

6719
ETUDES ET RECHERCHES
SAHELIENNES

SAHELIAN STUDIES
AND RESEARCH

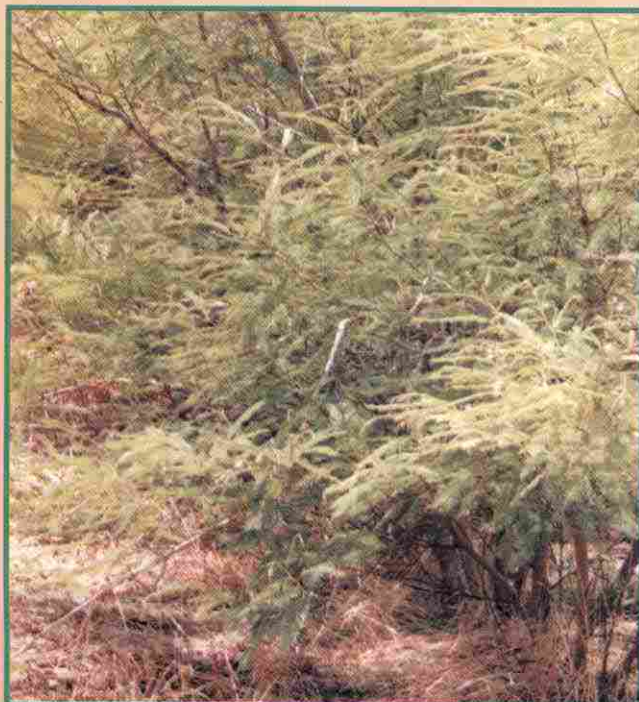
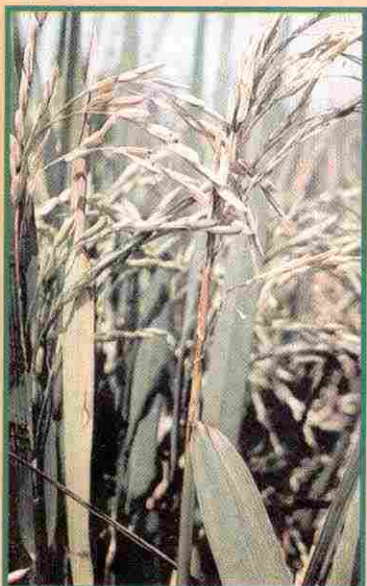


ISSN : 1028-6535

INSTITUT DU SAHEL / INSAH

N°10

Agronomie et agroforesterie au Sahel



Institut du Sahel (INSAH)

L'Institut du Sahel (InsaH) est une institution spécialisée du Cilss chargée de la coordination, de l'harmonisation et de la promotion de la recherche scientifique et technique dans les pays du Sahel.

Stratégies et mission

Stratégies

- favoriser l'émergence d'un espace scientifique sahélien et ouest africain capable de contribuer de façon significative à la réalisation de la sécurité alimentaire, à la lutte contre la sécheresse et la désertification pour un développement durable.
- renforcer les capacités nationales de recherche et exploiter au maximum les compétences nationales dans un cadre de coopération et de concertation régionales.

Mission

- assister les pays du Cilss dans la définition des stratégies et la mise en oeuvre des programmes visant à atteindre la sécurité alimentaire tout en préservant l'environnement.
- procéder à la spécialisation dans les domaines de la recherche, de l'analyse et de la communication.

Programmes

L'InsaH est composé de deux programmes majeurs: Population et développement, Recherches agro-socio-économiques.

Population et Développement

Objectif stratégique: proposer des options pour lever les contraintes démographiques au développement durable dans le Sahel.

Objectifs opérationnels: concevoir des politiques de populations adaptées aux spécificités et aux besoins des pays sahéliens; développer la coopération démographique sous-régionale pour mieux prendre en compte les mouvements migratoires et pour harmoniser les politiques nationales de population; accroître les compétences nationales et sahéliennes en vue de l'élaboration et de la mise en oeuvre des politiques de population.

Activités

- **études et recherches** sur population, environnement et développement; migrations et urbanisation: femme, santé publique, sociétés et sida;
- **formation:** organisation d'ateliers, de séminaires et de stages; octroi de bourses d'études, (Maîtrise, Doctorat); appui à la mise en place de programmes dans les universités;
- **Assistance technique:** appui au développement des politiques et programmes de population, des programmes de SMI/ PF, accueil, conception et évaluation des projets en matières de population;
- **information :** animation d'un réseau de journalistes; publication de différentes séries scientifiques et de vulgarisation tel que *Pop SAHEL*;
- **Informatique :** développement de logiciels appropriés, de base de données; traitement de données d'enquêtes; conseil.

Recherches agro-socio-économiques

Objectif stratégique: proposer des options pour lever les contraintes agro-socio-économiques au développement durable dans le Sahel.

Objectifs opérationnels:

- **proposer** la mise en oeuvre de technologies alternatives, pratiques locales et systèmes de production adaptés aux conditions agro-écologiques du Sahel;
- **proposer** un programme sous-régional et des orientations nationales coordonnées de recherche sur les facteurs agro-socio-économiques ;
- **élaborer** et tester les instruments de suivi agro-socio-économiques afin d'améliorer la mise en oeuvre des politiques de sécurité alimentaire et de gestion des ressources naturelles.

Activités :

- **études et analyses** sur les déterminants d'adoption des pratiques en gestion des ressources naturelles; les effets de la dévaluation sur les prix, les coûts de production, les revenus et la consommation des ménages; l'impact de la recherche agricole au Sahel ; l'harmonisation des statuts des chercheurs, l'éducation environnementale;
- **réflexions stratégiques** sur le rôle de l'agriculture dans la transformation structurelle, les rapports entre les politiques d'ajustement et le développement durable;
- **appui aux Etats** dans l'exécution de divers programmes sous-régionaux;
- **information et documentation:** animation d'un réseau de centres nationaux de documentation (Resadoc), publications de différentes séries scientifiques;
- **formation** des responsables et membres du réseau Resadoc, des auteurs et éditeurs scientifiques et des chercheurs en méthodologie d'analyse d'impact, d'établissement de priorités de recherche, etc.

Etudes et recherches sahéliennes

Sahelian Studies and Research

Numéro 10

Number 10

juillet - décembre 2003

July - December 2003



Agronomie et Agroforesterie au Sahel

Equipe éditoriale/ Editorial Team.

:

- Dir. des publications/Dir of Pub.

:

Idriss Oumar Alfaroukh

- Rédacteur scientifique/Scientific Editor

:

Mahamadane DJITEYE

- Saisie et mise en Page /Layout

:

Raby TRAORE

La revue *Etudes et recherches sahéliennes* est un journal semestriel multidisciplinaire qui publie des travaux originaux dans tous les domaines de la recherche en milieu rural et en population et développement. Ces recherches portent en priorité sur les pays du Sahel mais également sur ceux de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique au Sud du Sahara. La revue publie:

- des articles originaux sur les politiques de sécurité alimentaire, la gestion des ressources naturelles, l'environnement, la protection des végétaux, la gestion de la recherche agricole, les changements socio-économiques et organisationnels du monde rural et les problèmes de populations;
- des articles de synthèse et des articles sur des questions de méthodologie et d'orientation de la recherche;
- des actes de réunions scientifiques sur les recherches en milieu rural.

La revue *Etudes et recherches sahéliennes* invite les chercheurs sahéliens à lui adresser leurs articles scientifiques et s'engage à leur assurer la diffusion la plus large possible

Pour tout envoi de manuscrit ou autre correspondance, écrire à:

Le Directeur des publications
Etudes et recherches sahéliennes
BP 1530, Bamako, MALI
Tél(223) 22 21 48 / 23 02 37
Fax (223) 22 23 37 / 23 02 37
email: administration@insah.org
Web : www.insah.org

Sahelian Studies and Research is a semi-annual multidisciplinary journal publishing original works in all aspects of agricultural research and population and development. The research is related to countries of the Sahel as a matter of priority but also on West and Sub-Saharan Africa. More specifically, it publishes:

- original articles on food security policy, natural resource management, Environment, Crop protection, Agricultural Research Management, the organizational and socio-economic changes taking place in rural areas as well as issues on population ;
- basic research articles on issues related to methodology and orientation of research ;
- proceedings of scientific meetings on farming systems.

The target audience of the journal are researchers, professionals of extension activities, non-governmental organizations as well as decision-makers of agricultural policies meant to assist political authorities of sub-saharan Africa design the best agricultural policies possible.

Sahelian Studies and Research invites agricultural researchers of the Sahel to submit their research papers to it. It is also committed to disseminate their research results as widely as possible.

All manuscripts and correspondants should be sent to Director of Publications

Sahelian Studies and Research
Tél(223) 222 21 48 / 223 02 37
Fax (223) 222 23 37 / 223 02 37
email: administration@insah.org
Web : www.insah.org

Table des matières/Table of contents

Dr IDRISS O. Alfaroukh

Editorial.....	6
----------------	---

Diaminatou Sanogo, Elias Ayuk, Yaye kène, Gassama Dia

Appropriation de technologies agroforestières : cas de la haie vive dans le sud du bassin arachidier du Sénégal.....	7
--	---

Miningou Amos, Sérémé Paco, Mondeil Fanja

Etude de la variabilité de <i>Cercospora arachidicola</i> (Hori), agent pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide.....	19
--	----

Moussa Noussourou, Rick Foster, John S. Caldwell

Dynamique des populations de <i>Nisotra uniformis</i> , <i>Nisotra dilecta</i> et de leurs prédateurs sur <i>Hibiscus sabdariffa</i> au Mali.....	39
---	----

D. Ngom, M. Banoin, H. Dacosta, L.E. Akpo

Perceptions de l'importance de l'arbre en Pays Sérér : Le cas du Bassin de la Néma en zone soudano-sahélienne du Sénégal.....	47
---	----

M. Kebbeh, M.C.S Wopereis, Miezan, B.S. Diack and A.M. Fermont

Assessing Productivity and Profitability Gaps in Irrigated Rice Production in the Sahel.....	59
--	----

Note aux auteurs.....	69
-----------------------	----

Editorial

La revue *Etudes et recherches sahéliennes* poursuit son évolution dans l'espace sahélien en diversifiant les thèmes traités.

En effet, les thèmes traités dans les précédents numéros (0 à 9) touchent des domaines très divers, à savoir la dévaluation du FCFA, la recherche agricole, les pesticides, la socio-économie, le foncier, l'élevage, la sylviculture, le lait, donc des problèmes du Sahel traités comme on le souhaite par des chercheurs individuels.

Ce numéro est consacré à l'agronomie et l'agroforesterie.

Nous nous réjouissons de l'intérêt sans cesse grandissant que les chercheurs portent à cette revue.

La mise en place du Comité scientifique composé d'éminents chercheurs de renommée internationale, rehaussera sans nul doute le niveau de notre revue déjà bien appréciée et contribuera vraisemblablement à encourager les chercheurs et vulgarisateurs sahéliens à y publier des articles relatifs aux résultats de leurs travaux.

La publication de la liste des membres du Comité de lecture composé de personnalités scientifiques renommées est également une preuve éclatante du progrès réel effectué dans le cadre de l'amélioration de la qualité de la revue.

Nous saisissons l'occasion pour renouveler notre appel à l'endroit des chercheurs et vulgarisateurs sahéliens pour prendre en charge cette revue *Etudes et recherches sahéliennes* qui est la leur en fournissant des articles pour y être publiés.

Pour terminer, nous voudrions remercier tous nos partenaires pour leur appui et leur confiance combien inestimables.

Dr IDRISS O. Alfaroukh
Directeur des publications

Appropriation de technologies agroforestières : cas de la haie vive dans le sud du bassin arachidier du Sénégal

Diaminatou Sanogo¹ Elias Ayuk² et Yaye kène Gassama Dia³

Résumé

Une étude socio-économique conduite en 1997 a permis d'évaluer l'introduction de la technique de la haie vive dans les terroirs saturés du bassin arachidier du Sénégal. L'atténuation de l'érosion éolienne, la divagation des animaux et la matérialisation des limites des champs sont des motifs importants évoqués par les exploitants. Les contraintes majeures à l'adoption sont le manque d'actifs, de foncier et de plants. Un modèle logistique intégrant la perception paysanne et une liste de variables socio-économiques a été utilisé pour étudier le processus d'adoption des haies vives par les paysans. Les résultats indiquent que la probabilité d'adopter la haie vive augmente si le paysan est pourvu de main d'œuvre (plus de deux hommes âgés de 15-59 ans) OR = 2,9 [1,3– 6,1], d'une charrette au minimum OR = 5,7 [1,4 – 21,7]; les paysans adoptent la technique non seulement pour les raisons précédemment citées, mais aussi parce qu'elle constitue un moyen d'accès à la propriété de la terre OR = 4,3 [1,0 – 17,3] permettant d'éviter les conflits entre agriculteurs et éleveurs.

Mots clés : Agroforesterie / haie vive / socio-économie / bassin arachidier / Sénégal

Abstract

A Socio-economic study was undertaken in 1997, to assess the introduction of live hedges in the saturated land use system of the groundnut basin in Senegal. The main reasons for farmer adoption are reduction of wind erosion, animal containment and boundary planting. The major constraints to adopt are the lack of labour, insecure tenure and inadequate supply of planting materials. A logit model integrating household heads' perception of technology and an explanatory sociological and economical variables was used to study farmers' decision processes to live hedges adoption. The results indicate that the number of workforce and the presence of cart increase the probability of adopting live hedges (OR = 2,9 [1,3– 6,1], OR = 5,7 [1,4 – 21,7] respectively). The study also indicate in the addition to the factor identified earlier, the live hedge serves as a strategy to secure land OR = 4,3 [1,0 – 17,3] and avoid conflicts between agriculturalists and pastoralists.

Key words : Agroforestry, Live hedge / socio-economic / groundnut basin / Senegal

Remerciements

Nos remerciements vont à l'I.R.D. ex Orstom pour son accueil, au réseau ANAFE de l'I.C.R.A.F. pour son soutien financier. Nous exprimons notre gratitude à Messieurs Roger Pontanier, Christian Floret, et Belco Kodio pour les commentaires qu'ils ont eu à faire pour améliorer le document.

¹ Chercheur ISRA/ICRAF, BP 2312, Dakar, Sénégal

² Spécialiste Principal de Programmes, CRDI/SISERA, BP 11007 CD Annexe, Dakar, Sénégal, Tel: (221) 864 00 00 poste 2233; Fax: (221) 825 32 55

³ Faculté des Sciences et Techniques, Département de Biologie Végétale Université de Dakar, BP 5005 Dakar Fann, Sénégal
Adresse du correspondant:

*Dr. Diaminatou Sanogo, Programme Jachère, IRD, BP 1386, Dakar, Sénégal

Tel : (221) 8493316/5599285, fax : (221) 849 33 15

E-mail : Diaminatou.Sanogo@ird.sn

Introduction

Jusqu'à ces dernières décennies, l'agriculture africaine était essentiellement basée sur les cultures itinérantes sur brûlis, séparées par de longues périodes d'abandon de la culture (Floret *et al.*, 1993). Cette phase de repos appelée jachère jouait un rôle essentiel pour le maintien de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de la zone soudano-sahélienne (Nye et Greenland, 1960). Ces espaces abandonnés servaient également de zone de pâture pour le bétail et permettaient aux populations de récolter du bois de chauffe et divers produits d'appoint tels que plantes médicinales, fruits, bois de service, gibiers, (Floret *et al.*, 1993). L'accroissement démographique et l'adoption de pratiques agricoles nouvelles et étrangères ont bouleversé cet équilibre (Pieri, 1989). Les systèmes de culture ont subi de profondes transformations (Perez *et al.*, 1991 ; Kleiman *et al.*, 1995). Les haies d'euphorbes qui quadrillaient le terroir du bassin arachidier par le passé ont pratiquement disparu (Lericollais, 1990 ; Dupriez & Leener, 1993). Dans cette zone, la culture de l'arachide s'est développée au détriment des cultures de subsistance. En tant que culture de rente, elle a amplifié la pression agricole sur le milieu : les surfaces cultivées se sont étendues, la période de culture allongée et la jachère de longue durée, nécessaire au maintien du système, tend à disparaître inéluctablement au profit de jachères trop courtes pour la restauration de la fertilité. Dans cette phase d'intensification progressive des systèmes de culture, une tendance se manifeste pour aménager et structurer l'espace (Ouattara et Louppe, 1998). Il s'agit en effet de promouvoir d'une manière durable des ressources pastorales et forestières pour remplacer la jachère en tenant compte des contraintes d'une production agricole qui doit être en augmentation (Benoît-Cattin et Ruas, 1995).

On ne peut pas envisager d'aménager l'espace en structurant le paysage sans la constitution de limites visibles et acceptées (Louppe, 1991). Dans ce contexte, les haies vives, constituants élémentaires du bocage, apparaissent comme un élément déterminant puisqu'elles n'immobilisent pas de surfaces trop importantes de terre, matérialisent les limites physiques entre les parcelles aménagées et assurent une certaine protection des aménagements et des récoltes contre le bétail et le vol. De plus, les haies vives peuvent résoudre un certain nombre de problèmes auxquels les paysans sont confrontés : conflits agriculteurs-éleveurs, appropriation foncière, gestion des pâturages améliorés et réduction de l'érosion des sols. Elles permettent aussi de préserver durablement un

grand nombre d'espèces végétales, notamment ligneuses, remplissant ainsi certaines fonctions d'une jachère de longue durée.

Les haies vives ont été déjà largement testées et utilisées dans le monde rural (Kaya *et al.*, 1994). Ces auteurs précisent qu'au Mali, le savoir du paysan précédait la recherche : " il faut amener le chercheur à l'école du paysan ". On peut alors se demander pourquoi ces haies n'ont pas eu, jusqu'à nos jours, l'extension qu'elles méritaient.

L'acceptabilité de la technologie des haies vives dépend de l'intérêt que les paysans y trouvent (Louppe et Yossi, 2000). Les avantages qu'elles présentent sont connus : la délimitation foncière, la durabilité de la haie, ses fonctions de lutte contre l'érosion et l'effet brise vent (Kaya *et al.*, 1994 ; Ouattara et Louppe, 1998 ; Ayuk, 1997 ; Bonkougou *et al.*, 1998 ; Sanogo *et al.*, 2000 ; Louppe et Yossi, 2000), mais ils ne sont pas toujours suffisants pour comprendre les motivations des paysans. D'un autre côté, les recherches sont encore dirigées vers l'évaluation de la performance de la technique haie vive en conditions expérimentales (Hien et Zigani, 1987 ; Cazet, 1989 ; Depommier et Freycon, 1990 ; Louppe et Ouattara, 1990 ; Depommier, 1991 ; Kaya *et al.*, 1994 ; Ouattara et Louppe, 1998).

L'acceptabilité des haies vives n'a pas eu une attention particulière.

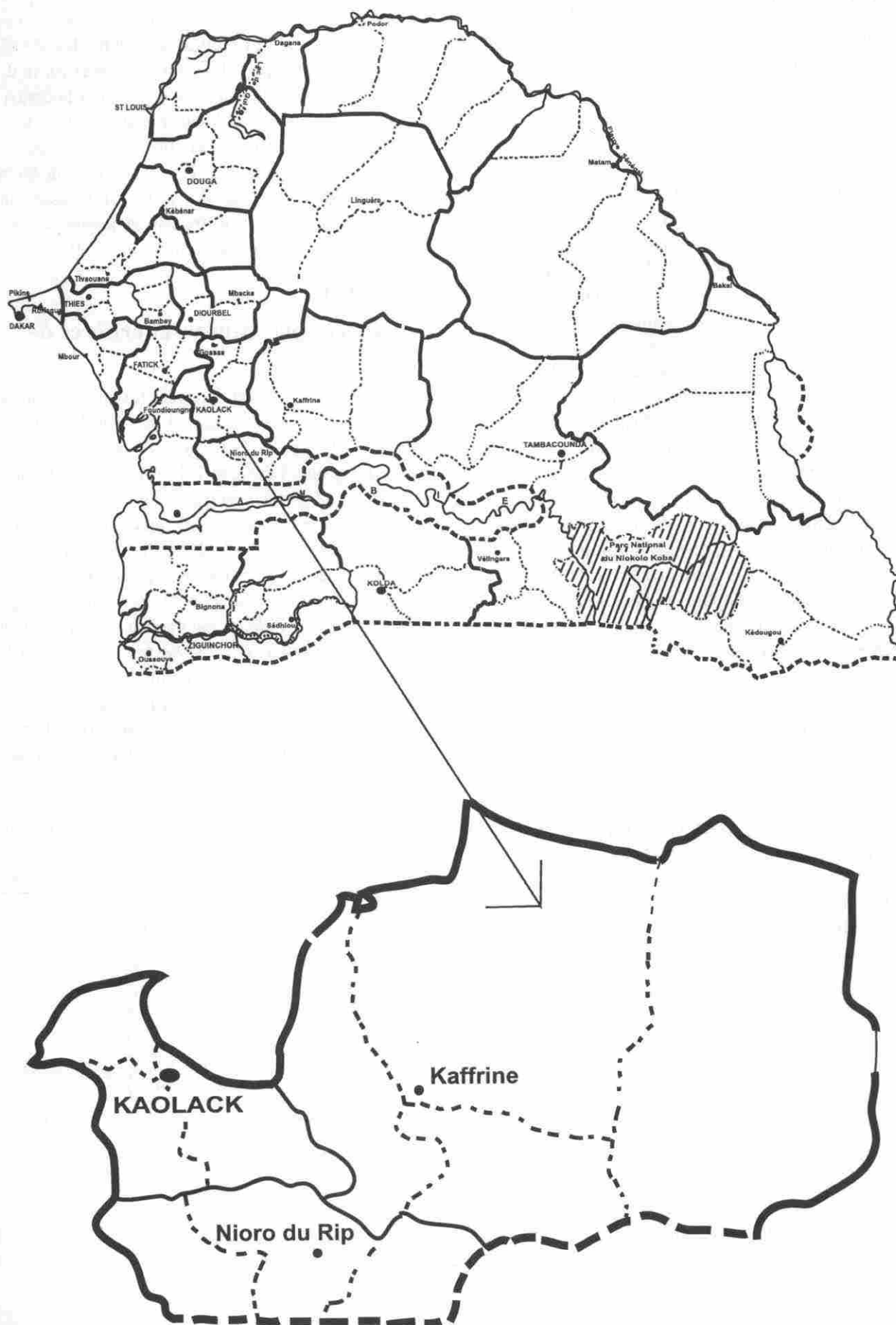
En effet, la présente étude a permis d'identifier les conditions d'adoption de la haie vive. Il s'est agi de comprendre la motivation qui conduit les paysans du sud bassin arachidier du Sénégal à choisir une espèce donnée ; les raisons et les contraintes liées à cette adoption ; les déterminants de l'adoption à travers diverses variables caractérisant l'agriculteur, son système de culture et son comportement face à la technologie de la haie vive.

Matériel et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

Les 12 villages sélectionnés dans le cadre de cette enquête sont situés dans les départements de Gandiaye, Kaffrine, Nioro, région de Kaolack (figure 1). Le choix de ces départements a été motivé par les nombreuses interventions en agroforesterie, avec une attention particulière portée sur l'introduction de la haie vive. A Gandiaye et Kaffrine, la pluviométrie annuelle varie entre 400 – 600 mm (climat sahélo-soudanien) et Nioro du Rip entre 600–800 mm à (climat soudano-sahélien). Les sols sont de type ferrugineux tropicaux dans les trois départements.

Figure 1 : localisation de la zone d'étude dans le sud du bassin arachidier du Sénégal



2. Déroulement de l'enquête

Une pré-enquête a été effectuée pour tester le questionnaire afin de vérifier s'il permet de recueillir les informations recherchées. Un questionnaire standardisé a été administré à chaque chef d'exploitation entre le 20 mai au 19 juin 1997. Ce questionnaire comporte trois parties. La première partie permet de recueillir des informations sur les caractéristiques socio-démographiques (l'âge du chef de l'exploitation, son sexe, son ethnie, sa situation matrimoniale, sa religion, son statut familial, son appartenance à un groupement villageois, son niveau d'instruction, la scolarisation d'autres personnes de l'exploitation et la composition par âge et par sexe du ménage, et le nombre total de personnes). La seconde partie est réservée aux activités économiques (l'activité principale du chef d'exploitation, la pratique de l'élevage, le nombre de têtes par type de bétail, le nombre de champs de l'exploitation, le nombre de champs clôturés par une haie vive et les caractéristiques de la haie). Enfin, la troisième partie était consacrée aux Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) de la technique des haies vives (raisons d'adoption, origine de l'idée d'adopter, choix de l'espèce, activités d'installation et d'entretien, difficultés et solutions, interaction avec les cultures, élevage et régime foncier).

3. Analyse des données

Les données individuelles ont été examinées à partir de la liste et de la distribution des paramètres descriptifs. Cette opération a permis de vérifier la cohérence des données saisies et de corriger certaines erreurs. Pour les variables dont les modalités sont hiérarchisées, la formule ci-dessous permettant de déterminer l'importance relative de la réponse du paysan a été utilisée :

$$RW_i = \sum_{j=1}^3 W_j F_j$$

avec W_j = poids donné à la réponse du jème paysan, F_j = fréquence de réponse parmi n paysans. RW_i = poids relatif du ième critère ou réponse. La 1ère réponse la plus importante reçoit la note de 5 points, la 2ème 3 points et la 3ème 1 point. Il faut noter que l'attribution de ces points est arbitraire. Pour chaque réponse, le calcul de RW_i a permis d'établir un classement.

Au stade univarié, le test du χ^2 a été utilisé pour comparer les proportions. Les variables associées avec un $p \leq 0,20$ ont été introduites dans un modèle de régression logistique. Le test du maximum de vraisemblance a été utilisé pour mesurer la contribution de chaque variable au modèle. Le test de χ^2 de Hosmer et Lemeshow a été utilisé pour apprécier la qualité de l'ajustement. Les principaux facteurs ont été examinés par les odds ratio (OR) ajustés sur les différentes variables d'exposition qui ont été conservées dans le modèle au seuil de $p = 0,10$.

Résultats

1. Espèces prioritaires et critères de choix

Les trois espèces prioritaires par ordre d'importance sont *Zizyphus mauritiana*, *Acacia holocericea*, *Parkinsonia aculeata* respectivement avec 151, 128, 106 points (Tableau I). La préférence du premier choix (*Z. mauritiana*) a été son aptitude à fournir à la fois du fourrage, des fruits comestibles, du bois de chauffe et son rôle défensif. Le second choix (*A. holocericea*) se justifie par la "beauté" de son feuillage et sa qualité de bon "brise vent". Le troisième choix (*P. aculeata*) se justifie principalement par sa qualité défensive. *Euphorbia sp.* occupait le 4ème choix en raison de la bonne connaissance de l'espèce (Tableau II). Au total, le principal critère de choix d'une espèce était son efficacité dans la protection. De plus, les espèces doivent avoir des fonctions multiples pour être préférées.


Tableau I : Espèces prioritaires en haie vive selon les paysans

Espèce	Score	Rang
<i>Zizyphus mauritiana</i>	151	1
<i>Acacia holocericea</i>	128	2
<i>Parkinsonia aculeata</i>	106	3
<i>Euphorbia sp.</i>	76	4
<i>Acacia nilotica</i>	73	5
<i>Eucalyptus sp.</i>	71	6
<i>Acacia melifera</i>	64	7
<i>Acacia albida</i>	55	8
<i>Prosopis juliflora</i>	43	9
<i>Anacardium occidentale</i>	20	10


Tableau II^e: Critères de choix des cinq espèces préférées par les paysans

Critères de choix des espèces	<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Acacia holocarpa</i>	<i>Parkinsonia acculeata</i>	<i>Euphorbia sp.</i>	<i>Acacia nilotica</i>
Protection efficace	-	-	61	22	14
Alimentation animale et humaine (fourrage, fruits)	42	-	-	-	-
Croissance rapide + protection efficace	-	-	-	13	15
Protection efficace + alimentation animale et humaine	26	-	-	-	-
Brise vent	-	26	-	-	-
Croissance rapide	-	21	21	-	-
Aspect esthétique de l'espèce	-	-	-	-	-
Alimentation animale et humaine + service	15	-	-	-	-
Bien connu	-	-	-	13	-
Brise vent + service	-	11	-	-	-
Protection efficace + bois de chauffe	-	-	10	-	-
Protection efficace + alimentation animale	-	-	-	-	7

Viennent de paraître




**INSTITUT
DU
SAHEL**





**Le Système national
de recherche agronomique
du Niger**

Proposition d'un plan national à moyen terme centré
sur l'INRAN





Recherche & Développement







**INSTITUT
DU
SAHEL**





Rapport annuel 2002-2003

Plus d'un quart de siècle de lutte
pour la sécurité alimentaire,
contre la sécheresse et la
dégradation du Sahel

Comment assurer 80 millions de
habitants en 2015, 110 millions
en 2025 ?

2. Avantages et contraintes de la haie vive

Les avantages et les contraintes de la haie vive sont présentés dans le tableau III. Les principaux avantages rapportés par les paysans sont relatifs à sa fonction protectrice : la protection générale du champ (219 points), la protection contre la divagation des animaux et des personnes (129 points) et contre l'érosion éolienne (128 points). La fonction de régénération de la fertilité le long de la haie vive par la décomposition des feuilles tombantes (91 points), et celle de la matérialisation des limites du champ (60 points) ont été rapportées.

Tableau III^a: Avantages et contraintes de la haie vive par ordre d'importance

Avantages	Score	Rang
Protection du champ	219	1
Protection contre la divagation des animaux et des personnes	129	2
Protection contre l'érosion éolienne	128	3
Régénération de la fertilité	91	4
Limitation des champs (matérialisation)	60	5
Produits tirés de la haie vive	51	6
Protection contre l'érosion hydrique	46	7
Bois de chauffage	20	8
Fourniture de fourrage et de fruits	17	9

Contraintes	Effectif	%
Pas de contrainte	65	66,3
Refuge de prédateurs	9	9,1
Diminue la surface cultivable	5	5,1
Ne sait pas	5	5,1
Difficultés de protection des plants	4	4,1
Concurrence les cultures	4	4,1
Difficultés d'entretien	3	3,1
Source de conflits	3	3,1

Pour deux tiers (66 %) des exploitants, il n'y avait aucune contrainte à l'adoption de la haie vive. Pour 9,1 %, la haie favorisait l'installation des prédateurs. La proportion des exploitants ayant rapporté d'autres contraintes est faible, variant entre 5 % et 3 %

3. Raisons de l'adoption et de la non adoption des haies vives

Les raisons prédominantes de l'adoption sont : la protection des champs contre l'érosion éolienne (25,5 %), la divagation des animaux (15,3 %) et la matérialisation des champs (14,3%). Ceux qui n'ont pas adopté la haie vive ont, dans l'ordre, cité comme raisons : le manque de mains d'œuvre (31,1 %), de

champs ou de champs éloignés des habitations (24,6 %), le manque des semences ou de plants (16,8 %) et le manque de temps (12 %) (tableau IV).

Tableau IV^a: Raisons d'adoption et de non adoption de la haie vive

Pourquoi avez vous adopté la haie vive ?	Effectif	%
Lutte contre l'érosion éolienne	25	25,6
Lutte contre la divagation des animaux	15	15,3
Limite des champs (matérialisation)	14	14,3
Protection générale	14	14,3
Régénération de la fertilité du sol	12	12,2
Lutte contre l'érosion hydrique	9	9,1
Ombrage	3	3,1
Produits tirés de la haie vive	3	3,1
Alimentation animale	2	2,0
Lutte contre la désertification	1	1,0
Total	98	100

Pourquoi n'avez vous pas adopté la haie vive	Effectif	%
Manque de main d'œuvre	24	31,2
Manque de champs ou champs éloignés	19	24,7
Manque de semences ou de plants	13	16,9
Manque de temps	10	12,9
Manque de connaissances sur la technologie	5	6,5
Manque de moyens de protection des plants	1	1,3
Manque de volonté	1	1,3
N'adhère pas au groupement villageois	1	1,3
Manque d'eau	1	1,3
Manque d'outil	1	1,3
Sans réponse	1	1,3
Total	77	100

4. Caractéristiques socio-économiques de l'adoption

Au stade univarié, l'adoption de la haie vive est liée à l'âge de l'exploitant, à son statut familial, à son appartenance à un groupement, au nombre de garçons d'âge < 8 ans, au nombre de sujets d'âge > 59 ans, à la présence de cheval dans le ménage et la préoccupation de l'effet de la haie sur les conflits sociaux. Les autres variables sont sans effet (tableau V).

Les résultats de l'analyse multivariée (régression logistique) sont résumés dans le tableau VI. Le statut familial dépendant est négativement lié à l'adoption de la haie vive par rapport au statut familial indépendant en tenant compte du statut femme. La probabilité d'adopter la haie vive diminue de 0,09 fois avec un intervalle de confiance de [0,03 - 0,26] si le paysan est de statut familial dépendant par rapport au statut familial indépendant. L'appartenance à un groupement villageois était fortement liée à l'adoption de la haie vive : il y avait 6,5 fois [2,6 - 16,2] plus d'adoptants parmi les exploitants appartenant à un groupement villageois, environ 3 fois [1,3 - 6,1] plus si dans le ménage il y a plus de 2 hommes âgés de 15-59 ans, 5,7 fois [1,4 - 21,7] plus si l'exploitant a au moins une charrette et 4,3 fois [1 - 17,3] plus si les paysans pensent que la haie vive aide à éviter les conflits.

Tableau V : Influence des facteurs socio- économiques sur l'adoption de la haie vive (Analyse univariée)

Variables	Modalité	Adoption (%)	Non adoption (%)	chi ²	P
Sexe	masculin	82 (83,7)	63 (81,8)	0,10	0,74
	féminin	16 (16,3)	14 (18,2)		
Age de l'exploitant (ans)	17-29	7 (7,2)	14 (18,4)	8,04	0,01
	30-59	68 (70,1)	54 (71,1)		
	60-80	23 (22,7)	9 (10,5)		
Ethnie	wolof	45 (45,9)	34 (44,2)	1,03	0,59
	sérère	30 (30,6)	20 (26)		
	autre	23 (23,5)	23 (29,8)		
Statut matrimonial	marié	90 (91,8)	68 (88,3)	0,61	0,43
	autre	8 (8,2)	9 (11,7)		
Statut familial	chef ménage indépendant	73 (74,5)	44 (57,1)	15,35	0,000
	chef de ménage dépendant	8 (8,2)	24 (31,2)		
	femme	17 (17,3)	9 (11,7)		
	oui	21 (21,4)	12 (15,6)	0,96	0,32
Scolarisation	non	77 (78,6)	65 (84,4)		
	oui	84 (85,7)	59 (76,6)	2,38	0,12
Autres scolarisés	non	14 (14,3)	18 (23,4)		
Appartenance à un groupement	oui	87 (88,8)	49 (63,6)	15,73	0,000
	non	11 (11,2)	28 (36,4)		
Taille du ménage (pers)	1-11 (faible)	42 (43)	37 (48)	1,51	0,47
	12-19 (moyen)	35 (35,7)	29 (37,7)		
	>20 (grand)	21 (21,3)	11 (14,3)		
Garçons d'âge < 8 ans	nombre >2	46 (46,9)	22 (28,6)	6,12	0,010
	nombre ≤ 2	52 (53,1)	55 (71,4)		
Garçons de 8 à 14 ans	nombre >2	27 (27,56)	15 (19,5)	1,54	0,21
	nombre ≤ 2	71 (72,44)	62 (80,5)		
homme de 15 à 59 ans	nombre >2	56 (57,1)	33 (42,9)	3,52	0,042
	nombre ≤ 2	42 (42,9)	44 (57,1)		
homme d'âge > 59 ans	nombre • 1	43 (43,9)	18 (23,4)	7,98	0,004
	nombre < 1	55 (56,1)	59 (76,6)		
	nombre >2	30 (30,62)	22 (28,58)	0,09	0,76
	nombre ≤ 2	68 (69,38)	55 (71,42)		
Fille d'âge < 8 ans	nombre >2	20 (20,41)	8 (10,4)	3,22	0,05
	nombre ≤ 2	78 (79,59)	69 (89,6)		
Filles de 8 à 14 ans	nombre >2	52 (53,06)	41 (53,2)	0,00	0,98
	nombre ≤ 2	46 (46,93)	36 (46,8)		
femme de 15 à 59 ans	nombre • 1	32 (32,65)	27 (35,06)	0,11	0,73
	nombre < 1	66 (67,34)	50 (64,93)		
femme d'âge > 59 ans	nombre >2	46 (46,9)	43 (55,8)	4,27	0,23
	nombre ≤ 2	34 (34,7)	25 (32,5)		
Nombre de bovins	nombre de 1-10	18 (18,4)	9 (11,7)	2,09	0,35
	nombre > 10	27 (27,6)	29 (37,7)		
	Aucun	66 (67,3)	44 (57,1)		
Nombre ovins	nombre de 1-10	5 (5,1)	4 (5,2)	0,51	0,77
	nombre > 10	15 (15,3)	14 (18,2)		
	Aucun	70 (71,4)	55 (71,4)		
Nombre caprins	nombre de 1-10	13 (13,3)	8 (10,4)	0,34	0,56
	nombre > 10	32 (32,7)	22 (28,6)		
Présence d'âne	oui	66 (67,3)	55 (71,4)		
	non				
Présence de cheval	oui	94 (95,9)	67 (87)	4,65	0,03
	non	4 (4,1)	10 (13)		
Nombre de champs	nombre de 1-4	42 (42,9)	40 (51,9)	2,74	0,25
	nombre de 5-10	43 (43,9)	32 (41,6)		
	nombre >10	13 (13,2)	5 (6,5)		
Adoption de la haie morte	oui	28 (28,6)	26 (33,8)	0,55	0,46
	non	70 (71,4)	51 (66,2)		
La haie vive aide à éviter les conflits	oui	94 (95,9)	67 (87)	04,65	0,03
	non	4 (4,1)	10 (13)		

Tableau VI : Caractéristiques socio-économiques de l'adoption, régression logistique (analyse multivariée n = 175), 1997.

Variables	Modalités	Odds Ratio [Intervalle de confiance à 95 %
Statut familial 2	dépendant	0,09 [0,03– 0,26]
Statut familial 3	Femme	0,59 [0,2– 1,6]
Appartenance à un groupement	Oui	6,57 [2,6– 16,2]
Nombre d'hommes âgés de 159 ans	>2	2,90 [1,3– 6,1]
Présence de cheval	Oui	5,70 [1,4– 21,6]
La haie aide à éviter les conflits	Oui	4,30 [1,06– 17, 3]

Discussion

1. Choix de l'espèce

Les résultats de l'étude montrent que les principaux critères de choix d'une espèce pour la haie vive sont l'efficacité dans la protection et la fourniture de produits alimentaires. L'espèce *Zizyphus mauritiana* répond le mieux à ces critères et elle est l'espèce préférée par les paysans. Cependant *Acacia holocarpa* est la deuxième espèce préférée bien qu'elle n'ait aucune de ces qualités. Son choix est justifié par sa qualité de brise-vent et son aspect esthétique. Ceci prouve que l'érosion éolienne est un problème important dans la zone d'étude et que l'agriculteur attache beaucoup d'intérêt à l'apparence de son terroir.

2. Adoption de la haie vive

La principale raison d'adoption de la haie vive est pour les paysans l'espoir de voir résoudre certains de leurs problèmes environnementaux, fonciers, écologiques et agronomiques lutte contre l'érosion éolienne et hydrique, divagation des animaux dans les champs et la sécurisation foncière. La production directe de la haie (fourrage, fruits, bois) n'est pas une raison principale de l'adoption. Cependant, le principal critère de choix de *Zizyphus* est sa fonction productrice. La production de la haie vive, bien qu'appréciée par les paysans, n'est pas le principal motif de son adoption. Les raisons de la non adoption sont principalement liées au manque de parcelles et de personnes actives. Il y a une grande différence dans le taux d'adoption de la haie vive entre les catégories de paysans. Les paysans riches en actifs (15-59 ans) adoptent davantage la haie vive, car ils disposent de la main d'oeuvre nécessaire à l'installation et l'entretien de la haie. En Côte-d'Ivoire, Gapihan, 1998, au Sénégal Sanogo *et al.*, 2000 trou-

vent que " la richesse " de l'agriculteur a une influence certaine sur la décision d'adopter cette nouvelle technologie. Aux Philippines, Stark (1996) a montré que les grands ménages (nombre de personnes > 5) adoptent la technologie plus que les petits ménages. D'autres facteurs se sont révélés déterminants dans l'adoption de la haie vive. Les paysans de statut familial indépendant adoptent plus la haie vive que les autres. En effet, dans la zone d'étude, les paysans de statut familial indépendant sont les principaux décideurs. Ils attribuent des parcelles aux femmes et aux jeunes dépendants qui ont seulement le droit de cultiver et non celui d'innover une nouvelle technologie. Ce type d'observation est rapporté en Côte d'Ivoire (Gapihan 1998) estimant que l'adoption d'une quelconque nouvelle technologie agricole est influencée par le statut familial. Il faut cependant noter que dans le contexte socio-culturel du sud bassin arachidier, les populations étudiées semblent être en cours de mutation. Certaines femmes wolofs ou sérères propriétaires des champs adoptent la haie vive. Cette évolution encore peu marquée commence à s'individualiser. Un autre facteur important identifié est la présence de cheval dans l'exploitation. Ceci peut s'expliquer par le fait que le cheval est le principal animal d'attelage et la charrette le moyen de transport le plus utilisé pour le transport des plants ou boutures dans le sud bassin arachidier. Une étude conduite à l'Est du Sénégal (Caveness et Kurtz 1993) a montré que l'adoption des techniques agroforestières tend à diminuer avec le nombre de chevaux et justifie cette hypothèse par le fait que le système racinaire des arbres entrave la traction animale. La perception individuelle de l'agriculteur de la technologie de la haie vive a également une influence sur son adoption. En Afrique de l'Ouest, Adesina et Baidu-Forson (1995) ont souligné la nécessité d'inclure la perception de l'agriculteur dans les études d'adoption d'une nouvelle technologie. Il

ressort dans cette étude que la variable interaction "haie vive /conflit" est déterminante dans l'adoption de la haie vive. Les paysans qui trouvent que la haie vive permet d'éviter les conflits l'adoptent plus fréquemment. Ceci confirme l'importance que les paysans accordent à l'appropriation foncière. Dans le bassin arachidier, la pression sur les terres s'est accentuée et la volonté d'adopter le droit foncier moderne à la place d'un système foncier traditionnel s'est fait ressentir ces dernières années. La loi sur le domaine national, introduite en 1964 et réaffirmée en 1972 avec la réforme administrative, attribue la terre à ceux qui la mettent en valeur. Elle prévoit que la terre appartient à celui qui l'a cultivée au cours des trois dernières années. Elle prévoit également la possibilité, par l'intermédiaire du conseil rural, d'exploiter un paysan de sa terre, si ce dernier n'est pas capable de garantir sa mise en valeur. En conséquence, beaucoup de paysans utilisent la technique de la haie vive comme moyen légal pour revendiquer la propriété des terres et éviter les nombreux conflits entre agriculteurs et éleveurs qui résultent du fait que les troupeaux pénètrent dans des parcelles dont l'accès leur est normalement interdit. Une situation similaire existe au Sud du Mali (Kaya et al, 1994) et à l'Est de Indonésie (Wiersum, 1994). Ainsi, Louppe (1991) souligne que l'embocagement à vocation cadastrale est accepté dans les zones à forte pression sur la terre et là où il garantit la possibilité d'un investissement important.

Conclusion

Cette étude a permis de montrer que la protection contre l'érosion éolienne, la divagation des animaux et la sécurisation foncière sont les principales raisons invoquées pour l'adoption de la haie vive. De même, elle a montré la préférence des paysans pour *Z. mauritiana*, plante épineuse robuste, à cause de son efficacité dans la défense du champ et de l'intérêt qu'elle présente pour la production fruitière. Le manque d'actifs et de temps sont cités comme contraintes à l'adoption de la haie vive. Le degré de responsabilité du paysan dans le ménage (statut indépendant), la présence de charrette et la perception positive de la haie par rapport aux conflits sont les caractéristiques nécessaires à l'adoption de la haie vive. Ces résultats ont des implications pour la recherche et le développement. Ils permettent au chercheur d'identifier les sites pour tester la technologie "haie vive". Pour une meilleure adoption de cette technologie, les agents du développement peuvent ainsi cibler les paysans qui ont un pouvoir de décision ; ceux-ci sont pourvus de moyens humains (main d'œuvre pour l'installation de la haie vive) et économiques (moyen de transport des plants et ou boutures) dans les zones à forte pression sur le foncier (zones à forte densité de population).

Références bibliographiques

- ADESINA A. A., BAIDU-FORSON J.**, 1995. Farmers perceptions and adoption of new agricultural technology : evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics* 13 : 1-9.
- AYUK E.T.** 1997. -Adoption of agroforestry technology : the case of live hedges in the Central Plateau of Burkina Faso. *Agricultural Systems*, 54: 2, 189-206.
- BENOÎT-CATTIN M., RUAS J-F.**, 1995. Concepts et instruments de prévision alimentaire des pays d'Afrique sahélienne. *Economie et Sociétés, Série Développement agroalimentaire*, 22 (3-4) : 269-280.
- BONKOUNGOU E.G., DJIMÉ M., AYUK E. T., ZOUNGRANA I., TCHOUNDJEU Z.**, 1998. Taking stock of agroforestry in the Sahel-harvesting results for future. End of phase report : 1989-1996. *ICRAF* Nairobi, Kenya, 58p.
- CAVENESS, F. A., KURTZ, W. B.**, 1993. Agroforestry adoption and risk perception by farmers in Sénégal. *Agroforestry systems*, 21 : 11-25.
- CAZET M.**, 1989. Les plantations linéaires denses sur les sols sableux dégradés de la zone centre nord du Sénégal. comportement et effets sur les cultures adjacentes de quelques espèces locales et introduites. *Bois et Forêt des Tropiques*, n°222, 4 : 27-37.
- DEPOMMIER D.**, 1991. Propagation et comportement d'espèces à usages multiples en haie vive pour la zone sahélo-soudanienne : résultats préliminaires d'essais menés à Gonsé et Dindresso (Burkina Faso). Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupes d'études de l'arbre, Paris, France 155-165.
- DEPOMMIER D., FREYCON V.**, 1990. Note sur l'expérimentation en agroforesterie appliquée aux zones sèches : les haies vives. *IRBET-CTFT*, 16p.
- DUPRIEZ H., LEENER P.**, 1993. -Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique. *CTA - Terres et vie*, 280p.
- FLORET C., PONTANIER R., SERPANTIÉ G.**, 1993. La jachère en Afrique tropicale. *Dossier MAB 16.UNESCO*, Paris, 86p.
- GAPIHAN J. Y.**, 1998. Pratiques paysannes d'agroforesterie et capacités d'adaptation au changement. Etude de cas du village de Dessimblé, Département de Korhogo, Côte-d'Ivoire. Mémoire de fin d'études, Master européen NATURA, CNEARC, Montpellier : 77p + annexe.
- HIEN F. & ZIGANI G.** 1987. La haie vive. Un modèle d'intégration de l'arbre au système d'exploitation agricole et pastorale. Rapport manuscrit du CRDI, Canada: 60p.
- KAYA B., DIARRA S., COULIBALY A.**, 1994. Les haies vives en zone Mali-Sud. Etat actuel des connaissances scientifiques traditionnelles. Rapport de recherche. *ERS/GRN*, Sikasso, Mali. Document 94-05 : 23p.
- KLEINMAN P.J.A., PIMENTEL D., BRYANT R.B.** 1995. The ecological sustainability of slash-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, 52 : 235-249.
- LERICOLLAIS A.**, 1990. La gestion du paysage, Sahélisation, surexploitation et délaissement des terroirs sereer au Sénégal. In JF. Richard : " la dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest ", 151-169.
- LOUPPE D.** 1991.- Réflexions sur les haies vives et brise-vent en Nord Côte d'Ivoire (Région de Korhogo). Congrès Forestier Mondial-Paris-Sept 1991- Actes 3, RFF hors série n°3 : 129-135.
- LOUPPE D., OUATTARA N.**, 1990. Deux années de recherches à la station CTFT de Lataha. *CTFT*, Korhogo : 48p.

LOUPPE D., YOSSSI H. 2000. Les haies vives en Afrique de l'Ouest Sèche et Subhumide (bilan des connaissances). Dans "La jachère en Afrique Tropicale : rôles, aménagements, alternatives" Floret C. et Pontanier R. (eds), Vol 1 Actes du Séminaire International Dakar, 13-16 Avril 1999. John Libbey-Eurotext.

NYE P.H., GREENLAND D.J., 1960. -The soil under shifting cultivation. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal. Boucks. England, 153 p.

OUATTARA N., LOUPPE D., 1998. -Aménagement des terroirs ruraux ou sécurisation des exploitations agricoles et pastorales. Atelier "jachère et systèmes agraires" Floret C. et Pontanier R. (eds), Niamey, 28 septembre au 2 octobre 1998 : 11 p.

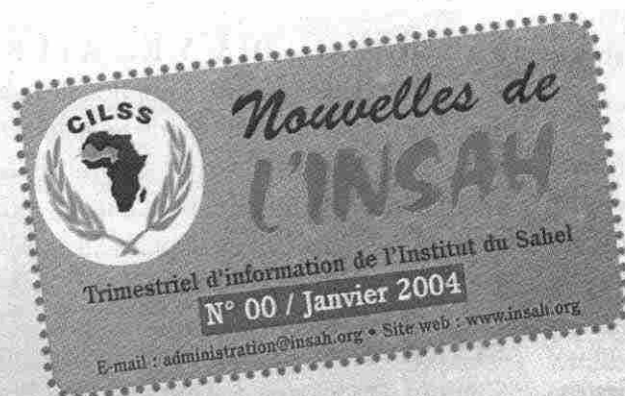
PEREZ P., SARR P.S., SÈNE M., 1991. Projet Pilote "Sine-Saloum" Bas-fonds de Thyssé Kayemor Rapport de synthèse : Agronomie. ISRA, ORSTOM, ICRAF et IRAT, Dakar., 11p.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la coopération / CIRAD-IRAT, Paris. 444p.

SANOGO D., DIA Y.K., AYUK E. & PONTANIER R., 2000. Adoption de la haie vive dans le sud bassin arachidier du Sénégal. Dans "La jachère en Afrique Tropicale : rôles, aménagements, alternatives" Floret C. et Pontanier R. (eds), Vol 1 Actes du Séminaire International Dakar, 13-16 Avril 1999. John Libbey-Eurotext.

STARK M., 1996. Adoption and adaptation of Contour Hedgerow Farming in the Philippine Uplands : Results of an Early Case study. *Der tropenlandwirt, Beiträge zur tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin*. Jahrgang, S. 3-16.

WIERSUM K. F., 1994. Farmer adoption of contour hedgerow intercropping, a case study from east Indonesia. *Agroforestry Systems* 27 : 163-182.



Sommaire

Information scientifique et technique	
Coopération INSAH / CTA	1
Dissémination	
Les cadres du Tchad s'approprient l'étude sur le "Profil démographique et socio-économique du Tchad"	2
Santé de la reproduction	
L'INSAH renforce les capacités des acteurs	3
Audit organisationnel	
Le nouvel INSAH / CILSS en gestation	4

Information scientifique et technique

L'INSAH et le CTA signent un protocole d'accord cadre de coopération scientifique et technique

L'INSAH et le CTA viennent de signer une convention de coopération pour la mise en place d'un service questions/réponses (SQR). Le SQR régional - Sahel, mis en place avec l'appui financier du CTA a pour objectif de développer un mécanisme régional pour fournir, aux acteurs et décideurs du développement agricole et rural de la région, des services d'information à la demande sur les thèmes d'information prioritaires. Ainsi, ils pourront adresser des requêtes au réseau qui se chargera de rechercher l'information partout où elle se trouve et de retourner les réponses aux demandeurs.

D'une durée d'un an, le projet démarrera avec trois points focaux : un point focal régional basé au Mali, à l'INSAH qui assure la coordination régionale, un point focal national à l'institut d'économie rurale (IER) Mali et un point focal à vocation régionale basé au centre AGRHYMET au Niger. L'élargissement aux autres pays et institutions du Sahel tout comme le développement des réseaux de SQR nationaux se feront progressivement.

Une stratégie sera élaborée pour permettre aux services d'information participants de pouvoir progressivement prendre en charge financièrement le service SQR, grâce notamment à un meilleur positionnement dans leurs institutions - et à une dotation budgétaire adéquate - et à la capacité de diversifier et développer des partenariats.



De gauche à droite : le DG adjoint de l'IER, le DG de l'INSAH et le représentant du Directeur du CTA à l'atelier de sensibilisation sur les services questions/réponses (SQR)

Le projet est né à la suite de l'atelier de sensibilisation sur la mise en œuvre de services questions-réponses dans les institutions d'Afrique de l'Ouest et du Centre organisé par le CTA à Bamako (Mali) du 18 au 20 février 2003 sous l'égide de l'INSAH, en collaboration avec l'IER.

Les représentants des pays de l'Afrique de l'Ouest membres du CILSS avaient exprimé leur volonté de mettre en place un réseau SQR régional dans la zone du Sahel. Tenant compte de l'expérience de l'INSAH dans ce domaine et de son mandat régional en matière de diffusion de l'information, le groupe a désigné l'INSAH comme point focal régional du réseau avec les membres suivants : CNRST (Burkina Faso), INPA (Guinée-Bissau), IER (Mali), CNERV (Mauritanie), INRAN (Niger), ISRA (Sénégal), AGRHYMET, CESAO, IPD/AOS et INSAH. Le CNAR (Tchad) avait pour sa part opté pour le SQR régional - Afrique Centrale, mais collaborera avec le SQR Sahel.



Une vue des participants. A gauche, la Coordinatrice régionale du projet SQR, Mme Diarra Fadima Diarra de l'INSAH

Le travail en réseau pour partager les ressources semble à l'heure actuelle une alternative viable pour inverser la tendance. Les services d'information documentaire (SID) d'Afrique en général font face à d'énormes contraintes financières, matérielles et en ressources humaines qui freinent la collecte, le traitement et la diffusion de l'information agricole. Ce qui constitue un frein au développement agricole et rural. Seuls les SID des ONG, des antennes des institutions de recherche et centres culturels des pays développés, ainsi que des organisations internationales constituent réellement des sources d'information.

Etude de la variabilité de *Cercospora arachidicola* (Hori), agent pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide

Miningou Amos¹, Sérémé Paco¹, Mondeil Fanja²

Résumé

L'étude de la variabilité de *Cercospora arachidicola* (Hori), agent pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide a été entreprise au Burkina Faso pour une meilleure caractérisation du pathogène indispensable à la mise au point de variétés dotées d'une résistance stable à la cercosporiose. L'étude a porté sur l'analyse des caractères biochimiques, morphologiques et du pouvoir pathogène sur 48 isolats monospores de quatre populations du pathogène prélevés dans quatre localités différentes du pays. L'existence d'un polymorphisme au sein des isolats du pathogène a été mise en évidence avec l'existence de quatre groupes électrophorétiques grâce aux analyses biochimiques du pathogène. Une corrélation semble exister entre l'agressivité élevée du pathogène et la présence de deux bandes protéiques ou l'absence de bande protéique dans la zone de migration de rf comprise entre 0,76 et 0,78. S'agissant de l'analyse des composantes de résistance des plantes d'arachide au pathogène, la période d'incubation et le diamètre moyen des lésions ont été identifiés comme étant des caractères sûrs de détermination du pouvoir pathogène.

Une analyse moléculaire des bandes protéiques spécifiques qui semblent être des marqueurs du pouvoir pathogène devrait être entreprise pour déterminer les bases moléculaires du pouvoir pathogène des différents isolats du pathogène.

Mots clés : Variabilité, *Cercospora arachidicola*, estérases, pouvoir pathogène

Abstract

The study of variability of *Cercospora arachidicola* (Hori) a pathogenic organism of early leaf spot on groundnut was undertaken in Burkina Faso in order to better characterize organism essential for breeding varieties with stable resistance to early leaf spot. The study consisted of the analysis of biochemical and morphological characters and the pathogenic viruleng of 48 monospored isolates issued from four population of the pathogenic organism taken from four different areas in country. The existence of a polymorphism within the isolates organism was evidenced by four electrophoretic groups from biochemical analyses of the pathogenic organism. There is a corelation between high agressivity of the pathogenic organism and the presence or absence of proteinic bands in the rf migration area between 0.76 and 0.78. As for the analysis of the resistance components of groundnut to the pathogenic organism, the incubation period and mean diameter of the lesions were identified as reliable the pathogenic viruleng. A molecular analysis of specific proteinic bands that seem to be markers of the pathogenic viruleng should be undertaken in order to determine the molecular bases of the pathogenic power of the various isolates.

Key words : Variability, *Cercospora arachidicola*, esterase, pathogenic power

⁽¹⁾ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/CREAF-Kamboinsé

01 BP 476 Ouagadougou 01 – Tél. 31-92-02/08 – E-mail :miningou_amos@yahoo.fr ou paco.sereme@coraf.org

⁽²⁾ Université de Cocody, Laboratoire de génétique UFR-Biosciences –

E-mail :mmondeil@yahoo.fr

Introduction

La cercosporiose précoce est l'une des principales maladies foliaires de l'arachide sévissant partout où cette culture est pratiquée (Abdou et al., 1974 ; Foster et al., 1981). Elle provoque d'importantes pertes de rendement allant de 15 à 35% (Hamid et al., 1981 ; Ghewande et al., 1992 ; Subrahmanyam et al., 1982).

Le champignon responsable de la cercosporiose de l'arachide qu'est *Cercospora arachidicola*, présente une variabilité mise en évidence par Subba Rao (1992). Cette variabilité s'est manifestée dans des aspects morphologiques, et au niveau du pouvoir pathogène de différents isolats du pathogène issus de 17 pays prélevés dans différentes régions des continents : Afrique Australe et de l'Ouest, Amérique du Nord et du Sud, Asie et Australie. D'autre part, cette variabilité n'est pas dépendante de l'origine géographique des isolats étudiés. Les résultats de Subba Rao (1992) nous ont inspiré pour entreprendre au niveau du Burkina Faso l'étude de la variabilité du pathogène basée sur l'utilisation de plusieurs de leurs caractères. En effet, une meilleure connaissance des populations du pathogène dans le pays offrirait des garanties pour la réussite de la lutte variétale contre la maladie basée sur la création et l'utilisation de variétés d'arachide résistantes ou tolérantes à la maladie. En plus des caractères du pouvoir pathogène et de ceux de la morphologie des conidies du pathogène, nous nous sommes intéressés à l'étude de leurs caractères biochimiques. Ce choix a été guidé par les résultats antérieurs de Somé (1988) sur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler & Bisby et sur *Fusarium* spp qui a, parmi quatre systèmes enzymatiques (estérases, malate déshydrogénase, superoxyde dismutases et phosphatases acides) montré la facilité d'utilisation des estérases et leur grande implication dans la mise en évidence du polymorphisme des différents isolats des deux pathogènes. Le rôle des estérases dans la mise en évidence du polymorphisme de *C. capsici* a été consolidé par les travaux de Sérémé (1999). Le présent article porte sur les résultats d'analyse des caractères morphologiques, biochimiques et du pouvoir pathogène de différents isolats de l'agent pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide prélevés dans les zones de prédominance de la maladie au Burkina Faso.

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

1.1. Les isolats du pathogène

Quarante huit isolats monospores de *Cercospora arachidicola* (Hori), pathogène responsable de la cercosporiose précoce de l'arachide ont été utilisés. Ces isolats proviennent de prélèvements d'isolats population réalisés sur des feuilles d'arachide *Arachis hypogaea* L naturellement infestées au champ et dont les origines figurent au tableau 1.

1.2. Les variétés d'arachide

Le matériel végétal utilisé se compose de six variétés d'arachide choisies pour leur sensibilité différente à la cercosporiose et sont présentées au tableau 2.

II. Méthodes

Trois moyens d'investigation ont été utilisés pour l'étude de la variabilité de *Cercospora arachidicola*, à savoir : l'étude enzymatique (estérase), l'étude du pouvoir pathogène et l'étude de la morphologie (taille et nombre de cloisons) des conidies du champignon.

2.1. Etude de la diversité enzymatique (estérases) de *Cercospora arachidicola*

L'électrophorèse monodimensionnelle verticale sur gel de polyacrylamide basée sur le système discontinu de Ornstein (1964) et Davis (1964) en conditions non dénaturantes a été appliquée. Dans ces conditions, les protéines non dénaturées sont séparées en fonction de leur masse moléculaire et de la charge électrique.

2.1.1. Obtention des isolats monospores

A partir des feuilles d'arachide naturellement infectées, des conidies ont été prélevées à l'aide d'une baguette fine de verre et mises en suspension à faible concentration dans deux millilitres d'eau distillée stérile, puis étalées sur du PDA. Au bout de 24 à 48 heures les conidies qui germent sont visibles à la loupe binoculaire et chaque conidie peut-être prélevée individuellement et mise en culture sur milieu FA (feuilles d'arachide) dont la composition est en annexe 1. Les conidies ainsi isolées sont mises en culture selon la méthode de Smith, (1971). Après trois à quatre semaines de croissance de la monospore, on obtient une nouvelle colonie d'une taille d'environ 5 ou 6mm de diamètre.

Tableau 1 : Désignation et origine des isolats monosporés de *Cercospora arachidicola* isolés sur arachide dans quatre zones du Burkina Faso en 1999

Zones	Sites	Isolats Monosporés	Zones	Sites
Kamboinsé	Ks I	Ks Ia	Kouaré	Kr I
		Ks Ib		
		Ks Ic		
	Ks II	Ks IIa		Kr II
		Ks IIb		
		Ks IIc		
	Ks III	Ks IIIa		Kr III
		Ks IIIb		
		Ks IIIc		
	Ks IV	Ks IVa		Kr IV
		Ks IVb		
		Ks IVc		
Zones	Sites	Isolats Monosporés	Zones	Sites
Saria	Sr. I	Sr. Ia	Pobé-Mengao	Pb. I
		Sr. Ib		
		Sr. Ic		
	Sr. II	Sr. IIa		Pb. II
		Sr. IIb		
		Sr. IIc		
	Sr. III	Sr. IIIa		Pb. III
		Sr. IIIb		
		Sr. IIIc		
	Sr. IV	Sr. IVa		Pb. IV
		Sr. IVb		
		Sr. IVc		

Tableau 2 : Caractéristiques des cultivars d'arachide utilisés

Variétés	Origine	Type Botanique	Cycle S.M*	se
1 CN 94C	Burkina Faso	Spanish	90 jours	S
2 TS 321	Burkina Faso	Spanish	90 jours	S
3 QH 243C	Burkina Faso	Spanish	90 jours	I
4 IC 7921	Burkina Faso	Fastigiata	90 jours	I
5 NCAc 17090	Pérou	Fastigiata	90 jours	R
6 Nama	Burkina Faso	Virginia	110 jours	R

* S.M : semis-maturité ; ** sens. CP : sensibilité à la cercosporiose précoce

S^o : sensible^o ; I^o : intermédiaire^o ; R^o : résistant

2.1.2. Culture des isolats et extraction des protéines solubles

Un explantat de la nouvelle colonie de l'isolat monospore, est prélevé et écrasé dans deux à trois millilitres d'eau distillée stérile, puis étalé uniformément sur le milieu FA dans deux ou trois boîtes de Petri. Après deux semaines de culture dans les conditions de Smith, (1971), le développement mycélien et conidien est abondant. A l'aide d'un scalpel, la masse de mycélium et de conidies à la surface de la gélose est raclée avec soin.

Les protéines mycéliennes sont extraites selon la méthode utilisée par Somé, (1988). La composition du tampon d'extraction qu'il a préconisé est en annexe 2. La solution protéique obtenue, additionnée de glycérol à 10 % du volume final, est prête pour une séparation électrophorétique. Pour des usages ultérieurs, la solution est aliquotée dans plusieurs tubes Eppendorf et conservée à -20°C .

2.1.3. Préparation des gels, dépôt des extraits protéiques

Dans la méthode électrophorétique discontinue employée, le gel comprend deux parties à savoir le gel de séparation préparé à une concentration de 11% d'acrylamide et le gel de concentration à 3,75 %. Dans le gel de concentration se trouvent les puits réalisés au moyen d'un peigne où les extraits seront déposés. Les mailles y sont de grandes tailles et permettent la concentration de toutes les protéines à un même niveau avant leur migration dans le gel de séparation. Les gels en plaques de dimensions moyennes (100 x 85 x 0,75 mm) permettent d'obtenir 10 puits et de comparer 8 échantillons.

Une quantité aliquote (10 à 15ml) d'extraits protéiques brutes est déposée dans chaque puits (un puits par échantillon) à l'aide d'une micro-seringue. Dans les puits des deux extrémités du gel, est déposé le bleu de Bromophénol servant d'indicateur de migration.

2.1.4. Migration électrophorétique et révélation des estérases

Avant la mise en route de l'électrophorèse, nous procédons au remplissage des deux réservoirs de la cuve verticale SE 280 (Hoefer Scientific Instruments) avec le tampon de migration (composition en annexe 2) qui au contact des électrodes, établit le circuit électrique au niveau du gel. Le déplacement des molécules protéiques chargées s'effectue de la cathode vers l'anode. Les conditions de réalisation sont requises sous un voltage constant de 200V et à une température de 4°C .

Le principe général de révélation des enzymes est basé sur le couplage de l'activité enzymatique avec une réaction colorée. Les estérases constituent un groupe d'enzymes capables d'hydrolyser les esters. La révélation des a et b Naphtyl acétates est couplée au réactif coloré Fast Blue RR. La composition du tampon de révélation est en annexe 3. Pour un système enzymatique donné, il peut exister plusieurs formes de la même enzyme appelées isozymes. Les bandes apparues sont notées ainsi que les distances parcourues. La mobilité relative, appelée référence frontale (Rf) de chaque bande est calculée en rapport à la distance parcourue par le front de migration. La migration des échantillons est répétée trois fois afin d'estimer les coefficients de variation des Rf des bandes.

2.1.5. Analyse des profils électrophorétiques

Nous avons d'abord effectué une analyse de variance des Rf des différentes bandes des isolats intra localités et inter localités afin de déterminer les bandes semblables ou dissemblables. Ensuite, nous avons effectué une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) pour déterminer les groupes d'isolats semblables et dissemblables. Pour le besoin de l'analyse nous avons préalablement codifié la présence ou l'absence de bande par le chiffre 1 ou 0.

2.2. Etude du pouvoir pathogène des isolats de *C. arachidicola*

Cette étude a été menée dans le but de rechercher le lien entre les différents isolats du pathogène et les différents groupes enzymatiques. Pour ce faire, les plantes des six variétés d'arachide du tableau 2 ont été inoculées par différents isolats de *C. arachidicola* représentatifs des différents groupes enzymatiques.

2.2.1. Culture des variétés d'arachide en pots

Les semences des six variétés ont été ensemencées dans des pots plastiques d'environ deux litres à raison d'une graine par pot. Chaque pot renferme un mélange de sable d'argile et de fumier dans la proportion 3/1/1. Ce mélange au préalable stérilisé à 120°C pendant 1 h permet une bonne aération des racines, contient suffisamment des nutriments pour le développement de la plante et assurent un bon état sanitaire. Les pots sont arrosés deux fois par semaine en versant manuellement une légère couche d'eau.

2.2.2. Culture des isolats du pathogène et production d'inoculum

La culture des isolats du pathogène est faite dans les mêmes conditions que précédemment pendant deux semaines. Afin de recueillir le maximum de conidies, 30 ml d'eau distillée stérile sont versés dans chaque boîte et à l'aide d'un pinceau fin, la surface de la culture est minutieusement brossée. La suspension conidienne ainsi recueillie est ensuite ajustée à l'aide de la cellule de Malassez à une concentration de $3 \text{ à } 5 \times 10^4$ conidies/ml.

2.2.3. Technique d'inoculation

L'inoculum obtenu est appliqué sur les plantes de sept semaines à la face supérieure des feuilles à l'aide d'un atomiseur à pression manuelle. Les pots sont ensuite enveloppés de sachets plastiques transparents pendant 48 à 72h (l'humidité relative autour de la plante est saturante) puis placés à une température de 23-25°C sous un cycle alternatif journalier de 12h de lumière blanche contre 12h d'obscurité. L'intensité de la lumière était de 5000 lux, l'humidité relative dans la serre est maintenue entre 60 et 80% à l'aide d'un humidificateur électrique.

2.2.4. Mesure des composantes de résistance et analyse des données

Les composantes de résistance suivantes ont été mesurées :

- la période d'incubation (P.I) indiquant le nombre de jours qui s'écoule entre la date d'inoculation et la date d'apparition des premiers symptômes. Elle est exprimée en jours ;
- le nombre de lésions sur les 5^{èmes} feuilles de la tige principale, 30 jours après inoculation ;
- le pourcentage de la surface foliaire nécrosée (P.S.F.N) mesuré à l'aide d'une caméra du type DELTA AREA Meter mk2 Série AM 11473 RS 232 C/ Burwell Cambridge – England. La caméra intègre d'abord la surface de l'objet visé et ensuite par effet de contraste elle intègre celle des parties foncées (nécrosée) ;
- le diamètre moyen d'une lésion (D.M.L). Il est calculé à partir des deux précédents paramètres ;
- l'indice de sévérité de la cercosporiose précoce: l'évaluation est faite en se référant à l'échelle de l'ICRISAT à 9 points (1995) ;
- le pourcentage de défoliation de la plante est évalué en faisant le rapport du nombre de feuilles tombées sur le nombre total de feuilles émises sur la tige principale.

Nous avons utilisé le dispositif factoriel à deux facteurs (variétés et isolats) pour l'analyse de ces différentes composantes afin de déterminer l'agressivité de chaque isolat et la sensibilité des différents génotypes. Le logiciel STATITCF a été utilisé pour les analyses de variances portant sur les différentes composantes.

2.3. Etude morphologique des conidies de *Cercospora arachidicola*

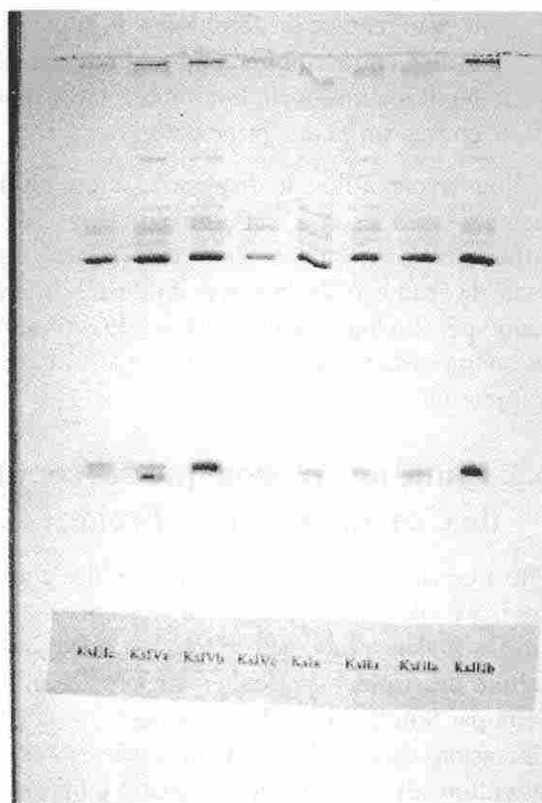
Elle a consisté à faire la mensuration des conidies des isolats de *C. arachidicola*, à plusieurs stades de croissance sur milieu gélosé FA. Les conditions de culture des isolats sont celles qui ont été mise au point par Smith (1971). Les premières mesures des dimensions des conidies sont faites quatre jours après les cultures. Une fréquence de quatre jours est également appliquée pour les autres mesures. Les caractères mesurés sont la longueur, la largeur et le nombre de cloisons des conidies. Trente conidies sont mesurées par isolat à chacun des trois prélèvements que nous avons effectués.

III. Résultats

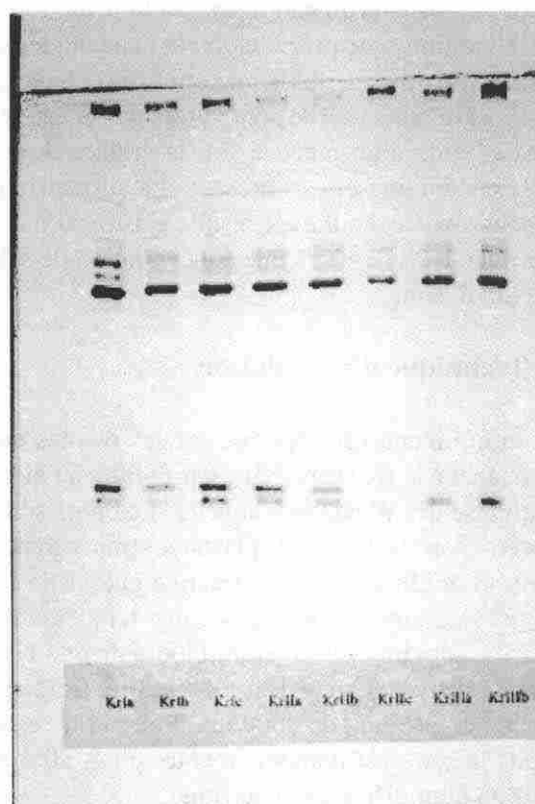
3.1. Analyse de la diversité enzymatique (esterases)

L'examen visuel des profils électrophorétiques des différents gels permet de voir plusieurs bandes de migration enzymatiques (Fig. 1). Chaque gel présente deux zones distinctes de migration des protéines : une zone à forte concentration de protéines (haut du gel) où les références frontales (Rf) sont comprises entre 0,189 et 0,400 (bandes lentes) et une zone présentant quelques bandes (bas du gel) où les Rf sont comprises entre 0,600 et 0,750. Dans la première zone, le nombre de bandes des différents isolats est identique. Ces bandes apparaissent caractéristiques pour tous les isolats et sont au nombre de six. Par contre, dans la seconde zone, les bandes rapides apparaissent de façon différentielle entre les isolats. Le nombre de ces bandes varie selon l'isolat (0, 1 ou 2) indépendamment de leurs origines et

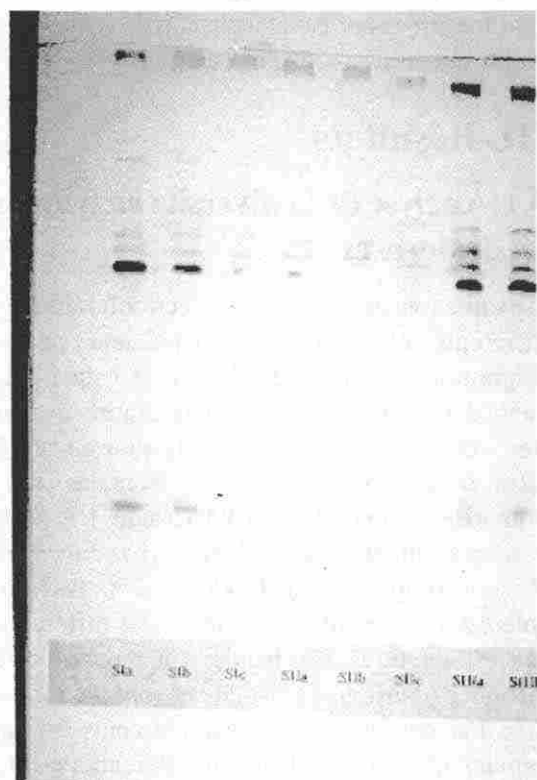
Figure 1 : Bandes de migration des estérases d'isolats monosporés de *Cercospora arachidicola* de quatre localités du Burkina Faso



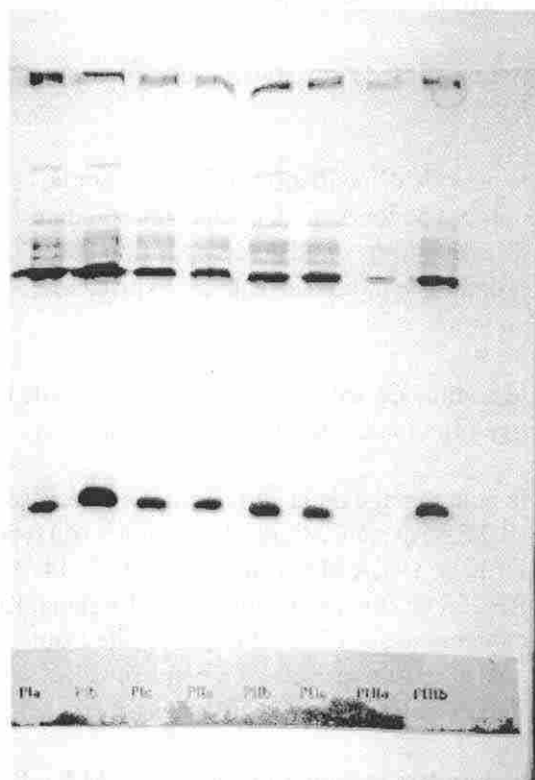
a) Isisolats monosporés de Kamboinsé



b) Isisolats monosporés de Kouaré



c) Isisolats monosporés de Saria



d) Isisolats monosporés de Pobé-Mengao

l'épaisseur de la bande rapide induit aussi une différenciation qui se manifeste en particulier pour les isolats de la localité de Pobé-Mengao. En effet, les isolats de cette localité présentent au niveau de la seconde zone une bande épaisse. Toutes les manipulations ont été répétées trois fois afin de minimiser les éventuelles erreurs expérimentales. Ainsi, quatre électrophorétypes ont pu être identifiés comme l'indique la représentation schématique (fig. 2).

3.1.1. Variation intra-localité des isolats du pathogène

3.1.1.1. Les isolats de Kamboinsé

La présence d'une ou deux bandes enzymatiques est mise en évidence dans la zone de bandes différentielles dans cette localité (Fig. 1a). Pour les deux électrophorétypes de cette localité, les monospores Ks IVc ; Ks Ia ; Ks IIa et Ks IIIa appartiennent au même type avec une bande <rapide> à $R_f = 0,716$, tandis que Ks IIIb ; Ks IIIc ; Ks IVa et Ks IVb appartiennent à l'électrophorétype qui a deux bandes dans la zone de bandes différentielles.

3.1.1.2. Les Isolats de Saria

Trois électrophorétypes sont mises en évidence dans la zone des bandes différentielles avec les isolats de Saria (Fig. 1b) : l'absence totale de bande, la présence d'une bande ou la présence de deux bandes. Seule la monospore Sr IIIc montre une absence totale de bande dans la zone différentielle. Quant aux monospores Sr Ia, Sr Ib et Sr IIIa elles présentent chacune deux bandes dans la zone différentielle tandis que les autres monospores n'y révèlent qu'une bande.

3.1.1.3. Les isolats de Kouaré

Les monospores de Kouaré présentent deux électrophorétypes à l'instar de ceux de Kamboinsé (Fig. 1c). Dans la zone de bandes différentielles, on y distingue des monospores avec une ou deux bandes. Les monospores ayant une bande dans cette zone sont Kr IIc, Kr IIIa et Kr IIIb. Les autres isolats Kr Ia, Kr Ib, Kr Ic, Kr IIa et Kr IIb ont deux bandes.

3.1.1.4. Les isolats de Pobé-Mengao

Toutes les monospores de cette localité présentent dans la zone de bandes différentielles une bande épaisse dénommée bande h, à l'exception de la monospore Pb IIIa qui n'a aucune bande dans cette

zone (Fig. 1d). Cette dernière montre un électrophorétype similaire à celui de Sr IIIc de Saria.

3.1.2. Variabilité inter-localité des isolats du pathogène

L'ensemble des monospores des quatre zones a fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) qui a permis de regrouper les isolats en fonction de la présence ou de l'absence des bandes (tableau de Burt). La figure 3 montre la répartition des monospores selon le groupe d'appartenance. Les axes du graphique sont dépendants des variables étudiées. Les variables h et i (bandes h et i) contribuent à 81,5% à la formation de l'axe 1. Par contre la variable g à elle seule contribue à 81,3% à la formation du second axe. Quatre sous-ensembles sont visibles sur le graphique. Ce sont les sous-ensembles 1, 2, 3 et 4.

Le tableau 3 récapitulatif de Burt, montre bien que 37 isolats monosporés sur les 48 n'ont pas la bande i (épaisse). Seuls 11 monospores de Pobé-Mengao possèdent cette bande. Quant à la bande h, le nombre d'isolats monosporés qui en révèle la présence est de 35, alors que les isolats qui n'en possèdent pas sont au nombre de 13. Pour la bande g, 15 isolats monospores montrent sa présence contre 33 qui n'en possèdent pas. Parmi ces derniers, les deux isolats Sr IIIc et Pb IIIa n'ont ni la bande h, ni la bande i.

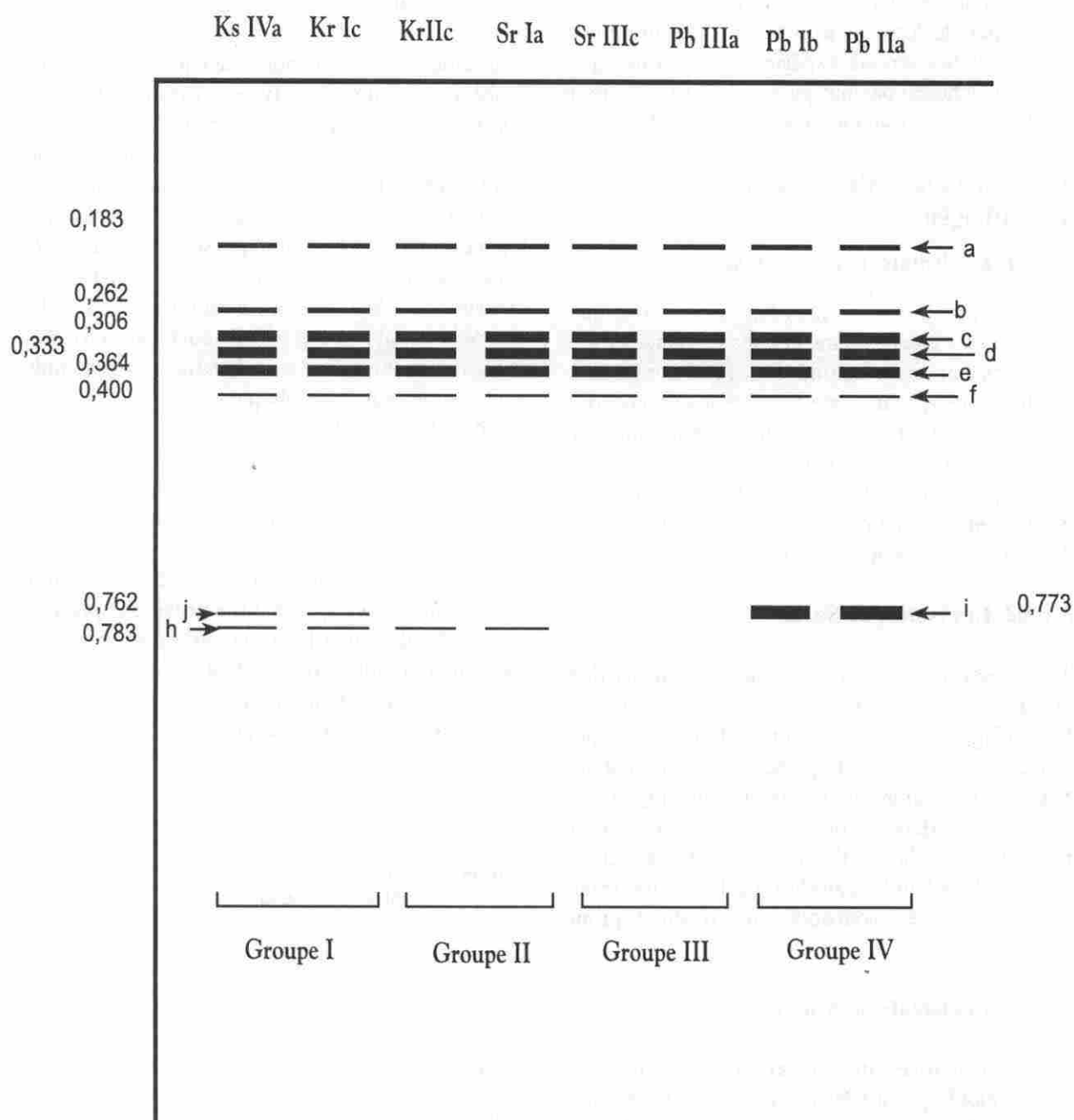
Tableau 3 : Tableau de BURT
Tableau des effectifs

	g		h		i	
	ABS	PRS	ABS	PRS	ABS	PRS
g						
ABS	33					
PRS	0	15				
h						
ABS	13	0	13			
PRS	20	15	0	35		
i						
ABS	22	15	2	35	37	
PRS	11	0	11	0	0	11
	ABS PRS		ABS PRS		ABS PRS	
	g		h		i	

ABS = absence de la bande

PRS = présence de la bande

Figure 2 : Représentation schématique de quatre électrophorétypes d'estérases de monospores de *C. arachidicola*





3.2. Etude du pouvoir pathogène des isolats de *C. arachidicola*

Les résultats d'analyses de variance relatives aux composantes de résistance étudiées que sont la période d'incubation (P.I), le nombre de lésions par cm² (NL/cm²), le pourcentage de surfaces foliaires nécrosées (P.S.F.N), le diamètre moyen des lésions (DML), l'indice de sévérité de la cercosporiose (I.S.C) et le pourcentage de défoliation (P.D) montrent des différences significatives ($p = 0,001$) entre les variétés et les isolats du pathogène pour chacune de ces composantes (tableau 4). Seule la variance relative au diamètre des lésions, n'est pas significative pour l'effet isolat. Une interaction significative variété par isolat à $p = 0,001$ est aussi notée entre variété et isolats (tableau 4).

3.2.1. La période d'incubation (P.I)

La durée moyenne du temps d'incubation du pathogène pour les quatre isolats a été de 16 jours et l'isolat monospore Kr IIc a manifesté le plus long temps d'incubation (tableau 5). Quant à la réaction des variétés influencées par les isolats, les variétés Nama et IC 79-2I ont présenté respectivement la plus longue et la plus courte période d'incubation. (tableau 6).

La plus longue période d'incubation qui est de l'ordre de 20 jours est enregistrée par l'interaction Nama / Sr IIc tandis que celle de Pb IIa / NCAc 17090 a montré la plus faible période d'incubation (Fig. 4a).

3.2.2. Le nombre de lésions par cm² (NL/cm²)

Le nombre moyen de lésions provoquées par les isolats sur les feuilles est 0,7/cm², avec le plus grand nombre de lésions induit par Ks IVa et le plus faible par Kr IIc (tableau 5).

Avec 1,2 lésions /cm², la variété CN 94C a présenté le plus de lésions / cm² et Nama le moins de lésions (tableau 6).

La forte interaction entre les variétés et les isolats du pathogène permet de voir que les couples CN 94C / Ks IVa et QH 243C / KS IVa ont les plus grands nombres de lésions / cm² (Fig. 4b).

3.2.3. Le pourcentage de surfaces foliaires nécrosées (P.S.F.N)

Le pourcentage moyen de surfaces foliaires nécrosées pour les quatre isolats est d'environ 11%. L'isolat Ks IVa a provoqué le plus de nécroses par rapport aux trois autres (tableau 5).

La variété CN 94C est celle qui a présenté plus de surfaces foliaires nécrosées (23,1%) et Nama, celle qui en a présenté moins (tableau 6).

L'interaction significative entre les variétés et les isolats montre que les couples CN 94C / Ks IVa et QH 243C / Ks IVa ont les plus grands pourcentages de surfaces foliaires nécrosées (Fig. 4 c).

3.2.4. Le diamètre moyen des lésions (DML)

La taille moyenne des lésions provoquées par les isolats a été de 4,3mm de diamètre et celles induites par chacun des quatre monospores sont similaires (tableau 5).

La réaction des variétés à l'influence des isolats, montre que Nama et NCAc 17090 ont présenté les plus petites lésions (3,7 et 3,9mm) par rapport aux quatre autres variétés (tableau 6).

L'interaction significative entre les variétés et les isolats permet de voir que les couples CN 94C / Ks IVa, CN 94C / Pb IIa et QH 243C / Pb IIa ont présenté des diamètres de lésions les plus élevés (Fig. 4d).

3.2.5. Indice de sévérité de la cercosporiose (I.S.C)

La sévérité moyenne de la maladie, 30 jours après inoculation des plantes pour les quatre isolats du pathogène a été de 5,3 sur l'échelle à 9 points de l'ICRISAT. Ce sont les monospores Ks IVa et Sr IIIc qui ont provoqué les plus forts indices de sévérité (tableau 5).

En considérant la réaction des variétés sous l'influence des isolats, CN 94C a présenté l'indice de sévérité le plus élevé et Nama, l'indice le plus faible (tableau 6).

La forte interaction entre les variétés et les isolats permet de voir que les couples Nama / Kr IIc, Nama / Pb IIa et NCAc 17090 / Kr IIc ont présenté les indices de sévérité les plus faibles (Fig. 4 e).

Tableau 4 : Analyse de variance de quatre composantes de résistance (P.I, N.L/cm², P.S.F.N et DML), de l'indice de sévérité de la cercosporiose (I.S.C) et du pourcentage de défoliation (P.D) de six variétés sous l'influence de quatre isolats monospores

Sources de Variation	ddl	P.I (jours)		N.L / cm ²		P.S.F.N		DML (mm)		I
		CM	F	CM	F	CM	F	CM	F	CM
Variation. Totale	95	3,72		0,43		149,5		0,57		2,4
Var. Facteur 1 (variété)	5	28,5	23,0 **	1,8	17,8 **	773,4	21,4**	2,43	6,9 **	22,6
Var. Facteur 2 (isolat)	3	22,2	17,9 **	3,8	38,2 **	766,4	21,3**	0,68	1,9 ns	21,5
Var. Interaction fl*2	15	3,8	3,06 **	0,9	9,1 **	367,9	10,2**	0,95	2,7 **	1,6
Var. Blocs	3	0,46	0,37 ns	0,02	0,24ns	11,2	0,3ns	0,45	1,3 ns	0,5
Var. Résiduelle	69	1,24		0,10		36,05		0,35		0,4

P.I : période d'incubation

N.L / cm² : nombre de lésions / cm²

P.S.F.N : pourcentage de surfaces foliaires nécrosées (%)

D.M.L(mm) : diamètre moyen des lésions

I.S.C : indice de sévérité de la cercosporiose

P.D : pourcentage de défoliation

Tableau 5 : Importance des composantes de la résistance, de la sévérité de la cercosporiose et du pourcentage de défoliation induits par les quatre monospores

Isolats	Composantes de la résistance				Sévérité
	P.I	D.M.L	P.S.F.N	N.L / cm*	I.S.C
Kr IVa	15,2 c	4,1	18,4 a	1,3 a	6,1 a
Sr IIIc	16,1 b	4,3	11,0 b	0,7 b	6,1 a
Kr IIc	17,0 a	4,2	5,7 c	0,4 c	4,2 c
Pb IIa	14,8 c	4,5	7,3 c	0,5 c	4,9 b
Moyennes	15,8	4,3	10,6	0,71	5,3
ET	1,1	0,6	6,0	0,3	0,6
CV(%)	7,1	14,0	56,7	44,4	11,4

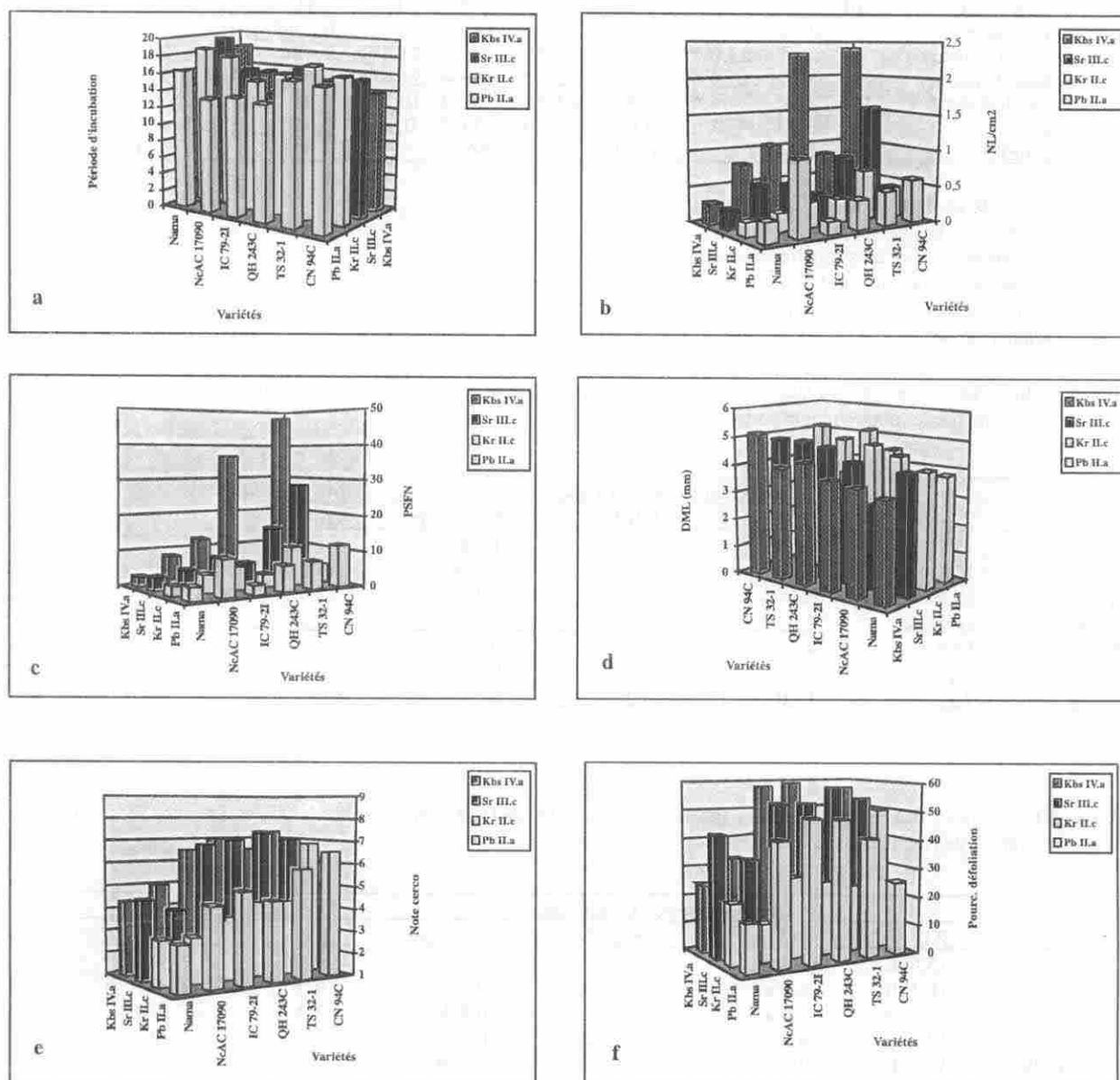
Tableau 6° : Importance des composantes de résistance et de la sévérité de la cercosporiose sur les six variétés inoculées par différents isolats monospores

Variétés	Composantes de la résistance				Sévérité de la maladie	
	P.I	D.M.L	P.S.F.N	N.L / cm*	I.S.C	P.D
CN 94C	15,6 b	4,7 a	23,1 a	1,2 a	6,9 a	46,5 a
TS 32-1	16,1 b	4,5 a	9,2 bc	0,7 b	5,9 b	40,1 b
QH 243C	15,3 b	4,4 a	13,3 b	0,9 b	5,7 b	46,2 a
IC 79-2I	14,1 c	4,3 a	7,3 cd	0,5 c	5,5 b	46,8 a
NCAc 17090	15,6 b	3,9 b	7,1 cd	0,7 b	4,1 c	30,3 c
Nama	18,1 a	3,7 b	3,3 d	0,3 d	3,7 d	25,9 d
Moyenne	15,8	4,3	10,6	0,7	5,3	39,3
ET	1,1	0,6	6,0	0,3	0,6	5,6
CV(%)	7,1	14,0	56,7	44,4	11,4	14,3

P.I : Période d'incubation ; DML : Diamètre moyen des lésions ; P.S.F.N : Pourcentage de surfaces foliaires nécrosées ;

N.L / cm² : Nombre de lésions par cm² ; I.S.C : indice de sévérité de la cercosporiose ; P.D : Pourcentage de défoliation

Figure 4 : Interaction entre six variétés d'arachide (*Arachis hypogaea*) et quatre monospores de *Cercospora arachidicola* pour quatre composantes de résistance, l'indice de sévérité de la cerporiose et le pourcentage de défoliation



3.2.6. Le pourcentage de défoliation (P.D)

Le pourcentage moyen de défoliation survenu sur les plantes pour les quatre isolats a été de 39,3% avec la plus forte défoliation causée par la monospore Sr IIIc et la plus faible par Kr IIc (tableau 5).

Les variétés IC 79-2I, CN 94C et QH 243C sont celles qui ont subies les plus fortes défoliations (plus de 46%), tandis que la variété Nama (25,9%) a eu la plus faible défoliation (tableau 6).

Le plus faible pourcentage de défoliation qui est de 13,2% est noté dans l'interaction du couple NCAC 17090 / Kr IIc. Par contre, les variétés QH 243C, IC 79-2I et CN 94C sous l'influence de la monospore Ks IVa, ainsi que TS 32-1 sous l'influence de Sr IIIc ont provoqué des défoliations les plus élevées, au-delà de 57% (Fig. 4f).

3.3. Etude de la variabilité morphologique des conidies

L'analyse de variance portant sur la longueur et la largeur des conidies des quatre groupes d'isolats monosporés et à différents stades de croissance dans le milieu FA, montre des différences significatives ($p = 0,001$) uniquement pour les longueurs des conidies en fonction des stades de croissance (tableau 7).

La taille moyenne des conidies pour les quatre stades de croissance du pathogène a été de 86,9µm, (tableau 8) et les conidies les plus longues et les plus courtes ont été notées respectivement 4 et 8 jours puis 12 et 16 jours de culture (tableau 8). Signalons que la largeur moyenne des conidies enregistrée pour tous les stades de croissance du pathogène a été de 4,9µm, tandis que la moyenne du nombre de cloisons par conidie, tous stades de croissance confondus était de l'ordre de 8.

Discussion

L'analyse des caractères biochimiques des 48 isolats monosporés de *Cercospora arachidicola* du Burkina Faso entreprise dans le cadre d'une meilleure connaissance de la variabilité du pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide a permis de révéler l'existence d'un polymorphisme au sein des populations du pathogène présentes dans les zones d'étude. Sur les quatre groupes électrophorétiques mis en évidence, une spécificité semble exister chez les isolats de Pobé-Mengao localité qui se trouve située en zone sahélienne du pays caractérisée par une courte saison pluvieuse, une faible hauteur d'eau de pluies annuelles et des températures élevées par rapport aux autres sites.

Du reste, il n'a pas été possible de regrouper les différents isolats du pathogène à partir de leur origine géographique. Ce résultat s'apparente à celui de Subba Rao (1992) qui n'a pas pu classer les isolats en fonction de leur origine géographique, mais plutôt en fonction de leur pouvoir pathogène.

Les isolats monosporés de *C. arachidicola* différents par leur constitution biochimique ont montré des pouvoirs pathogènes différents. En effet, la monospore Ks IVa avec deux bandes dans la zone différentielle est apparue plus agressive, de même que Sr IIIc sans bande dans la même zone. Pb IIa avec une bande épaisse dans la zone différentielle s'est montrée moins agressive. Les monospores à bande unique dans la zone différentielle, épaisse ou effilée ont été les moins agressives. Le fort pouvoir pathogène des isolats semble lié à la présence de deux bandes ou à l'absence totale de bande dans la zone différentielle. La présence du couple de bandes aux Références frontales situées entre 0,720 et 0,780 apparaît comme un marqueur du pouvoir pathogène de *Cercospora arachidicola*. L'absence aussi de ces bandes qui semblent être des gènes masqués, s'expriment comme s'ils étaient présents.

Le pouvoir pathogène dépend également de la composante de résistance considérée mais aussi de la variété en présence. Aussi, il a été également possible de classer les génotypes en fonction de leur sensibilité aux isolats. Ainsi, les variétés telles que Nama et NCAC 17090 ont souvent été moins affectées. Ce résultat est conforme à celui de Nevill (1981), qui en tenant compte de la période d'incubation (P.I) a mis en évidence des différences significatives entre les génotypes, mais pas pour le nombre de lésions par cm² (N.L/cm²). Ricker et al., (1985) ont trouvé des résultats similaires avec la période d'incubation, le nombre de lésions par cm², et le pourcentage de défoliation.

Les composantes de résistances analysées montrent qu'il est possible d'utiliser la période d'incubation et le diamètre moyen des lésions pour caractériser le pouvoir pathogène des isolats. En effet, les coefficients de variation (cv.) sont faibles et l'utilisation de ces caractères sont plus fiables. Il en est de même de l'indice de sévérité et du taux moyen de défoliation. Concernant le N.L/cm² et le pourcentage de surfaces foliaires nécrosées (P.S.F.N), les c.v. sont très élevés (entre 44 et 56%) et sont donc difficilement utilisables pour caractériser le pouvoir pathogène des isolats en condition contrôlée, comme l'ont montré Chiteka et al., (1988), Walls et al., (1985) ou Subrahmanyam et al., (1982).

Tableau 7 : Analyse de variance morphologique des conidies de monospores de nature biochimique différente et à différents stades de croissance sur milieu gélosé FA

Sources de Variation	ddl	Longueur des conidies		ddl	Largeur des conidies		Nombre de cloisons	
		CM	F		CM	F	CM	F
Variation totale	387	389,9		127	0,40		2,72	
Var. facteur 1 (Isolat monospore)	7	334,9	0,82 ns	7	0,71	2,1 ns	2,03	0,7 ns
Var. facteur 2 (*nature bio.)	3	364,4	0,90 ns	3	0,38	1,1 ns	5,57	1,9 ns
Var. facteur 3 (stade croissance)	3	2301,8	5,67 **	1	0,20	0,6 ns	1,32	0,5 ns
Var. interaction F1x2	21	428,1	1,05 ns	21	0,37	1,1 ns	2,32	0,8 ns
Var. interaction F1x3	21	486,4	1,20 ns	7	0,30	0,9 ns	1,53	0,5 ns
Var. interaction F2x3	9	161,7	0,40 ns	3	0,67	1,9 ns	0,38	0,1 ns
Var. interaction F1x2x3	63	277,4	0,68 ns	21	0,48	1,4 ns	3,26	1,1 ns
Var. Blocs	2	561,6	1,38 ns	1	0,95	2,8 ns	1,32	0,5 ns
Var. résiduelle 1	254	406,3		63	0,34		2,89	

*nature bio. = nature biochimique

Tableau 8 : Longueur et largeur moyennes des conidies produites par les isolats à différents stades de croissance sur milieu FA

Stades de croissance des monospores	Dimensions des con	
	Longueur	Largeur
4 jours	92,5 a	4,7
8 jours	89,1 a	4,9
12 jours	83,5 b	5,0
16 jours	82,5 b	5,0
Moyenne	86,9	4,9
ET	20,2	0,6
CV (%)	23,2	12,7

La variabilité morphologique du pathogène, notamment la longueur et la largeur n'a pas été importante pour différencier statistiquement les isolats entre eux. Ce résultat est en contradiction avec celui de Subba Rao (1992), qui a montré que la variabilité existante dans diverses souches de *Cercospora arachidicola* se manifeste au niveau de la longueur des conidies et du nombre de cloisons (septa). Notons qu'il a travaillé sur des isolats populations provenant de plusieurs pays et continents. Par contre, nos résultats vont dans le même sens que l'étude de Emechebe (1986), sur un autre champignon, *Colletotrichum capsici* et qui a montré que la morphologie ne révèle pas toujours de différence marquée entre les isolats. Cependant, s'il n'y a pas eu de différence morphologique entre les isolats, il a été possible de montrer que la longueur des conidies diminue en fonction de la durée du temps de culture du pathogène : les conidies obtenues après 4 ou 8 jours sur le milieu FA ont été plus longues que celles obtenues à 12 ou 16 jours. Cela pourrait s'expliquer par le phénomène de compétition à l'égard des éléments nutritifs disponibles dans le milieu de culture contenu dans la boîte de Pétri. Les conidies formées au cours de la première semaine ont suffisamment de nutriments dans le milieu de culture (FA) par rapport à leur nombre, mais au cours de la 2^{ème} semaine, les éléments nutritifs se raréfiant, cela conduirait à la diminution de la taille des conidies formées par segmentation qui peut être une phase de préparation pour la survie. Les conditions du milieu devenant difficiles, la segmentation des conidies surviendrait pour donner des ascospores qui est une forme de conservation des conidies.

Conclusion

A l'issue des travaux en condition contrôlée, il est désormais possible de déterminer la sensibilité des variétés à la cercosporiose précoce en se basant sur la période d'incubation et la taille des lésions. Ainsi, les sources de résistance à la cercosporiose précoce que sont les variétés Nama, et NCAc 17090 pourraient constituer dès à présent la base d'un programme d'amélioration visant à incorporer la résistance dans des variétés performantes en rendement. On devrait envisager également le criblage toujours en condition contrôlée sur la base des composantes de résistance P.I et D.M.L d'une collection importante de cultivars et lignées d'arachide du Burkina Faso afin de déterminer de façon exhaustive les sources de résistance à la cercosporiose précoce disponibles dans le pays. Par ailleurs, l'étude biochimique a certes permis de révéler l'existence d'un polymorphisme au sein des isolats population en les répartissant en quatre groupes. Cependant, il restera à déterminer la nature des protéines qui induiraient le pouvoir pathogène élevé des isolats de *Cercospora arachidicola*. Cette investigation ultérieure aura l'avantage de déterminer les bases moléculaires de la résistance de l'arachide à la cercosporiose, gage d'une lutte efficace contre ce pathogène.

Références bibliographiques

- Abdou Y.A.-M. ; Gregory W.C and Gooper W.E.** 1974. Sources and nature of resistance to *Cercospora arachidicola* Hori and *Cercosporidium personatum* (Beck curtis) Deighton in *Arachis* species. Peanut sci. 1: 6-11.
- Chiteka Z.A., Gorbet D.W., Shokes F.M., Kuchareck T.A., and Knauft D.A.** 1988. Components of resistance to late leafspot in peanut. Levels and variability-Implications for selection. Peanut Sci 15 : 25-30
- Davis B.J.** 1964. Disc electrophoresis . Annals of New York Academic science, 121 : 404-427.
- Emechebe A.M.**, 1986. Cowpea pathology. In Grain Legume Improvement Program Annual. Report 1985. IITA, Ibadan, Nigeria : pp 69-100
- Foster D.J. ; Stalker H.T. ; Wynne J.C. and Beute M.K.** 1981. Resistance of *Arachis hypogaea* and Wild relatives to *Cercospora arachidicola* Hori. Oléagineux 36: 139-143.
- Ghewande M.P. ; Desai S. ; Prem Narayan and Kamble S.D.** 1992. Some sources of resistance to early leaf spot of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in India. Trop. Agric. (Trinidad) 69 (3) : 284-286
- Hamid M.A. ; Isleib T.G. ; Wynne J.C. and Green C.C.** 1981. Combining ability analysis of *Cercospora* leafspot resistance and agronomic traits in *Arachis hypogaea* L. Oleagineux 36 (12) : 605-612.
- ICRISAT**, 1995. Screening methods and sources of resistance to rust and late leaf spot of groundnut. Information Bulletin 47. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India
- Nevill D.J.** 1981. Components of resistance to *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum* in groundnuts. Ann.appl.Biol. 99 : 77-86
- Ornstein L.**, 1964. Disc electrophoresis : I. Background and theory. Annals of New York Academic science, 121 : 321-349.
- Ricker M.D., Beute M.K. and Campbell C.L.** 1985. Components of resistance in peanut to *Cercospora arachidicola*. Plant Disease 69 (12) :1059-1064
- Séréme P.**, 1999. La maladie des taches brunes du niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) au Burkina Faso : Connaissance des agents pathogènes impliqués et développement de méthodes de luttés. Thèse de Doctorat d'état ès science, Université de Cocody, 213 pages
- Smith D.H.** 1971. A simple method for producing *Cercospora arachidicola* conidial inoculum. Phytopathology 61: 1414.
- Somé A.**, 1988. Variabilité de la composition en systèmes isoenzymatiques de deux champignons champignons phytopathogènes : *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler Bisby et *Fusarium* spp. Thèse de doctorat de l'université de Rennes, 113 pages
- Subba Rao P.V; Renard J.L. and McDonald D.** 1992. Variability in isolates of *Cercospora arachidicola* Hori. Report of ICRISAT/CIRAD collaborative research 82 p
- Subba Rao P.V., Renard J.L., Waliyar F., McDonald D., Schilling R.**, 1993. Variabilité des symptômes causés par différents isolats de *Cercospora arachidicola* sur quelques génotypes d'arachide. Oléagineux, 48: 243-250
- Subrahmanyam P.; Donald D.M.; Gibbons R.W.; Nigam S.N. and Nevill D.J.** 1982. Resistance to rust and late leafspot diseases in some genotypes of *Arachis hypogaea*. Peanut Sci. 9: 6-10
- Walls S.B. Wynne J.C. and Beute M.K.** 1985. Resistance to late leafspot of peanut progenies selected for resistance to early leafspot. Peanut Sci. 12 : 17-22

Annexe 1

Constitution et confection des différents milieux de culture *Cercospora arachidicola*

1) Extrait des feuilles d'arachide : milieu EA

- 50g de feuille variété «Argentina» ou mélange des variétés sensibles
- 500 ml d'eau
- A - Broyage au mixer pendant 15 s
- Filtration légère.

- B - 15 g de farine d'avoine dans 500 ml d'eau déminéralisée ou simple
- Faire bouillir pendant 15 mn et filtrer.

=> Obtention du milieu EA :

1 volume de A + 1 volume de B + 200 g/l d'Agar-Agar =>S

(S = stérilisation à 180°C pendant 1 h)

2) Extrait de gousses d'arachide : milieu GA

- 90 g de gousses + 850 ml d'eau déminéralisée ou de robinet
- Broyage pendant 1 mn
- Filtration du broyat
- Prélever 250 ml de filtrant auxquels on ajoute 5 g de gélose (20 g/l) => S

3) Milieu pour moisissure : MM

- | | | | |
|---|------------------------|---------------|------|
| - | Phosphate dipotassique | 1 g | => S |
| - | Sulfate de magnésium | 0,5 g | |
| - | Sulfate de fer | 0,1 g | |
| - | Asparagine | 1,5 g | |
| - | Extrait de levure | 1 g | |
| - | Glucose (Dextrose) | 20 g | |
| - | Agar - Agar | 20 g | |
| - | Eau | 1000 ml (1 l) | |

4) Milieu malt : M

20 g de malt + 20 g d'Agar - Agar + 1 l d'eau => S

Annexe 2

Composition des différentes solutions

1)* Acrylamide - bisacrylamide (Acry-bisacry)

- Acrylamide 30 g
- Bisacrylamide 0,8 g
- H₂O déionisée qsq 100 ml

Filtrer et stocker à 4°C à l'abri de la lumière

2) Tampon d'extraction des protéines (Tris 10 mM ; PH 7)

- Tris 605 mg
- EDTA 186 mg
- mercaptoéthanol 131 µl
- L. cystéine 100 mg
- H₂O déionisée qsq 500 ml

Filtrer stocker à 4°C.

3) Tampon de séparation (Tris -HCl 1,5M ; PH 8,8)

- Tris 18,15 g
- HCl 22 ml
- H₂O déionisée qsq 100 ml

Filtrer stocker à 4°C.

4) Tampon gel de concertation (Tris HCL 0,5 M ; PH 6,8)

- Tris 6 g
- HCL IN 48 ml
- H₂O déionisée qsq 40 ml
- H₂O déionisée qsq 1000 ml

Filtrer stocker à 4°C.

5) Tampon de migration (0,025 M tris ; 0,192 M Glycine ; PH 8,3)

- Tris 3,03 g
- Glycine 14,40 ml
- H₂O déionisée qsq 1000 ml

Filtrer stocker à 4°C.

Annexe 3

Révélation des estérases (Préparation pour un gel)

Prélever dans un erlenmeyer

- Tampon A : 44 ml
- Tampon B : 6 ml

Couvrir de papier aluminium et chauffer légèrement

Ajouter le colorant fast-bleu 50 mg

Agiter avec l'agitateur magnétique, puis filtrer

On ajoute au filtrat recueilli :

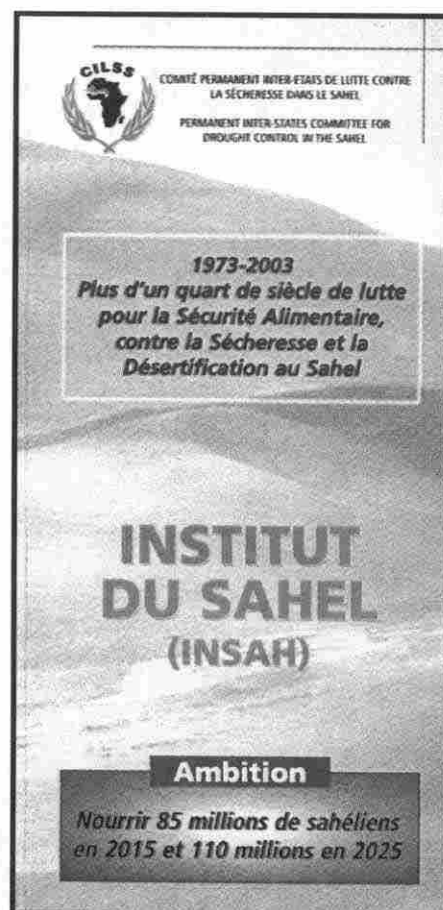
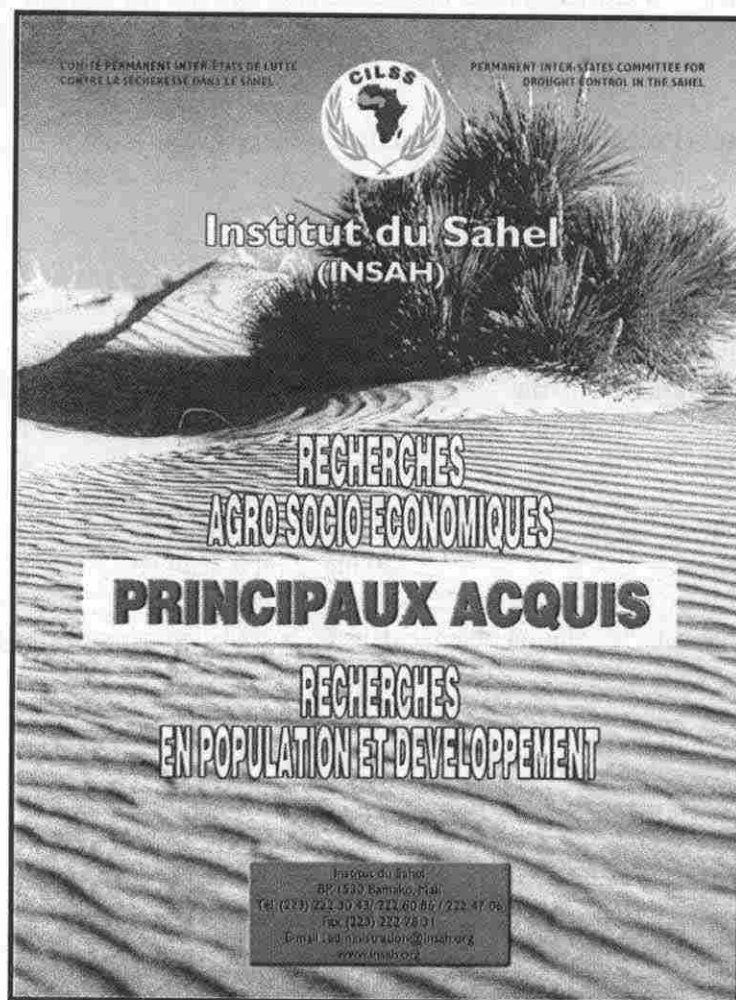
- Naphtyl 20 mg dissout dans
- Naphtyl 20 mg 2 ml d'acétone.

Le gel est immergé dans la solution obtenue dans un bac à la température de 40°C dans une étuve pendant 15 à 25 mn.

Composition des tampons :

Tampon A : $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ à PH = 6,0
(15,6g/l d'eau distillée)

Tampon B : $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ à PH = 6,0
(53,65g/l d'eau distillée)



Dynamique des populations de *Nisotra uniformis*, *Nisotra dilecta* et de leurs prédateurs sur *Hibiscus sabdariffa* au Mali

Population dynamic of *Nisotra uniformis*, *Nisotra dilecta* and their predators on *Hibiscus sabdariffa* in Mali

Moussa Noussourou¹, Rick Foster², John S. Caldwell³

Résumé

Nisotra uniformis (Jac) et *Nisotra dilecta* (Dal) (Coleoptera : Chrysomelidae) sont très courants au Mali sur l'oseille de Guinée (*H. sabdariffa* (L)) qu'ils attaquent de la levée à la récolte. La dynamique des populations d'adultes de *Nisotra* spp. a été suivie de 1998 à 2000 en station et en milieu paysan sur cultures pures et associées d'oseille de types rouge et vert. La dynamique des populations de leurs prédateurs a été suivie en 1999 en station sur culture pure d'oseille rouge, et en milieu paysan sur les mêmes parcelles.

Le suivi de la dynamique des populations de *Nisotra* spp., montre que : (1) la saison des pluies constitue la période de forte population, (2) l'on observe les adultes de *N. uniformis* à tout moment tandis que ceux du *N. dilecta* le sont uniquement en hivernage, (3) le *N. dilecta* pullule plus sur l'oseille verte que sur l'oseille rouge préférée par *N. uniformis*, (4) la forte population des *Nisotra* spp. en hivernage ne stimule pas une forte présence des prédateurs parmi lesquels *Sphedanolestes picturellus* Schoutden dont la population est plus importante au cours de l'année. Cette espèce est la seule que l'on observe en saison sèche.

Mots-clés : *Nisotra* spp., dynamique de population, hétéroptères prédateurs, *H. sabdariffa*

Abstract

Nisotra uniformis (Jac) and *Nisotra dilecta* (Dal) (Coleoptera: Chrysomelidae) are major pests of *Hibiscus sabdariffa* (L) which they attack from the seedling until the yielding. The dynamic of *Nisotra* spp., adults has been assessed from 1998 to 2000 in Mali on red and green types of hibiscus and divers intercropping culture with hibiscus. The population dynamic of predators of *Nisotra* spp., has been assessed in 1999 on red and green types of hibiscus.

The studies of the population dynamic of *Nisotra* spp., show that: (1) the highest population occurs during the rainy season, (2) *N. uniformis* adults are present throughout the year whereas those of *N. dilecta* are observed only during the rainy season, (3) *N. dilecta* is more abundant on the green type of hibiscus than on the red one which is preferred by *N. uniformis*, (4) the high population of *Nisotra* spp. observed, during the rainy season does not stimulate a high population of their predators. Among the predators observed, *Sphedanolestes picturellus* Schoutden is the most abundant. It occurs also during the dry season. Keys words: *Nisotra* spp, Population dynamic predators, *H. sabdariffa*

Key words : Variability, *Cercospora arachidicola*, esterase, pathogenic power

Acknowledgements

"This publication was made possible through support provided by the Office of Agriculture, Bureau for Economic Growth, Agriculture and Trade, U.S. Agency for International Development through the Integrated Pest Management Collaborative Research Support Program (IPM CRSP) under the terms of Cooperative Agreement Number LAG-G-00-93-00053-00. The opinions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the U.S. Agency for International Development." We express our gratitude to IPM/CRSP Project for supporting this work.

¹. Institut d'Economie Rurale. Entomologie Programme Fruits et Légumes. Station de Recherche Agronomique Baguinéda B.P. 258. Bamako. Mali

². Purdue University. Departement of Entomology. West Lafayette IN 47907- 1158 -USA

³. Virginia Polytechnic Institute & State University. Departement of Horticulture. Blacksburg, VA. 24061 - USA

Introduction

L'*Hibiscus sabdariffa* (L) (Malvale : *Malvaceae*) ou oseille de guinée est une plante cultivée de longue date au Mali. Elle est utilisée dans l'alimentation humaine, en pharmacopée traditionnelle, et dans l'industrie (Dioné, 1997 ; Caleb, 1995).

Les insectes ravageurs constituent l'une des principales contraintes à sa production. Les plus préoccupants par leurs dégâts sont des coléoptères Chrysomelidae : *Nisotra uniformis* et *Nisotra dilecta* qui attaquent la plante du semis à la récolte (Noussourou et Coulibaly, 1992 ; Collingwood et al, 1984 ; Bourdhouse, 1983 ; Bordat, 1989). Pour lutter contre ces ravageurs, l'utilisation d'insecticides est la méthode la plus citée (Collingwood et al, 1981; Appert et Deuse, 1982; Beniest, 1987; Noussourou et Coulibaly, 1992).

Actuellement, les techniques de lutte basées sur le comportement des insectes et la lutte biologique occupent une place importante dans la maîtrise des ravageurs, à cause de leurs non toxicités (Debach, 1964 ; Burges, 1981 ; Riba, 1989 ; Vincent, 1991 ; Foster, 1995).

Au Mali, l'inventaire des ennemis naturels de *Nisotra* spp., et l'efficacité de certains prédateurs en condition de non - choix alimentaire ont fait l'objet d'études (Noussourou, 1999). Une bonne connaissance de l'intégration des ennemis naturels les plus efficaces dans la lutte contre *Nisotra* spp., aboutira à une réduction du coût d'utilisation des pesticides à la diversification et à l'augmentation de la faune auxiliaire. C'est dans ce cadre que se situe cette étude qui a pour but d'élaborer une stratégie de lutte intégrée contre ces insectes. L'étude avait pour objectifs de déterminer la dynamique des populations de *Nisotra* spp ; et de leurs prédateurs

Matériels et méthodes

Les travaux ont été conduits à la station de recherche Agronomique de Baguinéda située à l'Est de Bamako à 320 m d'altitude entre la latitude 12°, 37 N et la longitude 7°,47 W (Atlas Agro climatique du CILSS, vol 6 ; période 1968 - 1985). Le climat est soudano - sahélien. La température moyenne annuelle est de 28°C avec des extrêmes pouvant atteindre 39°C en Avril et 16,5 °C en décembre et janvier. L'humidité relative moyenne est de 53,7 %, et elle peut varier entre 28,1 % et 80,4 % (Koné, 1993). Selon le même auteur, la pluviométrie annuelle dépasse rarement 1048 mm.

La dynamique des populations de *N. uniformis* et *N. dilecta* a été étudiée de 1998 à 2000 à Baguinéda.

Pendant l'hivernage 1998, elle a été suivie en station sur des parcelles de 1650 m² ayant en culture la variété locale «Ouélessébougou» d'oseille de type rouge et en milieu paysan sur diverses associations culturales parmi lesquelles l'*Hibiscus esculentus* (L) / *H. sabdariffa* type vert (100 m²); *Voandzeia subteranea* (L) / *H. sabdariffa* type rouge (1500 m²); *Pennisetum typhoides* (Staf) / *H. sabdariffa* type vert (1 ha); *Voandzeia subteranea* (L) / *Hibiscus cannabinus* (L) (650m²). Au sein des ces associations, l'oseille de Guinée occupe trois fois à cinq fois moins de superficies que celles à laquelle elle est associée. Les associations sont réalisées en bandes ou en inter-poquets

En 1999, les études ont été menées en milieu paysan sur une parcelle de 500 m² cultivée avec l'oseille de type vert et en station sur des parcelles de 75 m² et de 500 m² cultivées avec l'oseille de type rouge installés respectivement en Février et en Juillet Le suivi de la dynamique des populations des hétéroptères prédateurs de *Nisotra* spp., a été sur les mêmes parcelles. Les hétéroptères prédateurs concernés sont l'*Anthocoridae orius* sp., et Reduviidae *sinea diadema* (F), *Sphedanolestes picturellus* Schoutden, *Rhinocoris violentus* Germ, *R. albopilosus* Signoret, *R. segmentarius* Germ, *R. tristis* Stal, *Cosmolestes pictus* Klug, *Phonoctonus* sp, et une espèce de Reduviidae non déterminée.

En hivernage de l'année 2000, les études ont été menées en milieu paysan sur une parcelle de 500 m² cultivée avec l'oseille de type vert. En station, les parcelles ont été installées en mi - avril et en Juillet respectivement sur 100 m² et sur 500 m² d'oseille type rouge.

Les populations ont été estimés tous les 15 jours entre huit et neuf heures du matin par un comptage visuel des adultes (*Nisotra* spp.), des nymphes et des adultes (des prédateurs). Les insectes sont comptés sur 20 plants matérialisés sur un parcours en zig zag. Sur la parcelle de 1650 m² la population des insectes a été estimée sur 200 plants répartis sur 20 billons à raison de 10 plants par billon.

Résultats

Dynamique des populations de *Nisotra uniformis* et de *N. dilecta* sur culture pure d'oseille de type rouge

En 1998, la dynamique des populations de *Nisotra* spp., a été suivie du mois d'Août à Décembre (fig. 1). La population de *N. uniformis* est toujours supérieure à celle de *N. dilecta* qui atteint son pic de pullulation dans la première semaine de Septembre. Par contre le pic de pullulation de *N. uniformis* se situe en mi-octobre. Pendant cette période de forte population du *N. uniformis*, la population de *N. dilecta* est insignifiante. En 1999, la dynamique des populations des *Nisotra* spp., étudiée en station sur le type rouge d'oseille est indiquée par la représentée en figure 2. *N. uniformis* observé à tout moment a enregistré une forte population en hivernage où il a atteint son pic de pullulation à la mi-août. La courbe de la dynamique de la population de *N. dilecta* se distingue de celle de *N. uniformis* par l'absence de l'insecte en saison sèche (février à mai). *N. dilecta* par contre a atteint son pic de pullulation en mi-septembre; un mois après celui de *N. uniformis* (fig.2).

Au cours de la même année, la dynamique des populations des prédateurs de *Nisotra* spp., a été suivie (fig.3). Parmi les dix espèces mentionnés dans la revue de littérature, *Orius* sp, *R. violentus* et une Reduviidae non déterminée n'ont pas été recensés. En outre, le niveau de pullulation des prédateurs observé était très faible. On note la présence de *Sphedanolestes picturellus* depuis la saison sèche, *Phonoctonus* sp. et le *R. segmentarius* apparaissent seulement en début d'hivernage. Toutes les autres espèces présentes se manifestent au milieu de l'hivernage (mois d'août). S'agissant de la durée de pullulation dans le présence au cours du temps, *S. picturellus* et *Phonoctonus* sp se manifestent plus longtemps que les autres. *S. picturellus* présent d'avril à Novembre atteint son pic de pullulation en mi-juillet où les populations de *Nisotra* spp., sont en phase de croissance (fig. 2). Le pic de pullulation

de *Phonoctonus* sp., (fig. 3) coïncide avec celui du *N. dilecta*. En 2000, sur le type rouge d'oseille de Guinée *N. uniformis* est présent durant toute la période des observations (fig. 4). Sa courbe d'évolution présente deux pics de pullulation : Le premier observé le 1^{er} Juillet, et le deuxième en m-septembre. *N. dilecta* n'apparaît pas en saison sèche (fig. 4). Son pic de pullulation coïncide avec celui de *N. uniformis*. Comme observé au cours des précédentes années, le niveau de population de *N. dilecta* sur l'oseille de type rouge est toujours inférieur à celui de *N. uniformis*.

Dynamique des populations de *uniformis* et de *N. dilecta* sur culture pure d'oseille de type vert.

En 1999, l'étude de la dynamique des populations de *Nisotra* spp., sur le type vert d'oseille indique une forte pullulation pendant l'hivernage (fig. 5). La population de *N. dilecta* est supérieure à celle de *N. uniformis*, Leurs pics coïncident en mi-octobre.

La dynamique des populations de leurs prédateurs est présentée en fig. 6. On observe deux prédateurs *S. picturellus* et *Phonoctonus* sp.,. Ces deux espèces sont les plus importantes en nombre et en temps de présence sur l'oseille de type rouge. (fig. 2) *S. picturellus* se manifeste plus longtemps que *Phonoctonus* sp, et atteint son pic de pullulation en mi-octobre où les populations de *Nisotra* spp., sont en phase de régression (fig. 5).

En 2000, *N. uniformis* et *N. dilecta* atteignent leurs pics de pullulation en mi-septembre (fig. 7). avec un faible niveau de pullulation de *N. dilecta* au démarrage des observations Ceci pourrait être expliqué par la non manifestation du l'absence de *N. dilecta* en saison sèche comme l'indiquent les figures 2 et 4.

Figure 1 : dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur culture pure d'oseille de type rouge à la station de recherche agronomique de Baguinéda entre le mois d'Août et Décembre 1998

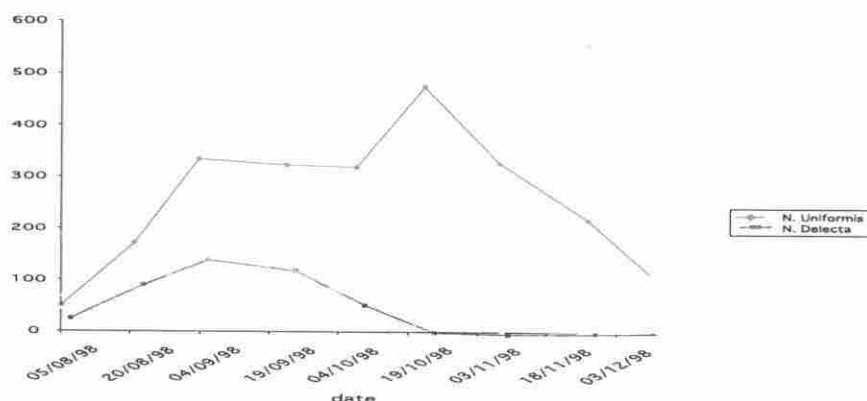


Figure 2 : Dynamique des populations de *N. uniformis* (Jac) et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de type rouge à la station de recherche agronomique de Baguinéda de Février à Novembre 1999

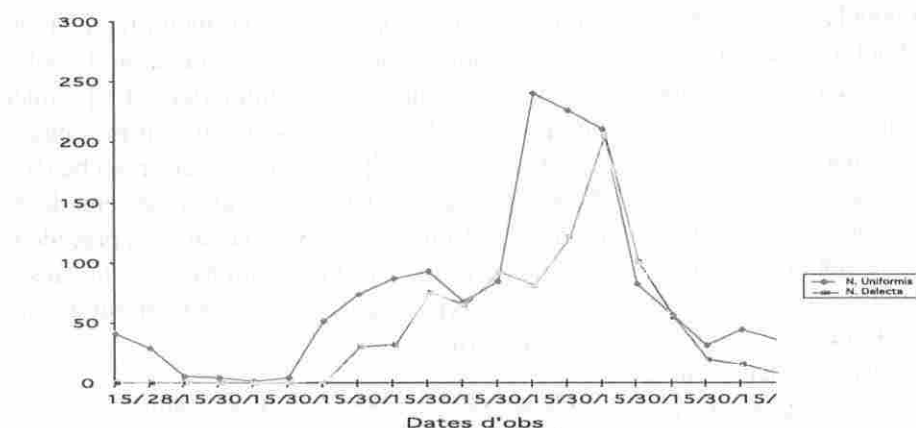


Figure 3 : Dynamique des populations des prédateurs *Reduviidae* de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de type rouge à la station de recherche agronomique de Baguinéda de Mai à Novembre 1999.

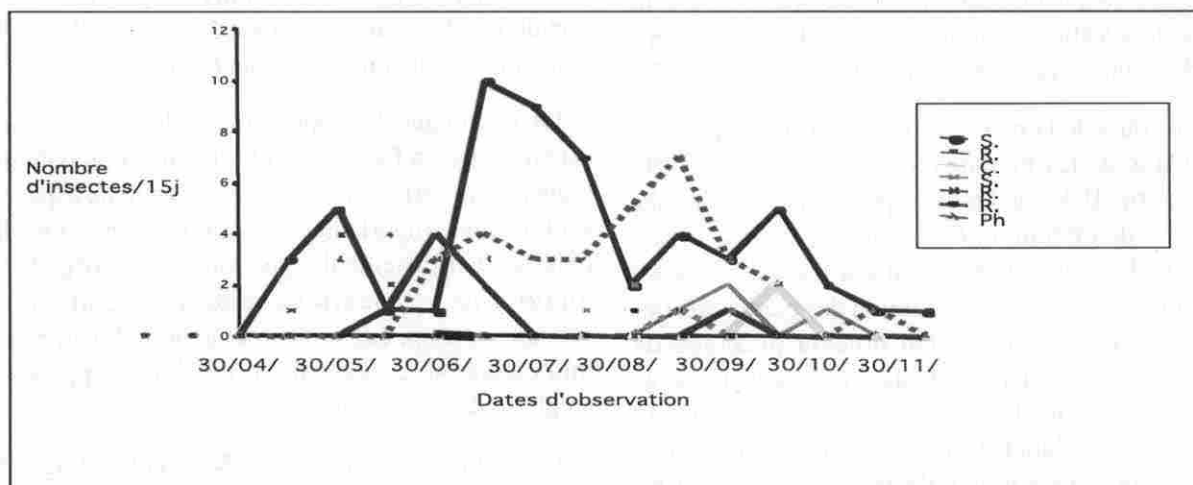


Figure 4 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de type rouge en milieu paysan de Juillet à Novembre 2000 à Baguinéda.

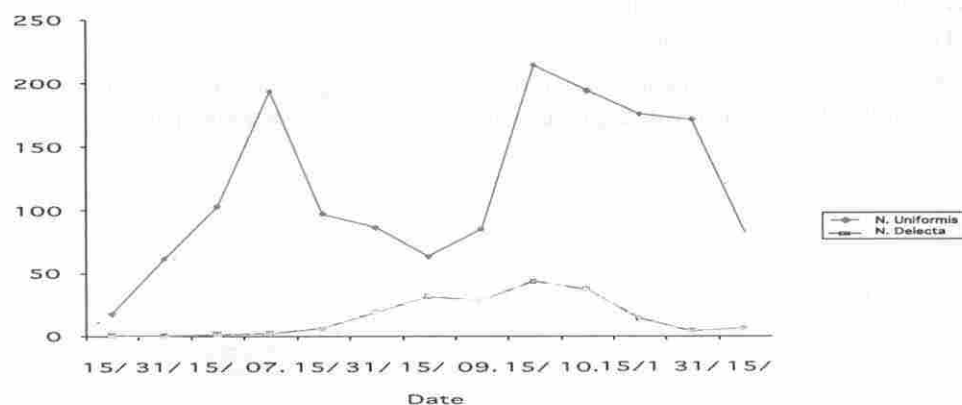


Figure 5 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de type vert en milieu paysan de Juillet à Novembre 1999 à Baguinéda

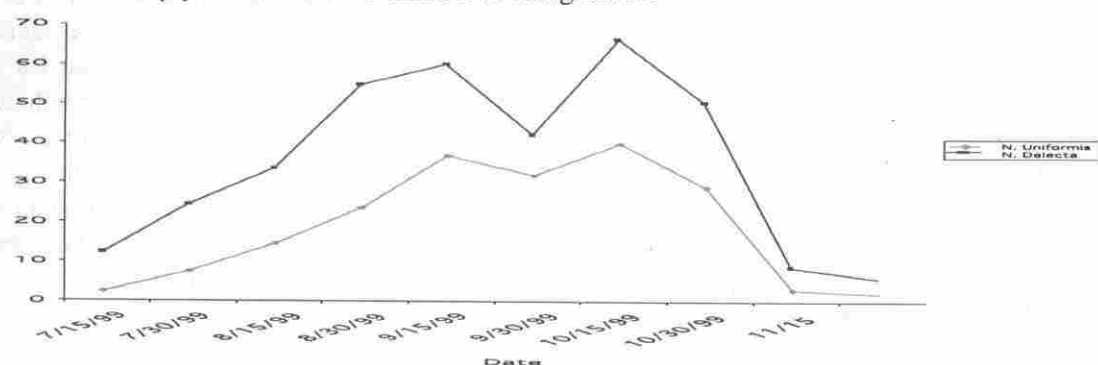


Figure 6 : Dynamique des populations des prédateurs *Reduviidae* de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de type vert en milieu paysan à Baguinéda de Juillet à Novembre 1999

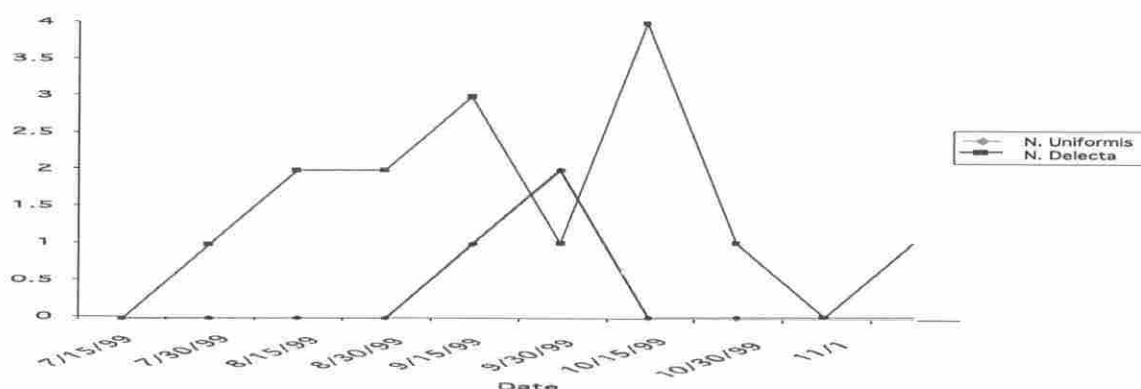


Figure 7 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur l'oseille de le type vert en milieu paysan de Juillet à Novembre 2000 à Baguinéda

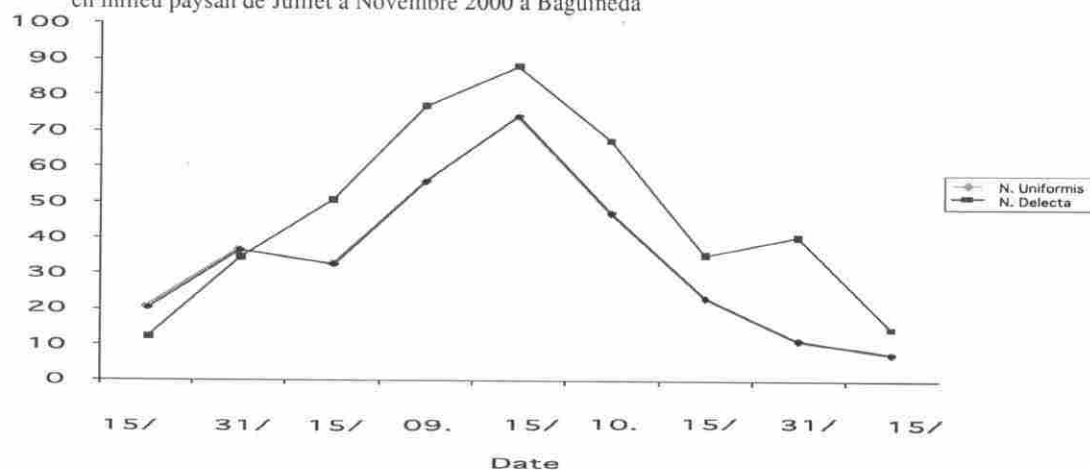
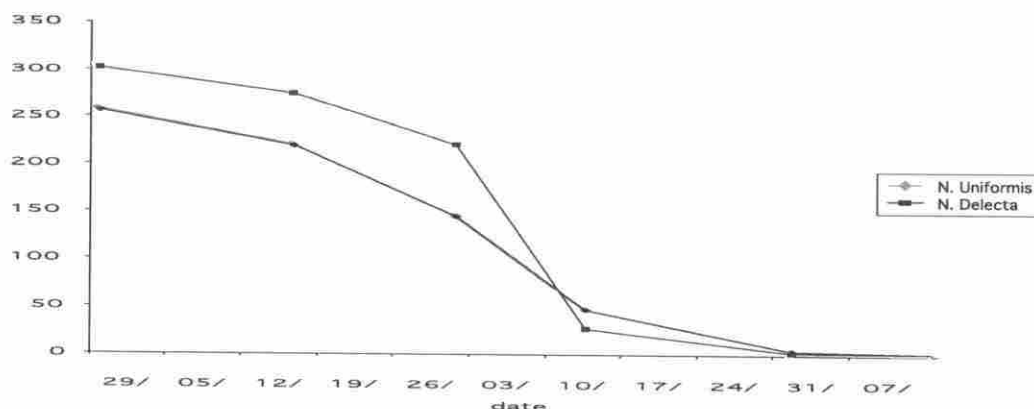


Figure 8 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur association gombo / oseille de type vert en milieu paysan à Baguinéda entre le mois de d'Août et Novembre 1998.



Les figures 8, 9, 10 et 11 présentent la dynamique des populations de *Nisotra* spp., en fonction des associations. On observe que si les populations de *N. dilecta* et *N. uniformis* sont similaires en nombre et tendance temporelle sur les associations *H. esculentus* / *H. sabdariffa* type vert (fig. 8) et *P. typhoides* / *H. sabdariffa* type vert (fig. 9) tel n'est pas le cas pour les autres formes d'association. En effet, les populations de *N. uniformis* sont supérieures en nombre et ne sont pas similaires en tendance temporelle à celles de *N. dilecta* dans les associations *V. subteranea*

/ *H. cannabinus* (fig. 10) et *V. subteranea* / *H. sabdariffa* type rouge (fig. 11). Les niveaux de population de *Nisotra* spp. en cultures associées, sont supérieurs à ceux existant sur les parcelles expérimentales de la station de recherche agronomique de Baguineda (fig. 1). Cette différence s'explique par le fait que les parcelles en milieu paysan avaient été envahies depuis à l'installation au mois de Juin, tandis que celles de la station implantées en Août étaient en phase de colonisation.

Figure 9 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur association *Pennisetum typhoides* (Staf) / *H. sabdariffa* type vert en milieu paysan à Baguineda entre le mois d'Août et Novembre 1998

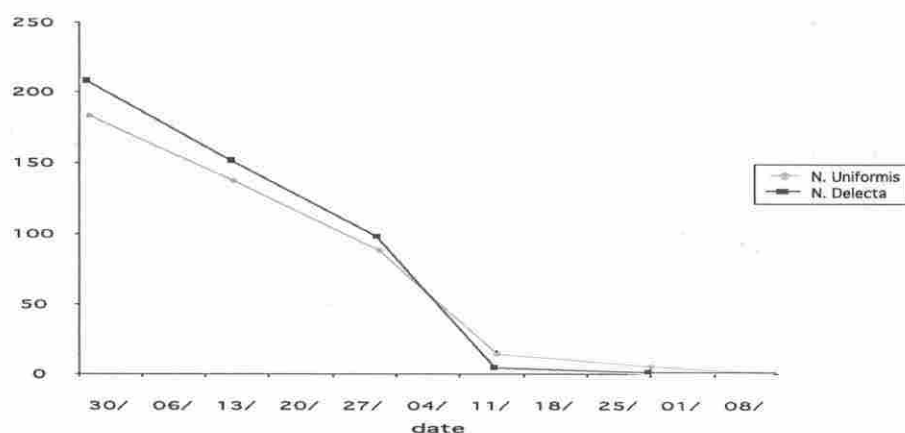


Figure 10 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur association Voandzou / *H. cannabinus* en milieu paysan à Baguineda entre le mois d'Août et Novembre 1998.

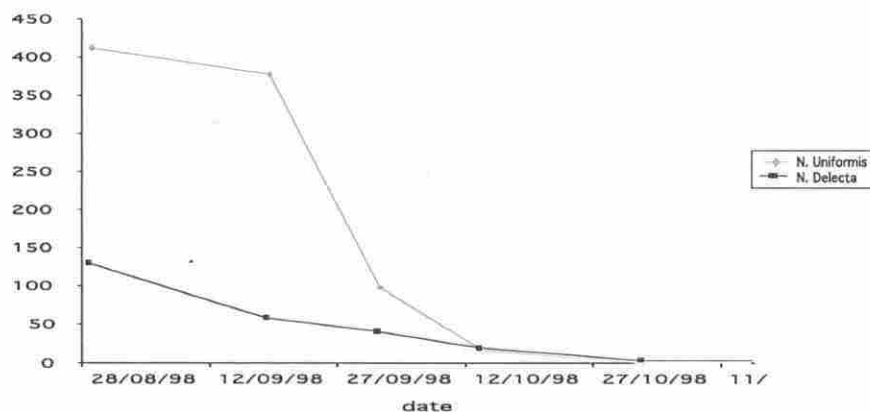
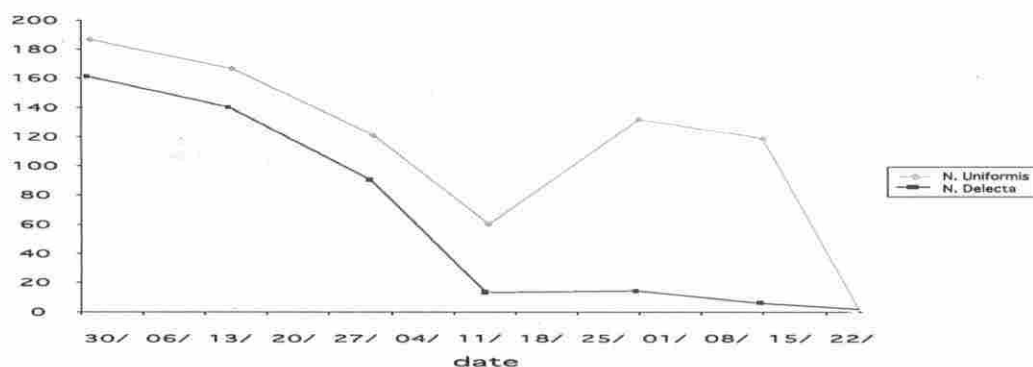


Figure 11 : Dynamique des populations de *N. uniformis* et de *N. dilecta* obtenue par comptage sur association Voandzou / *H. sabdariffa* type rouge en milieu paysan à Baguineda entre le mois d'Août et Novembre 1998.



Discussion

Au Mali, *N. uniformis* et *N. dilecta* sont courants sur l'oseille de Guinée types rouge et vert. Les études effectuées sur la dynamique des populations sur les différents types d'hibiscus démontrent une forte activité de *Nisotra* spp., de Juin à Novembre (fig. 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10 et 11). Cette forte activité de *Nisotra* spp., constatée pendant l'hivernage, devient très faible en saison sèche pour *N. uniformis* et nulle pour *N. dilecta* (fig. 2 et 4). Bourdhoux (1983) mentionne une évolution similaire chez les mêmes espèces de *Nisotra* au Sénégal, et Couilloud (1993) note que les altises dont *Nisotra* spp., fait partie possède une activité ralentie en période sèche et ne reprennent leur activité normale qu'avec la tombée des premières pluies. L'absence de *N. dilecta* en saison sèche semble indiquer qu'elle supporte moins les conditions chaudes que *N. uniformis*.

La préférence de pullulation en fonction des types d'hibiscus : *N. dilecta* sur le type vert d'oseille (fig. 8, 9, 5, et 7) et *N. uniformis* sur le type rouge (fig. 1, 2, 4 et 11). suppose que soit la couleur de l'oseille exerce un effet attractif différent sur les deux espèces de *Nisotra*, soit une préférence alimentaire des deux espèces. Plusieurs auteurs dont Riba (1998) et Southwood (1984). Signalent un effet attractif des couleurs des plantes sur les insectes. Dans le même ordre d'idée, Miguel (1982) fait observer que dans divers systèmes culturels, les stimuli visuels et chimiques des plantes hôtes et non hôtes affectent à la fois le taux de colonisation et le comportement des insectes herbivores.

Les données sur la dynamique des populations des prédateurs (fig. 3 et 6) montrent que la forte présence de *Nisotra* spp., en hivernage, ne stimule pas une population plus importante des insectes prédateurs. Kiyindou (1990) et Miguel (1982) mentionnent les mêmes observations. Ils attribuent cela à la température, ou à la disponibilité de plusieurs proies dans le milieu environnant qui retardent ainsi leur migration sur les parcelles. Excepté pour le *S. picturellus* que l'on observe en saison sèche et plu-

vieuse, les autres apparaissent beaucoup plus en. *S. picturellus*, le plus important en nombre et en durée de manifestation au cours de l'année, tue très peu les *Nisotra* spp., en condition de non-choix alimentaire ($0,87 \pm 0,29$ *N. dilecta* et $1,6 \pm 0,18$ *N. uniformis* tués par jour) (Noussourou (1999)). Selon le même auteur, *R. segmentarius* et *R. tristis* qui possèdent des moyennes de consommation journalière élevées par rapport au *S. picturellus* ($5,20 \pm 0,70$ pour *R. segmentarius*, et $3,5 \pm 0,20$ pour *R. tristis*) apparaissent sporadiquement avec un niveau de population très faible. (Noussourou 1999)

Conclusion

Le suivi de la dynamique des populations de *Nisotra* spp., permet d'affirmer que les deux espèces sont actives de Juin à Octobre. *N. uniformis* est présent dans le milieu à tout moment et pullule plus sur l'oseille de type rouge que sur celle de type vert préféré par *N. dilecta*. Cette dernière ne se manifeste pas en saison sèche. La forte activité de *Nisotra* spp., constatée en hivernage implique que toute mesure de lutte à envisager contre elles doit être appliquée pendant l'hivernage. L'absence de *N. dilecta* en saison sèche nous amène à nous poser la question sur la forme de développement ou elle passe la saison sèche.

La dynamique des populations des insectes prédateurs situe l'hivernage comme la période de présence de tous, et révèle qu'au moins *S. picturellus* est présent en saison sèche. La consommation journalière en *Nisotra* spp., très faible pour le *S. picturellus* qui se manifeste longtemps en parcelle, et la brève apparition de ceux qui ont une consommation moyenne journalière élevée dénotent une contribution minime en matière de lutte biologique dans la culture d'oseille de Guinée. Afin de renforcer leur efficacité en lutte biologique contre les ravageurs, il conviendra d'entreprendre des recherches sur les aspects migratoires de leurs de leur population et des techniques culturales appropriées permettant le maintien et l'augmentation des proies.

Références Bibliographiques

- Appert, J ; Deuse, J. 1982.** Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. G.P. Maison neuve et Larose, Paris. Tome 3. 420 pages.
- Bordat, D. 1989.** Rapport de mission au Sénégal du 5 au 13 Juillet 1989. IRAT/DCV/ Entomologie n°3. 4 pages.
- Burges, H. D. 1981.** Microbiological control of pests and diseases. 1970- 1980. Glasshouse Crops Research Institute Rustington, Little Champton, West Sussex, England. 948 pages.
- Beniest, J. 1987.** Guide pratique du maraîchage au Sénégal. Centre pour le Développement de l'Horticulture. Dakar ; Sénégal. 144pages.
- Bourdhoux, L. 1983.** Dynamique des populations de quelques ravageurs importants des cultures maraîchères du Sénégal. Agronomie tropicale 38-2 n° 2. Pages 132 - 148.
- Couilloud, R. 1993.** Coléoptères prédateurs du cotonnier en Afrique et a Madagascar. Supplément a coton et fibres tropicales. 1993. Séries les prédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde n° 7. CIRAD-CA. 92 pages.
- Coulibaly, B. S. ; Noussourou, M. 1992.** Etudes sur la promotion du maraîchage dans le district de Bamako. Rapport de synthèse. 1992. 45 pages.
- Centre Agrhymet. 1985.** Atlas Agro climatique de la zone du CILSS. Vol 6. Période 1968 - 1985. Centre Agrhymet Niamey.
- Collingwood, E. F ; Bourdhoux, L ; Defrancq, M. 1981.** Les principaux ennemis des cultures maraîchères au Sénégal. C. D. H. Dakar. 95 pages.
- Caleb, R. Mc. 1995.** Herbs as speciality crops in Mali. Contract n° 624-0223 -C-00-4033-00 Consultant's final report. June 1995. 332pages.
- Debach, P. 1964.** Biological control of insect. Pest and weeds. Reinhold Publishing Cooperation. New York. 426 pages.
- Dioné, E. 1997.** Communication au forum d'information sur *Hibiscus sabdariffa* (L). Bamako. 25 - 26 Novembre 1997. 4 pages.
- Foster, R ; Flood, B. 1995.** Vegetable insect management with emphasis on the midwest. Meister Publishing Compagny. Willoughby, Ohio. 206 pages.
- Kiyindou, A; Lerû, B &; Fabres, G. 1990.** Influence de la nature et de l'abondance des proies sur l'augmentation des effectifs de deux coccinelles prédatrices de la coccinelle du manioc au Congo. Entomophaga 35 (4) 1990. 611-620
- Koné, T. 1993.** Rapport d'activités dans le secteur de base de Tieman. Campagne 1993/ 1994. Rapport présenté pour l'obtention du Diplôme de Technicien Supérieur d'Agriculture de l'Institut Polytechnique Rural de Katibougou << Spécialité Agriculture >>. Décembre 1993. 28 pages.
- Larry, P. Pedigo. 2002.** Entomology and pest mamgement. Fourth edition. Upper saddle River, New Jersey 07458. 741 pages.
- Miguel, A. Altieri ; Deborah, K. Letourneau. 1982.** Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop Protection (1982) 1 (4) 405-450.
- Noussourou, M. 1999.** Bioécologie des ennemis naturels de *Nisotra uniformis* (Jac) et de *Nisotra dilecta* (Dal), ravageurs d'*Hibiscus sabdariffa* (L) au Mali. Mémoire de DEA. Option Protection des Végétaux. Institut Supérieur de Formation et Recherche Appliquée (ISFRA). 44 pages.
- Riba, G; Sylvie, C. 1989.** Combattre les ravageurs des cultures. Enjeux et perspectives. INRA. France. 230 pages.
- Southwood, T. R. E. 1984.** Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. London. New York. Chapman and Hall. 542 pages.
- Vincent, C; Coderre, D. 1991.** La lutte biologique. Quebec, Canada. 671 pages.

Perceptions de l'importance de l'arbre en pays Sérér : Le cas du bassin de la Néma en zone soudano-sahélienne du Sénégal

People Perceptions of tree Importance in the Serer Country : Case of Nema Basin in Soudano-Sahelian Zone in Senegal

MD. Ngom¹, M. Banoin², H. Dacosta³ & L. E. Akpo⁴

Résumé

Nous avons inventorié les espèces ligneuses du terroir de la Néma et identifié les principaux usages à partir d'une enquête auprès des populations. L'enquête a été menée à l'aide d'un questionnaire semi-directif utilisant des entretiens avec les chefs d'exploitation.

Dans ce milieu, l'arbre apparaît essentiel sur les plans tant socio-économique qu'agro-écologique. Source de revenus inéluctable, l'arbre participe aussi à la satisfaction des besoins alimentaires et en énergie domestique des populations. Au niveau du sol, il participe aussi au relèvement de la fertilité, et ainsi à l'amélioration des propriétés physico-chimiques, et à sa protection contre l'érosion (éolienne et/ou hydrique).

Les espèces importantes sont réduites à *Cordyla pinnata* (Lepr.) Miln-Red, *Anacardium occidentale* L. *Mangifera indica* L., *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata*. Elles produisent des fruits dont une partie importante est autoconsommée et le reste vendu pour générer quelques revenus. Les différentes parties de l'arbre (feuilles, fruits, racines, écorce, bois) et même les exsudats (gomme, encens) sont utilisés. Les arbres de ce terroir appartiennent ainsi au groupe des ligneux à usages multiples, encore appelés des espèces agroforestières.

Mots-clés : Composition floristique, hiérarchisation des espèces, ligneux à usages multiples, Terroir de la Néma, Sénégal

Abstract

We had inventoried trees species in the Néma site and identified their main usages from an inquiry beside populations. The people survey had been led with the help of a non direct question using discuss with the main farmer. In this area, the tree appears essential on socio-economic and agro-ecological plans. It had constituted a source of inescapable income and it had participated in food need satisfaction and in domestic energy of people. To the soil level, also it participates in the fertility recovery, and thus to the improvement of physico-chemical properties, and to its protection against the erosion (wind and/or water).

Important species are *Cordyla pinnata*, *Anacardium occidentale*, *Mangifera indica*, *Parkia biglobosa* and *Adansonia digitata*. They produce fruits whose an important homeland is self-consumate and the rest brings income. Different tree parts (leaves, fruits, roots, bark, woods) and even the exsudats (gum, incense) are used. In this site trees thus belong to the group of the multi-purpose trees, again called of agroforestry trees.

Key words : Floristic composition, Species classification, multi-purpose trees, Néma site, Sénégal.

Remerciements : Ce travail, réalisé dans le cadre des activités de AMIBAF, équipe pluridisciplinaire de l'UCAD, a bénéficié du soutien de l'AUF (JER 6016) et de Aire développement.

¹ Ministère de la Recherche Scientifique et Technologique / DAST, BP : 36005, Dakar : n_daouda@hotmail.com

² UAM/FA – Département des Productions animales, BP 10960 Niamey (Niger) : mbanoin@ird.ne

³ UCAD/FLASH – Département de Géographie, BP 5 005 Dakar – Fann (Sénégal) : hdacosta@dakar.ird.sn

⁴ UCAD / FST – Département de Biologie végétale, BP : 5005 Dakar – Fann (Sénégal) : akpo@dakar.ird.sn

Introduction

Dans la zone sahélienne, la péjoration climatique depuis plus de trois décennies et la forte pression démographique ont entraîné une dégradation des ressources naturelles. Dans ces contrées, l'agriculture est la principale activité des populations. Pour satisfaire les besoins de cette population en pleine expansion, des recherches effrénées de nouvelles terres sont partout observées. Les formations boisées naturelles (savane arbustive, savane arborée, forêt galerie, forêt claire, ...) sont mis à rudes épreuves et disparaissent. C'est le cas de la végétation des terroirs, jadis constituée d'une forêt claire, voire d'une savane boisée (SCET, 1966) qui n'est représentée actuellement que par des arbres à l'état d'individus isolés.

La diminution du couvert végétal ou la disparition de la forêt constitue une menace pour l'équilibre écologique. Cette situation agit aussi sur le ni-

veau de productivité du milieu. Pour y remédier, l'intervention de tous les acteurs impliqués dans la gestion des ressources s'avère nécessaire. C'est dans ce cadre que le programme d'aménagement et de mise en valeur des bas-fonds en zone soudanienne a été initié par une équipe pluridisciplinaire (AMIBAF) de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar.

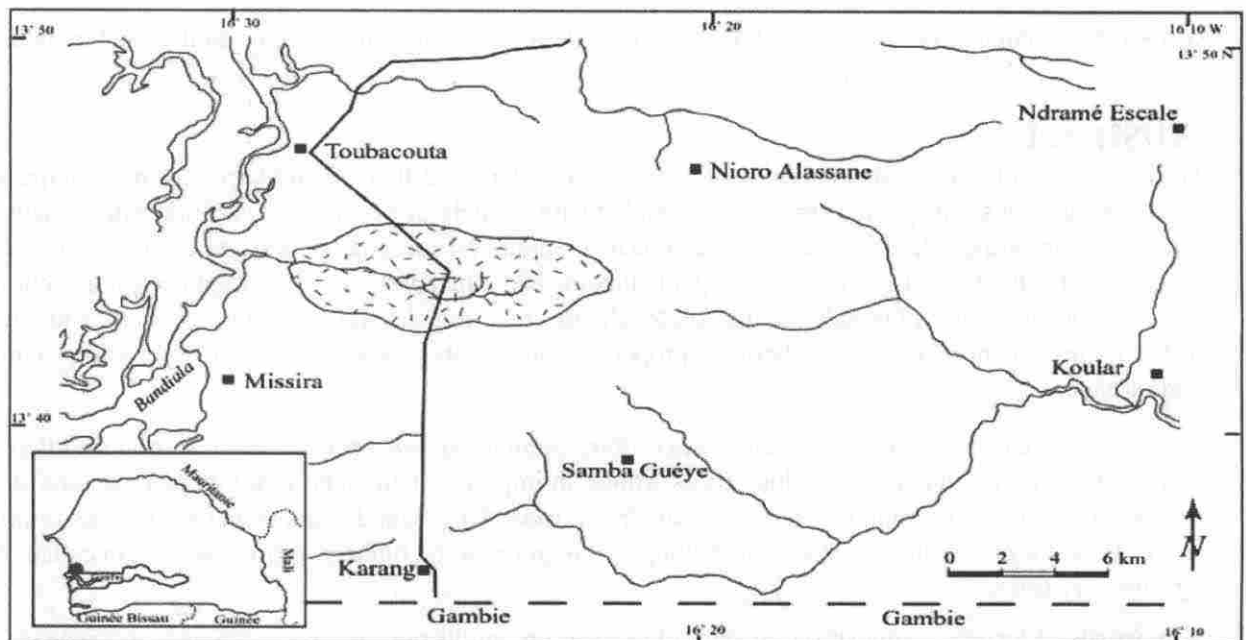
Le présent travail qui étudie les perceptions paysannes de l'arbre entre dans le cadre d'une caractérisation agro-écologique du terroir. Il vise à identifier les principales espèces ligneuses du terroir et leurs usages.

Matériels et méthodes

Le Site d'étude

Avec une superficie de 50 km² (Liéno, 1995), le bassin versant de la Néma est compris entre 13°42'-13°45' nord et 16°22'-16°29' ouest (figure 1).

Figure 1 : Carte de situation du terroir de la Néma



Situé dans la région naturelle de Sine (Fatick), au centre du pays, ce terroir appartient au vaste bassin sédimentaire côtier sénégal-mauritanien (Michel, 1969). Le bassin de la Néma est drainé par une rivière du même nom, la Néma, orientée est/ouest, et qui se jette dans le Bandiala, un bras de mer des îles du Saloum.

Les sols, sablo-argileux, correspondent aux sols ferrugineux tropicaux lessivés. Ils peuvent être distingués en sols de pente, de plateau et de bas de pente (SCET, 1966).

Le climat est tropical semi-aride, de type soudano-sahélien. Les températures moyennes extrêmes sont 36,3°C (avril, le mois le plus chaud) et 26,2°C (décembre, le mois le plus frais). La pluviométrie moyenne interannuelle à la station de référence (Toubakouta, 1987 – 2002) est de 770 mm avec un coefficient de variation de 24 %. La durée moyenne de la saison des pluies est de 126 jours ; elle couvre les mois de mai à octobre. Le mois d'août enregistre environ 40 % de la pluviométrie annuelle, soit 311 mm ; c'est le mois le plus pluvieux.

Les méthodes utilisées

Le présent travail utilise des données d'enquêtes recueillies dans six villages du terroir choisis au hasard (Ngom *et al.*, 2002). Il s'agit d'une enquête au niveau des exploitations pour caractériser le parc arboré et faire l'inventaire des usages des arbres.

L'enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire de type semi-directif, utilisant des entretiens avec les chefs d'exploitation. Les caractéristiques

socio-démographiques de l'unité de production, les préférences, les intérêts de l'arbre et enfin la dynamique du peuplement ont été abordés.

Pour dégager les espèces préférées par les populations, il a été demandé à chaque enquêté de citer les cinq arbres les plus importants dans le terroir. Les notes (de 5 à 1) attribuées ainsi aux 5 espèces suivant de l'ordre de citation ont permis de dresser la liste des espèces par ordre d'importance dans le milieu.

Des enquêtes informelles auprès des jeunes et personnes âgées ont complété les informations.

Le traitement et l'analyse des données

D'abord, il a été procédé au dépouillement manuel des fiches d'enquête. Ce dépouillement a consisté à déterminer le nom scientifique des espèces à partir des noms vernaculaires, sur la base de la Flore du Sénégal (Berhaut, 1967) et de l'ouvrage "Arbres et arbustes du Sahel (Maydell, von, 1990)".

Dans une seconde étape, les réponses aux questions ont été codées puis classées en modalités. Les proportions des différentes modalités ont été ensuite dénombrées et rapportées à l'effectif global. Les résultats ont été exprimés en %.

Résultats

Composition spécifique : les fréquences de citations de l'arbre dans le terroir

La hiérarchisation des espèces à partir des indications des populations est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Liste des arbres préférés dans le terroir de la Néma

Nom des arbres	Amont		Aval		Terroir	
	Nombre	Fr. (%)	Nombre	Fr. (%)	Nombre	Fr. (%)
<i>Mangifera indica</i>	23	88,5	93	75,0	116	77
<i>Cordyla pinnata</i>	23	88,5	89	71,8	112	75
<i>Anacardium occidentale</i>	21	80,8	91	73,4	112	75
<i>Parkia biglobosa</i>	18	69,2	61	49,2	79	53
<i>Adansonia digitata</i>	20	76,9	30	24,2	50	33
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	3	11,5	26	21,0	29	19
<i>Detarium senegalensis</i>	0	0,0	17	13,7	17	11
<i>Cola cordifolia</i>	1	3,8	16	12,9	17	11
<i>Guiera senegalensis</i>	1	3,8	14	11,3	15	10
<i>Combretum glutinosum</i>	1	3,8	14	11,3	15	10
<i>Citrus aurantium</i>	1	3,8	10	8,1	11	7
<i>Daniellia oliveri</i>	0	0,0	11	8,9	11	7
<i>Azadirachta indica</i>	0	0,0	10	8,1	10	7
<i>Khaya senegalensis</i>	0	0,0	9	7,3	9	6
<i>Elaeis guineensis</i>	2	7,7	5	4,0	7	5
<i>Combretum micranthum</i>	5	19,2	2	1,6	7	5
<i>Psidium guyava</i>	1	3,8	6	4,8	7	5
<i>Malacantha alnifolia</i>	0	0,0	6	4,8	6	4
<i>Cassia sieberiana</i>	0	0,0	6	4,8	6	4
<i>Ziziphus mauritiana</i>	1	3,8	5	4,0	6	4
<i>Saba senegalensis</i>	0	0,0	5	4,0	5	3
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	0	0,0	4	3,2	4	3
<i>Tamarindus indica</i>	1	3,8	3	2,4	4	3
<i>Ficus capensis</i>	1	3,8	4	3,2	5	3
<i>Afrormosia laxiflora</i>	0	0,0	4	3,2	4	3
<i>Parinari macrophylla</i>	0	0,0	4	3,2	4	3
<i>Vitex doniana</i>	0	0,0	4	3,2	4	3
<i>Detarium microcarpum</i>	1	3,8	3	2,4	4	3
<i>Prosopis africana</i>	0	0,0	3	2,4	3	2
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	1	3,8	2	1,6	3	2
<i>Citrus lemon</i>	0	0,0	3	2,4	3	2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0	0,0	3	2,4	3	2
<i>Annona senegalensis</i>	0	0,0	2	1,6	2	1
<i>Carinca papaya</i>	1	3,8	1	0,8	2	1
<i>Moringa oleifera</i>	0	0,0	2	1,6	2	1
<i>Sclerocaria birrea</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Detarium heudelotianum</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Ficus iteophylla</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Combretum nigricans</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Cocos nucifera</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Calotropis procera</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Celtis integrifolia</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Faidherbia albida</i>	1	3,8	0	0,0	1	1
<i>Terminalia macroptera</i>	1	3,8	0	0,0	1	1
<i>Acacia ataxacantha</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Heeria insignis</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Jatropha curcas</i>	0	0,0	1	0,8	1	1
<i>Nauclea latifolia</i>	0	0,0	1	0,8	1	1

D'emblée les espèces importantes sont réduites au manguier -*Mangifera indica*- (77%), au dimb -*Cordyla pinnata*- et à l'anacardier- *Anacardium occidentale* (75%), au néré-*Parkia biglobosa*- (53%) et au baobab -*Adansonia digitata*- (33%). Ce sont les mêmes dans les deux parties du bassin ; seules les fréquences sont plus importantes en amont ; celles-ci varient en effet de 69,2 à 88,5% en amont contre 24,2 à 75% en aval.

L'examen du tableau permet de répertorier 48 espèces réparties en :

38 espèces entre	1 à 7 % dont :
16 espèces à	1%
8 espèces à	3%
2 espèces à	10 %;
2 espèces à	11 %;
1 espèce à	19 %;
1 espèce à	33 %;
1 espèce à	53 %;
2 espèces à	75 %;
1 espèce à	77 % .

Les arbres et leurs utilisations

Les différents usages inventoriés sont présentés dans le tableau 2 ; il s'agit de la fourniture d'énergie domestique, l'alimentation de l'homme et des animaux, l'amélioration de la fertilité des sols, des sources de revenus et autres (bois de service, encens, gomme, ...).

L'examen de ce tableau permet de recenser :

- 32 espèces, soit 69,6% pour la production d'énergie domestique (charbon et/ou bois de feu) ;
- 31 espèces, soit 67,4% dans la pharmacopée ;
- 24 espèces, soit 52,2% dans l'alimentation humaine ;
- 18 espèces, soit 39,1% dans le relèvement de la fertilité organo-minérale des terres ;
- 15 espèces constituent des sources de revenus supplémentaires ;
- 11 espèces fourragères, soit 23,9% ;
- 12 espèces pour divers autres produits.

Dans l'alimentation des populations, il y a ce qui est jugé comestible, ce qui entre normalement dans la composition des repas, ce qui est consommé directement sous l'arbre, ce qui est consommé en cas de pénurie, enfin, ce qui est ramassé pour être vendu. Les produits de l'arbre sont utilisés sous différentes formes dont notamment :

- la poudre intervenant comme liant des aliments farineux (feuilles de *Moringa*, Baobab) ;
- la viande du Saoum fournie par le fruit du dimb ou *C. pinnata* ;

- l'assaisonnement des sauces : fruit de tamarin ;
- la boisson (pulpe de pin de singe, jus de tamarin ou d'anacarde, infusion de *Combretum micranthum*) ;
- les croquettes ou amuse-gueule (noix de cajou) ;
- la sucette (*Annona senegalensis*, *Detarium senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Saba senegalensis*).

Au niveau du sol, les arbres interviennent dans :

- le relèvement fertilité par les feuilles de toutes les espèces mais particulièrement par les légumineuses fixatrices d'azote (*Faidherbia albida*, *Pterocarpus erinaceus*, *Acacia sp.*...) ;
- l'amélioration de la structure, de même que la protection contre l'érosion ;
- la sécurisation des propriétés foncières ; ils sont alors utilisés pour embocager ou pour délimiter les parcelles.

Dans la production fourragère, les feuilles et les fruits de divers ligneux (*Acacia*, *Anogeisus*, *Khaya*, *Prosopis*) sont surtout consommés par les petits ruminants. Les bovins consomment les feuilles de *Celtis integrifolia*, d'*Erythrina senegalensis*, de *Adansonia digitata* et le feuillage des émondes de *Pterocarpus erinaceus*. Le bétail se nourrit des feuilles et des fruits de *Ficus* vers la fin de la saison sèche lorsque les autres espèces fourragères ont perdu leurs feuilles.

Dans les autres usages, il a été noté la production de pesticides (*Azadirachta indica*), de cordages (*Adansonia digitata*) d'encens (*Daniellia oliveri*) ou la clôture des parcelles (*Jatropha*) ou le bois de service (des perches, des fûts pour tam-tam ou Djembé : *C. pinnata*).

Il apparaît aussi qu'un arbre peut intervenir dans deux ou plusieurs usages. L'espèce *A. occidentale* est utilisée pour produire de l'énergie domestique, dans l'alimentation des populations, comme source de revenu. De même, l'espèce *P. biglobosa* peut être partout utilisée (énergie domestique, alimentation humaine, source de revenu, fertilité des sols ...) sauf comme ligneux fourrager. Ce sont donc des ligneux à usages multiples. Ils répondent ainsi à la définition d'essences agroforestières (Akpo & Grouzis, 1993).

Tableau 2 : Principaux usages des espèces préférées (1. Bois de feu ; 2 : alimentation ; 3 : fourrage ; 4 : pharmacopée ; 5 : fertilité des sols ; 6 : sources de revenus ; 7 : autres)

Composition floristique	1	2	3	4	5	6	7
<i>Acacia ataxacanta</i>	x			x	x		
<i>Acacia macrostachia</i>	x		x		x		
<i>Adansonia digitata</i>		x	x	x	x	x	x
<i>Afrormosia laxiflora</i>	x	x		x			
<i>Anacardium occidentale</i>	x	x		x	x	x	x
<i>Annona senegalensis</i>	x	x		x			
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	x		x	x			
<i>Azadirachta indica</i>	x	x		x			x
<i>Borassus flabellifer</i>	x	x				x	
<i>Cassia sieberiana</i>	x			x	x		
<i>Calotropis procera</i>				x			
<i>Carica papaya</i>		x				x	
<i>Celtis integrifolia</i>	x		x	x	x		
<i>Citrus aurantium</i>						x	
<i>Cola cordifolia</i>		x				x	
<i>Combretum glutinosum</i>	x			x			
<i>Combretum micranthum</i>	x	x		x			
<i>Cordyla pinnata</i>	x	x		x	x		x
<i>Daniellia oliveri</i>	x					x	x
<i>Detarium microcarpum</i>	x			x			
<i>Detarium senegalensis</i>	x	x		x		x	
<i>Elaeis guineensis</i>		x				x	
<i>Erythrina senegalensis</i>	x		x		x		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	x			x	x		
<i>Faidherbia albida</i>	x		x	x	x		x
<i>Ficus capensis</i>					x	x	
<i>Ficus glumosa</i>				x	x		
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>		x			x		
<i>Guiera senegalensis</i>	x			x	x		
<i>Hannoa undulata</i>	x	x	x				
<i>Icacina senegalensis</i>		x		x	x		
<i>Jatropha curcas</i>				x			x
<i>Khaya Senegalensis</i>	x		x	x			
<i>Mangifera Indica</i>	x	x		x		x	x
<i>Moringa oleifera</i>		x		x			x
<i>Neocarya macrophylla</i>	x	x					
<i>Parkia biglobosa</i>	x	x		x		x	x
<i>Piliostigma reticulatum</i>		x		x	x		x
<i>Prosopis africana</i>	x		x	x	x		
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	x		x	x	x		x
<i>Saba senegalensis</i>		x				x	
<i>Sclerocarya birrea</i>	x	x		x			
<i>Strychnos spinosa</i>	x			x			
<i>Tamarindus indica</i>	x	x		x		x	x
<i>Terminalia macroptera</i>	x						
<i>Ziziphus mauritiana</i>	x	x	x			x	
Effectif	32	24	11	31	18	15	12
Fréquence (%)	69,6	52,2	23,9	67,4	39,1	32,6	26,1

Dans les exploitations, la vente des produits ligneux et non ligneux procure un revenu supplémentaire. Elle contribue parfois à l'acquisition de matériel agricole ou de petit bétail. Elle permet aussi d'acheter des vivres, particulièrement pour les périodes de soudure.

Les espèces les plus utilisées sont le manguier, l'anacardier, le néré et le *ditakh* (*Detarium senegalensis*) pour leur fruits. La cueillette des fruits de ces arbres intervient généralement en saison sèche.

Les mangues sont vendues partout, depuis les vergers jusque sur la route trans-gambienne ou dans les marchés hebdomadaires. De petites unités de transformation permettent d'avoir des jus ou du nectar de mangue.

Les fruits d'anacardier donnent plusieurs produits. La pomme, de conservation difficile est surtout consommée et vendue localement. Le jus de pomme d'anacardier, obtenu par la presse de la pomme constitue une autre source de revenu. Le jus peut être consommé tel quel ou fermenté et distillé. Un litre de jus coûte environ 100 F CFA alors que le litre de jus de pomme fermenté et distillé vaut 1000 F CFA. La noix de cajou est souvent utilisée comme croquette lorsqu'elle est grillée et sa valeur marchande est très élevée. Un kg de noix non grillée est vendu localement à 500 F CFA.

La commercialisation des fruits de néré est aussi importante. Avec la pulpe jaunâtre, après séchage, on obtient une farine qui remplace le sucre. Les graines sont utilisées pour préparer le "*Nététu*" ou "*Soumbala*", un assaisonnement de la cuisine africaine (sénégalaise).

Les fruits de *Detarium senegalensis*, collectés par les femmes et les enfants, sont vendus dans les grands centres ou les villes les plus proches.

Dans la sécurisation foncière, le rôle positif de l'arbre dans le maintien des limites de la propriété est reconnu par la plupart des exploitants (94,2). L'installation de haies vives (une pratique très ancienne) permet à la fois la délimitation des propriétés et l'approvisionnement en bois de feu et/ou d'énergie des populations. Les principales espèces utilisées dans les haies sont *Euphorbia balsamifera*,

Jatropha curcas pour les délimitations foncières et dans une moindre mesure *Eucalyptus camaldulensis* et *Azadirachta indica* pour le bois de service et le bois de feu.

Certaines espèces ont des effets positifs sur les cultures selon les exploitants (84 %) en améliorant la fertilité des sols ou en réduisant les variations microclimatiques. Les espèces qui interviennent dans la remontée de la fertilité des sols sont *Cordyla pinnata* (Lepr.) Miln-Red, *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. L'espèce *Faidherbia albida* est d'introduction récente ; elle se trouve encore à l'état de jeunes plants.

Faidherbia albida (Kadd en wolof) est la première espèce ligneuse utilisée au Sénégal dans la fertilisation des sols. Les paysans du terroir estiment que le Kadd a un effet hautement significatif sur les rendements d'arachide et de mil. Cette espèce, jadis absente dans le terroir est d'apparition récente ; elle est donc peu connue. Cependant, dans la partie amont du bassin où l'on trouve de plus grands pieds, l'espèce arrive en deuxième position (16,2 %) après *Cordyla pinnata*.

Guiera senegalensis J.F. Gmel est une espèce fertilisatrice dans la zone du Plateau où elle vient en tête (26,6 %). Ceci confirme les travaux de Louppe (1991) selon lesquels la croissance de l'arbuste se faisant en saison sèche, les prélèvements minéraux par les racines s'effectuent principalement aux dépens des couches profondes du sol qui restent humides plus longtemps. L'apport minéral au niveau des couches superficielles du sol constitue un transfert vertical de fertilité.

L'espèce *Acacia senegalensis* agirait aussi comme *G. senegalensis* J.F. Gmel. Les espèces *Daniellia oliveri* et *Pterocarpus erinaceus* Poir. sont aussi reconnues comme ayant des effets positifs sur les cultures.

Les parties exploitées de l'arbre

Dans le terroir de la Néma, différentes parties de l'arbre participent au rôle socio-économique joué par celui-ci ; il s'agit du tronc, des feuilles, des fruits, des racines, des écorces et de la résine ou gomme (tableau 3).

Tableau 3 : Les parties de l'arbre utilisées dans le terroir

COMPOSITION SPECIFIQUE	Tronc	Feuilles	Fruits	Racines	Ecorces	Résines
<i>Acacia ataxacanta</i>	x			x	x	
<i>Acacia macrostachia</i>	x	x		x		x
<i>Adansonia digitata</i>		x	x		x	
<i>Afrormosia laxiflora</i>	x	x		x	x	
<i>Anacardium Occidentale</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Annona senegalensis</i>	x	x	x	x	x	
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	x	x		x	x	
<i>Azadirachta indica</i>	x	x	x		x	
<i>Borassus flabellifer</i>	x	x	x			
<i>Cassia sieberiana</i>	x		x	x	x	
<i>Calotropis procera</i>		x		x		
<i>Carica papaya</i>		x	x			x
<i>Celtis toka</i>	x	x	x	x	x	
<i>Citrus aurantium</i>			x			
<i>Cola cordifolia</i>			x			
<i>Combretum glutinosum</i>	x	x		x		
<i>Combretum micranthum</i>	x	x				
<i>Cordyla pinnata</i>	x	x	x	x	x	
<i>Daniellia oliveri</i>	x				x	
<i>Detarium microcarpum</i>	x		x	x		
<i>Detarium senegalensis</i>			x		x	
<i>Elaeis guineensis</i>	x		x			
<i>Erythrina senegalensis</i>	x			x	x	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	x	x		x		
<i>Faidherbia albida</i>	x	x	x		x	
<i>Ficus capensis</i>	x		x		x	
<i>Ficus glumosa</i>	x		x	x		
<i>Ficus gnaphalocarpa</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Guiera senegalensis</i>	x	x		x		
<i>Hannoa undulata</i>	x	x	x			
<i>Icacina senegalensis</i>		x	x	x		
<i>Jatropha curcas</i>		x	x			
<i>Khaya senegalensis</i>	x	x			x	
<i>Mangifera Indica</i>	x	x	x	x	x	
<i>Moringa oleifera</i>		x		x		
<i>Neocarya macrophylla</i>	x		x			
<i>Parkia biglobosa</i>	x	x	x	x	x	
<i>Piliostigma reticulatum</i>			x	x		
<i>Prosopis africana</i>	x		x			
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	x	x	x		x	x
<i>Saba senegalensis</i>			x			
<i>Sclerocarya birrea</i>	x		x			
<i>Sterculia setigera</i>			x	x	x	x
<i>Strychnos spinosa</i>	x	x		x	x	
<i>Tamarindus indica</i>	x	x	x	x	x	
<i>Terminalia macroptera</i>	x					
<i>Ziziphus mauritiana</i>	x		x			
Effectif (N)	35	28	32	25	23	6
Fréquence (%)	74,5	60	68	53,2	50	13

A l'examen de ce tableau, il apparaît que :

- le tronc de 35 espèces (soit 74,5%) est utilisé pour donner soit du bois d'œuvre pour les charpentes, les outils et les ustensiles, soit du bois de feu pour la cuisine. Les paysans font leurs charpentes, préparent les manches des outils avec *Anogeissus leiocarpus* et *Azadirachta indica*. Les boisseliers fabriquent les mortiers, les pilons et divers récipients avec *Cordyla pinnata*, *Khaya senegalensis* ;
- les fruits représentent la seconde ressource des arbres (68%) ;
- les feuilles de 60% des ligneux du terroir sont utilisées dans diverses préparations culinaires et pharmaceutiques
- les écorces et racines (50 et 53,2%) interviennent essentiellement dans la pharmacopée ; un grand nombre d'espèces fournit des substances médicinales. Racines, écorces, feuilles, fruits et graines entrent dans la composition de tisanes et de décoctions.

La gestion de l'arbre : appropriation et jouissance de l'arbre

Appropriation des arbres

La loi 98/03 du 08 janvier 1998 qui régit le code forestier stipule dans son article L₂ que les plantations individuelles régulièrement implantées dans le domaine national sont la propriété des personnes privées physiques ou morales qui les ont réalisées, à l'exclusion de toute appropriation du terrain du domaine national.

Ainsi, dans le terroir de la Néma, les arbres plantés (généralement des espèces exotiques) sont la propriété du planteur (95,5%). Cependant, seul peut planter un arbre dans un champ quelqu'un qui est propriétaire terrien ; cette catégorie représente 96% des exploitants. Les droits qui s'exercent sur l'arbre dans la parcelle découlent de ceux qui régissent le statut de la parcelle ; l'arbre appartient au propriétaire de la terre sur laquelle il a poussé.

Contrairement aux arbres plantés dont l'appropriation ne fait aucun doute, les arbres de la forêt galerie et de la zone des parcours appartenaient à la collectivité ; ils sont parfois des sources de conflits. Ces arbres spontanés sont de plus en plus incorporés à la terre de sorte que l'exploitant (58%) de la terre s'en approprie (Ndao, 2001).

Le niveau d'appropriation varie suivant l'importance de l'espèce dans l'économie rurale. Ainsi, le dimb (*Cordyla pinnata*), le néré (*Parkia biglobosa*)

et le baobab (*Adansonia digitata*) sont particulièrement surveillées et une forte appropriation se manifeste, surtout pour les pieds à fruits particulièrement savoureux ou à potentiel marchand élevé.

Modes de jouissance

Dans les champs, 75,6% des exploitants estiment que l'avis du propriétaire n'est pas indispensable pour la cueillette et le ramassage des fruits destinés à la consommation.

S'agissant des zones de parcours et de la forêt galerie, 93 % estiment que la cueillette ou le ramassage des fruits et l'émondage des arbres sont permis à tous les membres de la communauté. En effet, le droit foncier prévoit généralement que « tous les biens vacants et sans maîtres appartiennent au domaine public » (Geny *et al.*, 1992). C'est sur ce fameux droit des biens vacants et sans maîtres que les exploitants forestiers se sont souvent appuyés pour exploiter les forêts villageoises sans rechercher une quelconque autorisation, alors que l'exploitation commerciale de toute ressource forestière du domaine forestier national est assujettie au paiement préalable de taxes et redevances.

Discussion

Ce travail a tenté de cerner les perceptions de l'arbre par les Sérères du Sine dans le terroir de la Néma (Saloum, Sénégal).

Dans un terroir, il ne suffit pas d'inventorier les espèces et d'en énumérer les divers usages pour restituer la place de l'arbre dans l'environnement du paysan. L'arbre a de multiples fonctions ; par ses feuilles, ses fleurs, ses fruits, ses écorces, ses racines, son bois, mais aussi par la place qu'il tient dans le paysage agraire et son action sur le milieu.

Cinq espèces apparaissent particulièrement importantes pour les populations du terroir ; il s'agit du manguiier (*Mangifera indica*), du dimb (*Cordyla pinnata*), de l'anacardier (*Anacardium occidentale*), du néré (*Parkia biglobosa*), et du baobab (*Adansonia digitata*). Ce sont toutes des espèces fruitières, qui interviennent soit dans l'alimentation de ces populations, soit comme des sources de revenu monétaire.

La pulpe farineuse d'*Adansonia digitata* est un succédané du lait accompagnant les bouillies de mil. Elle peut être consommée fraîche ou sous forme de bouillie après séchage.

Les fruits de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. ont une grande importance dans la cuisine. Les graines servent à préparer le "Nététu"; principal assaisonnement des sauces africaines. Le "Nététu" est très riche en Calcium et en Phosphore ainsi qu'en Vitamine A (Raison, 1988).

Dans le terroir, les arbres et les arbustes entrent dans l'alimentation des animaux domestiques soit par les fruits, soit par les feuilles consommées en vert ou sèches. Selon Weigel (1994), l'image est classique : en fin de saison sèche les troupeaux se regroupent sous les arbres en haut desquels, des bergers coupent les branches portant un feuillage encore vert.

D'autres espèces jouent un rôle important dans la défense et la remontée de la fertilité des sols. Dans les haies vives, on rencontre *Euphorbia balsamifera*, *Jatropha curcas* et dans une moindre mesure *Eucalyptus camaldulensis* et *Azadirachta indica*. Ces haies vives jouent le rôle de brise-vent. Elles contribuent aussi à diminuer l'érosion éolienne et les dégâts mécaniques causés aux cultures. De plus elles peuvent réduire l'évapotranspiration, et ainsi la demande évaporative de l'air dans les champs sous culture (Kessler et Boni, 1991). Jusqu'à un certain degré de recouvrement, Akpo (1993) a clairement établi que l'arbre modifie les conditions écologiques en réduisant le pouvoir évaporant de l'air, en favorisant le bilan hydrique du sol et en améliorant la fertilité. La végétation naturelle joue un rôle capital dans le piégeage du sable et de la matière organique (Floret *et al.*, 1977 ; Le Houérou, 1987) et sur le ruissellement et l'infiltration de l'eau (Bourges *et al.*, 1984 ; Floret et Pontanier, 1984).

Cordyla pinnata (Lepr.) Miln-Red est la première espèce qui présente des effets positifs pour les cultures (36,3 %). Au cours d'une enquête antérieure, Sall (1996) rapporte que les paysans du Saloum affirment n'avoir noté aucun effet dépressif du dimb sur les rendements de mil et d'arachide, mais plutôt une augmentation de la biomasse herbacée sous l'arbre. Le bétail profiterait alors de cet apport supplémentaire de fourrage et fertiliserait à son tour les champs et les arbres.

Guiera senegalensis J.F. Gmel joue un rôle sur la fertilité des sols et l'environnement. Les feuilles et les brindilles laissées sur le sol au moment de la remise en culture constituent un mulch (paillage). Cet arbuste joue un rôle essentiel dans l'augmentation du taux de matière organique et la remontée d'éléments minéraux des horizons profonds (Louppe, 1991).

Beaucoup de travaux ont également confirmé le

rôle positif des arbres isolés sur les cultures (Charreau & Vidal 1965 ; Dancette & Poulain, 1968 ; Kessler & Boni, 1991 ; Kotschi, 1991 ; Akpo & Grouzis, 1993 ; Sall, 1993 ; Sarr *et al.*, 2002) ;

Parkia biglobosa (Jacq.) Benth. et *Azadirachta indica* ont des effets néfastes sur les cultures (Sarr *et al.*, 2001), principalement sur le rendement des gosses d'arachide. L'effet est favorable sur la production de fanes ; cela contribue largement au disponible fourrager (Madjikam, 2000 ; Akpo *et al.*, 2003).

Dans la zone de parcours, les espèces ligneuses les plus appréciées sont *Celtis integrifolia* et *Pterocarpus erinaceus*. Elles offrent au bétail un appoint alimentaire considérable (Boutrais, 1980) pour compléter le fourrage herbacé à l'état de paille déséquilibré sur le plan nutritif, voire absent parfois.

Dans le terroir, l'arbre présente plusieurs fonctions et différentes parties de l'arbre font l'objet d'exploitation ; ce sont des espèces à usages multiples. Le tronc, les fruits et les feuilles constituent les parties de l'arbre les plus utilisées.

Dans le terroir, *Cordyla pinnata* (Lepr.) Miln-Red paraît menacée. En effet le Dimb est une espèce diversement utilisée par les populations. Habitants, boisseliers et charbonniers se disputent l'arbre sans pour autant se soucier du remplacement. Ils appauvrissent ainsi le système et compromettent les équilibres forestiers (Dupriez et Leener, 1993).

L'introduction de la culture attelée dans les pratiques culturelles dans les années 1970 a contribué à la diminution des effectifs des arbres (Ngom, 2001 ; Ngom *et al.*, 2002). C'est à cette même époque qu'une scierie a été installée dans la forêt classée de Missirah pour l'exploitation (frauduleuse) du dimb et du vène (*Pterocarpus erinaceus*).

Conclusion

Les fonctions de l'arbre sont importantes et variées dans le terroir de la Néma : denrée alimentaire, fourrage, produits pharmaceutiques, bois de feu et/ou de service.... Cependant les plantations individuelles ne concernent généralement que les arbres fruitiers, qui sont source de revenu monétaire. La forte pression anthropique et les pratiques culturelles constituent des menaces pour la gestion durable des ressources forestières du terroir. Il importe de développer des plantations familiales au détriment des plantations de type industriel, qui sont généralement communautaires. Ces plantations porteront sur des espèces aussi bien exotiques que locales pour intégrer les espèces préférées par les populations.

Références bibliographiques

- AKPO L. E. & GROUZIS M.**, 1993.- Interaction arbre / herbe en zones arides et semi-arides d'Afrique : Etats des connaissances. Pp : 64-78, in Bounkongou E., AYUK E.T., ZOUNGRANA I eds. : *Les parcs agroforestiers des zones semi-arides d'Afrique de l'ouest*. ICRAF, Nairobi, 226 p.
- AKPO L. E.**, 1993.- Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. TDM ORSTOM. Paris, F93 :174 p.
- AKPO L.E., COLY I., SARR D., NGOM D., NDAO S.**, 2003.- Systèmes d'utilisation des terres et gestion des ressources forestières dans le bassin de la Néma au Sénégal (Afrique de l'Ouest). In actes du colloque : Organisation spatiale et gestion des ressources et des terroirs ruraux. SAGERT, CIRAD, Montpellier, 25-27 avril.
- BERHAUT J.**, 1967.- La Flore du Sénégal. Ed. Clairifrique, Dakar, 458 p.
- BOURGES J., FLORET C., GIRARD J. et PONTANIER R.**, 1984. - Dynamique de l'eau sur un glaciaire du sud tunisien (Type Segui). Document Cepe/CNRS, Montpellier ; ORSTOM, Tunis, 86p.
- BOUTRAIS J.**, 1980. - L'arbre et le bœuf en zone soudano-guinéenne in *L'arbre en Afrique tropicale : La fonction et le signe*. Cahiers ORSTOM, série Sciences Humaines vol. XVII- Nos 3-4 : 235-246.
- CHAMARD P. C. & COUREL M. F.**, 1999. - La forêt sahélienne menacée. *Revue Sécheresse* N° 1 volume 10 : 11-25.
- CHARREAU C. & VIDAL P.**, 1965. - Influence de l'*Acacia albida* sur le sol, la nutrition minérale et les rendements des mils *Pennisetum* au Sénégal. *Agronomie tropicale* N° 6-7 : 600-625.
- COLY I., AKPO L. E., DACOSTA H., DIOME F. & MALOU R.**, 2001 - Caractérisation agro-écologique du terroir de la Néma au Sénégal: Les systèmes d'utilisations des terres et Diversité du peuplement ligneux. in *Journal des Sciences/ J.Sci.* vol 1, N°2 (2001) : 9-18.
- DANCETTE C. & POULAIN J. F.**, 1968. - Influence de l'*Acacia albida* sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures : 45p.
- DUPRIEZ H. & LEENER P.**, 1993. - Arbres et cultures multiétagées d'Afrique. CTA, Terres et vie, Nivelles Belgique, 2^{ème} édition : 280p.
- FLORET C. et PONTANIER R.**, 1984. - Aridité climatique, aridité édaphique. Bull. soc. Bot.,Fr.,131, Actual. Bot. (2/3/4): 265-275.
- FLORET C., LE FLOCH E., PONTANIER R. et ROMANE F.**, 1977. - Contribution à l'étude de cas sur la désertification de la région d'Oglat-Merteba, Tunisie. Conférence des Nations Unies sur la désertification, Nairobi. Extrait et adapté du document A/CONF. 74/12 : 3-93 et 130-143.
- GANABA S., OUADBA J. M. & BOGNOUNOU O.**, 1998. - Les ligneux à usage de bois d'énergie en région sahélienne du Burkina Faso : préférence des groupes ethniques. *Revue Sécheresse*, volume 9, N° 4 : 261-268.
- GENY P., WAECHTER P., YATCHINOVSKY A.**, 1992. - Environnement et développement rural : guide de la gestion des ressources naturelles. Paris, ministère coopération et Agence de coopération culturelle : 418p.
- KESSLER J. J. & BONI J.**, 1991.- L'agroforesterie au Burkina Faso. Bilan et analyse de la situation actuelle. Tropical resource management paper N° 1, Wageningen : 144p.
- KOTCHI J.**, 1991. - Pratiques d'agriculture écologique pour petites exploitations tropicales. GTZ - CTA : 206p.
- LE HOUEROU H. N.**, 1987.- Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the mediterranean basin : old approaches to new problems. Workshop on desertification, Madrid may 1987, 14p.
- LIENOU G.**, 1995. - Relations écoulements de surface-écoulements souterrains dans le bassin de la Néma (Sine-Saloum, Sénégal). *Mémoire de DEA de Géologie. UCAD*.
- LOUPPE D.**, 1991.- *Guiera senegalensis* J.F. Gmel, espèce agroforestière ? Micro jachère dérobée de saison sèche et approvisionnement énergétique d'un village du centre-nord du bassin arachidier sénégalais. *Revue Bois et Forêts des tropiques* N° 228 : 41-47.
- MADJIKAM S.P.** 2000.- Importance des r sidus de

récolte dans le bilan fourrager du terroir de la Néma au Niombato (Centre-Sénégal). Doct. vét., Dakar, 9, 60 p.

MICHEL P., 1969.- Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie : Etudes Géomorphologiques. *Thèse Doctorat es Sc. Université de Strasbourg* : 1167p.

NDAO S., 2001. - Pratiques agricoles et gestion de l'arbre dans les parcs agroforestiers en milieu soudano-sahélien (Sine-Saloum, Sénégal). *Mémoire de DESS, CRESA de Niamey* : 60p.

NGOM D., 2001.- L'arbre dans les systèmes d'utilisation des terres du bassin versant de la Néma en zone soudano-sahélienne (Sine-Saloum, Sénégal). *Mémoire de DEA en Biologie Végétale, UCAD* : 44p.

NGOM D., COLY I., BANOIN M., AKPO L.E. & DACOSTA H., 2002.- Caractéristiques de la flore et de la végétation ligneuses des modes d'utilisation des terres de la Néma au Sénégal. (Sous presse).

RAISON J. P., 1988.- Les « parcs » en Afrique. Etats des connaissances et perspectives de recherche. Document de travail : 117p.

SALL P. N., 1996. - Les parcs agroforestiers au Sénégal : Etats des connaissances et perspectives.

Rapport de consultation N° 100, SALWA/ICRAF : 147p.

SALL P. N., 1993.- Quelques éléments d'étude sur les parcs agroforestiers au Sahel. DRPF/ISRA - ICRAF : 12 p.

SARR D., AKPO, L.E., DIOME F., DACOSTA H. & MALOU R. 2002. - Influence du néré sur quelques paramètres physico-chimiques des sols des champs de plateau de la Néma en zone soudano-sahélienne (Sine - Saloum, Sénégal). *Journ. des Sci.*, 2, 2, 59-67.

SCET., 1966.- Aménagement des vallées du Bas-Saloum et du Sine Pakala. Etude pédologique : Vallée de la Néma. Société centrale pour l'équipement du territoire- Coopération : 26p.

VON MAYDELL H.J., 1990.- Arbres et arbustes du Sahel : Leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ : 531p.

WEIGEL J., 1994.- Agroforesterie pratique. Paris, Ministère de la coopération : 211p.

Assessing Productivity and Profitability Gaps in Irrigated Rice Production in the Sahel

M. Kebbeh¹, M.C.S Wopereis¹, Miezán, B.S. Diack and A.M. Fermont¹

Abstract

On-farm trials were undertaken in Mauritania in 1999/2000 to assess productivity and profitability gains from the use of improved irrigated rice technologies. Socioeconomic surveys were also conducted to characterize production systems, undertake opportunity/constraint analysis, and to derive farmer perceptions on productivity and profitability gaps.

The on-farm evaluation and micro-level study results show significant productivity and profitability gains from the use of improved technologies among small-scale irrigated rice farmers in Mauritania. In all study sites, the improved technology package was superior to farmers' management practices in yield and net farm returns. Yield advantages over observed farmer production practices are in the range of 39 to 69%. In addition, net revenue per hectare obtained from use of the improved technology package is 49 to 142% higher than those obtained on farmers' plots. Marginal rates of return to investment in the improved technology are over 300%, much higher than traditional target rates of return to investment in sub-Saharan Africa.

Farm management survey results from all sites show that input levels used by farmers are not lower the recommended rates. There are however significant differences in input management, specifically choice of varieties and seed quality, timing and mode of application of chemical fertilizers and herbicides, and water management practices. In effect, the superior performance of the improved technology package is attributed to better fertilizer, weed and water management strategies, and the use of improved varieties with yield and grain quality advantages.

For greater farm level impact, we propose that technology evaluation and transfer efforts focus on the farm and input management strategies. The study concludes that farm level payoffs to improved management strategies among small-scale irrigated farmers are indeed high.

Key Words: On-farm evaluation, improved technology package, productivity and profitability gaps

¹The authors respectively are research fellow, agronomist, program leader (irrigated rice breeder) and research assistants in the Irrigated Rice Program, West Africa Rice Development Association. Programme Riz Irrigué, ADRAO, BP 96, St. Louis (Sénégal)

Introduction

The rice sector in Mauritania has evolved from a minor position to one of relative dominance in the agricultural economy. Per capita rice consumption grew from 11 to 60 kg between the early sixties and mid nineties. During this period, total cereal consumption accounted for by rice increased from 10 to 38%². Although Mauritania has recorded an impressive growth in rice production over the last three decades, domestic production has not kept up with local consumption demand.

Mauritania relies exclusively on irrigation for rice production, with production concentrated along the Senegal River Valley (SRV). Total area under irrigated rice in 1990 was 23,600 hectares, 50% of which was under small and large-scale public schemes. Private producers managed the rest³. Large and small-scale public schemes together accounted for 67% of total paddy produced in the country during 1991/92 (Randolph, 1994).

Studies that have identified efficient nutrient and weed management strategies as principal contributors to yield and profitability of irrigated rice in the Sahel include Donovan et al. (1998), and Haefele et al. (1999). Results from these studies show significant increases in crop yield and net farm revenue as a result of better fertilizer and weed management, suggesting small-scale farmers can significantly increase the productivity of irrigated rice by using improved management technologies. Donovan et al. conclude that farmers can improve profitability and economic efficiency by use of better fertilizer management practices to improve the recovery rate of applied N, and by increasing the rates of applied N to recommended levels. Haefele et al. (1999) reported net revenue increases of 40 to 85% from the use of improved fertility and weed management strategies.

In 1999, on-farm evaluations of an improved technology package for irrigated rice production were initiated with small-scale farmers in Mauritania, in collaboration with the national extension service (SONADER). The overall goal was to determine the yield/productivity gains from the use of improved technologies, and to identify factors responsible for

yield and productivity gaps. Elements of the package include the use of improved varieties, better fertilizer, weed and water management strategies, and cost effective post-harvest processing equipment. In addition to the farm trials, a socioeconomic study was conducted to characterize the production environment, identify constraints/opportunities for the use of improved technologies, and determine farmers' perceptions on the performance of the ICM plots.

The approach of the study is discussed in the next section, followed by a presentation of the study results. In discussing the results, we first give an overview of the socioeconomic structure of the study sample, after which farmers' perceptions on the key constraints to irrigated rice production are presented. Another section discusses results from the agronomic and economic analysis of field trials, followed by a discussion of perceptions on the different elements of the ICM and observed farmer practices. The last section summarizes key findings and presents conclusions from the study.

Study Approach

Farm trials were set up to assess yield and profitability gaps between farmers' practices and an improved ICM technology for irrigated rice production in Mauritania. In addition, quantitative and qualitative socioeconomic surveys were conducted to characterize the micro-level environment of producers. Selected case study sites were used for participatory appraisals that are an important element of the participatory technology evaluation and transfer approach of the study. The approach is useful in understanding farmer constraints, perceptions and decision-making criteria for technology adoption.

Sample selection and data collection

The study was conducted in the four regions that comprise the 'rice belt' of Mauritania; ROSSO, BOGHE, KAEDI AND FOU M GLEITA. Two stage stratified random sampling was used to select sites and sample farmers for the field surveys and farm trials. With the assistance of the national extension service, two sites/cooperatives were selected from each of the regions. In ROSSO, we selected one cooperative each in Mechra Sidi and Thiambene. The selected sites in BOGHE are Toulde and Sinthiane, where we worked with cooperatives of both male and female membership. The selected cooperatives in KAEDI were PPG1 and PPG2, while

² Irrigated Rice Production in Mauritania: A Study of Comparative Advantage and Research Prioritization. T. F. Randolph, unpublished draft report, 1994.

³ SONADER Report, 1991. a socioeconomic study was conducted to characterize the production

S7, S17 and S27 were selected in FOUM GLEITA. Following village selection, ten farmers were randomly chosen from each site for the field surveys and on-farm trials. Each selected farmer possessed at least 0.5 hectares of land used for irrigated rice cultivation in the 1999 wet season. Half of the plot of each participant (approximately 0.25 ha) was used for the ICM, and farmers were asked to follow the production practice of their choice in the rest of the field area. All inputs for the ICM plots (with the exception of labor, irrigation water and land preparation) were provided at no cost to participating farmers, but farmers took total responsibility for 'their own plots'. Soil samples were collected from each plot for nutrient analysis prior to seeding/transplanting.

Household characteristics and production plan surveys were administered prior to the start of the cropping season in order to determine the socioeconomic structure of sample farmers and their intended farm management decisions. A second survey was conducted during the growing season to assess actual farm management and input use decisions on each farmer's plot. All sample farmers were carefully monitored during this period, keeping records of type, quantity, mode, timing and cost of inputs, and quantity and value of final output.

Three case study villages (Mechra Sidi, Thiambene and Sinthiane) were selected for a two-phase qualitative characterization, constraint analysis and technology evaluation study. During the first phase, producers were engaged in informal discussions to determine the position of irrigated rice in the community, and to identify production resources and major opportunities and constraints of irrigated rice production. The second phase focused on evaluating the performance of the ICM plots in comparison with farmers' plots, and identifying causes of differences in performance.

Agronomic data was subjected to statistical analysis to determine differences in input use strategies and output levels. Benefit cost, marginal and risk analyses were used for the economic evaluation. Net revenue per hectare was calculated for the two treatments in each site. Marginal rates of return were then computed to assess returns to additional investments associated with use of the ICM technology.

Description of the ICM technology

The ICM technology is a combination of improved

management practices for irrigated rice production in the Sahel. Elements of the ICM include the use of improved cultivars, certified seed, and efficient fertilizer, weed and water management strategies. Post harvest technologies are aimed at improving grain quality through timely harvesting and the use of efficient and cost effective threshing equipment. The improved varieties are a short duration cultivar known as Sahel 108 and a medium duration cultivar released as Sahel 202 (Miezan and Diack, 1994). Seeding rates are 100 and 40 kg/ha respectively for direct seeding and transplanting. Simulation results (Dingkuhn, 1997) suggest that in the Sahel, the optimal seeding period for the wet season is between June 31 and August 4, with transplanting done 20 days after seeding. Optimal fertilizer rates are 100 kg/ha Triple Super Phosphate (TSP, 20% P) and 250-300 kg/ha Urea (46% N), depending on indigenous soil fertility. TSP is applied as a base fertilizer (or latest at 2-3 weeks after transplanting or seeding) while urea is applied in three splits. The first dose of 40% is applied at the start of tillering, and another dose of 40% at panicle initiation. A final dose of 20% is applied at the booting stage of the crop (Haelele and Wopereis, 2000). Weed management consists of using a mixture of 6 l/ha of Propanil and 1.5 l/ha of 2,4D, applied 3 days before first urea application (Diallo and Johnson, 1997). This is complemented with at least one manual weeding after first urea application. Water management, directed at maximizing the efficiency of fertilizers and herbicides, consists of applying herbicides in completely drained fields and reducing water levels in the field to 3 cm for about 4-5 days at each fertilizer application. The rice field is completely drained 15 days after flowering to promote uniform ripening of grains and to allow for a timely harvest at 80% maturity (Dingkuhn and Le Gal, 1997). Threshing is done within 7 days after harvest, preferably with the SAC, a thresher/cleaner prototype developed for Sahelian conditions by WARDA and officially released as the ASI in Senegal (Wopereis et al., 1998).

Discussion of Results

Socioeconomic characteristics of sample farmers

A summary of the socio-economic structure of sample farmers is presented in table 1. There are no significant age differences between farmers in all three sites. The number of schooling years is however significantly lower for Mechra Sidi than Thiambene. All sample farmers in Mechra Sidi are women, and

Table 1: Socio-economic structure of sample farmers, Mauritania, wet season 1999

Variables	Thiambene	Mechra Sidi	Sinthiane
No. of farmers and gender	9 Men	10 Women	9 Men + 1 Woman
Age	36 a	41 a	45 a
Years in school(formal or alphabetization)	4 a	0 b	2 ab
Experience in rice cultivation (years)	18 a	11 b	20 a
Number extension visits per crop season	5 a	11 b	2 c
No. women in HH	4.6 a	4.2 a	7.8 b
No. men in HH	3.6 a	3.7 a	8.3 b
Rice surface of HH (ha)	0.7 a	2.0 b	1.6 b

Variables followed by the same letter are not significantly different for Duncan multiple variable test, alpha = 0.05

Table 2 : Principal constraints identified by farmers, Mauritania, wet season 1999

Thiambene	Mechra Sidi	Sinthiane
1. Unavailability of chemical fertilizer adequate quantities	1. Infrastructure/Perimeter	1. Shortage of Equipment for Land Preparation
2. Infrastructure/Perimeter	2. Shortage of Equipment	2. Unavailability of chemical fertilizer adequate quantities
3. Inadequate Information	3. High cost of Inputs (fertilizer)	3. Infrastructure/Perimeter
4. Weed Competition	4. Poor Seed Quality	4. Credit Problems
5. Shortage of Equipment	5. Weed Competition	5. Weed competition
6. Crop Protection (pests)		6. Crop Protection (pests)

Table 3 : Observed farm management practices in farmer's fields, Mauritania, wet season 1999

	No. of cases	Thiambene (9 farmers)		Mechra Sid (10 farmers)	
		Avg.	SD	Avg.	S
Seeding and transplanting					
Mode	29	Direct seeding		Direct seedi	
Variety	29	Jaya		Jaya	
Certified seed	2	2	-	0	-
Seed quantity (kg/ha)	29	148	48	221	39
Urea application					
First application (kg/ha)	29	149	40	184	55
Second application (kg/ha)	29	124	62	131	26
Third application (kg/ha)	6	-	-	84	23
Total urea application (kg/ha)	29	273	90	332	
TSP application					
TSP application (kg/ha)	14	-	-	60	31
Herbicide application					
Type of herbicide used	18	propanil+2,4D		propanil+2	
Herbicide application (l/ha)	18	8.2	3.2	2.2	0.2
Harvest and threshing					
Harvesting (Days after sowing/transplanting)	28	151	14	140	9
Threshing (Days after sowing/transplanting)	28	168	16	175	5
Threshing mode	27	7 votex		1 votex	
		1 manual		8 manual	
Yield (t/ha)	28	3.3 a	1.2	4.9 b	1.3

farmers in Thiambene and Sinthiane have significantly more experience in irrigated rice cultivation than farmers from Mechra Sidi. However, the frequency of contact with extension agents is much higher for the predominantly female cooperative farmers in Mechra Sidi. Households in Sinthiane are much larger than those of the other sample villages, but household gender composition is not different across sites. Also, farm households in Sinthiane and Mechra Sidi have more irrigated rice area than those in Thiambene.

Figure 1 shows the important role of the national extension service in the dissemination of agricultural information. The dominance of this service as a source of information has important implications for the sustainable dissemination and transfer of improved production practices. Because it is the primary source of information for the overwhelming majority of small farmers, enhancing the capacity of SONADER will be crucial for sustainable technology transfer among small farmers of Mauritania.

Farmers' Production Practices

Observed management practices on farmers' plots are summarized in table 3. All sample farmers in Thiambene and Mechra Sidi cultivated Jaya, a medium duration variety. In Sinthiane however, farmers cultivated the short duration variety Sahel 108. None of the sample farmers used certified seeds⁴. In contrast to Thiambene and Sinthiane where most farmers purchased planting material from the market, farmers in Mechra Sidi used stock from their previous harvest. All fields were seeded within the optimal seeding period. However, seeding rates of 148 kg/ha and 221 kg/ha respectively in Thiambene and Mechra Sidi exceed the optimum seeding rate of 100 kg/ha for direct seeded rice. In Sinthiane where transplanting was done, the seeding rate (35 kg/ha) is below recommended levels. Farmers in Thiambene indicated that higher seeding rates are used to counter the effects of weed infestation and low germination resulting from the use of poor quality seed.

None of the sample farmers in Thiambene applied TSP on their plots. However, some farmers in Mechra Sidi and Sinthiane applied half the recommended rate. Urea application rates are similar

to current recommendations, but the common practice is to apply urea in two splits. Only 6 of the 29 farmers in our sample applied urea in 3 splits. Although 62% of sample farmers used herbicides for weed control, most used quantities below the optimum level. In general, farmers' plots were not drained prior to fertilizer or herbicide application, and water management consists of increasing water levels when they are considered too low. Harvesting and threshing of control plots were undertaken late in all study sites.

Mean paddy yields for the ICM and farmers' plots are presented in figure 2. There are significant yield increases from use of ICM technologies in all sites. Yields from the ICM plots are 2 to 2.3 t/ha higher than farmers' yields. The superior yield performance of the ICM plots is attributable to the use of good quality seed, TSP, and better management of fertilizer and herbicides among others. Also, timely harvesting and threshing of the ICM plots resulted in lower post harvest losses. Across sites, yields are much higher among female farmers in Mechra Sidi than farmers in Thiambene and Sinthiane. Fields in Mechra Sidi were generally better managed than in the other sites.

Economic analysis

Benefit-cost analysis results (table 3) show substantial increases in yield and farm revenue from the use of ICM practices in all study sites. The yield advantage of the ICM plots over farmers' plots is in the range of 39 to 69%. During informal focus group discussions, farmers indicated receiving a higher price for paddy from the trial plots, suggesting potential price differentiation based on grain quality. This will have an effect on total revenue per hectare and the eventual economic performance of the improved package. The additional production cost associated with the ICM plot is between 11 and 24 percent. Most of this is for the purchase of herbicide and basal fertilizer. Almost all farmers in the study sample use very high rates of uncertified seed of questionable quality. The difference in the cost of seed per hectare between the ICM (using certified seed) and farmers plots is minimal. Most farmers either do not apply basal fertilizer or use quantities far below optimal rates. The absence of substantial differences in production costs between the ICM and farmers plots suggests that input levels on farmers' plots may not be significantly lower than recommended rates. What is perhaps more impor-

⁴ Farmers in Thiambene and Mechra Sidi indicated to have used certified seeds before, but stopped doing so due to seed quality problems.

Figure 1: Primary Source of Agricultural Information for Sample Farmers in Case Study Sites

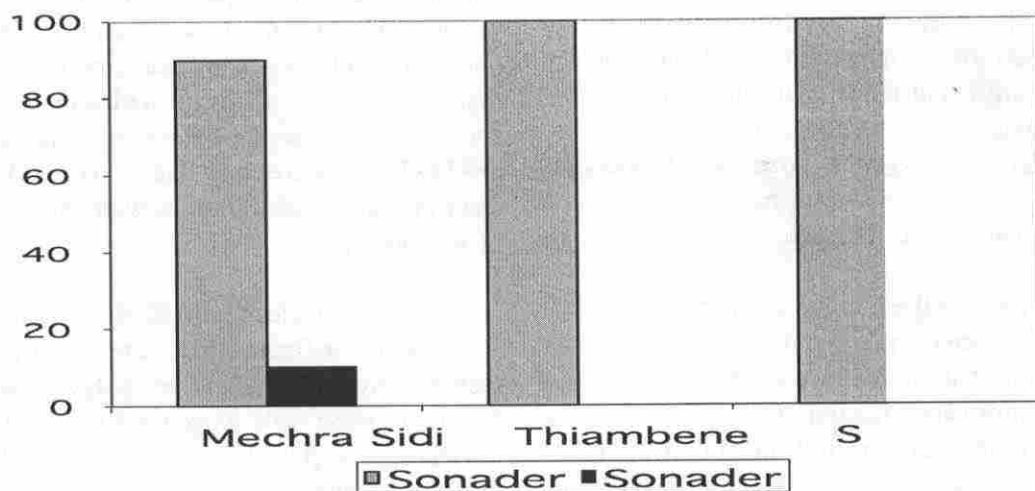
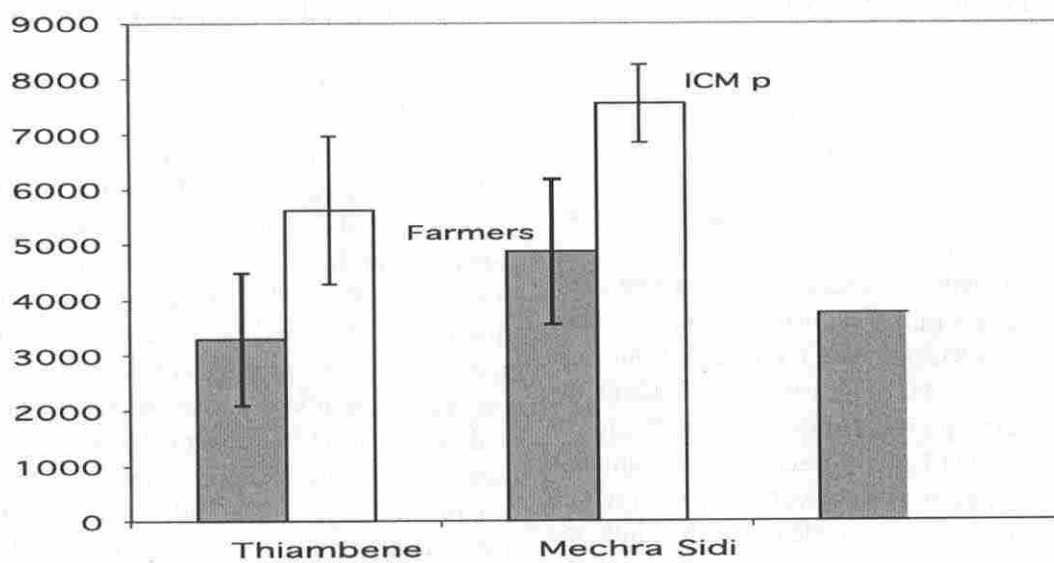


Figure 2: Mean Yield from ICM and Control Plots in Case Study Sites



tant is the management of inputs, specifically the mode and timing of input application.

Net benefit analysis clearly demonstrated the economic superiority of the ICM plots over current farmer practices. Net revenue per hectare obtained from the ICM plots are 49 to 142% higher than those obtained by farmers in all study sites. These results show the potential gains in net farm revenue to be derived from use of improved management practices in irrigated rice production. This is explained by the substantial yield increase associated with the use of improved management practices. The farm level productivity gains from improved management in irrigated rice production in Mauritania is very high indeed.

An important consideration in economic evaluation is a comparison of additional benefits from adoption of a new technology to additional costs incurred. Results from marginal analysis in table 5 show that in addition to having superior net revenue per hectare across all sites, marginal rates of return of the improved technology are indeed attractive. The marginal rate of return is defined in terms of the ratio of additional net benefits to additional production costs.

The minimum MRR is over 300%, and this exceeds generally acceptable standards of 40 to 100%. These results, indicating that returns to the

additional cost of adopting improved irrigated rice production technologies are high, have important implications for the small farmers in the Sahel.

Another important issue is the effect of risk on adoption and input use decisions. The literature on the economics of agriculture in sub-Saharan Africa clearly show that small farmers are risk averse, and may be reluctant to adopt technologies with high risk levels. In this study, we analyze risk by deriving variability indices for the ICM and farmers' plots, and by comparing minimum net revenues obtained from the ICM plots and farmers' fields. The results are presented in table 6. Variability indices are lower for the ICM plots than farmers' fields in all sites, an indication that adoption of the improved practices does not increase risk levels incurred by small scale irrigated rice producers. This may be because most of the changes with using the improved package are associated with better management of production resources, and not an increase in input levels. The lower variability indices indicate that better management of inputs will indeed reduce production risks of small-scale irrigated rice farmers in Mauritania and the Sahel. Minimum net revenues can be used

Table 4 : Benefit cost analysis of ICM and control plots, Mauritania, wet season 1999

	Mechra Sidi		Thiambene		Sinthiane	
	ICM	Control	Trial.	Control	Trial.	Control
Yield (Kg/ha)	7559	5423	5629	3333	5985	3764
Total revenue (UM/ha)	287242	206074	213902	126654	227430	143032
Production Cost (UM/ha)						
Land Preparation	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Seed	8000	8398	8000	5510	3200	1330
Urea	15525	14940	13500	12690	11250	9810
DAP/TSP	6900	3540	6000	0	6000	3000
Herbicide	8397	575	8397	12400	8397	8333
Irrigation	28314	28314	28314	28314	28314	28314
Threshing	28724.2	20607.4	21390.2	12665.4	22743	14303.2
Total Production Cost	99360.2	79874.4	89101.2	75079.4	83404	68590.2
Net revenue (UM/ha)	187881.8	126199.6	124800.8	51574.6	144026	74441.8

Table 5 : Marginal Analysis of ICM and control plots, Mauritania, wet season 1999

	Mechra Sidi		Thiambene		Sinthiane	
	Trial.	Control	Trial.	Control	Trial.	Control
Net revenue (UM/ha)	187881.8	126199.6	124800.8	51574.6	144026	74441.8
Total variable cost (UM/ha)	99360.2	79874.4	89101.2	75079.4	83404	68590.2
Superior?	YES	NO	YES	NO	YES	NO
Marginal net revenue(UM/ha)	61682.2	N A	73226.2	N A	69584.2	N A
Marginal variable cost (UM/ha)	19485.8	N A	14021.8	N A	14813.8	N A
Marginal rate o f return (%)	316.55	N A	522.23	N A	469.73	N A

Table 6 : Risk analysis of ICM and control plots, Mauritania, wet season 1999

	Mechra Sidi		Thiambene		S
	Trial.	Control	Trial.	Control	T
Average Net Revenue (UM/ha)	187881.8	126199.6	124800.8	51574.6	1
Standard Deviation	24417	38462	57574.6	24641.6	3
Variability Index*	12.99	30.48	46.12	48.00	2
Minimum Net revenue (UM/ha)	152387.0	62265.0	44054.6	29857.4	4

* Variability index = (standard deviation/average net benefit)*100

Table 7 : Perceptions on contributors to yield / productivity gaps

Element of Technology package	Percent Farmers	Perceptions on Po
Urea application in 3 splits	100	Yield Increasing
Basal Application of Phosphorus	100	High tillering and yield Increasing
Drainage prior to chemical weeding and urea application	80	Increases efficacy of chemical, and enhances fertility use efficiency
Use of Sahel 108/202	80	Grain quality, good taste,
Certified seed and optimal seeding rate (100kg per hectare for direct seeding and 40 kg/ha for transplanting.	85	Less weeds, high tillering
Harvesting at 80% maturity and threshing with SAC	90	Grain weight, less shattering, rapidity, less labor required for threshing
Use of Herbicide for weeding	60	Labor saving and more effective

as a proxy for performance under a worse case scenario. Even with this assumption, the improved technological package is economically superior to farmer practices across sites.

Summary and Conclusions

Profitability and productivity gaps in small-scale irrigated rice production were evaluated in on-farm trials using an improved technology package for irrigated rice producers in Mauritania. Formal and informal socioeconomic surveys were also conducted to characterize production systems, identify constraints and incorporate farmer perceptions into the evaluation of the technology package.

The results from this study show significant gains in yield and net returns per hectare from use of the improved technology package. In all study sites, yields and net returns per hectare are much higher for the improved practices than current farmer management practices. In general, input use levels and total production costs per hectare are similar for current farmer practices and the improved technologies.

There are however major differences in the management and use efficiency of farm inputs, suggesting that efforts to improve input management practices and use efficiencies will have a high payoff for small-scale farmers in Mauritania.

Results from marginal and risk analyses support conclusions of the economic superiority of the ICM technology under evaluation. Marginal rates of return for the improved technology are higher than acceptable/standard rates used for evaluating

investments in the farm sector in Sub-sahara Africa. The results clearly show that for small-scale irrigated rice producers in the Sahel, farm level returns to investments in improved crop and resource/input management are indeed very attractive.

Results from the analysis of farm management data indicate that input management (mode and timing of application of inputs) is a limiting factor. Another important contributor to low rice yields among farmers in Mauritania is the use of uncertified seed of questionable quality. The overwhelming majority of producers use very high quantities of poor quality seed, resulting in low germination rates poor stand establishment and aggressive weed competition.

The results from this study show significant increases in yield and income from the use of improved irrigated rice technologies that emphasize input use efficiency. Profitability and productivity gaps are largely explained by differences in the management of available resources, not input use levels.

In general, agricultural production decisions are made at different levels (individual, household, cooperative/scheme, village and outside institutions). It is therefore important to understand the roles of different actors in the decision making process for better targeting of technology evaluation and transfer efforts. Also, the dynamic micro-level environment of the farm sector requires cross-sectional/time variation of appropriate technologies. Finally, farmers play an important role in the evaluation and adaptation of technologies to their production environment, warranting the incorporation of their priority concerns and perceptions in the process of technology evaluation. The participatory technology evaluation and transfer approach used in this study is a recognition of the vital role of producers in appropriate technology adaptation

Literature cited

- Diallo, S. & D.E. Johnson**, 1997, *Les adventices du riz irrigué au Sahel et leur contrôle*, in: Miézan, K.M., Wopereis, M.C.S., Dingkuhn, M., Deckers, J. & T.F. Randolph (Eds) *Irrigated rice in the Sahel: Prospects for sustainable development*, West Africa Rice Development Association, Bouaké, Cote d'Ivoire, pp 311-323.
- Dingkuhn, M.**, 1997, *Characterizing irrigated rice environments using the rice phenology model RIDEV*, in: Miézan, K.M., Wopereis, M.C.S., Dingkuhn, M., Deckers, J., Randolph, T.F. (Eds), *Irrigated rice in the Sahel: Prospects for sustainable development*, West Africa Rice Development Association, Bouaké, Cote d'Ivoire, pp 343-360.
- Dingkuhn, M. & PY Le Gal**, 1996, *Effect of drainage date on yield and dry matter partitioning in irrigated rice*, *Field crops research* 46 (1996), pp 117-126
- Haefele, S.M. & M.C.S. Wopereis**, 2000, *Combining field and simulation studies to improve fertilizer recommendations for irrigated rice in the Senegal River valley*, Paper presented at the IRRI workshop "Site specific nutrient management in irrigated rice" (in press)
- Haefele, S.M., Johnson, D.E., Diallo, S., Wopereis, M.C.S. & Jane, I.**, 2000, *Improving soil fertility and weed management is profitable for irrigated rice farmers in the Sahel*, *Field Crops Research* (in press).
- Miézan, K., & S. Diack**, 1994, *Senegal releases three new varieties selected by WARDA*, in: WARDA annual report 1994, Bouake, Ivory Coast, pp 85
- Wopereis, M.C.S., Miezan, K.M., Donovan, C., Ndiaye, A.M. & Douthwaile, B.**, 1998, *A new Senegalese thresher/cleaner responds to small-farmer post-harvest needs*, *IRRN* 23 (2), pp.39-41p

Recommandations aux auteurs

I. Généralités

A. Politique générale

1. Etudes et recherches sahéliennes

La Revue *Etudes et recherches sahéliennes* est un journal semestriel multidisciplinaire qui publie des travaux originaux dans tous les domaines de la recherche en milieu rural et en population et développement. Ces recherches portent en priorité sur les pays du Sahel mais également sur ceux de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique au Sud du Sahara. La revue publie :

- des articles originaux sur les politiques de sécurité alimentaire, la gestion des ressources naturelles, l'environnement, la protection des végétaux, la gestion de la recherche agricole, les changements socio-économiques et organisationnels du monde rural et les problèmes de population ;
- des articles de synthèse et sur des questions de méthodologie et d'orientation de la recherche ;
- des actes de réunions scientifiques sur les recherches en milieu rural.

2. Public cible

La revue s'adresse aux étudiants et chercheurs, aux cadres de la vulgarisation agricole et des organisations non-gouvernementales, aux responsables de la politique agricole s'intéressant à l'Afrique au Sud du Sahara.

3. Soumission des articles

Les manuscrits doivent être envoyés avec une disquette (5 1/4 ou 3 1/2 DD ou HD) avec une étiquette d'identification (auteur, nom du fichier, logiciel utilisé) plus l'original du texte ou à défaut en trois exemplaires (original et deux copies).

4. Langue de publication

La revue publie des articles rédigés en français ou en anglais. Cependant le résumé, les mots-clefs ainsi que le titre de l'article doivent être donnés dans les deux langues.

B. Considérations particulières

- La revue *Etudes et recherches sahéliennes* ne publie que des articles non encore publiés. Une fois acceptés pour publication, ces articles ne pourront être proposés à une autre revue qu'avec le consentement du rédacteur en chef de *Etudes et recherches sahéliennes*.
- Le droit d'auteur des manuscrits des articles publiés dans la revue appartient à l'INSAH qui se réserve le droit de les publier ou republier sous une forme ou dans une langue de son choix.
- Les articles acceptés pour publication pourront faire l'objet d'une révision rédactionnelle qui peut aller jusqu'à une condensation du texte ou la suppression de tableaux et d'illustrations.
- Les auteurs doivent fournir toute autorisation nécessaire à la publication d'éléments bénéficiant d'un droit d'auteur qu'ils souhaiteraient inclure dans leur articles. Seuls les mots qui seront imprimés en italique doivent être soulignés.

Instructions for Authors

I. Generalities

A. General Policy

1. Sahelian Studies and Research

Sahelian Studies and Research is a semi-annual multidisciplinary journal publishing original works in all aspect of agricultural research and population and development. The research is related to countries of the Sahel as a matter of priority but also on West and Sub-Saharan Africa. More specifically, it publishes :

- original articles on food security policy, natural resource management, Environment, Crop protection, Agricultural Research Management, the organizational and socio-economic changes taking place in rural areas as well as issues on population ;
- basic research articles on issues related to methodology and orientation of research ;
- proceedings of scientific meetings on farming systems.

2. Target audience

The target audience of the journal are researchers, professionals of extension activities and non-governmental organizations as well as decision-makers of agricultural policies working on Sub-Saharan Africa.

3. Submission of articles

Manuscripts should be submitted to the editor either on a diskette (5 1/4 or 3 1/2 DD or HD) with a sticker carrying the following information (names of author, file, program) and the original copy or in the copies (original plus two copies).

4. Language of Publication

The journal publishes articles in english or french. The summary, key-words and title of the articles should be in both languages.

B. Specific conditions

- *Sahelian Studies and Research* only publishes works not yet published elsewhere. Once accepted, the articles can only be submitted to another journal with the consent of the editor of the *Sahelian Studies and Research*.
- Copyright of manuscript published in *Sahelian Studies and Research* shall remain the property of INSAH which reserves the right to publish or republish it in a form and language of its choice.

Articles accepted for publication are thoroughly edited. The editing goes as far as compressing the text and/or eliminating tables and illustrations.

Authors should provide all permissions required for the publication of any copyrighted material they wish to include in their articles.

II. Le manuscrit

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier blanc format 21 cm x 29,7 cm de préférence, avec une marge d'eau moins 4 cm pour les corrections. Il ne faut dactylographier que sur un côté de la feuille. Toutes les parties du manuscrit doivent être dactylographiées à interligne double au moins.

- La première page ne doit contenir que le titre, le nom de l'auteur ou des auteurs, leur adresse complète au bureau et toute note infrapaginale qui s'impose. La numérotation commence à la première page et englobe toutes les pages.

La première ligne de chaque paragraphe dans le texte et de toutes les légendes et notes infrapaginales doit commencer en retrait.

L'auteur doit vérifier le manuscrit une dernière fois après la dactylographie finale.

Le Résumé - Les articles doivent être accompagnés d'un résumé de 200 mots au moins, et les notes et communications d'un résumé plus court. Les auteurs sont encouragés à présenter un résumé à la fois en français et en anglais.

Les Références bibliographiques doivent être dactylographiées à interligne double, puis énumérées dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs. Chaque référence devrait être signalée dans le texte par le nom de l'auteur ou des auteurs et l'année de publication. Les signalements de référence doivent figurer en toutes lettres et sans abréviation, sauf les initiales des auteurs.

Les Notes Infrapaginales - Les auteurs doivent les éviter dans la mesure du possible. Si cela est impossible, elles doivent être identifiées par des chiffres arabes en position supérieure, avec numérotation continue dans l'ensemble du texte à l'exception des tableaux. Toute note infrapaginale doit figurer au bas de la page où elle est signalée.

Les tableaux doivent être numérotés en chiffres arabes et accompagnés d'un titre bref, puis signalés de façon consécutive dans le texte. Les tableaux doivent être dactylographiés à interligne double sur des feuilles séparées placées à la fin du manuscrit.

III. Les illustrations

Tous les termes, les abréviations et les symboles des illustrations doivent correspondre à ceux du texte. Les illustrations, y compris les figures des planches sont numérotées de façon consécutive en chiffres arabes et chacune doit être signalée à son tour dans le texte. Pour fins d'identification, il convient d'indiquer au verso de chaque illustration, le nom de l'auteur ou des auteurs, le titre de l'article et le numéro de la figure.

Les dessins au trait. Il faut soumettre les dessins originaux et deux séries de copies claires. Dans le cas des dessins simples, trois jeux de photographies brillantes et bien définies peuvent être acceptés.

II. The manuscript

The manuscript should be typewritten on one side paper 21 x 29,7 cm preferably with 4 cm margin for corrections. All parts of the manuscript should be typed double-spaced.

Only words to be printed in italics should be underlined.

- The first page should only have the title, the name(s) of the author(s) their full office address and any important footnote. The pages should be numbered from the first page to the last.

The first line of each paragraph caption or footnote should be indented.

The author should have a last check of the manuscript before it is typeset.

Summary : Manuscripts should be submitted with a summary of 200 words at least. Short presentations should be submitted with a shorter summary. Author are encouraged to submit a summary in english and another one in french.

Bibliographical references : they should be typewritten double-spaced, then listed alphabetically by name of author. In the text, each reference should be mentioned by the name of the author followed by the year of publication. References in the text should be written in full without abbreviation except for the initial of authors.

Footnotes: Authors should avoid them if possible. Otherwise, footnotes should be identified by Arabic numerals. They should also be numbered consecutively in the entire text except in tables. All footnotes should be located at the bottom of the page where they appear.

Tables : They should be numbered consecutively in the text and have a short title. They should be typewritten double-spaced on separate sheet of paper and put at the end of the manuscript.

III. Illustrations

All terms, abbreviations and symbols used for the illustrations should correspond to those in the text. Illustrations and graphs should be numbered consecutively and also mentioned in the text. For identification purposes, name of author(s) title of article and number of figure should be written at the back of each illustration.

Written: the originals of line drawings should be submitted together with 2 clear copies. For simple drawings, 3 sharp glossy copies in black and white are required.



Liste des membres du Comité Scientifique de l'INSAH

MBACKE, Cheikh. Director for Africa Regional Program. New York, USA

TOULMIN, Camilla. Directrice Programme Zones Arides IIED. 4 Hanover Street Edinburgh EH2 2EN, UK.

LOCOH, Thérèse. Directrice de recherche INED 133 Bd Davout 75020 Paris. France

CLAUDE, Hillaire-Marcel. Professeur et Titulaire Chaire UNESCO en Environnement. Canada.

YENIKOYE, Allassane. Professeur CRESA, Niamey.

MAZOUZ, Mohammed . Coordonnateur International/Programme Global, Chef du Bureau de Liaison du FNUAP à Bruxelles, Rue Montoyer 14, 1000 Bruxelles.

Dr DICKO, Maïmouna. Consultant BP 9032 Bamako, Mali.

TOLLENS, Eric. Université Catholique de Louvain. Belgique.

BREMAN, Henk. IFDC, Togo.

Liste des évaluateurs du présent numéro de la revue «*Etudes et Recherches Sahéliennes*»

A. Kelly, Valerie. Department of Agricultural Economics E. Lansing, MI 48824-1039.41 ONWAY AVE, Peaks Island, ME 041081.

Akindes Francis. Enseignant - chercheur. Université de Bouaké, Côte d'Ivoire.

Diarra Amadou. Secrétaire Permanent, Comité Sahélien des Pesticides. Institut du Sahel, BP 1530, Bamako

Mamourou Diourté, Chercheur, Phytopathologiste, IER/CRRA-Sotuba, BP 262, Sotuba-Bamako, Titibougou, près KM9, chez lui même.

Masters, William A.. Associate Professor of Agricultural Economics. 1145 Krannert Building West Lafayette IN 47907, USA.

ISSN : 1028 - 6535