innovkar dans le cadre duquel cette étude a été conduite. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des techniciens Sabéré Coulibaly, Sékou Coulibaly, Idrissa Poudiougou et Ousmane Sanogo qui ont de façon très laborieuse collecté les données 3 années durant. Nous tenons également à remercier les autorités et populations des villages de Daelan, Mperesso et Nafégoué pour nous avoir autorisé à travailler dans leurs parcelles et pour leur pleine participation aux activités sur le terrain.

VII. Bibliographie

- Agbahungba G. et Depommier D., 1989 - Aspects du parc à karités-nérés (*Vitellaria paradoxa* Gaertner. F. *Parkia biglobosa* Jacq. Benth.) dans le sud du Borgou (Bénin). *Bois et Forêts des Tropiques* 222: 41-54.
- Becker M. and Statz J., 2003 - Marketing of *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa* products. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, 142-151.
- Boffa J-M., 1999 - Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa. FAO, Rome, 230p.
- Boffa J-M., Yaméogo G., Nikiéma P. and Knudson D.M., 1996 - Shea nut (*Vitellaria paradoxa*) production and collection in agroforestry parklands of Burkina Faso. International Conference on Domestication and Commercialisation of Non-Timber Production in Agroforestry Systems. Nairobi, Kenya, 19-23 February 1996.
- Boussim J., Odebiyi A., Kambou S. and Salle G., 2003 - The ecology and biology of parasites and pests of parkland trees and their control methods. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, pp 113-130.
- Bouvet J-M., Fontaine C., Sanou H., and Cardi C., 2004 - An analysis of the pattern of genetic variation in *Vitellaria paradoxa* using RAPD markers. *Agroforestry systems* 60: 61-69.
- Byakagaba P., 2011 - Fruit yield under different environmental conditions in Uganda. Communication for the International Conference of the Project INNOVKAR. Ouagadougou 24 - 26 october, 2011. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Chevalier A., 1948 - Nouvelles recherches sur l'arbre à beurre du Soudan. *Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale* 28:241-256.
- Coull G.C., 1928 - Distribution and yields of shea butter nut trees in the northern territories. *Yearbook of the Gold Coast, Department of Agriculture* 1927:130-137.
- Davrieux F., Allal F., Piombo G., Kelly B., Okullo J.B., Thiam M., Diallo O.B., and Bouvet J-M., 2010 - Near Infrared Spectroscopy for High-Throughput Characterization of Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*) Nut Fat Profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 7811-7819.
- Delolme A., 1947 - Etude du karité à la station de Ferkessédougou. *Oléagineux* 2^{ème} année. 186-200.
- Depommier D. et Fernandez F., 1985 - Aspects du parc à karité-néré (*Butyrospermum parkii*, *Parkia biglobosa*) dans la région de l'Ouham (République Centrafricaine). International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, 27 pp.
- Desmarest J., 1958 - Observations sur la population de karités de Niangoloko, 1953 à 1957. *Oléagineux* 13: 449-455.
- Gijsbers H.J.M., Kessler J.J., and Knevel M.K., 1994 - Dynamics and natural regeneration of woody species in farmed parklands in the Sahel region (Province of Passoré, Burkina Faso). *Forest Ecology and Management*, 64:1-12.
- Goulart M.F., Filho J.P.L., and Lovato M.B., 2005 - Phenological variation within and among Populations of *Plathymenia reticulata* in Brazilian Cerrado, the Atlantic Forest and Transitional Sites. *Annals of Botany* 96:445-455.
- Hall J.B., Aebischer D.P., Tomlinson H.F., Osei-amaning E. and Hindle J.R., 1996 - *VITELLARIA PARADOXA*. A monograph. School of Agricultural and Forest Sciences Publication Number: 8, University of Wales, Bangor. 105 pp.
- Kelly B.A., 2005 - Impact des pratiques humaines sur la dynamique des populations et sur la diversité génétique de *Vitellaria paradoxa* (karité) dans les systèmes agroforestiers au sud du Mali. Thèse de doctorat. Université de Bamako, 243 p.
- Kelly B.A., Gourlet-Fleury S., and Bouvet J-M., 2007 - Impact of Agroforestry Practices on the Flowering Phenology of *Vitellaria paradoxa* in parklands in Southern Mali. *Agroforestry Systems* 71: 67-75.
- Kelly B.A., Yossi H. et Senou O., 2011 - Enrichissement des parcs à karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.F.) en zone soudanienne au Mali: Identification et caractérisation agromorphologique des karités performants.

- Rapport d'Etude, Convention IER-CRRA/Sikasso - Programme d'Appui aux Filières Agricoles (PAFA).
- Lamien N., Ouédraogo S.J., Diallo O.B. et Guinko S., 2004 - Productivité fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. C.F., Sapotaceae) dans les parcs agroforestiers traditionnels au Burkina Faso. *Fruits* 59: 423-429.
- Laroussilhe F., 1979 - Le manguier, Techniques agricoles et productions tropicales G.P. Maisonneuve et Larose 15, Rue Victor-Cousin, 15 Paris Ve ; 312.
- Lericollais A., 1989 - La mort des arbres à Sob, en pays Sereer (Sénégal). In: *Tropiques, lieux et Liens*. Editions ORSTOM, P:187-197.
- Maïga A.Y., 1988 - Action thématique sur la mortalité du karité *Butyrospermum paradoxum* (Gaertner F.) Hepper dans la région de Ségou - phase de prolongation: actualisation des chiffres de densité de karité au Mali. Rapport final de prolongation DRFH/INRZFH Sotuba, Mali, 48 pp.
- Maranz S., Wiesman Z., Bisgaard J., Bianchi G., 2004 - Germplasm resources of *Vitellaria paradoxa* based on variations in fat composition across the species distribution range. *Agroforestry Systems* 60: 71-76.
- Millogo-Rasalodimby J., 1989 - Importance apicole du karité, *Butyrospermum parkii* (Gaert. Hepper) et du néré, *Parkia biglobosa* (Jacq. Benth.). *Revue Française d'Apiculture* 482: 72-74.
- Nikiema A., van der Maesen L.J.G. and Hall J.B., 2003 - The impact of parkland management practices on plant resources diversity. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, pp 43-50.
- Okullo J.B.L., Hall J.B. and Obua J., 2004 - Leafing, flowering and fruiting of *Vitellaria paradoxa* subsp. *nilotica* in savannah parklands in Uganda. *Agroforestry Systems* 60: 77-91.
- Pélissier P., 1980 - L'arbre dans les paysages agraires de l'Afrique noire. Cahiers ORSTOM, série Sciences Humaines. 17(3 et 4): 131-136.
- Ruyssen B., 1957 - Le Karité au soudan. *Agronomie Tropicale*. 12: 143-289.
- Schreckenber K. 1996. Forest, fields and markets: A study of indigenous tree products in the woody savannas of the Bassila region, Benin. Ph.D. Thesis. London, University of London. 326 pp.
- Serpantié G., 1997a - La production de karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertner F. Hepper) des parcs arborés de l'Ouest Burkina Faso. Effets de différents modes de gestion. In C. Floret, ed. La jachère, lieu de production, p. 73-80. Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-3 Octobre 1996, CORAF-Union Européenne.
- Serpantié G., 1997b - Rôles des jachères dans la production arborée non ligneuse en savane soudanienne. Cas du karité dans l'Ouest du Burkina Faso. In C. Floret, ed. La jachère, lieu de production, p. 55-57. Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-3 Octobre 1996, CORAF-Union Européenne.
- Soro D., N'Guessan K. and Soro K., 2011 - Variability of production of fruits of Shea trees. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2(2): 239-243.
- Teklehaimanot Z., 2003 - A field manual for propagation of *Vitellaria paradoxa* (karité). School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wales, Bangor, UK, 18p.
- Wiesman Z., Maranz S., Bianchi G. and Bisgaard J., 2003 - Chemical analysis of fruits of *Vitellaria paradoxa*. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final Report, University of Wales Bangor, UK, pp 133-141.

Variation des constituants chimiques du beurre de *Vitellaria paradoxa* (karité) en fonction du gradient climatique Nord-Sud au Mali

Variation of chemical components of *Vitellaria paradoxa* (shea tree) according to North-South climatic gradient in Mali

Kelly B.A.^{*1}, Davrieux F.², Piombo G.³, Kamissoko S.¹ et Senou O.¹

Auteur pour correspondance: Tél: 66 72 54 07, Email: bokarykelly@gmail.com

¹ Institut d'Economie Rurale, PRF/CRRA-SIKASSO BP 16, Sikasso, Mali

² CIRAD, Performance of Tropical Production and Processing Systems Departement, UMR QUALISUD, TA B-95/16, 73, avenue Jean François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

³ CIRAD, Performance of Tropical Production and Processing Systems Departement, UMR IATE, TA B 62/16, 73, avenue Jean François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Résumé

La valorisation des produits du karité, dont le beurre, nécessite des connaissances scientifiques pointues issues de caractérisation chimique fiable. C'est à cet effet, qu'une étude visant la mise au point d'outils efficaces et à faible coût pour analyser les constituants chimiques de l'amande du karité a été entreprise par un consortium de pays Européens et Africains dont le Mali. L'étude qui a concerné différents sites, a permis de déterminer la teneur en matières grasses, le profil des acides gras et la teneur en tocophérols des amandes de karité. Des teneurs élevées en matière grasses (> 50%) ont été observées. L'acide oléique et l'acide stéarique sont les principaux acides gras (86,90%). L'alpha-tocophérol est le principal tocophérol du beurre de karité (92%). Les deux sites de l'extrême nord surtout celui de Sassambourou (plateau Dogon) montrent des teneurs élevées en tocophérols. Les pieds performants identifiés (teneur en matière grasses > 50%) peuvent servir de base pour des programmes d'amélioration du matériel végétal. Les résultats de l'étude suggèrent également la nécessité d'entreprendre des investigations sur l'origine des populations et les facteurs qui influencent la formation des constituants du beurre de karité.

Mots clés: Acides gras, Beurre de karité, Caractérisation chimique, Tocophérols, Gradient climatique, Mali, Teneur en matières grasses.

Abstract

To add value to shea tree products, including its butter, good scientific knowledge from reliable chemical characterization is necessary. In this order, a consortium of European and African countries, including Mali, undertook a study aiming to identify efficient tools for shea butter chemical components assessment. This study covered several sites in Mali and allowed to determine fat content, fatty acids profile and tocopherols content of shea tree kernels. High fat contents (over 50%) were observed. Oleic and stearic acids were found as main (86.90%) shea butter fatty acids. Alpha-tocopherol was found as main tocopherol of shea butter (92%). Sites in the extreme north of shea area in Mali, mainly that of Sassambourou (plateau Dogon), displayed highest tocopherols content. Plus trees (fat content > 50%) could be used to improve shea vegetal material. The results of this study also suggest more investigation on shea populations and on factors influencing shea butter component synthesis.

Key words: Fatty acids, Shea butter, Chemical characterization, Tocopherols, Climatic gradients, Mali, Fat content.

I. Introduction

Vitellaria paradoxa (karité) est l'une des principales espèces ligneuses des parcs agroforestiers en zone soudanienne. Son aire s'étend du Sénégal à l'Ouganda sur une bande de 6000 km de long et 500 km de large. Au Mali, l'aire du karité couvre 229125 km² (Maïga, 1990).

L'espèce joue un rôle écologique et socio-économique très important. La pulpe du fruit est très nutritive et joue un rôle alimentaire de taille pour les populations locales (Teklehaimanot, 2003). L'amande est riche en matières grasses, en acides gras et en tocophérols (Wiesman *et al.*, 2003 ; Maranz *et al.*, 2004 ; Davrieux *et al.*, 2010).

Le beurre est utilisé pour la cuisine dans de nombreuses familles africaines, mais aussi en pharmacologie, dans la médecine traditionnelle locale, dans l'industrie de la cosmétique et en tant que Cocoa Butter Equivalent (CBE) dans l'industrie du chocolat. En zone Mali-Sud, la consommation moyenne de beurre de karité a été estimée à 5 kg par personne et par an (Bagnoud, 1992 ; Bagnoud *et al.*, 1995). Au niveau du continent Européen, l'importation annuelle en noix de karité a été estimée à 60000 tonnes (Becker and Statz, 2003). Au niveau mondial, on constate actuellement, un intérêt croissant pour les produits du karité alors que les populations naturelles de l'espèce font face à plusieurs contraintes. Les principales contraintes des populations naturelles de karité sont :

- la pression croissante de l'homme dont la conséquence est le raccourcissement de la période de jachère, voire son abandon, qui engendre une diminution drastique de la régénération dans plusieurs terroirs (Ouedraogo et Devineau, 1996 ; Senou, 2000), voire sa quasi-absence dans les champs (Okullo *et al.*, 2003). On assiste alors à un vieillissement généralisé des individus dans les parcs à karité ;
- l'insuffisance de techniques appropriées de culture ;
- la non identification de variétés performantes (productivité élevée, forte teneur en

matières grasses, résistance aux parasites, succulence de la pulpe, *etc.*) ;

- la longue période d'adolescence de l'arbre ;
- la fructification irrégulière et l'insuffisance de promotion de la filière ;
- les sécheresses récurrentes qui engendrent la mortalité des pieds adultes.

D'autres contraintes comme la baisse de la densité des pieds de karité dans les parcs et le parasitisme par les *Tapinanthus* affectant la majorité des populations de cette espèce ont été mentionnées par plusieurs études (Lericollais, 1989 ; Gijssbers *et al.*, 1994 ; Boussim *et al.*, 2003 ; Nikiema *et al.*, 2003).

Eu égard à l'importance socio-économique et écologique du karité, il s'avère nécessaire de faire face à ces contraintes et d'engager des actes concrets visant à améliorer la culture et la production de cette espèce. Ces actes sont entre autres, la sélection et la propagation du matériel végétal performant, la mise au point d'itinéraires techniques appropriés de culture et de gestion des populations naturelles, la lutte contre les maladies et les parasites végétaux ainsi que les insectes, le développement de nouveaux produits à base de karité.

Beaucoup de ces actes comme la sélection du matériel végétal performant et le développement de nouveaux produits nécessitent des connaissances scientifiques pointues issues de caractérisation chimique fiable.

Ces dernières années, sur la base de projets stratégiques spécifiques internationaux, il y a eu une avancée considérable sur la connaissance scientifique et le développement de technologies sur l'arbre karité. C'est le cas du projet INNOVKAR (**Outils et Techniques Innovants pour une Utilisation Durable de l'Arbre Karité en Zone Soudano-Sahélienne**) conduit sous le contrat N°032037 (INCO) afin d'obtenir des résultats de recherche significatifs avec un impact national, régional et international.

Une des activités dudit projet était focalisée sur l'analyse chimique par la méthode traditionnelle et la méthode à haute technologie

(NIRS= near infrared spectroscopy) des amandes de karités issues de 5 pays africains (Burkina Faso, Ghana, Mali, Ouganda et Sénégal). L'objectif était de fournir, en collaboration avec 5 pays européens (France, Allemagne, Royaume-Uni, Danemark et Suède), des outils efficaces et à faible coût pour analyser les constituants chimiques de l'amande du karité. Le présent article donne pour le cas du Mali, les résultats de l'analyse chimique des amandes récoltées sur 5 sites selon un gradient climatique nord-sud de l'aire du karité au Mali.

II. Matériel et méthodes

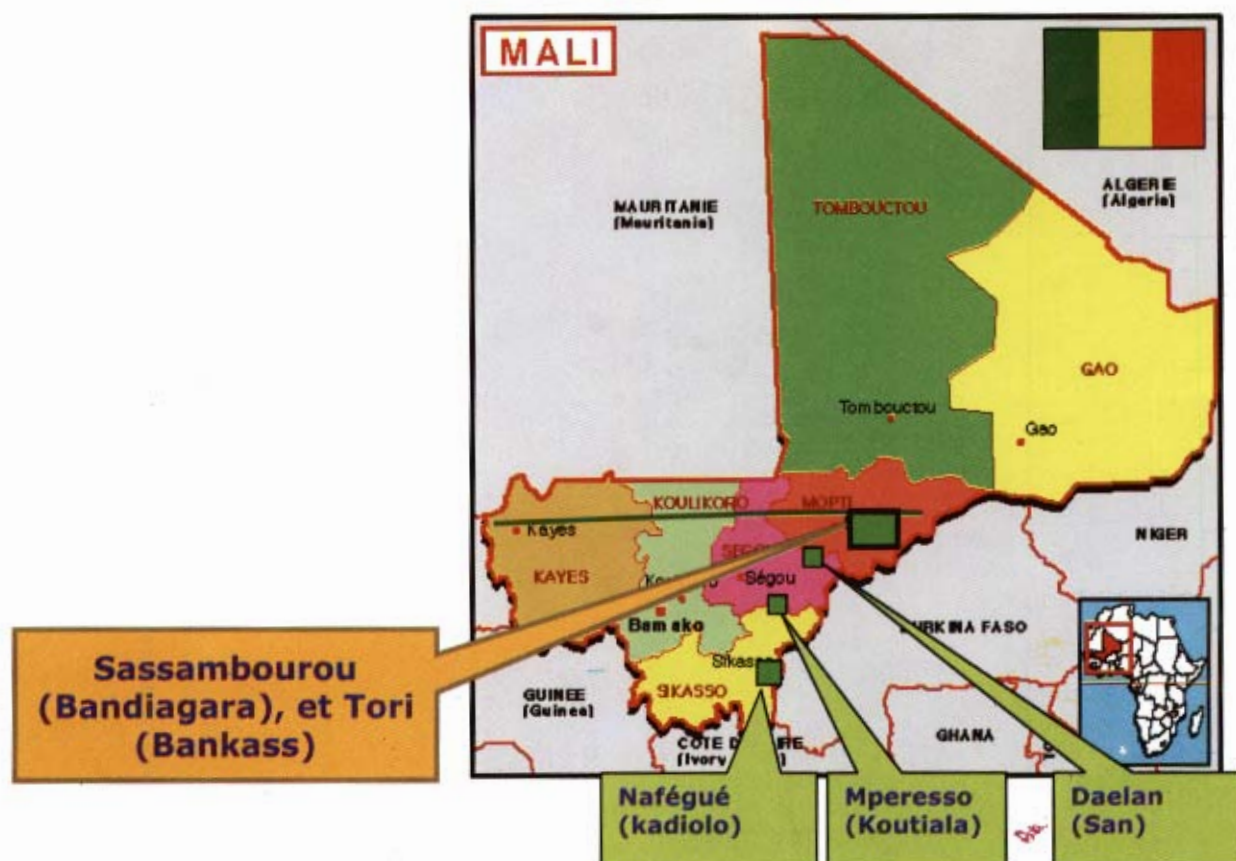
Vitellaria paradoxa est la seule espèce concernée par l'étude. Le matériel végétal est par conséquent constitué par les arbres adultes, la régénération naturelle, les fruits et noix de cette espèce.

2.1 Les sites

Le choix des sites a été fait sur un transect suivant le gradient climatique nord-sud. Le transect couvre 5 cercles administratifs qui sont :

1. le cercle de Kadiolo (région de Sikasso), partie sud du transect ;
2. le cercle de Koutiala (région de Sikasso), partie centre du transect ;
3. le cercle de San (région de Ségou), partie nord du transect ;
4. les cercles de Bandiagara et de Bankass (région de Mopti) partie extrême nord du transect.

Dans chaque cercle, un village a été identifié pour abriter les activités de recherche (Figure 1).



— : Limite nord de l'aire de *Vitellaria paradoxa* (karité) au Mali

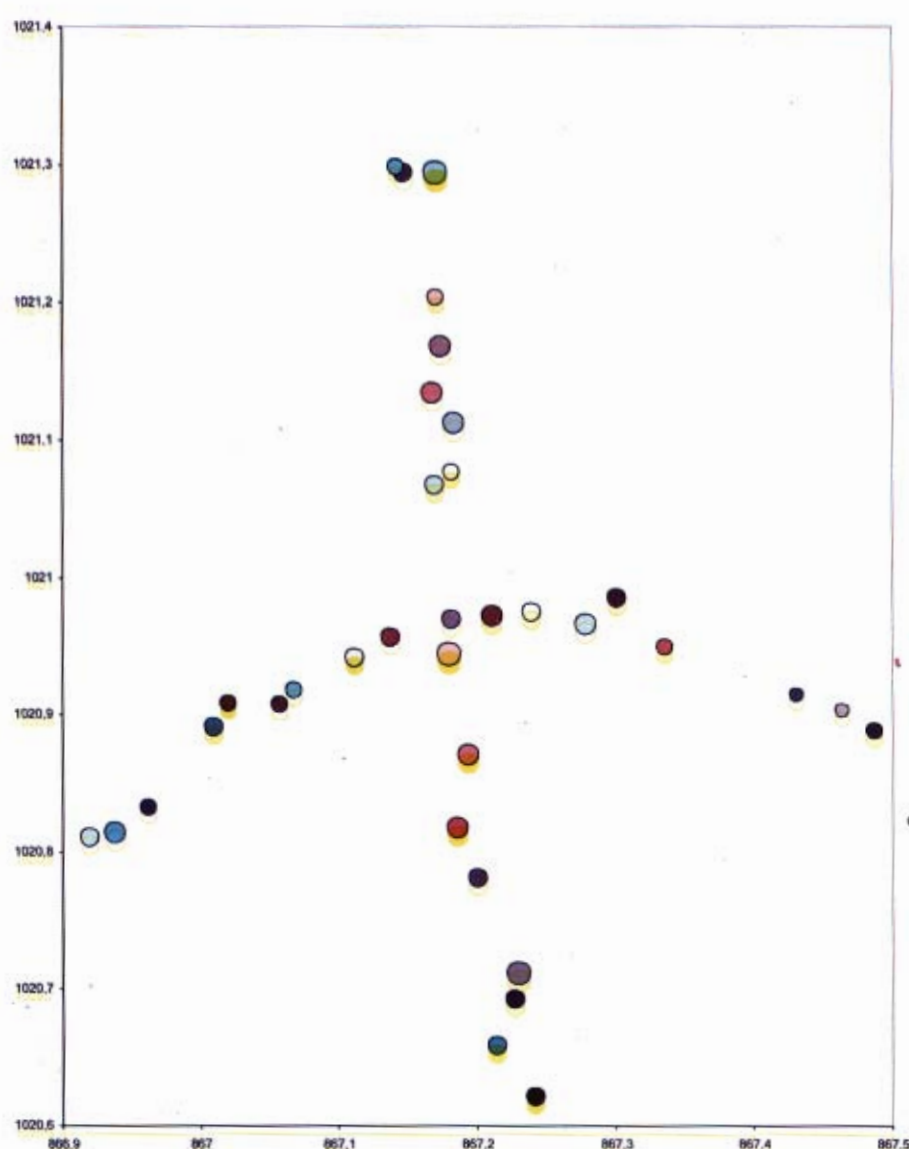
Figure 1. Localisation des sites suivant le gradient nord-sud

2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté, schématisé par la Figure 2, comporte dans chaque site trente cinq (35) pieds de karités adultes sélectionnés ayant bien fructifié à la mise en place du dispositif. Ces pieds sont disposés suivant deux directions perpendiculaires afin de capter le maximum de variabilité spatiale du caractère étudié. Chaque pied de karité est représenté sur la Figure 2 par un cercle dont la taille est proportionnelle au diamètre du pied à 1,30 m du sol.

2.3. Collectes et conditionnement des échantillons de fruits

Sur chaque pied de karité de chaque site, un échantillon de 40 fruits a été récolté. Les fruits ont été dépulpés, les noix lavées et séchées à l'étuve à 60°C pendant 72 h. Les noix séchées de chaque pied ont été mises dans un petit sac en cretonne. Les 35 échantillons de chaque site (chaque échantillon étant formé de 40 noix séchées) ont été envoyés au laboratoire du CIRAD à Montpellier pour les analyses (caractérisation chimique).



Légende :

● = pieds de karité échantillonnés. La taille du cercle est proportionnelle au diamètre du pied à 1,30 m du sol.

Figure 2. Distribution des karités échantillonnés (cas du site de Mperesso dans le cercle de Koutiala)

2.4. Analyses laboratoires

Elle a consisté à un nouveau séchage des noix à 60°C, à l'extraction des amandes et leur mouture, le gel de la poudre obtenue à -20°C et à l'utilisation des différentes techniques (gravimétrie, Soxtec 2050 extractor, estérification) pour la détermination des différents constituants. La méthode d'analyse est décrite en détail dans Davrieux *et al.*, 2010. Les principales variables observées ont été la teneur en **matières grasses**, les **acides gras** et les **tocophérols** (vitamine E) en utilisant les mêmes échantillons (35 échantillons de 40 noix chacun pour chaque site).

La **matière grasse** alimentaire est constituée de lipides eux-mêmes composés d'acides gras. Ces lipides sont essentiellement des triglycérides, c'est-à-dire une molécule de glycérol liée à 3 acides gras saturés et/ou insaturés.

Les lipides ont un rôle structural important car ils sont le principal constituant des membranes cellulaires (sous forme de phospholipides). Ils jouent également un rôle de transporteur de nutriments essentiels tels que les vitamines A, D, E et K. Les lipides ont un rôle de messagers intervenant, entre autres, dans le mécanisme de l'inflammation. Ils constituent également une réserve énergétique en étant stockés sous forme de triglycérides dans les tissus adipeux.

Les **acides gras** sont des acides carboxyliques à longue chaîne hydrocarbonée. Ils sont constitués d'un groupement CH₃, d'un enchaînement d'atomes d'hydrogène et de carbone et d'un groupement COOH.

La vitamine E existe sous huit formes naturelles, quatre tocophérols et quatre tocotriénols :

- α -tocophérol
- β -tocophérol
- γ -tocophérol
- δ -tocophérol

- α -tocotriénol
- β -tocotriénol
- γ -tocotriénol
- δ -tocotriénol

Les **tocophérols** sont constitués d'un noyau chromanol et d'une chaîne latérale saturée à 16 atomes de carbone. Les tocotriénols ont trois doubles liaisons sur la chaîne aliphatique. Les tocophérols jouent un rôle primordial pour la lutte des radicaux libres, ils sont de puissants antioxydants et participent de manière significative à la protection des membranes cellulaires.

Les apports nutritionnels conseillés (ANC) en vitamine E sont variables en fonction de l'âge et de l'état physiologique (Martin, 2001). Ainsi les besoins en vitamine E des adultes sont estimés à 12 mg par jour tandis que chez les enfants, ils sont compris entre 4 et 11 mg.

III. Résultats et discussion

3.1. Les matières grasses

La teneur moyenne en matières grasses des noix de karité par site est consignée dans le Tableau I.

La différence entre les sites est significative et on distingue 3 groupes. Les deux sites de l'extrême nord (Sassambourou et Tori) et le site du nord (Daelan) forment un groupe homogène significativement inférieur au groupe le plus performant pour la teneur moyenne en matières grasses constitué par un seul site (celui de Nafégué au sud). Le troisième groupe est également constitué par un seul site (celui de Mperesso au centre) qui a été significativement le moins performant pour la teneur en matières grasses des noix de karité. La moyenne générale (48,33 %) est très proche de la moyenne pour les 5 pays africains dont le Mali (49,66 %) observée par Davrieux *et al.* (2010) et elle se situe dans la fourchette 45 à 55 % indiquée par Hall *et al.* (1996). Davrieux *et al.* (2010) n'ont pas observé une différence significative entre la teneur en matières grasses des noix du karité du Mali et de celle de 2 autres pays de l'Afrique de l'Ouest : Burkina Faso et Ghana qui ont une teneur en matières grasses de 48,54 % et 49,88 % respectivement.

Des teneurs en matières grasses supérieures à 50 % sont rares et représentent des individus élites (Maranz *et al.*, 2004). La fréquence relative d'individus performants (ayant une teneur élevée en matières grasses $\geq 50\%$) qui sont au nombre de 99 pour l'ensemble des sites du Mali soit 56,57 % du nombre total des pieds étudiés est illustrée par la Figure 3a. Ces pieds performants se répartissent comme suit: 34 % à Nafégué (site du sud), 22 % à Daelan (site du nord), 18 % à Sassambourou (extrême nord), 13 % à Mperesso (centre), et enfin 12 % à Tori (autre site de l'extrême nord). Le site de Nafégué au sud a affiché la fréquence la plus élevée en pieds de karités performants. On n'observe cependant pas un effet gradient climatique dans la répartition des pieds performants pour la teneur en matières grasses.

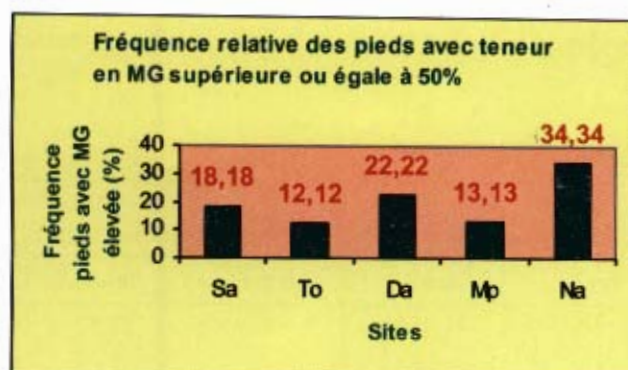
La teneur absolue en matières grasses des pieds performants pour les différents sites est illustrée par les Figures 3b à 3f. On observe que dans la plupart des sites, un ou deux pieds se distinguent nettement des autres par leur teneur très élevée en matières grasses. C'est le cas des pieds n° 25 et 16 à Sassambourou dans le cercle de Bandiagara (Fig. 3b), du pied n° 16 à Tori dans le cercle de Bankass (Fig. 3c), des pieds n° 50 et 10 à Daelan dans le cercle de San (Fig. 3d) etc.

Tableau I. Teneurs moyennes en matières grasses des noix de karité récoltées dans des villages au Mali.

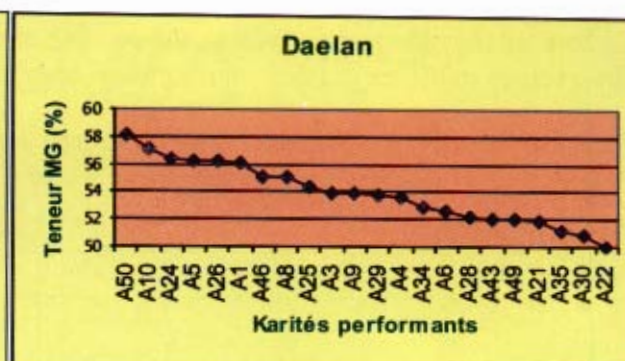
Site	Moyenne MG en % (cv)		Groupes*
Sassambourou	48,32	(12,2)	B
Tori	48,90	(5,5)	
Daelan	47,64	(11,8)	
Mperesso	44,83	(16,6)	C
Nafégué	52,04	(6,2)	A
Moyenne générale	48,33	(12,4)	

Légende : MG = matières grasses, cv = coefficient de variation

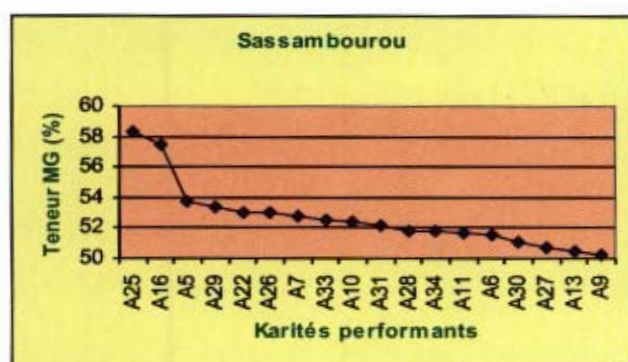
* La même lettre indique l'appartenance au même groupe homogène avec le test de comparaison des moyennes par paires selon le test de Newman-Keuls après une analyse de variance.



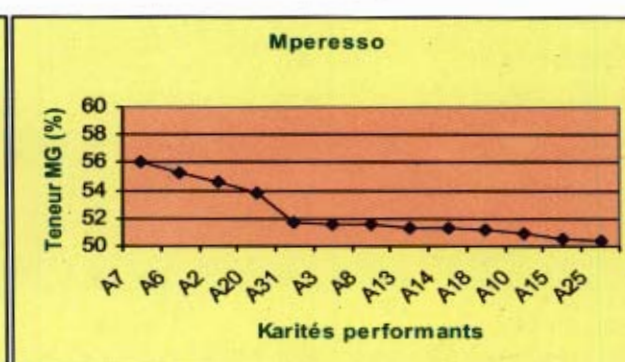
(3a)



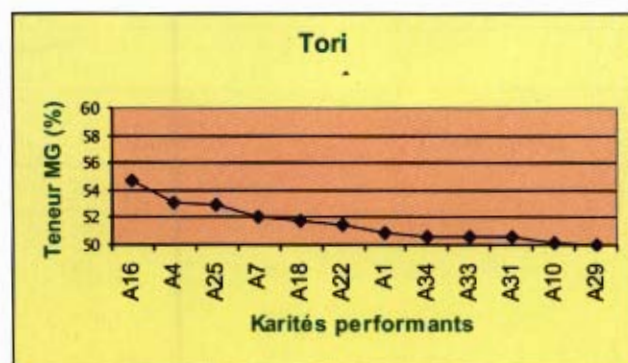
(3d)



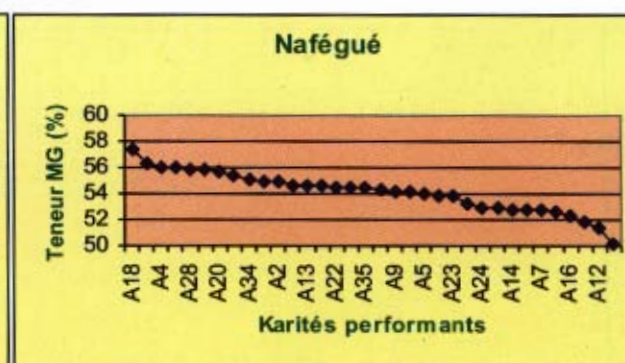
(3b)



(3e)



(3c)



(3f)

Figure 3. Fréquence et teneur en matières grasses des pieds de karité performants ($MG \geq 50\%$) par site

La liste de tous les pieds performants par site avec leurs coordonnées géographiques et la teneur observée en matières grasses est donnée ci-après.

Pieds de karités performants pour la teneur en matières grasses

Zone extrême nord du transect (cercle de Bandiagara, Mopti)			Longitude		Latitude	
Site	N° de l'arbre	MG	degré	mn/ss	degré	mn/ss
Sassambourou	A25	58,340	14	18,368	3	29,52
Sassambourou	A16	57,520	14	18,432	3	30,379
Sassambourou	A5	53,740	14	18,444	3	30,09
Sassambourou	A29	53,390	14	18,427	3	29,476
Sassambourou	A22	53,070	14	18,479	3	30,102
Sassambourou	A26	52,990	14	18,397	3	29,508
Sassambourou	A7	52,750	14	18,436	3	30,043
Sassambourou	A33	52,570	14	18,41	3	29,432
Sassambourou	A10	52,350	14	18,497	3	30,217
Sassambourou	A31	52,210	14	18,432	3	29,448
Sassambourou	A28	51,850	14	18,411	3	29,373
Sassambourou	A34	51,780	14	18,397	3	29,434
Sassambourou	A11	51,680	14	18,486	3	30,211
Sassambourou	A6	51,570	14	18,437	3	30,069
Sassambourou	A30	51,100	14	18,433	3	29,46
Sassambourou	A27	50,700	14	18,392	3	29,494
Sassambourou	A13	50,490	14	18,456	3	30,187
Sassambourou	A9	50,220	14	18,324	3	29,976

Zone extrême nord du transect (cercle de Bankass, Mopti)			Longitude		Latitude	
Site	N° de l'arbre	MG	degré	mn/ss	degré	mn/ss
Tori	A16	54,740	13	35,805	3	43,281
Tori	A4	53,160	13	35,895	3	43,225
Tori	A25	52,880	13	35,94	3	43,055
Tori	A7	52,000	13	35,942	3	43,179
Tori	A18	51,780	13	35,75	3	43,348
Tori	A22	51,510	13	35,933	3	43,124
Tori	A1	50,830	13	35,841	3	43,216
Tori	A34	50,660	13	36,023	3	43,34
Tori	A33	50,650	13	36,01	3	43,331
Tori	A31	50,640	13	35,947	3	43,265
Tori	A10	50,160	13	36,1	3	43,111
Tori	A29	50,060	13	35,822	3	43,064

Zone nord du transect (cercle de San, Ségou)			Longitude		Latitude	
Site	N° de l'arbre	MG	degré	mn/ss	degré	mn/ss
Daelan	A50	58,080	13	15,202	4	59,305
Daelan	A10	57,040	13	15,108	4	59,295
Daelan	A24	56,340	13	14,915	4	59,303
Daelan	A5	56,250	13	15,228	4	58,899
Daelan	A26	56,170	13	14,782	4	59,336
Daelan	A1	56,150	13	15,116	4	59,279
Daelan	A46	55,120	13	15,173	4	59,347
Daelan	A8	55,040	13	15,281	4	58,854
Daelan	A25	54,410	13	14,808	4	59,329
Daelan	A3	53,980	13	15,16	4	59,173
Daelan	A9	53,930	13	15,323	4	58,857
Daelan	A29	53,700	13	15,152	4	59,296
Daelan	A4	53,660	13	15,139	4	59,064
Daelan	A34	52,870	13	15,455	4	59,358
Daelan	A6	52,610	13	15,232	4	58,867
Daelan	A28	52,230	13	15,15	4	59,279
Daelan	A43	52,070	13	15,196	4	59,347
Daelan	A49	51,990	13	15,199	4	59,319
Daelan	A21	51,950	13	15,027	4	59,26
Daelan	A35	51,110	13	15,534	4	59,346
Daelan	A30	50,880	13	15,173	4	59,305
Daelan	A22	50,060	13	14,961	4	59,294

Zone centre du transect (cercle de Koutiala, Sikasso)			Longitude		Latitude	
Site	N° de l'arbre	MG	degré	mn/ss	degré	mn/ss
Mperesso	A7	56,010	12	17,431	5	20,914
Mperesso	A6	55,240	12	17,336	5	20,949
Mperesso	A2	54,610	12	17,211	5	20,972
Mperesso	A20	53,850	12	17,182	5	21,076
Mperesso	A31	51,740	12	17,201	5	20,781
Mperesso	A3	51,625	12	17,24	5	20,974
Mperesso	A8	51,530	12	17,464	5	20,903
Mperesso	A13	51,300	12	17,057	5	20,907
Mperesso	A14	51,270	12	17,02	5	20,908
Mperesso	A18	51,230	12	16,92	5	20,811
Mperesso	A10	50,920	12	17,138	5	20,956
Mperesso	A15	50,491	12	17,01	5	20,891
Mperesso	A25	50,400	12	17,147	5	21,294

Zone sud du transect (cercle de Kadiolo, Sikasso)			Longitude		Latitude	
Site	N° de l'arbre	MG	degré	mn/ss	degré	mn/ss
Nafégué	A18	57,440	10	30,841	5	58,768
Nafégué	A6	56,306	10	30,914	5	58,692
Nafégué	A4	56,060	10	30,888	5	58,719
Nafégué	A3	56,020	10	30,872	5	58,722
Nafégué	A28	55,850	10	30,822	5	58,696
Nafégué	A29	55,840	10	30,828	5	58,69
Nafégué	A20	55,720	10	30,87	5	58,805
Nafégué	A11	55,364	10	30,739	5	58,697
Nafégué	A34	55,120	10	30,806	5	58,616
Nafégué	A15	54,994	10	30,696	5	58,69
Nafégué	A2	54,860	10	30,855	5	58,719
Nafégué	A17	54,680	10	30,709	5	58,731
Nafégué	A13	54,634	10	30,701	5	58,676
Nafégué	A21	54,557	10	30,887	5	58,808
Nafégué	A22	54,532	10	30,866	5	58,883
Nafégué	A25	54,470	10	30,837	5	58,915
Nafégué	A35	54,456	10	30,799	5	58,619
Nafégué	A26	54,300	10	30,777	5	58,977
Nafégué	A9	54,140	10	30,797	5	58,73
Nafégué	A1	54,127	10	30,823	5	58,73
Nafégué	A5	53,940	10	30,901	5	58,705
Nafégué	A31	53,920	10	30,822	5	58,663
Nafégué	A23	53,800	10	30,856	5	58,88
Nafégué	A10	53,287	10	30,76	5	58,697
Nafégué	A24	52,973	10	30,856	5	58,892
Nafégué	A30	52,850	10	30,821	5	58,682
Nafégué	A14	52,830	10	30,692	5	58,678
Nafégué	A33	52,768	10	30,802	5	58,634
Nafégué	A7	52,707	10	30,885	5	58,687
Nafégué	A19	52,640	10	30,859	5	58,784
Nafégué	A16	52,300	10	30,716	5	58,706
Nafégué	A27	51,810	10	30,829	5	58,697
Nafégué	A12	51,380	10	30,722	5	58,69
Nafégué	A32	50,186	10	30,834	5	58,624

3.2. Les acides gras

Les analyses ont mis en évidence sept (7) types d'acides gras dans les échantillons de beurre de karité analysés. Ce sont l'acide oléique, le stéarique, le linoléique, le palmitique, l'arachidique, le vaccénique et le linolénique. La proportion relative de ces acides gras du beurre de karité du Mali pour tous sites confondus est illustrée par la Figure 4.

L'acide oléique et l'acide stéarique représentant 86,90% du total des acides gras sont les principaux acides gras du beurre de karité. Les caractéristiques du beurre de karité varient selon la teneur de ces acides. Ainsi, une teneur élevée de l'acide stéarique donne au beurre de karité sa consistance à température ambiante et constitue un des critères de préférence pour l'industrie du chocolat. La teneur élevée de l'acide oléique donne au beurre une certaine mollesse et une tendance plutôt liquide à température ambiante. Cette caractéristique est l'un des critères de choix pour l'industrie cosmétique (Maranz *et al.*, 2004).

Le linoléique et le palmitique qui représentent 11,3% constituent avec les deux précédents

acides gras l'essentiel (98,2%) des acides gras du beurre de karité du Mali. La teneur moyenne des acides gras en fonction du site est présentée dans le Tableau II.

Le site de Mperesso (centre) affiche la moyenne la plus élevée (48,02%) pour l'oléique. Il n'est pas significativement différent des sites de l'extrême nord (Sassambourou et Tori). Le site de Nafégoué avec la moyenne la plus faible pour l'oléique (45,81%), affiche en revanche la moyenne la plus forte pour le stéarique (41,89). Il n'est pas significativement différent du site du nord (Daelan) et des deux sites de l'extrême nord (Tori et Sassambourou). Pour le linoléique et le palmitique, le site de Mperesso affiche les moyennes les plus élevées (8,06% et 4,23% respectivement). Ce site de Mperesso est significativement différent de tous les autres sites qui forment un groupe homogène pour le linoléique et il est seulement différent du site de Nafégoué pour le palmitique. Ce dernier site (Nafégoué), affiche la moyenne la plus faible (3,50%) pour le palmitique qui est significativement inférieure à la moyenne de tous les autres sites (Tableau II).

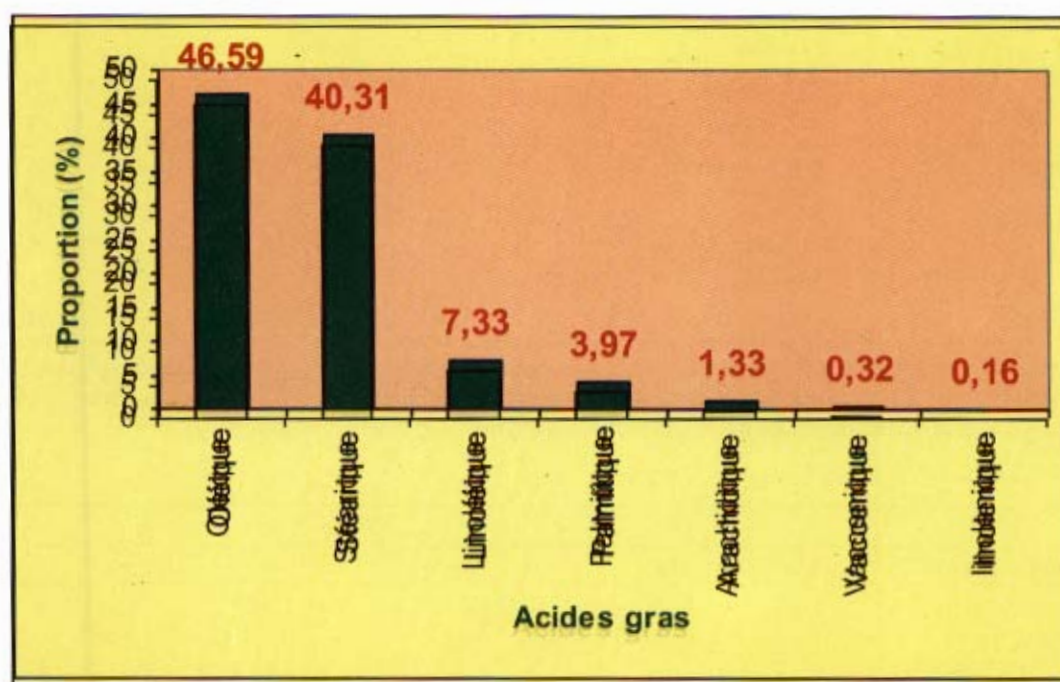


Figure 4. Proportion des acides gras dans les échantillons de beurre de karité

Pour les 3 autres acides (arachidique, vaccénique et linoléique) qui ne représentent que 1,8%, la différence entre les sites n'est pas significative.

Le profil des acides gras du beurre de karité du Mali n'affiche pas un effet gradient climatique. Le site de Mperesso se singularise par une teneur moyenne plus élevée en 3 acides gras (oléique, linoléique et palmitique) sur les 4 acides dominants et par le fait que pour le linoléique, il constitue seul, un groupe différent de tous les autres sites. Le site de

Nafégué se singularise par sa teneur moyenne élevée en stéarique et par le fait que pour tous les acides gras, en aucun cas il n'a formé un groupe homogène avec le site de Mperesso. Chacun de ces deux sites (Mperesso et Nafégué) a formé un groupe homogène avec les sites du nord pour au moins un acide gras. La dissimilarité de ces deux sites qui, pourtant, sont plus proches géographiquement qu'ils ne le sont l'un et l'autre avec les sites de l'extrême nord conduit à une interrogation sur les phénomènes qui déterminent le profil des acides gras et l'origine des populations.

Tableau II. Teneur moyenne des acides gras du beurre de karité en fonction du site (en %)

Principaux acides gras	Site	Teneur moyenne (%)	Groupes*
Oléique (C18:1)	Sassambourou	46,75	AB
	Tori	46,86	AB
	Daelan	45,68	B
	Mperesso	48,02	A
	Nafégué	45,81	B
Stéarique (C18:0)	Sassambourou	40,17	A
	Tori	40,44	A
	Daelan	41,19	A
	Mperesso	37,69	B
	Nafégué	41,89	A
Linoléique (C18:2)	Sassambourou	7,08	B
	Tori	7,08	B
	Daelan	7,10	B
	Mperesso	8,06	A
	Nafégué	7,06	B
Palmitique (C16:0)	Sassambourou	4,07	A
	Tori	3,90	A
	Daelan	4,17	A
	Mperesso	4,23	A
	Nafégué	3,50	B

* La même lettre indique l'appartenance au même groupe homogène avec le test de comparaison des moyennes par paires selon le test de Newman-Keuls après une analyse de variance. Les chiffres en gras concernent les deux principaux acides gras du beurre de karité.

Autres acides gras	Sites				
	Da	Mp	Na	Sa	To
Arachidique (C20:0)	1,39	1,27	1,34	1,25	1,31
Vaccénique (C18:1)	0,34	0,42	0,27	0,37	0,26
Linoléique (C18:3)	0,19	0,23	0,20	0,21	0,21

Légende : Da = Daelan, Mp = Mperesso, Na = Nafégué, Sa = Sassambourou, To = Tori

Par rapport à d'autres pays ouest-africains (Burkina, Sénégal et Ghana), le beurre de karité du Mali a un pourcentage plus élevé en acide oléique et à l'inverse un pourcentage en acide stéarique plus faible (Davrieux *et al.*, 2010). Cependant, pour ces deux acides, seule la différence entre le Mali et le Ghana est apparue statistiquement significative. Le beurre de karité du Ghana avait affiché le pourcentage le plus faible (44,33 %) en acide oléique et le pourcentage le plus élevé (42,11 %) en acide stéarique. Pour les autres acides, Davrieux *et al.* (2010) ont trouvé des différences entre ces pays africains et entre ceux-ci et l'Ouganda (Afrique de l'Est) qui sont significatives ou non en fonction des différents acides (palmitique, linoléique, arachidique, etc.).

Sur une aire géographique du karité plus large que celle de la présente étude, Maranz *et al.* (2004) ont observé une teneur moyenne en acide oléique de 46,4 % très proche de la teneur moyenne du beurre de karité du Mali pour cet acide (46,59 %). La teneur moyenne de l'acide stéarique du beurre de karité du Mali (40,31 %) est légèrement inférieure à celle observée par Maranz *et al.* (2004) qui était de 41,5 %. Pour les autres acides comme le palmitique, le linoléique et l'arachidique, les teneurs moyennes observées pour le beurre de karité du Mali (3,97 %, 7,33 % et 1,33 % respectivement) sont presque identiques à celles observées par Maranz *et al.* (2004) qui étaient de 4 %, 6,6 % et 1,3 %.

Plusieurs autres auteurs (Lanzani *et al.*, 1984 ; Badifu, 1989 ; Mendez et Lope, 1991 ; Wong, 1991) ont rapporté des teneurs moyennes variables des acides gras du beurre de karité. Ainsi, des teneurs variant entre 30 % et 50 % pour l'acide stéarique et entre 41 % et 50 % pour l'acide oléique ont été rapportées. Ces

fourchettes rapportées par les auteurs, incluent les teneurs en ces acides observées pour le beurre du karité du Mali.

Au niveau nutritionnel et en fonction des ANC (apports nutritionnels conseillés) par l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de la sécurité et du travail) les proportions en acides gras saturés, mono insaturés et polyinsaturés du karité sont tout à fait remarquables et bien mieux équilibrées que toutes les autres matières grasses végétales disponibles. En effet, les ratios des ANC en matières lipidiques sont de 30-35 % d'acides saturés, 50-55 % de mono insaturés et de 15-20 % pour les acides gras polyinsaturés (AFSSA – saisine no 2006-SA-0359).

3.3. Tocophérols (vitamine E)

La proportion des tocophérols du beurre de karité pour tous sites confondus est présentée dans le Tableau III.

L'alpha-tocophérol est très prédominant dans le beurre de karité (92 %). Il représente avec le gamma-tocophérol, 99 % des tocophérols du beurre de karité du Mali. La teneur moyenne des différents tocophérols par site est présentée dans le Tableau IV.

Le site de Sassambourou (cercle de Bandiagara à l'extrême nord de l'aire du karité) a la moyenne la plus élevée en alpha tocophérol (121,41 ppm). Il n'est pas significativement différent du site de Tori (cercle de Bankass toujours à l'extrême nord) et du site de Mperesso (cercle de Koutiala au centre) avec lesquels il forme le même groupe homogène (Tableau IV). Le site de Nafégué (cercle de Kadiolo au sud de l'aire du karité) a la teneur la plus faible en alpha tocophérol (77,29 ppm). Il forme avec le site de Daelan (cercle de San

Tableau III. Teneur en tocophérols du beurre de karité du Mali

Tocophérols	Proportion (%)
α -tocophérol (alpha)	91,97
γ -tocophérol (gamma)	7,04
β -tocophérol (beta)	0,73
δ -tocophérol (delta)	0,26

Tableau IV. Teneur en tocophérols des différents sites

Tocophérols	Site	Moyenne	Groupe*
α -tocophérol (en ppm)	Sassambourou	121,41	A
	Tori	112,68	A
	Daelan	86,70	B
	Mperesso	113,75	A
	Nafégué	77,29	B
γ -tocophérol (en ppm)	Sassambourou	12,01	A
	Tori	8,11	AB
	Daelan	4,98	B
	Mperesso	7,75	B
	Nafégué	7,60	B
β -tocophérol (en ppm)	Sassambourou	1,79	A
	Tori	1,60	A
	Daelan	0,98	B
	Mperesso	1,79	A
	Nafégué	1,39	AB
δ -tocophérol (en ppm)	Sassambourou	1,65	
	Tori	2,28	
	Daelan	0,99	
	Mperesso	1,67	NS
	Nafégué	1,84	
Tous tocophérols (en ppm)	Sassambourou	134,62	A
	Tori	122,10	A
	Daelan	90,63	B
	Mperesso	117,73	A
	Nafégué	83,65	B

Ppm = Partie par million

* la même lettre indique l'appartenance au même groupe homogène

au nord), le même groupe homogène. On observe le même résultat pour tous tocophérols confondus (Tableau IV).

Pour le gamma tocophérol également, le site de Sassambourou a la moyenne la plus élevée (12,01 ppm). Il est significativement différent de tous les autres sites à l'exception du site de Tori (Tableau IV). Le site de Daelan affiche la moyenne la plus faible pour ce tocophérol. Il n'est cependant pas significativement différent des sites de Tori, Mperesso et Nafégué.

Pour le beta tocophérol, les sites de Sassambourou et de Mperesso ont la moyenne la plus élevée (1,79 ppm). Ils ne sont pas significativement différents de Tori et Nafégué

(Tableau IV). Le site de Daelan a la moyenne la plus faible. Il est significativement différent de tous les autres sites excepté celui de Nafégué avec lequel il forme un même groupe homogène.

La supériorité des sites du nord pour la teneur en alpha-tocophérol confirme les résultats observés par Maranz & Wiesman (2004) qui ont évoqué une augmentation de la teneur en alpha tocophérol des noix de karité de la zone guinéenne à la zone soudanienne. Allal *et al.* (2008) ont observé que le beurre de karité du Mali a une teneur en gamma-tocophérol nettement inférieure à celle du beurre de karité de l'Ouganda.

IV. Conclusion

Cette étude, à travers des analyses chimiques très fiables, a permis de déterminer avec une bonne précision les constituants chimiques du beurre de karité du Mali. Elle a aussi permis d'évaluer la variabilité de ces constituants en fonction des sites qui ont été choisis selon un gradient climatique nord-sud.

Des teneurs élevées (> 50%) en matière grasses ont été observées. Une importante variation de la teneur en matières grasses en fonction du site a été révélée. On n'observe cependant pas un effet gradient climatique dans cette variation de la teneur en matières grasses des noix du karité du Mali bien que le site de Nafégoué (au sud) ait affiché la teneur la plus élevée.

La proportion des acides gras du beurre de karité du Mali varie également en fonction des sites. L'acide oléique et l'acide stéarique sont les principaux acides gras (86,90%). Leurs teneurs constituent des critères de préférence soit pour l'industrie du chocolat soit pour l'industrie cosmétique. Le profil des acides gras n'affiche pas non plus un effet gradient climatique.

L'alpha-tocophérol est le principal tocophérol du beurre de karité (92%). Les deux sites de l'extrême nord, surtout celui de Sassambourou (plateau Dogon), montrent des teneurs élevées en tocophérols. Très souvent ils forment avec le site de Mperesso (Koutiala) un groupe homogène. Daelan (San) plus proche géographiquement des sites de l'extrême nord, affiche le plus souvent, les teneurs les plus faibles. Une légère tendance d'effet gradient climatique a été observée pour les tocophérols ; le nord affichant des teneurs en tocophérols plus élevées que le sud.

Les résultats mettent en évidence des qualités du beurre de karité du Mali pour divers usages. Des pieds très performants (teneur en matières grasses > 50%) existent sur toute l'aire de l'étude (du nord au sud). Les pieds identifiés peuvent servir de base pour des programmes d'amélioration du matériel végétal. Ils doivent être matérialisés de manière durable, protégés

et favorisés en accord avec les paysans propriétaires des parcelles agricoles où ils sont localisés.

La similarité observée entre les sites de l'extrême nord (Sassambourou et Tori) et celui du centre (Mperesso) pour le profil des acides gras et des tocophérols nécessite d'entreprendre des investigations sur l'origine des populations et les facteurs qui influencent la formation des constituants du beurre de karité.

V. Remerciements

Nous remercions très sincèrement l'Union Européenne qui a financé le projet Innovkar dans le cadre duquel cette étude a été conduite. Nous remercions l'Institut d'Economie Rurale et le Cirad pour avoir facilité le travail sur le terrain et au laboratoire. Nos remerciements vont aussi à l'endroit des techniciens, Sabéré Coulibaly, Sékou Coulibaly, Idrissa Poudiougou et Ousmane Sanogo, qui, de façon très laborieuse, ont collecté les données 3 années durant. Nous tenons également à remercier les autorités et populations des villages de Daelan, Mperesso, Nafégoué, Sassambourou et Tori pour nous avoir autorisé à travailler dans leurs parcelles et pour leur pleine participation aux activités sur le terrain.

VI. Bibliographie

- AFSSA, 2010. Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments relatif à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. *Saisine no 2006-SA-0359*, mars 2010.
- Allal F., Davrieux F., Piombo G., Nourissier S., Vaillant A., Bouvet J-M., Kelly B., Okullo J.B.L. 2008. Variation pattern in fatty acid and Tocopherol in shea tree populations of Mali and Uganda. Preliminary report/Communication Atelier Innovkar à Tamale (Ghana), Juillet 2008.
- Badifu G.I.O., 1989. Lipid composition of Nigerian *Butyrospermum parkii*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2: 238-244
- Bagnoud N. 1992. Aspects du rôle socio-économique des arbres dans les parcs à karité et nééré de la zone du Mali-Sud et conséquences

- pour l'évolution future: exemple des villages de Pourou, Guatéle et N'Tossoni. Travail de diplôme, ETH-Zentrum Zürich, Suisse. Opération Aménagement et Reboisement de Sikasso, Mali.
- Bagnoud N., Schmithüsen F., Sorg J.P., 1995. Les parcs à karité et néré au sud-Mali. Analyse du bilan économique des arbres associés aux cultures. *Bois et Forêts des tropiques*, 244: 9-25.
- Becker M. and Statz J., 2003. Marketing of *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa* products. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, 142-151.
- Boussim J., Odebiyi A., Kambou S. and Salle G., 2003. The ecology and biology of parasites and pests of parkland trees and their control methods. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, pp 113-130.
- Davrieux F., Allal F., Piombo G., Kelly B., Okullo J.B., Thiam M., Diallo O.B., and Bouvet J.-M., 2010. Near Infrared Spectroscopy for High-Throughput Characterization of Shea Tree (*Vitellaria paradoxa*) Nut Fat Profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 7811-7819.
- Gijsbers H.J.M., Kessler J.J., and Knevel M.K., 1994. Dynamics and natural regeneration of woody species in farmed parklands in the Sahel region (Province of Passoré, Burkina Faso). *Forest Ecology and Management*, 64: 1-12.
- Hall J.B., Aebischer D.P., Tomlinson H.F., Osei-amaning E. and Hindle J.R., 1996. *VITELLARIA PARADOXA*. A monograph. School of Agricultural and Forest Sciences Publication Number: 8, University of Wales, Bangor. 105 pp.
- Lanzani A., Bondioli P., Camurate F., Cardillo M., Gasparoli A., Mariani C., Fedeli E., Ponzetti A., & Pieralisi G., 1984. Tecnologia integrale di estrazione delle sostanze grasse e preparazione di farine dal seme di karite. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 61: 375-383.
- Lericollais A., 1989. La mort des arbres à Sob, en pays Sereer (Sénégal). In: Tropiques, lieux et Liens. Editions ORSTOM, P:187-197.
- Maïga, A.Y. 1990. *Etude de la mortalité du karité*. Rapport final de prolongation. Sotuba, Mali, DRFH/INRZFH. 83 pp.
- Maranz S. and Wiesman Z., 2004. Effect of climate on tocopherols in shea butter. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 2934-2937.
- Maranz S., Wiesman Z., Bisgaard J., Bianchi G., 2004. Germplasm resources of *Vitellaria paradoxa* based on variations in fat composition across the species distribution range. *Agroforestry Systems*, 60: 71-76.
- Martin A. 2001. The "apports nutritionnels conseillés (ANC)" for the French population. *Reprod Nutr Dev*. 41: 119-28.
- Mendez M.V.R., Lope J.H., 1991. La manteca de karité. *Grasas y Aceites*, 42: 151-154.
- Nikiema A., van der Maesen L.J.G. and Hall J.B., 2003. The impact of parkland management practices on plant resources diversity. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final report, University of Wales Bangor, UK, pp 43-50.
- Okullo J.B.L., Hall J.B. and Obua J., 2004. Leafing, flowering and fruiting of *Vitellaria paradoxa* -subsp. *nilotica* in savannah parklands in Uganda. *Agroforestry Systems*, 60: 77-91.
- Ouédraogo J. S., Devineau J.-L., 1996. Rôle des jachères dans la reconstitution du parc à karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertner F. Hepper) dans l'Ouest du Burkina Faso. La jachère, lieu de production, C. Floret (Ed), IRD, Dakar, pages 81-87.
- Senou O., 2000. Les peuplements de karité (*Vitellaria paradoxa* Gaert.) dans le cercle de Koutiala, au Sud du Mali: répartition, structure et parasitisme par les *Tapinanthus*. Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou, Faculté des Sciences et Techniques, 85 pages.
- Teklehaimanot Z., 2003 - A field manual for propagation of *Vitellaria paradoxa* (karité). School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wales, Bangor, UK, 18p.
- Wiesman Z., Maranz S., Bianchi G. and Bisgaard J., 2003 - Chemical analysis of fruits of *Vitellaria paradoxa*. In: Improved management of agroforestry parkland systems in Sub-Saharan Africa, EU/INCO Project Contract IC18-CT98-0261, Final Report, University of Wales Bangor, UK, pp 133-141.
- Wong S., 1991. Specialty fats versus cocoa butter. Atlanto, Petaling Jaya. 522 pp.

Évaluation du comportement de *Detarium microcarpum* arrosé en plantation

Evaluation of the watered *Detarium microcarpum* behavior in plantation

Kouyaté A.M.^{*1}, Guindo F.², Diawara H.¹, Diarra I.¹, Van Damme P.³

¹Institut d'Economie Rurale, BP. 16, Sikasso, Mali

²Laboratoire de Technologie Alimentaire, Institut d'Economie Rurale, BP. 262, Bamako, Mali

³Faculty of Bioscience Engineering, Department of Plant Production, Coupure Links 653, B-9000, Belgique

*E-mail : amadoumkouyate@yahoo.fr

Résumé

Les produits de *Detarium microcarpum* sont bien connus et très prisés des communautés rurales. Au regard de la surexploitation et des difficultés de plantation de *D. microcarpum* liées à l'abscission de sa partie aérienne en saison sèche, des stratégies de domestication méritent d'être développées. Le présent travail avait pour objectif d'évaluer la croissance et la survie des plants arrosés, et de proposer une méthode de régénération par plantation de *D. microcarpum*. L'étude a été conduite avec les provenances de Gouinso2, de Bougoumbala et de Néréso qui ont été soumises à l'arrosage de novembre à juin pendant trois saisons sèches suivant un dispositif blocs complets randomisés à deux facteurs et à quatre répétitions. L'apport d'eau par plant a été réalisé à raison de 20 litres par semaine. Les résultats en pépinière ont montré que le délai de germination moyen des graines de *D. microcarpum* a atteint $8 \pm 1,5$ jour, avec un pourcentage de germination moyen de 91,67%. L'apport d'eau de novembre à juin pendant deux saisons sèches a été hautement significatif pour la survie, la croissance et le développement des plants des provenances arrosés en plantation. Les résultats obtenus, pour la première fois, prouvent que l'arrosage est nécessaire de novembre à juin pendant deux saisons sèches pour l'établissement d'une plantation de *D. microcarpum*.

Mots clés : *Detarium microcarpum*, Domestication, Irrigation, Plantation, Régénération, Mali

Abstract

Detarium microcarpum products are well known and very popular for rural communities. Given the overexploitation and plantation difficulties of this species related to abscission of the aerial part in dry season, domestication strategies need to be developed. The present work aimed to evaluate the growth and survival of watered seedlings, and propose a method of regeneration by plantation. The study was conducted with Gouinso2, Bougoumbala and Neresso provenances that have been submitted to watering during November-June in three dry seasons. The experiment design was randomized complete block with two factors and four replications. Watering was carried out weekly and the quantity of water brought per plant was 20 liters. The results showed that in the nursery the average germination time of seeds of *D. microcarpum* was 8 ± 1.5 days, with 91.67% of germination for all confounded provenances. The water supply from November to June for two dry seasons was highly significant for the watered plants survival, growth and development in plantations. The results obtained for the first time show that watering is needed from November to June for two dry seasons for *D. microcarpum* plantation in the future.

Key words: *Detarium microcarpum*, Domestication, Irrigation, Plantation, Regeneration, Mali

I. Introduction

Detarium microcarpum Guill. et Perr. (*N'Tabacoumba* en bamanan; petit détar ou détar sucré en français; *sweet dattock* en anglais) est une espèce forestière fruitière. Sa répartition naturelle s'étend du Sénégal au Cameroun, jusqu'au Soudan, de manière irrégulière et grégaire (White, 1986; Arbonnier, 2002).

Les produits de *D. microcarpum* sont bien connus et très prisés des communautés paysannes (Gakou *et al.*, 1994; Bonkougou *et al.*, 2002; Kouyaté *et al.*, 2002; Kouyaté, 2005). Le fruit (Photo 1) est très consommé par les populations maliennes en dépit de sa disponibilité saisonnière. Kouyaté *et al.* (2006) rapportent qu'un arbre peut produire 6 kg de fruits par an.

Cependant, des études ont montré que les feux précoces diminuent cette production fruitière par la destruction d'un pourcentage élevé de

fruits qui tombent avant leur maturité (Bastide et Ouédraogo, 2009). Quant aux semences qui ont une teneur en eau inférieure à 10%, Vautier *et al.* (2007) ont montré que leur conservation dans les sacs en jute à la température de 25° C peut s'étaler sur trois ans. Sur le plan thérapeutique, le *D. microcarpum* est utilisé pour soigner une vingtaine de maladies et symptômes au sud du Mali (Kouyaté, 2005). Traditionnellement, la pulpe est transformée en farine qui est utilisée dans la préparation de gâteaux, de pain, de couscous et de bière locale. Les graines naturellement parfumées, qui sont enfilées comme colliers autour du cou et aussi comme ceintures autour des hanches, sont très appréciées des femmes ouest-africaines (Kouyaté et Lamien, 2011).

D. microcarpum dispose d'une grande capacité de reproduction végétative par rejet et par drageon (Photo 2), par micro-bouturage et par greffage avec des scions adultes ou au moyen des plançons (Okafor, 1991/2; Dione, 2001).

Aujourd'hui, l'espèce est très surexploitée comme bois-énergie (Photo 3), voire menacée de disparition dans la plupart des terroirs



Photo 1. Vente de fruits de *Detarium microcarpum* au marché de Sikasso, Mali (Source : Kouyaté, 2012)



Photo 2. Rejets de souche et drageons de *Detarium microcarpum* (Source : Kouyaté, 2005)



Photo 3. Stères de bois de chauffe de *Detarium microcarpum* (Source : Djouara, 2006)

Au regard de cette menace de disparition, les femmes du sud du Mali ont sollicité sa domestication par plantation à l'instar de Sigaud et Eyog-Matig (2001). Il faut noter que les premières tentatives de plantation de cette plante ont été soldées par des échecs. Plusieurs auteurs indiquent que l'abscission

de la partie aérienne des plants en saison sèche est à la base de l'échec des plantations de *Detarium microcarpum* (Louppe et Ouattara, 1996; Wiersum et Slingerland, 1996; Kouyaté, 1999; Bationo *et al.*, 2001a, 2001b). Face à cette abscission de la partie aérienne, il apparaît nécessaire de développer des techniques culturales afin d'assurer la réalisation des boisements de *D. microcarpum*.

Pour y contribuer, l'arrosage des plants après la plantation est l'une des voies à envisager car l'eau est le facteur le plus limitant pour la croissance des arbres dans les pays sahéliens. Cette approche est sous-tendue par l'idée que l'arrosage favorise un meilleur développement des plants pendant les premières phases de la croissance, particulièrement pendant la saison sèche.

Le présent travail vise à livrer les résultats de l'évaluation de la croissance et de la survie des plants des provenances *D. microcarpum*

arrosés en plantation, et à proposer une méthode de régénération par plantation.

II. Matériel et méthodes

Les graines ont été collectées au niveau de trois provenances dans la région de Sikasso (Figure 1).

- Provenance Gouinso2

Le site de Gouinso2 se trouve entre $11^{\circ}15'44''$ de latitude Nord et $08^{\circ}05'53''$ de longitude Ouest dans le cercle de Yanfolila en zone agro-climatique guinéenne nord (PIRT, 1986). Il reçoit en moyenne 1133 mm de pluie par an. Le site se trouve sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés sur cuirasse avec

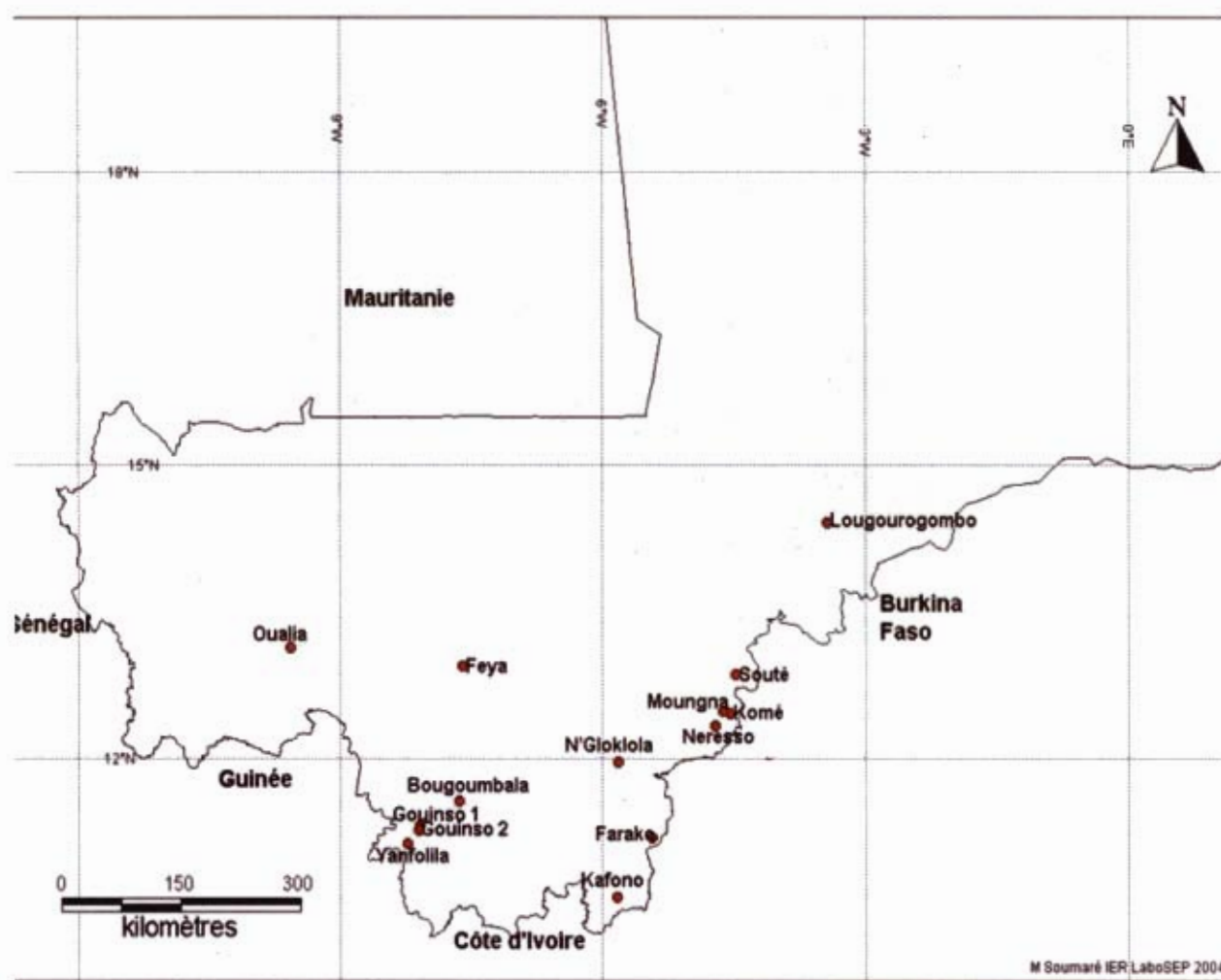


Figure 1. Localisation des sites de récolte des graines de *Detarium microcarpum* au Mali (Source : Soumaré, 2004)

une texture sableuse et argileuse et 60% de gravillons à la surface du sol (Kouyaté, 2005).

- Provenance Bougoumbala

Le site de Bougoumbala se trouve entre 11°33'32" de latitude Nord et 07°38'01" de longitude Ouest dans le cercle de Bougouni en zone agro-climatique guinéenne nord (PIRT, 1986). Il reçoit en moyenne 1196 mm de pluie par an. Le site se trouve sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions avec une texture argileuse et sans gravillons à la surface du sol (Kouyaté, 2005).

- Provenance Néresso

Le site de Néresso se trouve entre 12°20'07" de latitude Nord et 04°43'19" de longitude Ouest dans le cercle de Yorosso en zone agro-climatique soudanienne nord (PIRT, 1986). Il reçoit en moyenne 750 mm de pluie par an. Le site se trouve sur les sols peu évolués sur grès avec une texture sableuse et 25% de gravillons à la surface du sol (Kouyaté, 2005).

2.1. Matériel

Le matériel végétal utilisé est le plant de *D. microcarpum* qui est issu des graines germées en pépinière. Les graines de la provenance Gouinso2 ont mesuré $17,6 \pm 3,7$ mm de long et $7,1 \pm 1,8$ mm de largeur. Leur poids est estimé à $1,8 \pm 0,5$ g. Celles récoltées à Bougoumbala ont mesuré $18,8 \pm 1,4$ mm de longueur et $8,3 \pm 0,9$ mm de largeur. Leur poids est estimé à $2,0 \pm 0,3$ g. Les graines de Néresso ont mesuré $17,1 \pm 1,7$ mm de longueur et $7,5 \pm 0,7$ mm de largeur. Leur poids est estimé à $1,5 \pm 0,3$ g (Kouyaté, 2005).

2.2. Méthodes

2.2.1. Production des plants en pépinière

Les plants de *D. microcarpum* ont été produits à la pépinière du Programme Ressources Forestières à Sikasso. Les graines récoltées ont subi l'ébouillantage pendant 7 minutes suivi de trempage dans l'eau tiède pendant 24 heures

afin de lever la dormance. Le semis des graines a été fait dans un substrat constitué de terreau, à raison d'une graine par pot. L'arrosage des pots a été effectué à une fréquence de deux fois par jour (une fois le matin et une fois le soir). La protection des semis contre le rayonnement solaire a nécessité l'utilisation d'ombrières pendant les heures chaudes de la journée, de 10 heures à 17 heures.

Les observations et les mesures ont porté sur le délai et le pourcentage de germination. Le pourcentage de germination des graines (PG), sur une durée d'observations de 45 jours, a été calculé en faisant le rapport entre le nombre total de graines germées et le nombre total de graines semées.

2.2.2. Plantation

La plantation a été réalisée sur le site expérimental de Farako qui se trouve à 25 km de la ville de Sikasso. Le climat est de type soudanien sud avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1100 mm. La température annuelle moyenne est de 20,3° C en période fraîche et de 35,3° C en période chaude. Les sols de ce site sont ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions avec une texture sableuse et 3% de gravillons à la surface du sol (Kouyaté, 2005).

Les plants produits en pépinière ont été transplantés dans une parcelle de 0,24 ha de superficie (54 x 44 m), et dans des trous de 30 x 30 x 30 cm recommandés par Kelly et Cuny (2000). Ils ont été installés suivant le dispositif expérimental de type blocs factoriels à quatre répétitions. Les facteurs étudiés sont la provenance *D. microcarpum* et la durée d'arrosage. Les niveaux du facteur provenance sont au nombre de trois localités: Bougoumbala, Néresso, Gouinso2. Le second facteur qui était la durée d'arrosage comporte deux niveaux : arrosage pendant 8 mois secs, soit de novembre à juin ; arrosage pendant 16 mois secs, soit de novembre à juin pendant deux saisons sèches. Chaque répétition a comporté deux parcelles linéaires de 28 plants par provenance :

- une parcelle linéaire arrosée de novembre à juin pendant une seule saison sèche ;
- une parcelle linéaire arrosée de novembre à juin pendant deux saisons sèches.

Comme l'indique le dispositif expérimental, il n'y a pas eu de témoin. Ceci est dû au fait que les tentatives de plantation de *D. microcarpum* au Sahel ont abouti à des taux de survie nuls (Louppe et Ouattara, 1996; Wiersum et Slingerland, 1996; Kouyaté, 1999; Bationo *et al.*, 2001a, 2001b). Chaque individu de *D. microcarpum* a reçu 10 litres d'eau à une fréquence de deux fois par semaine, soit 20 litres par semaine.

Les observations et les mesures ont porté sur le nombre de plants vivants, le diamètre au collet, la hauteur des plants, et le nombre de branches par plant à 45 mois après la plantation. Le taux de survie des plants a été calculé en divisant le nombre de plants vivants par le nombre total de plants mis en place.

Le taux de survie a subi une transformation angulaire avant l'analyse de variance suivant la formule: $P = 2 \cdot \arcsin \sqrt{i}$; i: valeur du rapport entre le nombre de plants vivants et le nombre total de plants mis en place, variant de 0,0 à 1,0 ; P: valeur transformée ; arcsin: arc sinus.

Le taux de survie transformé, la hauteur moyenne des plants, le diamètre moyen au collet des plants et le nombre moyen de branches ont été soumis à l'analyse de variance avec le logiciel Systat 9 for windows.

Le test de Newman-Keuls a été appliqué pour identifier les différences qui existent entre les provenances d'une part, et les durées d'arrosage d'autre part.

III. Résultats

3.1. Pépinière

Le délai et le pourcentage moyens de germination des graines de *D. microcarpum* suivant les provenances sont consignés dans le Tableau I.

Les résultats en pépinière montrent que le délai de germination moyen des graines de *D. microcarpum* a atteint $9 \pm 1,5$ jour. Sur le plan germinatif, environ 92 % des graines ont germé pour toutes les provenances confondues. Le pourcentage de germination a varié entre 89 % à Néresso et 95 % à Gouinso2 (Tableau I).

3.2. Plantation

Les caractéristiques moyennes des plants de provenances de *Detarium microcarpum* arrosés, 45 mois après la plantation, sont consignées dans le Tableau II.

Les résultats des tests inférentiels montrent que l'interaction n'a pas été significative pour le taux de survie et la hauteur des plants à 45 mois après la plantation (Tableau II). Des différences hautement significatives ($p < 0,01$) entre les périodes d'arrosage ont été observées pour le taux de survie et la hauteur des plants.

Tableau I. Délai et pourcentage moyens de germination des graines de *D. microcarpum* suivant les provenances

Provenances	Délai moyen de germination (jour)	Pourcentage moyen de germination (%)
Gouinso2	8	95
Bougoumbala	11	91
Néresso	9	89
Moyenne	9	91,67
Ecart-type	1,53	3,05
Coefficient de variation (%)	16,37	3,33

Tableau II. Caractéristiques moyennes des plants de provenances de *Detarium microcarpum* arrosés, 45 mois après la plantation

Provenances et périodes	Taux moyen de survie (%)	Diamètre moyen au collet (cm)	Hauteur moyenne (m)	Nombre moyen de branches
Gouinso2	59,37	2,99a	1,15a	18a
Bougoumbala	54,01	2,16b	1,02ab	11b
Néresso	52,23	1,77b	0,90b	9b
Plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches	79,16a	3,58a	1,38a	23a
Plants arrosés de novembre à juin pendant une seule saison sèche	31,25b	1,03b	0,68b	3b
P ¹	0,3655NS	0,0005***	0,0150*	0,0004***
P ²	0,0000***	0,0000***	0,0000***	0,0000***
P ³	0,0903NS	0,0072*	0,0574NS	0,0024***

P¹ : Probabilité pour les provenances ; P² : Probabilité pour les périodes d'arrosage ; P³ : Interaction provenances-périodes ; NS : Non significatif

* : Moyenne significative ; *** : Moyenne hautement significative

Les moyennes affectées de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes.

Le taux de survie des plants (Tableau II) a varié entre 31,25% (plants arrosés de novembre à juin pendant une seule saison sèche) et

79,16% (plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches).



Photo 4. Une plantation de *Detarium microcarpum* arrosée pendant deux saisons sèches, âgée de 45 mois (Source : Kouyaté, 2012)



Photo 5. Un plant de *Detarium microcarpum* arrosé pendant deux saisons sèches, âgé de 45 mois (Source : Kouyaté, 2012)

La Photo 4 illustre une plantation de *Detarium microcarpum* arrosé, âgée de 45 mois.

Pour la variable hauteur (Photo 5), les tests montrent que l'effet provenances a été significatif ($p < 0,05$).

La comparaison des moyennes révèle que les plants de Gouinso2 ont été significativement différents de ceux de Néresso. Par contre, la différence entre les plants de Bougoumbala et ceux de Néresso n'a pas été significative (Tableau II). Pour la variable hauteur, les tests montrent que l'effet périodes a été hautement significatif ($p < 0,01$). La comparaison des moyennes révèle que les plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches ont été significativement différents de ceux arrosés pendant une seule saison sèche (Tableau II). Par contre, les résultats des mêmes tests (Tableau II) montrent que l'interaction a été significative pour le diamètre au collet et le nombre de branches des plants à 45 mois après la plantation.

La moyenne des facteurs principaux du diamètre au collet et du nombre de branches de *D. microcarpum* est consignée dans le Tableau III.

La comparaison des moyennes de l'interaction indique que les traitements ont été significativement différents (Tableau III). En ce qui concerne l'arrosage des plants de novembre à juin, la croissance en diamètre au collet (Photo 6) et le nombre moyen des branches ont été significatifs pour les plants arrosés pendant deux saisons sèches.

En ce qui concerne les provenances, des différences significatives ont été observées

Tableau III. Moyenne des facteurs principaux du diamètre au collet et du nombre de branches

Provenances	Diamètre moyen au collet (cm)		Nombre moyen de branches	
	Plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches	Plants arrosés de novembre à juin pendant une seule saison sèche	Plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches	Plants arrosés de novembre à juin pendant une seule saison sèche
Gouinso2	4,72a	1,25d	32a	4c
Bougoumbala	3,41b	0,92d	19b	2c
Néresso	2,62c	0,93d	16b	3c

Les moyennes affectées de la même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes.



Photo 6. Diamètre au collet d'un plant de *Detarium microcarpum* arrosé pendant deux saisons sèches, âgé de 45 mois (Source : Kouyaté, 2012).

entre les plants des provenances arrosées de novembre à juin pendant deux saisons sèches. La croissance et le nombre moyen des branches des plants de Gouinso2 ont été significatifs par rapport à ceux de Bougoumbala et de Néresso (Tableau III).

IV. Discussion

4.1. Délai et pourcentage de germination

Le délai de germination a varié entre 8 jours à Gouinso2 et 11 jours à Bougoumbala. La variabilité observée entre les provenances indique que le délai de germination n'a pas suivi le gradient climatique car il est plus court pour les graines de Néresso qui se trouve au nord de la zone d'étude (Figure 1). Elle peut être expliquée probablement par l'origine génétique des graines. Au regard de ces résultats, on peut dire que les graines de *D. microcarpum*, pour toutes les tailles et les poids confondus, germent assez vite après le semis. Contrairement au délai de germination, une faible variation est observée entre les provenances pour le pourcentage de germination. Le pourcentage de germination

des graines des provenances Bougoumbala et Gouinso2 variant respectivement entre 91 et 95% indique que ces graines ont une faculté germinative élevée. Le pourcentage de germination élevé au niveau des provenances Bougoumbala et Gouinso2 peut être expliqué par la grande taille et le poids élevé des graines, comme l'ont indiqué Escaré et Houssard (1988) chez *Rumex acetosella*.

4.2. Survie des plants

Les résultats de la présente étude montrent que le taux de survie a varié de 31,25% pour les plants arrosés de novembre à juin pendant une seule saison sèche à 79,16% pour les plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches. Ceci signifie que l'arrosage de novembre à juin pendant deux saisons sèches a significativement réduit la mortalité des plants. Cette diminution de la mortalité est due à l'apport d'eau qui a permis au système racinaire des plants d'accéder aux horizons inférieurs humides du sol, donc d'éviter le stress hydrique. Au Niger, l'utilisation du phosphate naturel de Tahoua associé à un hydroreteneur *CoMonomer Technology* a permis d'atteindre 42% de survie chez *D. microcarpum* à 24 mois après la plantation (Moustapha *et al.*, 2003).

Ceci dénote que l'apport d'eau a amélioré la survie des plants de cette espèce savanicole en plantation. Yang *et al.* (2003) ont abondé dans le même sens en indiquant que la survie des plants est fondamentale dans la réussite des plantations.

4.3. Hauteur moyenne et diamètre moyen au collet

Le gain de croissance en hauteur et en diamètre au collet entre les deux périodes d'arrosage des plants va du simple au-déjà du double. Ceci indique que l'apport d'eau sur une durée plus ou moins longue favorise la croissance initiale des plants de *D. microcarpum*. Cet apport d'eau en saison sèche a permis à la plante de poursuivre son activité photosynthétique, ce qui a favorisé la croissance des pousses. La meilleure croissance des plants de Gouinso2 arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches peut être expliquée par le poids élevé et la grande taille de leurs graines qui contiendraient beaucoup de réserves nutritives. Des travaux antérieurs ont prouvé que la croissance des plants peut être fortement déterminée par les réserves de semences cotylédonaire (Parker *et al.*, 2006; Urbiet *et al.* 2008). Au regard de cette situation, Rodríguez-Calcerrada *et al.* (2011) indiquent que les effets de la taille des graines sur la croissance des plantes observée au niveau des provenances peuvent être attribués à un effet génétique ou phénotypique de l'arbre mère.

L'origine géographique de Gouinso2 (unité agro-climatique soudanienne sud) et la similitude de leurs sols avec ceux du site expérimental de Farako (sols ferrugineux tropicaux lessivés) pourraient expliquer leur bonne croissance. Ceci rejoint l'idée que les conditions du milieu peuvent influencer la taille des végétaux (Ksontini, 1996) comme l'indique le comportement des plants de Néresso.

D'autres techniques ont permis d'améliorer la croissance en hauteur de *D. microcarpum* comme l'utilisation d'un hydrotenseur *CoMonomer Technology* et du phosphate naturel de Tahoua au Niger (Moustapha *et al.*, 2003). Ces auteurs ont enregistré une

hauteur moyenne de 0,42 m et un diamètre moyen au collet de 0,27 cm à 24 mois après la plantation. Les valeurs obtenues par ces auteurs sont inférieures à celles de la présente étude. D'autres études ont abouti à la conclusion que les arbres irrigués régulièrement ont une meilleure croissance (Yaacob, Subhadrabhandu, 1995; SCUC, 2001; El-Siddig *et al.*, 2006).

4.4. Nombre moyen de branches

Le nombre moyen de branches le plus élevé a été observé avec la provenance Gouinso2. Ce nombre a été faible pour la provenance Néresso qui se trouve au nord de la région de Sikasso. Le nombre élevé de branches des plants arrosés de novembre à juin pendant deux saisons sèches indique que ces plants pourraient disposer d'une grande surface d'échange pour la photosynthèse qui est essentielle pour la croissance des pousses.

V. Conclusion

L'évaluation de la régénération par plantation des provenances de *D. microcarpum* arrosées en saison sèche est une première qui a été menée au Mali voire dans son aire de distribution géographique. Elle a été réalisée avec trois provenances suivant un dispositif expérimental blocs complets randomisés à deux facteurs et à quatre répétitions. En pépinière, *D. microcarpum* a présenté un délai de germination court et une bonne germination quels que soient la taille et le poids des graines. En plantation, l'arrosage des plants de *D. microcarpum* à la dose de 20 litres par semaine de novembre à juin pendant deux saisons sèches a significativement amélioré la survie, la croissance en hauteur et en diamètre au collet, et le nombre moyen des branches. Au terme de nos travaux, il est possible de réaliser des plantations de *D. microcarpum* à condition d'irriguer les plants de novembre à juin pendant deux saisons sèches. Il ne reste qu'à traduire ces résultats en fiche technique pour permettre la réplication de cette technique de culture améliorée par les communautés rurales et par les structures d'encadrement du monde rural.

VI. Références

- Arbonnier M., 2000. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier, France, 541 p.
- Bastide B., Ouédraogo S. J., 2008. Rejets de *Detarium microcarpum* et feux précoces. Bois et forêts des tropiques 296: 27-37.
- Bationo B. A., Ouédraogo J.S., Alexandre D.Y., Guinko S., 2001a. Statut hydrique de quatre espèces ligneuses soudaniennes dans la forêt de Nazinon, Burkina Faso. Science et changements planétaires/Sécheresse. 87-94.
- Bationo B. A., Ouédraogo J.S., Guinko S., 2001b. Stratégie de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso). Fruits. 271-285.
- Bonkougou E. G., Djimde M., Ayuk E. T., Zoungana I., Tchoundjeu Z., Niang A., N'Diaye S., Mayaki A., Ouédraogo J. S., Yossi H., 2002. L'agroforesterie. Un outil performant pour la gestion des ressources naturelles et la lutte contre la désertification au Sahel. Bilan de dix années d'expérience en recherche-développement et perspectives. INSAH. Les monographies sahéniennes, N°11, 88 p.
- Dione F. G. B., 2001. Etude des facteurs de la germination et de la multiplication végétative chez *Detarium senegalense* Gmel. et *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 63 p.
- El-Siddig K., Gunasena H. P. M., Prasad B. A., Pushpakumara D. K. N. G., Ramana K. V. R., Vijayanand P., Williams J. T., 2006. Tamarind. *Tamarindus indica*. Centre for Underutilised Crops. Southampton, UK, 188 p.
- Escarre J., Houssard C., 1988. Aptitudes germinatives comparées de graines de *Rumex acetosella* issues de populations correspondant à des stades distincts d'une succession postculturale. Revue canadienne de botanique, 66(7): 1381-1390.
- Gakou M., Force J. E., McLauhin W. J., 1994. Non-timber forest products in rural Mali. A study of village use. Agroforestry systems, 28: 213-226.
- Galloway L., Etterson J., McGlothlin J., 2009. Contribution of direct and maternal genetic effects to life-history evolution. New Phytol., 183:826-838.
- Kelly B. A., Cuny P., 2000. Plantation d'espèces forestières locales sur sol hydromorphe. Bilan d'une expérimentation sylvicole au sud du Mali. Revue forestière française, 453-466.
- Ksontini M., 1996. Etude écophysologique des réponses à la contrainte hydrique du chêne liège (*Quercus suber*) dans le nord tunisien. Comparaison avec le chêne kermès (*Quercus coccifera*) et le chêne zeen (*Quercus faginea*). Thèse, université Paris XII, France, 157 p.
- Kouyaté A. M., Meyer A., Van Damme P., 2002. Perceptions paysannes de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans le sud du Mali. Fruits, 57 (5/6): 305-312.
- Kouyaté A. M., 2005. Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au Mali. Thèse, université de Gand, Belgique, 207 p.
- Kouyaté A. M., Van Damme P., Diawara H., 2006. Evaluation de la production en fruits de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali. Note technique. Fruits, 61/4: 1-13.
- Kouyaté A. M., Lamien N., 2011. *Detarium microcarpum*, détar sucré. Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne. Bioversity International, Rome, Italie, 8 p.
- Loupe D., Ouattara N., 1996. Résultats des mensurations de 1996. Station Kamonon Diabaté. Institut des Forêts. Korhogo, Côte d'Ivoire, 54 p.
- Moustapha A., Mahaman L., Zeinabou H., Attikou A., Bagnou M., Daouda S., 2003. Rapport d'activités 2001-2002. Projet Régional AIEA CT RAF/05/48. Lutte contre la désertification dans le Sahel. République du Niger, 30 p.
- Okafor J. C., 1991/2. Amélioration des essences forestières donnant des produits comestibles. In: FAO. Les produits forestiers. Unasylva, 165 (42). 8 p.
- Parker W. H., Noland T. L., Morneau A. E. 2006. The effects of seed mass on germination, seedling emergence and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). New Forest, 32: 33-49.

- PIRT, 1986. Zonage agro-écologique du Mali. Commission consultative nationale d'évaluation et de suivi de la mise en œuvre de la stratégie alimentaire. Groupe zonage écologique et adéquation des projets. Bamako : CCE/USAID.
- Rodríguez-Calcerrada J., Nanos N., Aranda I., 2011. The importance of seed size and microsite for early growth, leaf carbon isotope composition and survival of two co-occurring oak seedlings. *Trees-Struct. Funct.*, 25: 873-884.
- SCUC, 2001. Tamarind. *Tamarindus indica* L. Field manual for extension workers and farmers. Univ. Southampton, UK. 30 p.
- Sigaud P., Eyog-Matig O., 2001. Situation des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne et nord-soudanienne. Plan d'action sous-régional pour leur conservation et utilisation durable. Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document de travail FGR/2F. FAO, 111 p.
- Urbista I. R., Pérez-Ramos I. M., Zavala M. A., Marañón T., Kobe R. K., 2008. Soil water content and emergence time control seedling establishment in three co-occurring Mediterranean oak species. *Can J For Res.*, 38: 2382-2393.
- Vautier H., Sanon M., Sacande M., 2007. *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. Seed Leaflet. N°. 122. Forest and Landscape.
- White F., 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Natural Resour. Res.*, 1-356.
- Vilagrosa A., Cortina J., Gil-Pelegrin E., Bellot J., 2003. Suitability of drought-preconditioning techniques in mediterranean climate. *Rest. Ecol.*, 11: 208-216.
- Wiersum K. F., Slingerland M., 1996. Use and management of two multipurpose tree species (*Parkia biglobosa* and *Detarium microcarpum*) in agrosylvopastoral land-use systems in Burkina Faso. Wageningen, Pays-Bas, 29 p.
- Yaacob O., Subhadrabhandu S., 1995. The production of economic fruits in South East Asia. Oxford University Press., 133-142.
- Yang Y., Titus S. J., Huang S., 2003. Modeling individual tree mortality for white spruce in Alberta. *Ecological Modelling*, 163: 209-222.

Accès libre à la littérature scientifique : points de vue des chercheurs du domaine rural au Mali

Open access to scientific literature: views of scientists of the rural sector in Mali

DIARRA M.T.¹, Coulibaly A.²

¹Institut d'Economie Rurale (IER), BP. 258, Bamako, Mali – Tél. : + 223 20222606 / 20231905 – Mobile +223 62808023 – Fax +22320223775 – Email : mtdiarra@hotmail.com

²Institut du Sahel (INSAH), BP. 1530, Bamako, Mali. Tél. : +223 20224706 – Mobile +22378744867 – Fax +223 20227831 – Email : aguibou@hotmail.com

Résumé

La facilité de publier des contenus sur Internet est une opportunité devant profiter à l'agriculture qui est confrontée à de nombreux défis, entre autres, nourrir une population dont le taux de croissance dépasse celui de la production agricole (Davy Simumba *et al.*, 2009). Une bonne documentation est toujours nécessaire pour l'enseignement et les travaux de recherche. Pour le développement de l'agriculture d'aujourd'hui, les nouvelles technologies de l'information et des communications peuvent être des outils très efficaces. Cette réflexion est un plaidoyer pour l'utilisation de l'outil Internet comme moyen pouvant faciliter la diffusion des technologies développées pour le monde rural. L'Internet permet le rapprochement de tous les acteurs du monde rural et la facilité de communication. Un sondage d'opinion parmi les chercheurs du domaine rural au Mali a permis d'obtenir des réponses aux questions sur l'accès libre à la littérature scientifique. Les résultats ci-dessous exposés invitent les chercheurs et les développeurs à considérer davantage l'Internet comme un moyen pour aller plus vite, surtout dans nos zones semi-désertiques en période de changement climatique.

Mots clés : Accès libre ; diffusion de technologie ; littérature scientifique ; monde rural ; recherche agricole.

Summary

Nowadays, the facility to publish contents on the Internet should also benefit agriculture which encounters many challenges such as feeding a population whose growth rate exceeds that of agricultural production increase. A good documentation always boosts education and research. New Information Technologies and Communication can be efficient tools for today's agriculture. This article is a plea for the use of Internet as media which can facilitate the dissemination of developed technologies to be used in the rural world. One can take advantage of Internet potentials to bring together or closer, all stakeholders operating in the rural area, enabling them to communicate easily. Aware of the problem complexity, authors of this work wanted to probe the opinion of researchers of the agricultural sector in the country to get answers to some of the questions on open access to scientific literature in Mali. The results exposed below invite researchers and developers to consider the Internet as a quick communication means to have a job done faster, especially in our semi-arid zones in period of climate change.

Key words: Open access, technology dissemination, scientific literature, rural world, agricultural research.

I. Introduction

Jusqu'ici, la distribution de l'information a été le foyer principal sur l'Internet. Des milliers de documents, de brochures, d'articles, de livres, etc. ont été publiés sur le Web. Tous les domaines de l'activité humaine sont concernés : la religion, l'art, les sciences, etc. Cependant, malgré cette profusion de publications sur Internet, l'information utile et fiable n'y est pas facilement identifiable et accessible.

L'agriculture est confrontée au défi majeur de nourrir une population dont le taux de croissance dépasse celui de l'augmentation de la production. Au même moment, on assiste à la diminution ou à l'insuffisance des ressources naturelles, à la raréfaction des ressources suite au changement climatique, la baisse de la fertilité des sols (Agwu A.E *et al.*, 2010 ; Davy Simumba *et al.*, 2010). Dans l'agriculture, il y a un nombre croissant de sociétés agroindustrielles et d'organismes de recherche qui ont commencé à employer Internet comme espace de distribution de la connaissance. Beaucoup d'acteurs possèdent de l'information qu'ils peuvent échanger. Il s'agit, entre autres, des institutions de recherche, des universités, des vulgarisateurs et des producteurs, des entreprises commerciales, des institutions de statistique et de planification, etc. Dans la plupart des cas, l'information est peu ou pas documentée ou demeure difficile d'accès.

Dans l'esprit de l'initiative de l'accès libre de Budapest, par « l'accès libre » à l'information, nous entendons : « la disponibilité libre de l'information sur l'Internet, permettant à tous les utilisateurs de la lire, de la télécharger, de la copier, de la distribuer, de l'imprimer, de la rechercher, ou de la lier aux textes intégraux des articles, d'y naviguer à travers l'indexation, de la passer comme données au logiciel, ou pour l'utiliser dans n'importe quel autre but légal, sans entraves financières, légales ou techniques autres que ceux inséparables de l'accès à l'Internet lui-même. La seule contrainte sur la reproduction et la distribution et le seul rôle pour copyright dans

ce domaine devraient être de permettre aux auteurs le contrôle de l'intégrité de leur travail et du droit d'être correctement reconnus et cités » (Initiative de Budapest, 1999 ; David Simumba *et al.*, 2009 ; Dr A.S. Charyulu, 2010).

Pourquoi promouvoir l'accès libre aux ressources cognitives ? C'est à cette question que ce travail voudrait bien répondre. L'objectif principal est de présenter une vision générale des chercheurs du domaine du monde rural du Mali, notamment : ceux de l'Institut d'Economie Rurale, de l'Institut du Sahel et de l'Université de Bamako.

Pour répondre à la question posée, un questionnaire est élaboré et envoyé à un échantillon de la population composé de chercheurs du domaine rural. Il nous renseigne sur la personne du chercheur, sa formation, son emploi, ses publications et leur nature.

Des données collectées et analysées, nous avons obtenus des résultats qui concernent le taux de distribution du questionnaire, la formation académique du chercheur, son expérience dans la recherche, son attitude par rapport à l'accès libre à l'information scientifique, la relation âge et facilité d'utilisation de l'Internet aux fins de recherche documentaire ou de publication en ligne.

L'étude ainsi faite se veut un plaidoyer pour l'accès libre aux ressources cognitives, à la littérature scientifique auprès des décideurs politiques et des chercheurs du monde rural. Elle ouvrira de nouvelles perspectives pour la recherche et le développement si elle parvenait à faire adhérer à cette cause les acteurs visés. Dans sa philosophie, elle incite à la réorganisation de système de documentation par la création et le partage de dépôts ou bibliothèques virtuels qui boosteront la recherche.

Quelle qualité serait garantie à la recherche si elle ne bénéficiait pas de structure de documentation bien alimentée ? Par conséquent, une documentation riche, abondante et de bonne qualité constitue un terreau sur lequel

grandit et se développe une recherche saine et prometteuse. Sans recherche viable, il n'y a point de développement de nos états.

À travers l'incitation des décideurs à initier des politiques en vue d'accroître la visibilité des collections ou des dépôts de documents, cette étude ouvre des nouvelles perspectives à la recherche et au développement.

II. Matériel et Méthode

2.1. Contexte

La promotion de la recherche et l'éducation passe, indubitablement, par des investissements conséquents dans la documentation de qualité et sa mise à la disposition des étudiants, des enseignants et des chercheurs. La création, l'organisation, l'alimentation et le fonctionnement correct d'une bibliothèque traditionnelle est fastidieuse et onéreuse. Pour des pays dont le produit national brut n'excède pas les 1000 dollars par habitant, les coûts de réalisation d'une telle bibliothèque sont prohibitifs. Une des alternatives salutaires qui s'inscrit, d'une part, dans la durée et le suivi de l'évolution technologique et, d'autre part, dans le cadre de minimalisation des coûts, est la bibliothèque virtuelle ou, mieux, la bibliothèque numérique tout court. Ainsi, les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) sont interpellées.

Les NTIC ont le potentiel nécessaire pour organiser des dépôts de documents numériques ou numérisés. L'impact du numérique sur les bibliothèques ne se dément plus. L'avènement du numérique oblige la bibliothèque à se réinventer (Kebede Hundie Wordofa, 2009). Il nécessite aussi de nouvelles approches et de nouvelles compétences. Les avantages de la bibliothèque numérique, compris dans le sens de la facilité et la rapidité à accéder aux livres, aux archives et aux images de types variés, sont largement reconnus dans le commerce et par les organismes publics.

Les bibliothèques numériques ont le potentiel pour stocker plus d'information, puisque celle-ci, sous forme numérique, occupe peu d'espace

physique. Ainsi, les coûts de maintenance d'une telle collection sont beaucoup inférieurs à ceux de la bibliothèque traditionnelle. Les sommes allouées à la rémunération du personnel de la bibliothèque, à la maintenance et à la conservation des livres, à l'emprunt et à l'achat de nouveaux livres, sont colossales. Par contre, la bibliothèque numérique devrait réduire ces coûts, casser les barrières physiques et de temps, permettre l'usage simultané des ressources, offrir une interface conviviale à l'utilisateur tout en lui permettant de procéder à des recherches « multicritères ». Elles doivent permettre en outre de mieux préserver et de mieux conserver les ressources tout en leur donnant de la valeur ajoutée, ne serait-ce qu'en rehaussant la qualité des images et leur portabilité.

Si l'accès à une telle collection devenait libre, au moins pour une certaine catégorie professionnelle ou sociale tels les enseignants, les étudiants et les chercheurs, alors l'éducation et la recherche en bénéficieraient avantageusement.

2.2. Objectifs

2.2.1. Objectifs globaux

Ce travail a pour but d'explorer les opinions parmi les chercheurs du monde rural au Mali par rapport à la publication en mode d'accès libre. Partant de l'opinion dominante, on pourrait statuer sur l'existence de soutien à l'accès libre au Mali. Il faut l'existence d'un embryon pour se convaincre du soutien au principe de base de l'accès libre et la volonté de publier en mode d'accès libre. C'est de cela que dépend son succès.

2.2.2. Objectifs spécifiques

Il est nécessaire d'avoir un certain nombre d'informations sur les chercheurs cibles, à savoir :

- l'expérience dans la publication,
- connaissance sur l'accès libre,
- points de vue sur les principes de base de l'accès libre,

- expérience dans la publication en ligne,
- les intentions futures à publier en mode d'accès libre...

La collecte de l'information, par rapport à ces différents points et à l'analyse convenable des résultats engendrés, nous édifiera sur l'atteinte de nos objectifs.

2.3. Avantages liés à la prestation de service d'accès libre

Les avantages de l'accès libre à la littérature scientifiques sont nombreux et il est temps de les exploiter pour le plus grand bonheur des utilisateurs. Quelques-uns sont :

- l'accroissement de la visibilité de l'accès et de l'impact des documents, des articles ou des publications en termes de citations ;
- la motivation des chercheurs à publier à leur tour en ligne les résultats de leurs études et de leurs recherches ;
- l'amélioration de la qualité de la recherche à travers celle de la communication des résultats de la recherche ;
- le gain que les gouvernements et les pays en tirent du fait de l'augmentation de l'impact de la recherche dans laquelle ils investissent de l'argent du contribuable (David Simumba *et al.*, 2009).

Cette liste des avantages n'est pas exhaustive.

2.4. Exemples d'initiatives d'accès libre aux ressources cognitives

Il existe des initiatives internationales et nationales qui essayent, tant bien que mal, de promouvoir ce mode d'accès à la littérature scientifique à l'usage de couches socioprofessionnelles qui en ont besoin. On peut citer, entre autres, le Forum pour la Recherche Agricole en Afrique (en anglais, FARA), le Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles (CORAF/WECARD), l'Institut du Sahel (INSAH), la FAO à travers son initiative AGORA (*Access to Global Online Research in Agriculture*) www.aginternetwork.org, etc.

Le programme AGORA a été mis en place par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et par de grands éditeurs. Ce programme permet aux pays d'accéder en ligne à une collection bibliographique exceptionnelle dans les domaines comme l'alimentation, l'agriculture, la science environnementale et les sciences sociales apparentées. AGORA fournit aux institutions de 107 pays une collection de 1278 revues.

Les institutions souhaitant utiliser AGORA doivent s'inscrire auprès de la FAO. Les partenaires éditeurs d'AGORA offrent gratuitement l'accès aux institutions appartenant aux pays éligibles de la phase 1. Les pays appartenant à la phase 2 y accèdent à coût réduit.

Le Mali est éligible en phase 1 et l'Institut d'Economie Rurale (IER) y a pour nom d'utilisateur ag-mli005.

L'INSAH a, ces dernières années, développé une série de bases de données pour aider au développement de la coopération scientifique et technique entre les acteurs des systèmes nationaux de recherche en agriculture, en élevage et en politique de population et développement des pays membres du CILSS à travers la facilitation à l'accès à la connaissance et à l'information. Le site Web de l'Institut du Sahel est <http://www.insah.org/>. Il s'agit des bases de données sur les pesticides, le répertoire des expertises et le répertoire des technologies, les profils socio-économiques des pays de la sous-région et des publications scientifiques de l'Institut et de ses partenaires dans les pays à travers les Systèmes Nationaux de Recherche Agricole (SNRA).

2.5. Méthodologie utilisée

La méthodologie utilisée est basée sur l'échantillonnage de la population cible que sont les chercheurs du monde rural : l'Institut d'Economie Rurale (IER), l'Institut Polytechnique Rural/Institut de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA), l'Institut du Sahel. Les données sont collectées sur la formation académique du chercheur,

son emploi, ses publications, répondant aux questions suivantes : combien sont-elles ? Comment sont-elles faites et organisées ?

Une des insuffisances notoires dans les institutions de recherche en Afrique est l'absence d'organisation des documents générés en collections compréhensibles. Comment concilier cet état des faits avec la volonté de faire des publications en accès libre ? Le questionnaire élaboré est envoyé à chacun des chercheurs tirés au sort dans les institutions désignées. Il devrait pouvoir fournir des données nécessaires à l'analyse et permettre de répondre aux questions posées dans les objectifs spécifiques ci-dessus énumérés.

Le questionnaire couvre trois pages et fournit de l'information sur :

- la personne du chercheur,
- sa formation complète,
- son emploi en vue d'en définir son expérience dans la recherche,
- ses publications et leur nature en vue de connaître l'attitude pratique du chercheur par rapport à l'accès libre.

Il est cependant facile de répondre directement par un oui ou un non à la question de savoir si on est pour l'accès libre à la littérature documentaire. Par contre, si l'attitude doit se déduire d'une série de questions/réponses, il n'est pas évident qu'on puisse l'occulter facilement.

2.6. Visibilité des collections de ressources

Dans la plupart des institutions de recherche en Afrique et, singulièrement au Mali, les documents générés par la recherche sont mal gérés. Ils sont moins visibles en collections compréhensibles telles que des bibliothèques traditionnelles ou des dépôts de contenus numériques (bibliothèques numériques). Les documents sont généralement entassés dans des bureaux au fond des armoires conçues à cette fin.

L'Institut d'Economie Rurale, à l'instar d'autres institutions de recherche en Afrique, possède une partie infime des documents générés par la recherche dans une bibliothèque traditionnelle gérée par son service dénommé le Bureau de Documentation, d'Information et de Publication (BDIP). La grande partie des documents est, avec leurs auteurs, gardée au fond des armoires dans des bureaux (site web de l'IER : <http://www.ier.gouv.ml>).

III. Résultats et discussions

3.1. Résultats d'enquête

Les questionnaires ont été distribués dans trois institutions de recherche à travers Internet ou par la voie traditionnelle – en copie dure.

3.1.1. Distribution des questionnaires

Le Tableau I fait le point de la distribution des questions dans les services cibles.

Tableau I. Distribution des questionnaires dans les services cibles

Institution	NCP	QD	QR	Taux de recouvrement
IER	250	140	104	74,3%
IPR/IFRA	114	10	4	40%
INSAH	36	10	2	20%
Total	400	160	110	64,7%

NCP : Nombre de chercheurs potentiels ; QD : Questionnaires distribués ; QR : Questionnaires retournés

3.1.2. Qualification académique des chercheurs

Sur 160 questionnaires distribués, 110 réponses ont été obtenues parmi lesquelles :

- 51 soit 46,4 % des répondants avaient le niveau doctorat,
- 43 soit 39,1 % avaient le niveau DEA ou Master (MSc),
- 11 soit 10 % possédaient le niveau maîtrise,
- 5 soit 4,5 % n'avaient rien spécifié.

3.1.3. Expérience dans la recherche

Des réponses reçues, il ressort que la plupart des chercheurs ont plus de 10 années d'ancienneté dans la recherche (Tableau II).

Tableau II. Expérience dans la recherche

Nombre d'années d'expérience	Nombre de chercheurs	Pourcentage
< 5	7	6,4%
5 -10	36	33%
11- 15	45	41%
>15	22	20%
Total	110	100%

Tableau IIIa. Expérience dans la publication

Type de publications	Nombre de chercheurs	Pourcentage
Articles dans les revues scientifiques	53	48,20%
Livres	13	11,8
Chapitres de livres (quand on est coauteur)	46	41,80%
Articles de conférence	102	92,70%

Tableau IIIb. Répartition des publications suivant leur type

Nombre de publications	Articles dans les revues scientifiques	Livres	Chapitres de livre	Articles de Conférence
< 5	9	2	7	16
5-10	23	1	18	53
10-15	16	5	12	16
16- 20	5	5	4	10
> 20	0	0	5	7
Totaux	53	13	46	102

3.1.4. Expérience dans la publication

L'expérience dans la publication est présentée au Tableau IIIa.

Le Tableau IIIb montre la répartition des publications selon leur type.

3.1.5. Raisons de la publication

La recherche ne se faisant pas en vase clos, tout chercheur peut sentir le besoin de communiquer avec des pairs pour apprendre davantage et enrichir son expérience. Il peut vouloir publier pour en obtenir un avantage financier ou une promotion administrative. Il en existe aussi qui le font pour le prestige. Certains bailleurs de fonds aussi exigent la publication des résultats de recherche. Les raisons pour lesquelles les auteurs publient figurent au Tableau IV.

Tableau IV. Raisons de la publication.

Raison principale de la publication	Nombre de chercheurs	Pourcentage
Communiquer avec les pairs	56	51%
Obtenir un avantage financier	30	27,3%
Obtenir une promotion administrative	13	11,8%
Publier pour le prestige (rehausser son image)	5	4,5%
Exigence du bailleur	4	3,6%
Autres	2	1,8%
Totaux	110	100%

3.1.6. Attitude par rapport à l'accès libre

Il s'agissait de savoir si les chercheurs enquêtés étaient conscients d'un tel mode d'accès aux ressources cognitives (Tableau V).

L'enquête a révélé que beaucoup de nos chercheurs ne peuvent pas faire la différence entre Internet, Web et messagerie. Ils confondent souvent l'Internet et la messagerie. L'Internet est un réseau informatique mondial constitué d'un ensemble de réseaux nationaux, régionaux et privés. L'ensemble utilise un même protocole de communication : TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Internet propose trois types de services fondamentaux :

- le courrier électronique ou messagerie (e-mail) ;
- le Web (les pages avec liens et contenus multimédia de ses sites Web) ;
- l'échange de fichiers par FTP (File Transfer Protocol).

Le réseau Internet sert également et de plus en plus, aux communications téléphoniques

et à la transmission de vidéos et d'audio en direct (ou streaming), c'est-à-dire à la manière d'un téléviseur ou d'un récepteur radio. Il faut reconnaître que ces chercheurs ont la cinquantaine révolue. Les jeunes y font la recherche documentaire.

3.1.7. Politique de publication, politique de droit d'auteur et d'auto archivage

Sur les 110 répondants, seuls 31 soit 28,1% avaient connaissance d'une telle politique ; 68 soit 61,8% n'en avaient pas conscience et 11, soit 10% n'avaient rien indiqué.

3.1.8. Soutien à la publication en accès libre

Vingt un pourcents (21%) des chercheurs n'étaient pas certains s'ils soutiendraient la publication en mode accès libre. Par contre, 79% approuvaient le soutien à ses principes de base : publications des résultats de la recherche dans des revues de renommée internationale mais à l'intention des étudiants et chercheurs des pays en voie de développement.

Tableau V. Catégorisation des chercheurs suivant leur degré de connaissance sur l'accès libre.

Niveau de conscience	Nombre de chercheurs	Pourcentage
Familiers avec l'accès libre	16	14,5%
Conscients quelque peu	43	39,1%
Pas conscients du tout	51	46,4%
Totaux	110	53,6%

3.1.9. Soutien à la politique de l'accès libre

Vingt (20) soit 18,2% des chercheurs étaient favorables à une telle politique si elle est menée par leur Institution ; 46,4% soit 51 y seraient favorables si elle était menée par le gouvernement ; 71% soit 78 ne seraient pas favorables à la politique du gouvernement qui exigerait le dépôt des publications de la recherche dans des répertoires d'accès libre conçus à cette fin. Quatre vingt-dix (90), soit 81,8% des chercheurs se rebelleraient contre leur propre institution ou contre celle du bailleur si on leur exigeait le dépôt en répertoire d'accès libre.

3.1.10. Expérience avec la publication en ligne

Des 110 réponses obtenues, on pouvait déduire que : 17 chercheurs soit 15,4% connaissait l'existence de certaines de leurs publications sur Internet ; 14 chercheurs soit 12,7% avaient personnellement posté quelques-unes de leurs publications sur Internet ; 39 chercheurs soit 35,4% indiquaient qu'ils ont eu par le passé à donner leur autorisation aux demandes de rendre leurs publications disponibles sur Internet. Parmi les chercheurs, 40 ont indiqué que si on le leur demandait, ils donneraient la permission de la faire.

3.1.11. Connaissance des journaux Open Access

Deux exemples, AGORA et INSAH, ont été mentionnés, tous deux de grands créateurs et organisateurs d'accès à des bases de ressources

cognitives. Des éditeurs internationaux tels qu'Elsevier, CABI Publishing ou Blackwell Publishing, dans le cadre de l'initiative d'AGORA, offrent gratuitement l'accès aux institutions des pays en développement éligibles en phase 1. Il s'agit des pays dont le produit intérieur brut par habitant ne dépasse pas le millier de dollars US. Le Mali y est éligible. Malgré cela, la majorité des enquêtés, 74 chercheurs, soit 67%, n'avaient pas connaissance des journaux d'accès libre dans lesquels ils peuvent publier les acquis de leur recherche. Seuls 36, soit 33% en avaient connaissance.

3.1.12. Dépôt d'articles ou documents entiers dans des répertoires institutionnels

Le but était de connaître la proportion des chercheurs qui déposent volontiers leurs articles complets dans des répertoires institutionnels (Tableau VI).

3.1.13. Dépôt ou publications de copies de textes ou d'articles de la littérature grise en mode d'accès libre

Y-a-t-il de chercheurs qui, volontiers, déposeraient ou publieraient copies de textes ou d'articles de toute leur littérature grise pour l'accès libre aux utilisateurs de Internet ? La question est répondue au Tableau VII.

Tableau VI. Expression de la volonté de publier en accès libre des articles ou documents entiers.

Type de dépôt de ressources	Nombre de chercheurs	Pourcentage
Dépôt institutionnel (ou base de données sur les ressources cognitives)	101	91,8%
Tout dépôt	65	59,1%
Site Web Institutionnel	49	44,5%
Site Web personnel	24	21,8%

Tableau VII. Expression de la volonté de publier toute sa littérature en accès libre.

Type de dépôt de ressources	Nombre de chercheurs	Pourcentage
Dépôt institutionnel (ou base de données sur les ressources cognitives)	90	81,8%
Tout dépôt	61	55,4%
Site Web Institutionnel	52	47,3%
Site Web personnel	20	18,2%

3.2. Avantage pour les chercheurs

Quel jugement pourrions-nous porter sur l'avantage pour les chercheurs, d'utiliser l'information scientifique en ligne ? En dotant toutes les institutions de recherche, les universités et autres, d'un tel système, tous les chercheurs et d'autres experts se trouveront interconnectés dans la sous-région. Ce portail d'information à travers ses différents liens, facilitera l'accès à l'information en ligne, en temps réel. Aussi jouera-t-il un important rôle d'appui aux Etats et aux partenaires dans la gestion et le partage de l'information. À cet effet, les pays doivent s'approprier d'avantage ce nouveau système pour partager les ressources d'information et, ainsi, contribuer à l'utilisation et au développement de cet outil, qui pourrait à l'heure actuelle, être une alternative viable pour inverser la tendance de l'accès fastidieux à l'information scientifique et technique.

3.3. Contraintes

Les droits de propriétés intellectuelles sur les ressources cognitives, placées dans des dépôts institutionnels ou personnels bien organisés et contrôlés par des grands éditeurs ou des revues de renommée internationale, entravent l'accès libre aux documents scientifiques de bonne qualité par les chercheurs, les universitaires et les étudiants dans des pays africains au sud du Sahara. Les coûts d'accès sont prohibitifs pour l'africain moyen. En effet, dans sa situation, les systèmes de cartes de paiement bancaires sont soit inexistantes,

soit moins connus dans son pays. Beaucoup, de chercheurs du troisième âge ne sont pas familiers avec l'outil informatique et encore moins avec l'utilisation d'Internet. La plupart des vieux chercheurs utilisent exclusivement la messagerie sur Internet. Ils ignorent l'existence du Web ou ne savent pas ce qu'est le Web. Par conséquent, procéder à y faire de la recherche documentaire n'est nullement pas dans leur imaginaire. Enfin, la faible vitesse de connexion ou le problème de bande passante entrave considérablement l'accès libre aux ressources documentaires en ligne au Mali.

IV. Conclusion

À l'issue de cette enquête, nous sommes en droit de dire que les opinions sont favorables à l'accès libre à la littérature. Seulement, des approches pour que cela soit une réalité, sont à définir par le politique. Il est recommandable d'encourager et de motiver les jeunes chercheurs à publier en ligne les résultats de leur recherche ou des articles créatifs.

Dans les pays où on publie beaucoup de travaux créatifs et originaux, l'éducation se développe plus vite. Il apparaît plus d'implémentations de solutions innovantes. Ensuite, le taux de croissance du développement économique augmente vite. Enfin, la consolidation des institutions d'État et privées suit.

Le temps destiné à une publication est assez long. Cela peut aller jusqu'à 7, voire 12 mois.

La majorité des répondants de l'enquête soutiennent les principes de bases de l'accès libre et sont conscients que ce mode d'accès aux ressources cognitives fera en sorte que leur littérature de recherche devienne visible et accessible à une large audience. Malgré cette attitude positive, la plupart des chercheurs ne soutiendraient pas cette politique si une contrainte quelconque était exercée sur eux par leurs institutions, les gouvernements ou les bailleurs de fonds. Ils consentent à publier pleinement en accès libre sous réserve qu'il soit distillé suivant la cible : l'accès payant pour les plus nantis et demeurant gratuit pour les moins. Les chercheurs du monde rural sont très enthousiastes quand il s'agit de rendre disponible leur littérature grise dans des dépôts institutionnels ou sur des sites Web personnel ou Institutionnels. Mais les projets sur lesquels ils travaillent ne peuvent faire l'objet de publication tant qu'ils ne sont pas à terme. Il est quand même très encourageant et réconfortant de constater une volonté ferme chez les chercheurs d'aller vers l'accès libre dans un futur proche.

V. Bibliographie

- Agwu A.E, Uche-Mba U. "On the role of ICTs in Nigeria's Agricultural Development", University of Nigeria, NSUKKA, Enugu State, Nigeria, 2010 <http://www.slideshare.net/iaald/3-ekweagwu-congruency-agreement-and-accuracy-among-researchers>, visité le 03/04/2013.
- Davy Simumba, Justin Chisenga. "Open Access Publishing: Views of Researchers in Public Agricultural Institutions in Zambia". IAALD 2nd International Conference, Africa Chapter, Accra, Ghana, 13-17 July 2009.
- Dr A.S. Charyulu "ICT-enabled Services for Agricultural Development in India", National Institute of Agricultural Extension Management (MANAGE) Hyderabad, India, April 2010.
- Kebede Hundie Wordofa, Poloko Ntokwane-Oseafinana "Open Access and Institutional Repositories in Agricultural Sciences: The case of Botswana College of Agriculture (BCA)", IAALD 2nd International Conference, Africa Chapter, Accra, Ghana, 13-17 July 2009.
- Site web de l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali <http://www.ier.gouv.ml>, visité le 03/04/2013.
- Site web de l'Institut du Sahel <http://www.insah.org/>, visité le 03/04/2013.
- Initiative de Budapest, 14 Février 2002, <http://www.opensocietyfoundation.org/openaccess/read>, visité 03/04/2013
- Zbigniew Cywinski : Innowacje. Pismo PG 18 (2010), 1.



Institut d'Économie Rurale (IER)

Tél. : (223) 20 22 26 06 / 20 23 19 05

Fax : (223) 20 23 37 75

B.P. 258

Rue Mohamed V

Bamako, Mali