

Université Cheikh Anta Diop de Dakar

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES



La haie vive dans le Sud bassin arachidier du Sénégal : adoption et conséquences agro-écologiques.

Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle de Biologie Végétale

présentée et soutenue publiquement le 10 juin 2000

par

Diaminatou Sanogo épouse Diaité

Commission d'examen :

Président :	M. Amadou Tidiane BA,	Professeur titulaire, UCAD
Membres :	Mme Yaye Ken DIA,	Maître de Conférences, UCAD
	MM Roger PONTANIER,	Directeur de Recherche, IRD-Dakar
	Pape Ibra SAMB,	Maître de Conférences, UCAD
	Elias AYUK,	Agroéconomiste, ICRAF

AVANT-PROPOS

Les travaux de recherche effectués dans le cadre de cette thèse ont pu être réalisés grâce à l'obtention d'une bourse d'étude offerte par le réseau ANAFE du Centre International de Recherche en Agroforesterie (ICRAF). Ils ont été effectués au Sénégal dans le cadre du programme jachère accueilli par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD ex -ORSTOM). Ce travail effectué en 3 ans et 9 mois est le fruit de la collaboration efficace entre l'Université Cheick Anta Diop de Dakar (UCAD), l'ICRAF et l'IRD. A ces institutions et personnes qui ont financièrement et académiquement participé à la réalisation de cette thèse, j'exprime ici ma profonde gratitude.

Je remercie en premier lieu le réseau ANAFE et son bailleur de fond SIDA (Sweedish International Development Cooperation Agency de m'avoir donné les moyens de cette recherche.

Mes remerciements vont en second lieu au Professeur Amadou Tidiane BA chef du Département de Biologie Végétale (UCAD), pour l'attention particulière que vous avez portée à ma formation. Vous m'avez toujours reçue avec bienveillance et vous me faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail et de présider le jury.

Je témoigne toute ma reconnaissance et ma sympathie à Madame Yaye Kène DIA, Maître de Conférences au Département de Biologie Végétale, pour avoir guidé mes premiers pas dans la recherche sur la culture « in vitro ». Vous n'avez jamais cessé de me soutenir jusqu'à l'obtention de la bourse ICRAF. Votre disponibilité et votre méthode rigoureuse de travail ont été des éléments fondamentaux à l'élaboration de ce document.

Je témoigne toute ma reconnaissance à Monsieur Roger PONTANIER Directeur de Recherche, responsable du programme savanes à l'IRD, pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de cette étude et de partager la responsabilité scientifique du présent document. Votre rigueur scientifique et votre esprit critique m'ont inspiré et m'ont surtout marqué. Le soutien financier que vous avez bien voulu m'accorder a permis de finaliser cette thèse.

Je voudrais apporter mes sincères remerciements au Dr Elias T. AYUK responsable du projet de recherche en agroforesterie SADC-ICRAF au Zimbabwe, pour avoir accepté de co-diriger ce travail avec une attention toute particulière. Que vous soyez à Bamako ou au Zimbabwe, vous m'avez toujours donné des orientations qui m'ont permis de réaliser ce travail. Vos conseils, vos encouragements, et vos qualités scientifiques m'ont été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

Monsieur Pape Ibra SAMB, Maître de Conférences au département de Biologie Végétale, vous me faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail. Je vous adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude.

Mes remerciements s'adressent à Monsieur Patrice CADET, Directeur de Recherche à l'IRD pour avoir accepté de superviser et conseiller la partie sur les nématodes et m'avoir guidé sur le terrain.

Monsieur Christian FLORET, Directeur de Recherche, Coordonnateur Régional du projet jachère. En m'acceptant dans le programme jachère, vous m'avez offert une occasion d'approfondir mes connaissances en agroforesterie. Vos conseils, vos encouragements, et vos qualités scientifiques m'ont été d'un grand apport. Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements.

Mes remerciements s'adressent à Daniel-Yves ALEXANDRE écologue à l'IRD pour avoir accepté spontanément d'évaluer la thèse en qualité de lecteur externe.

Je voudrais également remercier August TEMU, Coordonnateur du Programme Education à l'ICRAF, Mamadou NIANG, Responsable du Réseau SALWA de l'ICRAF à Bamako Mali, Issiaka ZOUNGRANA à l'ICRAF à Bamako Mali pour leur soutien permanent.

Mes remerciements vont également à Malaïny DIATTA, forestier, chercheur à l'ISRA et Coordonnateur national du projet « Jachère », pour m'avoir conseillé et encouragé de travailler sur les haies vives.

Je témoigne toute ma reconnaissance à Astou SENE, socio économiste, chercheur à l'ISRA pour m'avoir aidé et conseillé au cours des enquêtes sur le terrain.

Mes remerciements vont à Belco KODIO, Médecin chercheur en épidémiologie à l'IRD, à Dominique MASSE, Ingénieur de recherche à l'IRD, pour votre grande disponibilité et votre contribution précieuse à ce travail.

Je voudrais également remercier Pape N. SALL, Directeur des Recherches sur les Productions Forestières, Samba A. NDIAYE, chercheur à la DRPF pour les discussions que nous avons eues à faire au début de ce travail.

Mes remerciements vont à L.E. AKPO, Maître de Conférences à l'UCAD, Frédéric DO, chargé de recherche à l'IRD, Ismaïla DIALLO pour vos conseils et votre sympathie tout au long de ce travail.

A ces remerciements, nous associons Ndeye Fatou FALL, Awa Badji Diatta pour leur sympathie durant notre séjour au programme Jachère.

Je ne saurais oublier mes collègues stagiaires de l'IRD avec qui j'ai passé d'agréables moments et entretenu de longues discussions : Makhfous SARR, Bothié KOITA, Djibril DIOUK,

Moussa DIOP, Olivier GARBE, Lamine DIAGNE, Vency GOUDIABY, El H. FAYE, Maguette KAIRE, Mahécor, Fatim DIONE, Ibnou. Ndaiye.

Je remercie tous les techniciens du laboratoire d'écologie de l'IRD : MB. YOUM, L. SAGNA, Y. TENDENG, Y. TRAORE.

Merci à Ousseynou DIOUF, Baïdy LY, Doudou N'DAO, Mamadou NIANG d'avoir accepté de m'aider à collecter les données.

Merci aux paysans de Sinthiou Kohel et, les autres villages traversés, pour leur patience et le respect qu'ils ont accordés à notre travail. Je suis très reconnaissante à Ahmed Cissé qui m'a toujours hébergée.

Merci à Rokia SANOGO, Founè SANOGO et Oumou DIALLO pour l'affection que vous avez toujours manifestée à mon égard.

Enfin mes remerciements vont à mes amies Fanta THERA, Assa TRAORE, Rama MBAYE, Néné CISSOKO, Zeynab N'DOYE pour les services rendus.

Je me dois d'exprimer une mention toute particulière à mon mari Moussa DIAITE et mon fils Adama pour avoir supporté les longues périodes de séparation.

Enfin, c'est à vous cher père, veuf Elhadj Ibrahima SANOGO et chères regrettées mères feu Kadidja DJIRE et Habiba KOUMARE, mes chers parents que je dédie cette thèse.

Résumé

«La haie vive dans le Sud bassin arachidier du Sénégal : adoption et conséquences agro-écologiques »

Une étude basée sur des enquêtes socio-économiques a permis d'évaluer l'introduction de la technique de la haie vive dans les terroirs saturés du bassin arachidier du Sénégal. Les raisons qui poussent les paysans à l'adoption sont plus liées aux effets sur l'environnement qu'à la production de la haie vive. L'atténuation de l'érosion éolienne, de la divagation des animaux et la matérialisation des limites des champs sont des motifs importants pour son adoption. Les contraintes majeures à l'adoption sont le manque d'actifs, de foncier ou de plants. L'élaboration d'indicateurs et la démarche sectorielle, basées sur les aspects sociologiques, les aspects économiques, les aspects pratiques et les connaissances paysannes, ont permis de dresser une typologie des chefs d'exploitations à l'échelle régionale, permettant d'appréhender les facteurs qui déterminent l'adoption de la haie vive. Un modèle logistique intégrant les variables retenues par la typologie a été utilisé pour étudier l'adoption de la haie vive. Les résultats indiquent que celle-ci augmente avec l'âge du paysan et la présence de cheval (principal moyen de transport) dans le ménage. Les paysans ont adopté 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 permettant d'éviter les conflits entre agriculteurs et pasteurs. Une étude agro-écologique, conduite dans le champ d'un paysan du terroir de Sinthiou Kohel de la même région, a permis d'évaluer l'effet de trois espèces végétales ligneuses des haies vives sur le rendement de l'arachide et du mil, sur les propriétés physico-chimiques et l'humidité du sol et les populations de nématodes en rapport avec les systèmes racinaires. La haie vive a un effet dépressif sur les cultures d'arachide et de mil à proximité immédiate. *Bauhinia rufescens* a moins d'effets négatifs sur l'arachide que *Zizyphus mauritiana* et *Acacia nilotica*. Cette dernière espèce est la plante la moins favorable à la multiplication des nématodes phytoparasites. La fertilité à proximité de *Acacia nilotica* est meilleure qu'à proximité des autres espèces.

Mots clés : Haie vive- socio-économie -agro-écologie -espèces végétales ligneuses -Bassin arachidier-Sénégal.

Abstract

« Live Hedge in south of groundnut basin of Senegal : adoption and consequences agroecology »

A socio-economic study was undertaken to assess the introduction of live hedges in the saturated land use system of the groundnut basin in Sénégal. The study found that adoption decisions are driven rather by the environmental functions of live hedges than the productive role of the hedges themselves. The main reasons for farmer adoption are reduction of wind erosion, animal containment and boundary planting. The major constraints to adoption are the lack of labour, insecure tenure and inadequate supply of planting materials. A range of indicators based on sociological and economic aspects together with farmers knowledge and practices enabled us to prepare a typology of the heads of households at a regional level and to gain better insight into the factors that determine the adoption of live hedges. A logit model integrating variables identified through the typology of households' heads was used to study the adoption of live hedges. The results show that age and the presence of a horse (principal means of transport) in the household increase the probability of adopting live hedges. The study also indicates that, in addition to the factors identified earlier, the live hedge serves as a strategy to secure land and avoid conflicts between pastoralists and agriculturalists. An agro-ecological study was also conducted in a farmer's field in Sinthiou Kohel in the same region to evaluate the effect of three woody species used for live hedges on groundnut yield, on physical, chemical and humidity characteristics of the soil and on the population of nematodes in relation to the root system. The live hedge had a negative yield effect on adjacent groundnut and millet. *Bauhinia rufescens* had less negative effect on groundnut in comparison to *Zizyphus mauritiana* and *Acacia nilotica*. The last species is the least favourable for plant parasitic nematode multiplication. In general, soil fertility around *A. nilotica* is the best in comparison to the other two species.

Keywords: live hedges, socio-economic, agro-ecology, woody species, groundnut basin, Sénégal.

Sommaire

<i>Introduction générale.....</i>	<i>1</i>
1. CHAPITRE I : Le cadre de l'étude et la place de la haie vive en Afrique de l'Ouest et au Sud du bassin arachidier du Sénégal. -----	4
1.1. Choix de la zone d'étude -----	5
1.2. Présentation générale -----	5
1.2.1. Situation géographique:-----	5
1.2.2. Climat-----	7
1.2.3. Végétation-----	8
1.2.4. Hydrographie-----	9
1.2.5. Population-----	9
1.2.6. Caractéristiques socio- économiques-----	10
1.3. Etat des connaissances sur les haies vives en Afrique de l'Ouest -----	11
1.3.1. Aspects socio-économiques-----	11
1.3.2. Aspects biophysiques-----	12
2. CHAPITRE II : Etude socio-économique : Adoption de la haie vive, la Perception paysanne sur son Interaction avec la culture et son effet sur les systèmes de culture au sud du Bassin arachidier du Sénégal. -----	18
2.1. Introduction -----	19
2.2. Matériel et méthodes -----	20
2.2.1. Sélection des villages-----	20
2.2.2. Echantillonnage-----	20
2.2.3. Déroulement de l'enquête-----	22
2.2.4. Codification et saisie des données :-----	23
2.2.5. Analyse des données :-----	23
2.3. Résultats -----	28
2.3.1. Typologie des haies vives-----	28
2.3.2. Perception paysanne de la haie vive : connaissance, attitudes et pratiques paysanne (CAP)-----	31
2.3.3. Adoption de la haie vive-----	34
2.4. Discussion -----	53
2.4.1. La préférence paysanne concernant l'espèce de la haie vive-----	53
2.4.2. Effet de la haie vive sur le système agraire-----	53
2.4.3. Adoption de la haie vive-----	54
2.4.4. Conclusion-----	58
3. CHAPITRE III : Interactions de la haie vive avec les cultures du mil et de l'arachide dans un système de culture traditionnel au sud du bassin arachidier du Sénégal. -----	59
3.1. Introduction -----	60
3.2. Matériel et méthodes -----	62
3.2.1. Site de l'étude-----	62
3.2.2. Dispositif expérimental-----	62
3.3. Résultats -----	68
3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol en fonction des espèces de la haie vive, de la profondeur et de la distance de la culture par rapport à la haie (teneurs en N, K, P, Mg, Ca, Na et matière organique (M.O.))-----	68
3.3.2. Répartition spatiale des racines de la haie vive dans la culture : importance de l'éloignement-----	70
3.3.3. Rôle des haies vives sur les populations de nématodes.-----	75

3.3. Résultats	68
3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol en fonction des espèces de la haie vive, de la profondeur et de la distance de la culture par rapport à la haie (teneurs en N, K, P, Mg, Ca, Na et matière organique (M.O.))	68
3.3.2. Répartition spatiale des racines de la haie vive dans la culture : importance de l'éloignement	70
3.3.3. Rôle des haies vives sur les populations de nématodes.	75
3.3.4. Influence de l'espèce de la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur les profils hydriques du sol (1997 et 1998).-----	80
3.3.5. Influence de l'espèce de la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur le rendement de l'arachide.	86
3.3.6. Influence de l'espèce installée dans la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur la hauteur, la biomasse des tiges et le rendement des grains de mil.	91
3.4. Discussion	95
3.4.1. Influence de la haie vive sur la fertilité du sol	95
3.4.2. Influence de la haie vive sur l'humidité du sol.....	96
3.4.3. La répartition spatiale des racines des espèces installées dans la haie vive.	96
3.4.4. Incidence locale de la haie vive sur les nématodes : effet bordure	98
3.4.5. Incidence des facteurs étudiés sur les cultures	100
3.4.6. Conclusion	102
4. Conclusion générale, perspectives de recherche et recommandations.	104
5. Références bibliographiques.	111
6 Annexe : Formulaire d'enquête socio-économique pour l'évaluation de l'adoption de la haie vive.	122

Liste des Figures

		Page
CHAPITRE I		
Figure 1	Localisation de la zone d'étude.....	6
CHAPITRE II		
Figure 2	Typologie des haies vives dans la zone d'étude.....	30
Figure 3	Typologie des adoptants et des non adoptants de la haie vive selon les critères ociologiques.....	41
Figure 4	Typologie des adoptants et des non adoptants selon les critères socio-économiques.....	43
Figure 5	Typologie des adoptants et des non adoptants selon les connaissances paysannes.....	46
Figure 6	Typologie des adoptants et des non adoptants selon les critères « main d'œuvre totale active » et « nombre de parcelles ».....	49
CHAPITRE III		
Figure 7	Vue schématique de l'ensemble du dispositif expérimental.....	63
Figure 8 a	Schéma d'un transect étudié pour le profil racinaire, les analyses physico-chimiques et nématologiques (vue de dessus).....	65
Figure 8 b	Schéma d'un transect étudié pour le rendement des cultures et le profil hydrique (vue de dessus).....	65
Figure 9	Influence de la distance par rapport à la haie vive et de la profondeur de prélèvement sur les teneurs en M.O., N, Mg et K pour l'ensemble des haies vives (N = 6).....	69
Figure 10	Influence de la distance par rapport à la haie vive sur les teneurs en M.O., N, Mg et K pour les 3 espèces de haie vive, les prélèvements sont effectués à une profondeur de 0-15 cm (n = 2).....	71
Figure 11	Influence de l'espèce de la haie vive sur la répartition en profondeur des 4 classes de diamètre des racines de part et d'autre de la haie vive (a et b) et pour l'ensemble (amont + aval) (c).....	72
Figure 12	Influence de l'interaction entre l'espèce de la haie vive (<i>A. nilotica</i> , <i>B. rufescens</i> et <i>Z. mauritiana</i>) et la distance par rapport à la haie vive sur la densité des quatre classes de diamètre (a et b) et sur la densité de l'ensemble des racines (c).....	74

Figure 13	Evolution de densités d'infestation en nématodes phytoparasites (N/dm ³) le long des transects, en fonction de la profondeur, pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque type de haie (b à d).....	76
Figure 14	Evolution des proportions relatives des différentes espèces qui composent le peuplement des nématodes phytoparasites pour l'espèce constituant la haie, en fonction de la profondeur et de la distance de la haie.....	78
Figure 15	Evolution du nombre d'espèces de nématodes phytoparasites importantes au plan agronomique en fonction de la distance à la haie vive et de la profondeur, pour les trois espèces végétales.....	79
Figure 16	Evolution de la densité de nématodes libres en fonction de la distance à la haie vive et de la profondeur pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (B à D). (Nématodes/dm ³).....	81
Figure 17	Evolution de l'humidité pondérale en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (b à d) en Septembre 1997.....	84
Figure 18	Evolution de l'humidité pondérale en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (b à d) en Septembre 1998.....	85
Figure 19	Interactions entre l'espèce de la haie vive (<i>A. nilotica</i> , <i>B. rufescens</i> et <i>Z. mauritiana</i>) et la distance à la haie vive (2m, 5m, 10m et 20m) sur la hauteur maximale moyenne des plants d'arachide (P < 0,0001), la biomasse des fanes d'arachide (P = 0,0012) et le nombre de gousses par pied d'arachide (p = 0,0177) d'un champ paysan au Sénégal (1997).....	89
Figure 20	Influence a) de la position des cultures par rapport à la haie vive (P = 0,0142), b) de l'espèce de la haie vive (P = 0,013) et c) de la distance à la haie vive (P < 0,0001), sur la biomasse des grains d'arachide	90
Figure 21	Influence a) de l'interaction entre l'espèce installée dans la haie vive (<i>A. nilotica</i> , <i>B. rufescens</i> , <i>Z. mauritiana</i>) et la position des cultures par rapport à la haie vive (amont, aval) (P = 0,0009) et b) de la distance à l'axe de la haie vive sur la hauteur maximale des plants de mil (P = 0,0001).....	93
Figure 22	Influence a) de la distance à l'axe de la haie vive (P < 0,0001) ; b) de la position par rapport à l'axe de la haie vive (P = 0,0009) sur la biomasse des tiges de mil.....	94
Figure 23	Influence de la distance à l'axe de la haie vive sur le poids des grains de mil (P= 0,0011).....	94

Liste des Tableaux

CHAPITRE I	Page
Tableau 1	14
Espèces appropriées pour la réalisation des haies vives en zone sahélienne, en fonction du sol et de la pluviométrie (source Bonkougou <i>et al.</i> , 1998).....	
 CHAPITRE II	
Tableau 2	22
Nombre de chefs d'exploitation enquêtés par village.....	
Tableau 3	25
Classe des états des variables utilisées pour l'A.F.C.....	
Tableau 4	26
Codage prenant en compte les stratégies alternatives de protection des champs de culture dans le sud bassin arachidier.....	
Tableau 5	27
Définition et codage des variables utilisées dans l'analyse de l'adoption des haies	
Tableau 6	28
Age et espèces des haies vives dans la zone d'étude (n = 98).....	
Tableau 7	29
Caractéristiques des champs ayant une haie vive.....	
Tableau 8	31
Espèces prioritaires en haie vive.....	
Tableau 9	32
Critères de choix des cinq espèces préférées par les paysans.....	
Tableau 10	33
Avantages et contraintes de la haie vive par ordre d'importance.....	
Tableau 11	35
Résultats concernant la perception paysanne : temps pour obtenir l'efficacité, interaction haie vive/cultures, élevage et régime foncier.....	
Tableau 12	36
Répartition des chefs de ménage par ethnies et par zone.....	
Tableau 13	37
Répartition par âge par sexe et par statut familial des chefs de ménage.	
Tableau 14	38
Niveau d'instruction selon la zone et le groupe ethnique.....	
Tableau 15	39
Répartition de la main d'œuvre active par zone.....	
Tableau 16	42
Activité secondaire suivant les zones.....	
Tableau 17	42
Disponibilité foncière selon la zone.....	
Tableau 18	45
Interactions haie vive / cultures, élevage, conflits.....	
Tableau 19	47
Raisons d'adoption de la haie vive.....	
Tableau 20	47
Raisons de non adoption de la haie vive.....	

Tableau 21	Paramètres estimés par le modèle logit multinomial concernant le choix de la haie vive seule, la haie morte seule et la non protection par rapport à la haie vive combinée à la haie morte.....	51
------------	---	----

Tableau 22	Effets marginaux estimés sur l'adoption de la haie vive seule, la haie morte seule et la haie vive combinée à la haie morte.....	52
------------	--	----

CHAPITRE III

Tableau 23	Description de l'échantillon en fonction de l'espèce de la haie vive (N=10).....	64
------------	--	----

Tableau 24	ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur les propriétés physico-chimiques du sol (profondeur du sol ; position de la haie).....	68
------------	---	----

Tableau 25	La distribution mensuelle de la pluie (mm) au sud bassin arachidier du Sénégal, 1997-1998.....	82
------------	--	----

Tableau 26	ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur l'humidité pondérale d'un champ paysan au Sénégal en 1997 et 1998.....	83
------------	---	----

Tableau 27	ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur le rendement de l'arachide d'un champ paysan au Sénégal (1997).....	87
------------	--	----

Tableau 28	ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur le rendement du mil d'un champ paysan du Sénégal (1998).....	92
------------	---	----

Tableau 29	Récapitulatif des différents facteurs étudiés.....	102
------------	--	-----

INTRODUCTION GENERALE

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 ; Diatta, 1994). Ces espaces abandonnés servaient également de zone de parcours pour le bétail et permettaient aux populations de récolter du bois de chauffe et divers produits d'appoint (plantes médicinales, fruits, gibiers, bois de service) (Floret *et al.*, 1993). L'accroissement démographique et l'adoption de pratiques agricoles nouvelles et étrangères ont bouleversé cet équilibre (Pate, 1997 ; Pieri, 1989 ; Swift et Woome, 1993). 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 sérére par le passé ont pratiquement disparu (Lericollais, 1990 ; Dupriez & Leener, 1993). Au Sud du bassin arachidier, 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.

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, mais avec les contraintes d'une production agricole qui doit être en augmentation (Benoit-Cattin et Ruas, 1995).

Aménager l'espace ne peut s'envisager sans la constitution de limites visibles et acceptées, structurant le paysage (Louppe, 1991). Dans ce contexte, les haies vives apparaissent comme un élément déterminant puisqu'elles n'immobilisent pas de surfaces trop importantes de sol, elles matérialisent les limites physiques entre les parcelles aménagées, elles assurent une certaine protection des aménagements et des récoltes contre le bétail et les voleurs. Dans cette perspective d'intensification agricole et de pérennité du paysage agricole,

les haies vives peuvent résoudre un certain nombre de problèmes auxquels les paysans sont confrontés : conflits agriculteurs-éleveurs, appropriation foncière, sécurisation des aménagements, gestion des pâturages améliorés et limitation de l'érosion des sols. Elles doivent permettre aussi à leur abri de préserver durablement un grand nombre d'espèces végétales, notamment ligneuses. Elles remplissent ainsi quelques unes des fonctions d'une jachère de longue durée.

Les haies vives sont déjà largement testées et utilisées dans le monde rural (Kaya *et al.*, 1994). Ces auteurs précisent qu'au Mali, pour les haies vives, 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 et les inconvénients que les haies vives présentent sont connus (Kaya *et al.*, 1994 ; Dugué, 1996 ; 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'autre part, les recherches sont encore dirigées vers l'évaluation de la performance de la technique haie vive en conditions expérimentales (Hien et Zigani, 1987 ; Gazet, 1989 ; Depommier et Freycon, 1990 ; Louppe et Ouattara, 1990 ; Depommier, 1991 ; Kaya *et al.* 1994 ; Ouattara et Louppe, 1998). L'acceptabilité des haies vives et leur effet sur le système agraire, tant par la perception paysanne que par l'évaluation des champs, n'ont pas eu une attention particulière.

Notre travail est centré sur l'identification des conditions d'adoption de la haie vive d'une part et sur l'analyse de l'effet des espèces utilisées sur le rendement des cultures, en relation avec certains facteurs biophysiques d'autre part. L'objectif est de faciliter, aux agents du développement, le choix des paysans susceptibles d'accepter l'innovation et celui des espèces appropriées pour les haies vives dans le sud bassin arachidier du Sénégal. Il s'agissait d'abord, d'identifier les déterminants de l'adoption de la haie vive dans le sud bassin arachidier en se basant sur diverses variables caractérisant l'agriculteur, son système de culture et sa perception des haies vives. Puis de déterminer l'influence que la haie vive peut avoir sur le rendement d'une culture voisine. Enfin d'interpréter les interactions prenant en compte la fertilité et l'humidité du sol, l'importance des nématodes et la répartition spatiale des racines des espèces de la haie vive.

L'étude socio-économique a été menée dans trois départements de la région de Kaolack. L'étude biophysique a été réalisée dans les systèmes de cultures associés à des haies vives dans le terroir villageois de Sinthiou Kohel.

La thèse est divisée en trois chapitres, dont les deux derniers sous forme d'articles. Le premier chapitre traite de la revue de littérature sur la haie vive et des caractéristiques physiques de la zone d'étude. Le deuxième chapitre est relatif à l'adoption de la haie vive dans le Sud bassin arachidier du Sénégal. Enfin le troisième chapitre concerne l'analyse de l'interaction entre les espèces de la haie vive et les cultures. Cette étude représente une contribution au développement de la science agroforestière en général et vise particulièrement à guider le choix des agents du développement pour l'adoption de cette technologie dans les conditions spécifiques de la zone d'étude.

1. **CHAPITRE I : LE CADRE DE L'ETUDE ET LA PLACE DE LA HAIE VIVE EN AFRIQUE DE L'OUEST ET AU SUD DU BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL.**

1.1. Choix de la zone d'étude

L'étude a été menée dans trois départements « saturés » (où l'espace est pratiquement partout artificialisé) de la zone agro-écologique du sud du bassin arachidier du Sénégal (région administrative de Kaolack). Ces départements ont été choisis à partir des critères suivants :

- une disparition de la végétation arborée suite à une pression agricole élevée (défriche pour la culture, bois et fourrage). Ceci s'est traduit par un taux de déforestation de 0,4 à 0,8 % par an depuis 1980, exposant les sols à l'érosion hydrique et éolienne ;
- une baisse du temps de jachère ou sa disparition ; elle a entraîné l'appauvrissement des sols en élément minéraux et l'extension des cultures aux zones marginales à sol superficiel ou de grandes surfaces sont abandonnées parce qu'improductives ; seules les cultures de rente (arachide) bénéficient d'intrants ;
- une pression pastorale accentuée par un élevage de plus en plus sédentaire entraînant un dommage considérable sur les cultures non protégées et sur les dernières jachères ou formations végétales naturelles subsistantes (ISRA / DRPF, 1997) ;
- l'existence dans cette zone des structures gouvernementales (Eaux et Forêts, ISRA/DRPF) et non gouvernementales (POGV, PAGF, AFRICARE) qui ont introduit les techniques agroforestières dont les haies vives.

1.2. Présentation générale

1.2.1. Situation géographique:

La région administrative de Kaolack, située dans la zone agro-écologique Sud du bassin arachidier entre 13°35 et 14°30 de latitude Nord et 14°35 et 16°45 de longitude Ouest, est limitée au Nord-Ouest par la région de Fatick, au Nord par la région de Louga, à l'Est par la région de Tambacounda, au Sud par la République de Gambie (Figure 1). Elle couvre une superficie de 16 010 km², soit 8,15% du territoire national.

En partant du plateau vers la vasière fluviomarine (Est en Ouest), on distingue cinq types de sols :

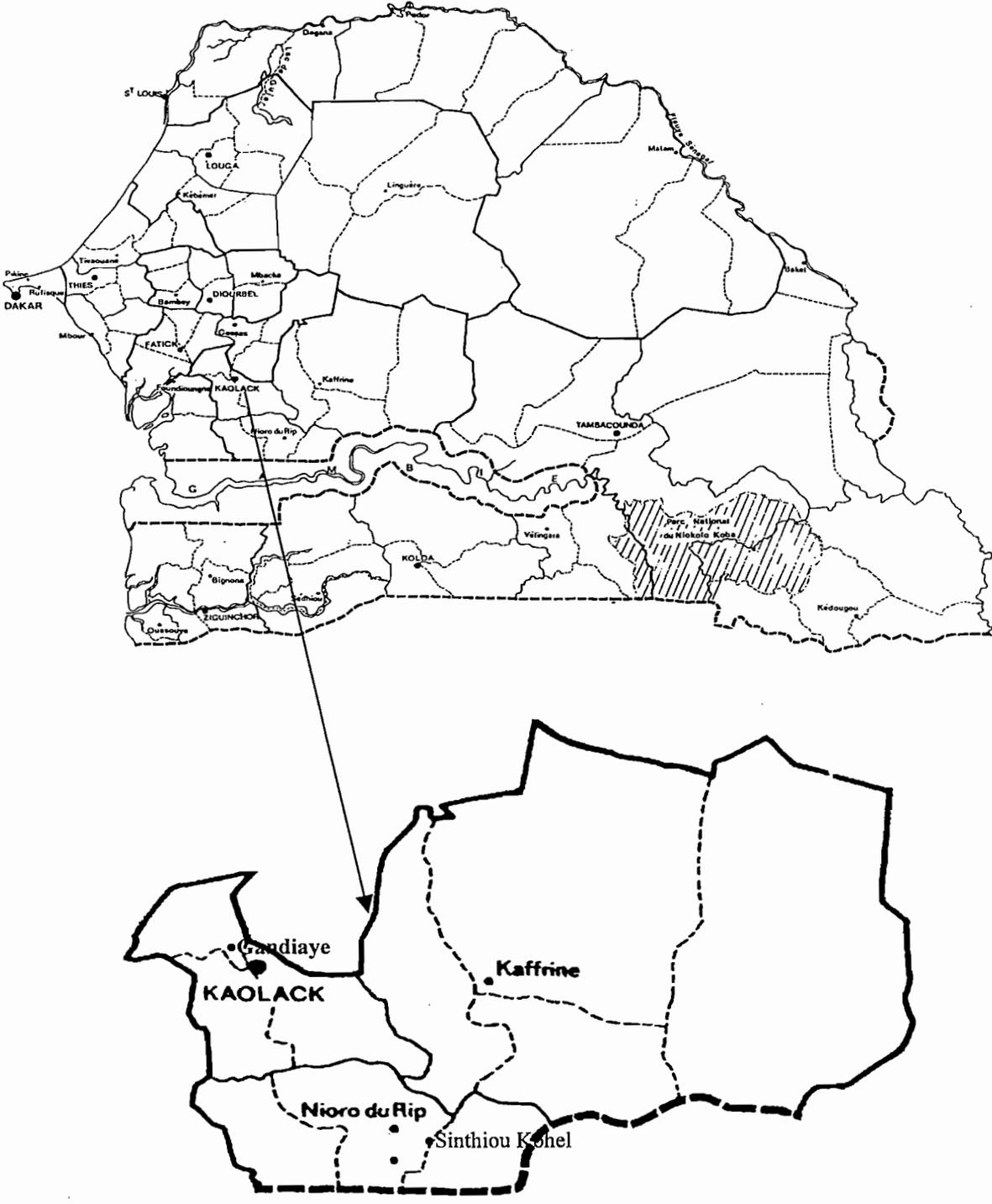


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

- les sols peu évolués d'érosion, essentiellement issus de sols ferrugineux présentant un fort faciès d'érosion, sur cuirasse ferrugineuse, de texture sablo-argileuse avec une forte teneur en gravillons ;
- les sols ferrugineux tropicaux sabloargileux, étendus en surface, qui constituent les principaux sols à arachide, plus ou moins développés sur grès (sols Dior) ;
- les sols ferrugineux tropicaux hydromorphes à pseudo-gley et cuirasses au Sud et au centre supportant toutes les principales cultures ; ils constituent des terres à bonnes potentialités agricoles ;
- les sols hydromorphes minéraux à gley de profondeur, qui sont localisés sur les alluvions fluvio-marines, sont relativement riches en matières organiques et en éléments nutritifs. La culture du riz y est praticable ;
- les sols halomorphes développés sur des alluvions argileuses de la vasière. Ce sont les sols salés sur tannes enherbées et les sols salés souvent acides sur tannes vives.

1.2.2. Climat

Le climat de la région est du type tropical soudanien marqué par deux saisons fortement contrastées dont une saison très sèche qui dure 7 à 8 mois. On distingue :

- au Nord et à l'intérieur, une variante soudano-sahélienne entre les isohyètes 400 et 600 mm ;
- au Sud et sur le littoral une variante sahélo-soudanienne comprise entre les isohyètes 600 et 800 mm. Les sites d'expérimentation sur l'interaction haie vive culture sont dans cette variante climatique sahélo-soudanien (Sinthiou Kohel).

Dans l'ensemble de la zone, la pluviosité annuelle a fortement baissé, oscillant ces dernières années entre 400 et 600 mm. Le déficit pluviométrique et l'irrégularité des pluies sont plus marqués dans la partie soudano-sahélienne. La fréquence des années déficitaires s'est accrue durant la période 1972- 1994 (ISRA / DRPF, 1997).

Concernant les températures, on note des variations relativement importantes dues à l'influence des principaux vents soufflant dans la région. La zone est soumise à un régime thermique tropical classique, bimodal, caractérisé par deux périodes chaudes, correspondant aux deux périodes de passage du soleil au zénith. L'amplitude thermique moyenne annuelle pour les 11 dernières années a été de 15°C.

L'humidité relative minimale de l'ordre de 20 % est observée au cours des mois de mars et avril tandis que la valeur maximale, parfois supérieure à 80 %, s'observe de juillet à octobre.

1.2.3. Végétation

La région est définie comme étant la zone de transition entre le sous secteur oriental du secteur sahélo-soudanien et le secteur soudano-guinéen du domaine soudanien. Ce secteur est caractérisé par une forêt claire souvent très dégradée et à l'état de lambeaux où dominent *Bombax costatum*, *Lannea acida*, *Pterocarpus erinaceus*, *Sterculia setigera*, *Khaya senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Detarium senegalensis* etc avec un sous bois à dominance de *Combretaceae* : *Combretum glutinosum*, *Combretum nigricans*, *Guiera senegalensis* et *Acacia macrostachya*. Au niveau des zones de friches, on note la présence d'un parc agraire constitué d'arbres conservés par les paysans : *Cordyla pinnata*, *Parkia biglobosa* et *Prosopis africana* (ISRA / DRPF 1997).

Dans les parties centre-ouest et centre, on trouve des peuplements de *Borassus aethiopum* presque purs et un parc de *Acacia albida*. La mangrove à *Avicennia sp.*, *Rhizophora sp.* et *Laguncularia sp.* occupent les rives du bolon. *Adansonia digitata*, totalement domestiquée se rencontre en peuplements purs autour des habitations, et caractérise, même dans les sites abandonnés, une forte anthropisation.

Dans l'effort de reforestation entrepris par les services techniques, les espèces suivantes ont été largement utilisées. Il s'agit de : *Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalyptus microtheca*, *Prosopis juliflora*, *Melaleuca leucadendron*, les acacias australiens et *Azadirachta indica*. *Euphorbia balsamifera*, largement utilisé pour les haies vives, est en train d'être remplacé par des espèces à usage multiple : *Acacia mellifera*, *Acacia laeta*, *Acacia albida*, *Acacia senegal*, *Acacia nilotica var. andansonii*, *Bauhinia rufescens*, *Zizyphus mauritiana*. Les haies vives constituées de ces trois dernières espèces ont été étudiées dans ce travail.

1.2.4. Hydrographie

Le Saloum et la Gambie sont les deux cours d'eau permanents dont les affluents jouent un rôle dans le drainage des eaux de ruissellement de la zone d'étude ((ISRA / DRPF 1997). Leur bassin hydrographique présente des réseaux de configuration différente.

Le bassin de la Gambie se caractérise par un réseau hydrographique bien hiérarchisé et dissymétrique. D'Est en Ouest, sur la rive droite de la Gambie, le réseau formé par les émissaires des trois affluents (ou bolon) rencontrés permet d'assurer le drainage du bassin.

Le bassin du Saloum occupe la plus grande partie du sud bassin arachidier, notamment les départements de Kaolack, Fatick, Foundiounne et Kaffrine. Il se caractérise par un réseau hydrographique peu hiérarchisé et parfois totalement désorganisé. En conséquence, ce réseau ne contribue que très faiblement au drainage de son bassin.

Quant aux nappes souterraines, il s'agit essentiellement des nappes localisées dans les couches sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire. Elles sont à profondeur variable :

- la nappe du Maestrichien, la plus importante, est située entre 100 et 300 m. Emmagasinée dans des sables argileux et graveleux, cet aquifère à débit de forage supérieur à 50 m³/h, joue un rôle important dans l'alimentation en eau des populations et du bétail ;
- la nappe du continental terminal contenue dans les formations sableuses et gréseuses du tertiaire, sert, à partir des puits à alimenter les villages ; elle se situe entre 30 et 100 m de profondeur ; elle est souvent saumâtre.

1.2.5. Population

La population totale de la région de Kaolack de 805 447 habitants, représente près de 11,8 % de la population totale du Sénégal ; avec un taux moyen de croissance de 2,5 %, elle présente aujourd'hui une densité de 50 habitants au km². Cette population est composée de divers groupes ethniques dont deux dominants : les Wolofs et les Serères. A côté de ces groupes, on rencontre des Peulhs, des Socés, des Bambaras et des Malinkés. Avec 75,5 % des effectifs, la population est essentiellement rurale.

La population est jeune, avec 59,6 % de moins de 20 ans, selon les données de recensement général. L'effectif de la population féminine entre 20 et 59 ans est supérieure à celui de la population masculine du même groupe d'âge. Ce phénomène s'explique par la recherche de travail ou de terres de cultures qui affecte plus les hommes adultes. Par ailleurs,

cette région connaît en effet des migrations saisonnières importantes de jeunes filles vers les centres urbains ou touristiques à la recherche de travail.

Malgré un niveau avancé de dégradation des ressources, la région de Kaolack continue d'être une zone d'accueil d'immigrants venant de Fatick, des régions Nord de Diourbel et de Louga à la recherche de terres de cultures.

1.2.6. Caractéristiques socio- économiques

L'agriculture constitue l'activité économique dominante au sud bassin arachidier du Sénégal. Le principal système de production agricole actuellement dominant est fondé sur la rotation annuelle des cultures de rente et des céréales, avec rarement une jachère la troisième année. Dans ce système, le mil constitue la principale culture vivrière de la zone, suivi du maïs et du sorgho. Quant aux cultures de rente, l'arachide occupe la première place, suivie par le coton. Le mil (*Pennisetum typhoides*) et l'arachide (*Arachis hypogaeae*) ont été choisis dans cette étude à cause de la place qu'ils occupent dans la zone.

L'élevage constitue une source de revenus pour les agropasteurs. L'embouche bovine et ovine devient de plus en plus fréquente et l'avènement des marchés hebdomadaires « Loumas » a créé des opportunités de vente et d'achat des produits d'élevage. L'intensification de l'élevage est confrontée à la réduction des surfaces des pâturages et de la productivité du milieu, aggravée par de longues périodes de sécheresse entre les années 70 et 90 (Diatta, 1994). Dans les zones à forte concentration, cette insuffisance condamne le bétail à une transhumance de longue durée avec des amplitudes variables, dans les zones à faible concentration, les troupeaux se déplacent entre les villages pour fumer les champs moyennant une main d'oeuvre pour les activités pastorales, prise en charge par le berger (ISRA / DRPF 1997). Ainsi, les résidus des cultures occupent une part importante dans l'alimentation du bétail, réduisant d'autant la protection des sols contre l'érosion (Hoefsloot *et al.*, 1993).

L'horticulture demeure une activité secondaire malgré l'existence de potentialités non négligeables. Elle est pratiquée autour des points d'eau. Cette pratique connaît une certaine expansion avec l'intervention des ONG et des autres projets de développement. Elle tend à procurer des revenus monétaires (exportation vers les villes) non négligeables, et par conséquent contribue à l'amélioration de l'alimentation des populations.

L'exploitation des formations naturelles notamment ligneuses et l'élevage de petits ruminants et de la volaille sont des activités également réalisées par la population.

La dégradation généralisée des écosystèmes et des agrosystèmes, due en même temps à la pression démographique sur les terres et à la disparition de la jachère, font que la réintroduction de l'arbre dans le paysage agraire du sud bassin arachidier et l'installation des haies vives constituent des préoccupations très importantes de recherche-développement.

Le réseau routier est en bon état, permettant l'accès en toutes saisons. Le service des Eaux et Forêts du Ministère de l'Environnement est la principale structure intervenant dans l'encadrement du monde rural dans le domaine forestier.

1.3. Etat des connaissances sur les haies vives en Afrique de l'Ouest

Les haies vives se définissent généralement comme des structures boisées linéaires allant des plantations linéaires denses et basses à but de protection, à des bandes arborées larges à but multiple. La haie vive, telle qu'elle a été introduite ces dix dernières années dans le Sud du bassin arachidier se définit comme une structure linéaire de faible épaisseur installée dans un but " défensif ", plantée suffisamment serrée pour avoir un effet barrière au moins pour les bovins et si possible pour les petits ruminants et les hommes. Les haies vives sont classées dans le même groupe que les arbres de champ dispersés et les brise-vent (Rao *et al.*, 1998). Elles sont différentes des cultures en couloirs qui sont constituées de rangées d'arbres intercalées entre les cultures.

Le besoin des haies vives s'est fait sentir depuis très longtemps, notamment en matière de délimitation foncière ou de protection des champs de légumes et de fruitiers. D'où l'extension bien avant l'indépendance, de haies faites d'euphorbes (*Euphorbia balsamifera* et *Jatropha curcas*) (Lericollais, 1990 ; Louppe et Yossi, 2000). Nous avons ici cherché à faire le point sur les acquis socio-économiques et biophysiques concernant les haies vives dans l'Afrique de l'Ouest.

1.3.1. Aspects socio-économiques

Du point de vue des aménagistes, les études sur les aspects socio-économiques concernant les haies vives portent, en général, plus sur les avantages et les inconvénients, que sur son acceptabilité par les paysans.

Parmi les avantages, Kaya *et al.*, (1994) et Ouattara et Louppe (1998) ont cité la délimitation foncière. En plus de la protection, Ayuk (1997) a rapporté, la durabilité de la haie, les fonctions de lutte contre l'érosion et l'effet brise vent. Enfin, Bonkougou *et al.*, (1998), sur le plan de l'entretien, trouvent que la haie vive, une fois installée, permet annuellement un gain substantiel de temps par rapport aux haies mortes qui nécessitent le remplacement. La contrainte majeure à l'adoption de la haie au Sahel est le manque de moyens au niveau des pépinières pour l'achat des sachets en polyéthylène pour produire les plants (Bonkougou *et al.* 1998 ; Ouattara et Louppe,1998 ; Dugué, 1996). Comme autres contraintes, Louppe et Yossi (2000) ont cité celles du manque de temps et de main d'œuvre et Ayuk (1997) relève l'effet traumatisant des épines de la haie vive.

Très peu d'études ont été consacrées à l'adoption de la haie vive par les usagers. Ayuk (1997) a essayé de modéliser les conditions d'adoption des haies vives au centre du Burkina Faso, en se basant sur certaines caractéristiques socio-économiques de l'agriculteur et de son système de culture. Le modèle montre que le taux d'adoption dépend essentiellement de trois facteurs. Il augmente de 36 % si l'agriculteur cultive à l'intérieur des enclos des produits commercialisables en contre saison, de 26 % s'il dispose d'eau pour l'irrigation et de 26 % s'il utilise le fumier. Ce taux tend à augmenter avec l'âge du paysan (1 %) et à diminuer avec le nombre d'actifs. Caveness et Kurtz (1993), à l'Est du Sénégal, ont aussi montré que le nombre d'adultes masculins (âge > 21ans) et féminins (âge > 16 ans), le rendement par hectare de l'arachide, le nombre de chevaux dans l'exploitation, ont une relation sur la décision d'adopter les techniques agroforestières.

1.3.2. Aspects biophysiques

1.3.2.1. Critères de choix des espèces

Les premiers essais sur les haies vives remontent aux années 1960, et portent sur la recherche d'espèces ligneuses, la plupart exotiques, dans le but de créer des haies défensives (CTFT, 1972). C'est seulement dans les années 1980 que les recherches systématiques sur les haies vives à base d'espèces autochtones ont été entreprises dans le but de valoriser ce matériel pour installer des haies défensives (Hien et Zigani, 1986 ; Gazet,1989 ; Louppe, 1989 ; Depommier et Freycon,1990 ; Depommier, 1991 ; ISRA/DRPF, 1994) ou des haies

anti-érosives (ISRA/DRPF, 1994 ; Diatta, 1994). Les espèces ligneuses étaient sélectionnées sur les critères suivants ; elles devaient être :

- épineuses : caractère défensif ;
- buissonnantes : ce qui évite un trop grand développement en hauteur, et favorise de plus la ramification basse qui renforce l'étanchéité de la haie ;
- sociables : pour vivre en peuplements linéaires denses ;
- de croissance initiale importante : pour permettre l'obtention rapide d'une haie efficace et limiter le nombre d'entretiens (désherbage) à effectuer après la plantation ;
- de multiplication aisée : simples à produire en pépinière, à installer par bouturage ou par semis direct ;
- rustiques : aptes à pousser sur des sols très variés ;
- peu ou pas appétibles : minimise les risques de destruction par broûtage du bétail et du gibier.

Ainsi, *Acacia ataxacanta*, *Acacia laeta*, *Acacia melifera*, *Acacia macrostachya*, *Acacia senegal*, *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Bauhinia rufescens*, *Prosopis juliflora*, *Prosopis sp.* et *Zizyphus mauritiana* sont des espèces qui ont reçu une attention particulière, aussi bien en station qu'en milieu paysan dans les pays du projet SALWA (Semi Arid Lowlands in West Africa, Burkina Faso, Mali, Sénégal, Niger). Ces études ont montré que les performances biophysiques et l'association des espèces pour une haie performante dépendent des conditions du site (tableau 1).

Au Burkina Faso, sur le plateau mossi avec une pluviométrie de 650 à 800 mm et des sols sablo-limoneux, *Acacia nilotica* est très performant dans les haies monospécifiques. On n'a pas observé d'effet compétitif lorsqu'on l'associe avec une haie d'euphorbe.

Au Niger, dans la zone du projet SALWA, avec une pluviométrie annuelle de 450 mm, *Bauhinia rufescens*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia senegal* et *Acacia laeta* sont performants sur les plateaux ; alors que sur les plaines *Acacia nilotica*, *Prosopis juliflora* et *Bauhinia rufescens* sont plus efficaces.

Au Sénégal, sur sols sableux et une pluviométrie en dessous de 400 à 500 mm, *Prosopis sp.*, *Acacia laeta*, *Bauhinia rufescens* et *Acacia mellifera* présentent les meilleures performances. Sur sols sablo-limoneux, avec une pluviométrie annuelle de 600 à 800 mm, les espèces qui montrent une bonne performance en haie vive ont été *Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Zizyphus mauritiana* et *Bauhinia rufescens*.

Tableau 1 : Espèces appropriées pour la réalisation des haies vives en zone sahélienne, en fonction du sol et de la pluviométrie

Sols	Pluviométrie annuelle (mm)		
	400-500	500-600	600-800
Sableux	<i>Prosopis sp.</i> <i>Acacia laeta</i> <i>Acacia melifera</i> <i>Bauhinia rufescens</i>	<i>Zizyphus mauritiana</i>	
Sablo-limoneux	<i>Bauhinia rufescens</i> <i>Zizyphus mauritiana</i> <i>Acacia senegal</i>		<i>Acacia nilotica</i> <i>Acacia senegal</i> <i>Zizyphus mauritiana</i> <i>Bauhinia rufescens</i>
Limoneux	<i>Acacia nilotica</i> <i>Prosopis juliflora</i> <i>Bauhinia rufescens</i>		

Source : Bonkougou *et al.*, 1998.

1.3.2.2. Gestion des haies vives

La majorité des auteurs conseillent de tailler les haies vives pour limiter leur emprise et renforcer leur efficacité. A ce jour, très peu de résultats ont été publiés en raison de la difficulté à estimer de manière chiffrée et statistiquement comparable l'effet de la taille sur l'architecture de la haie et sur son efficacité (Depommier et Freycon, 1990), Hien et Zigani (1987), Ouattara et Louppe (1998) conseillent respectivement de tailler les haies très tôt (à deux ans à 50 - 80 cm ou à douze mois à 20 cm si possible) afin de leur donner facilement une bonne forme et une densité efficace.

1.3.2.3. Haie vive et micro-climat

L'effet brise vent, la modification de l'évapotranspiration et l'ombrage sont les trois facteurs principaux de l'effet des haies vives sur le micro-climat. Ils ont généralement été étudiés dans les cultures en couloirs mais rarement pour les haies vives au sens strict. Certaines observations faites dans les zones semi-arides, montrent que les brise-vent réduisent beaucoup les risques liés aux vents violents de saison des pluies et aux vents érosifs de saison sèche (Michels *et al.*, 1998 ; Banzaf *et al.*, 1992 ; Leihner *et al.*, 1993 ; Renard et Vandebelt, 1990 ; Mohamed *et al.*, 1995 ; Long et Persaud, 1988). A l'opposé, d'autres observations laissent supposer qu'un ralentissement de la vitesse du vent surtout en saison chaude, induit

une augmentation des températures au niveau du sol, qui parfois peut nuire à la germination et à l'émergence du mil (Brenner *et al.*, 1995).

Perez *et al.*, (1997) ont montré que l'infiltration des eaux de pluies est favorisée au niveau de la haie par l'absence de croûte de battance et par une meilleure porosité du sol. Les haies isohypses contribuent à réduire le ruissellement et l'érosion hydrique. Long et Persaud (1988) ont trouvé que des brises-vents de 10,5 m augmentent l'humidité relative de 8 % dans le champ protégé. Cependant, Smith *et al.*, (1997), Brenner *et al.*, (1995) signalent qu'on ne doit pas s'attendre à une fonction de conservation du sol de la part du système brise-vent au Sahel.

1.3.2.4. Haie vive et fertilité du sol

L'amélioration de la fertilité du sol (matière organique, phosphore, bases échangeables) sous couvert de différentes espèces a été rapportée pour les espèces fixatrices d'azote: *Faidherbia albida* (Kamara et Haque, 1992), *Prosopis sp.* (Aggarwal, 1980), *Acacia sp.* (Belsky *et al.*, 1993), mais aussi pour les espèces non fixatrices d'azote comme le néré et le karité (Kater *et al.*, 1992 ; Tomlinson *et al.*, 1995) et d'autres espèces (Campbell *et al.*, 1994). Ces études ont généralement été menées sur des arbres dispersés dans le champ mais rarement sur les arbres des haies vives.

Une étude sur sept espèces utilisées dans l'élaboration des brise-vent au Niger n'a pas pu démontrer l'amélioration de la fertilité sous les arbres (Michels *et al.*, 1998). Par ailleurs, on note un apport important d'éléments nutritifs par les particules piégées par la haie, par les retombées organiques provenant des ligneux (feuilles, fleurs, fruits, bois) et par les déjections des animaux qui y trouvent refuge, dans ou sous les buissons (Hermann, 1996).

1.3.2.5. Haie vive et activité biologique

L'activité biologique est importante dans et la haie vive, ce qui crée un biotope favorable à la vie. Elle constitue une niche pour une abondante faune visible (oiseaux, mammifères, reptiles, batraciens et insectes) et macro, micro et mésofaune invisible (vers de terre, termites, nématodes). Ces aspects d'activités biologiques de la haie vive ont été très peu étudiés en Afrique de l'Ouest. Les études menées en Afrique du Nord dans ce domaine montrent une grande concentration d'espèces animales au niveau des haies (Zwölfer et Stechmann, 1989 ; Bruneau *et al.*, 1992 ; Nicoli *et al.*, 1995 ; Burel, 1996 ; Alvarez *et al.*,

1997 ; Joyce *et al.*, 1997 ; Kotzageorgis et Mason, 1977 ; Maudsley *et al.*, 1977 ; Simon *et al.*, 1997). Une étude faite au Sénégal, signale la faculté de certaines espèces de brise-vent à favoriser la pullulation de nématodes phytoparasites qui attaquent et détruisent les cultures maraîchères (Prot, 1986).

1.3.2.6. Effet de la haie vive sur les cultures

Généralement, la haie vive a un effet dépressif sur les cultures. Cazet (1989), pour des haies de 2 mètres de haut, indique une perte de rendement en niébé de 40 à 60 % entre 1 et 2,5 mètres de distance de l'axe des haies d'*Acacia tortilis*, *Acacia nilotica* et *Acacia senegal* dans le nord bassin arachidier du Sénégal. A cette même distance, la perte n'est que de 10 % pour *Prosopis juliflora*. L'auteur explique ce phénomène par la variabilité de développement du système racinaire selon les espèces implantées. Dibloni (1997), dans des études menées au Burkina Faso, associe cet effet sur les cultures à l'extension du système racinaire des haies dans les zones de surface. Ainsi les racines de *Bauhinia rufescens* et de *Zizyphus mauritiana* seraient concentrées superficiellement dans les deux premiers mètres les plus proches de la haie, celles de *Acacia nilotica* s'étendraient jusqu'à 4 mètres, celles de *Prosopis juliflora* jusqu'à 7 mètres ; Kessler et Boni (1991) trouvent que le système racinaire chez *Agava sisalana* est plus dense que celui de *Bauhinia rufescens*, d'*Acacia nilotica* et d'*Acacia seyal*.

Au sud du bassin arachidier du Sénégal, Diatta (1994) a noté pour des haies anti-érosives de moins d'un mètre de haut, composées de plusieurs espèces (*Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Prosopis juliflora*, *Bauhinia rufescens*, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia melifera*, *Acacia seyal*, *Dichrostachys glomerata*, *Gliricidia sepium*, *Parkinsonia acculeata* et *Piliostigma reticulata*) ont un effet dépressif sur le rendement du mil jusqu'à 2 mètres. Par contre aucun effet n'a été observé sur le rendement de l'arachide. L'auteur associe cet effet à l'ombre portée par les arbres qui réduit l'efficacité de la photosynthèse des pieds de mil. Dans l'ensemble, il note que l'effet dépressif de la haie sur les rendements des cultures est relativement faible, en terme de concurrence pour les nutriments. C'est au niveau des parasites ravageurs et prédateurs qu'il faut se poser des questions.

Il ressort de cette analyse bibliographique, que peu de travaux abordent, l'acceptabilité de la haie vive par les paysans et l'effet de la haie vive sur les cultures en rapport avec les facteurs environnementaux (micro-climat, fertilité, racines, nématodes). L'adoption massive de la haie vive doit être possible si, en plus des techniques d'installation et de gestion de la

haie vive, les déterminants socio-économiques sont bien maîtrisés et si les perceptions paysannes de l'interaction entre la haie vive et les cultures et son effet sur le système agricole sont maîtrisés.

2. CHAPITRE II : ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE : ADOPTION DE LA HAIE VIVE, LA PERCEPTION PAYSANNE SUR SON INTERACTION AVEC LA CULTURE ET SON EFFET SUR LES SYSTEMES DE CULTURE AU SUD DU BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL.

2.1. Introduction

La zone « sud bassin arachidier » est une des sept zones agro-écologiques définies par le plan indicatif national de la recherche agricole (I.S.R.A/DRPF, 1994). Elle occupe plus de 12 % du territoire national et supporte près de 20 % de la population du Sénégal. Dans cette zone la plupart des sols sont dégradés par les effets conjugués de la rotation arachide-mil avec une faible utilisation de fertilisants, ceux liés au raccourcissement du temps de jachère et à la surexploitation du couvert arboré conduisant à la disparition de l'arbre et des parcs agroforestiers (Floret *et al.*, 1993). Ces différents processus accélèrent l'érosion (hydrique et éolienne) qui, en enlevant la partie la plus fertile du sol, entraîne une chute du statut organique et une baisse de la capacité de rétention en eau du sol. Ceci conduit à une baisse régulière plus ou moins rapide des rendements (Perez *et al.*, 1991). La réintroduction de l'arbre dans le paysage agricole apparaît comme un des moyens de restauration de ces agrosystèmes dégradés et d'amélioration du revenu des populations rurales (Bonkougou, 1985 ; Belsky *et al.* 1993). Parmi les techniques de l'agroforesterie proposées, celles basées sur l'installation de la haie vive ont été largement promues au Sahel (Bonkougou *et al.*, 1998 ; Louppe *et al.* 2000).

L'introduction de la haie vive a été vulgarisée avec un succès relatif dans les systèmes agraires du Sahel. Ainsi au Sénégal, le Projet Organisation et Gestion Villageoise (POGV) avec l'aide des groupements villageois a implanté, de 1995 à 1996, un réseau de haies d'*Euphorbia balsamifera* sur 4 860 ha dans le bassin arachidier à raison d'un hectare par paysan. La production de plants avec succès par les paysans pour installer des haies vives a été aussi rapportée à Hondey au Niger (Bonkougou *et al.*, 1998). La Compagnie Malienne de Développement des Textiles (CMDT), à travers son projet de lutte antiérosive, a adopté un programme de vulgarisation de la haie vive au Sud du Mali (Kaya *et al.* 1994). Un intérêt particulier des populations des provinces de Boukhiemdé, Sanguié et Passoré pour les haies vives a été noté par Hien et Zigani (1987). Cependant, les études sur l'acceptabilité de cette pratique agroforestière et les évaluations de son impact sur le système d'utilisation local des terres sont limitées. Seul Ayuk, (1997) a abordé ces aspects. Ce dernier a analysé les facteurs influençant l'adoption de la haie vive comme seule pratique de protection. Dans une récente étude, Wu et Babcock (1998) ont signalé que, souvent, les décisions d'adoption de beaucoup de pratiques, se font simultanément. Ces auteurs trouvent que dans l'analyse de pratiques spécifiques comme le labour (Ervin et Ervin, 1982 Korsching *et al.* 1983 ; Napier *et al.*

1984 ; William *et al.* 1990 ; Helms *et al.* 1987) et la haie vive (Ayuk, 1997), on ignore les autres pratiques qui sont faites en conjonction. Dans notre zone d'étude, la décision d'adopter la haie vive se fait simultanément avec d'autres pratiques de protection et de sécurisation foncier (Sanogo *et al.*, 2000). Dans ce cas, une analyse jointe des décisions de protection est nécessaire pour déterminer les conditions du choix d'une technique alternative de protection dans le sud du bassin arachidier du Sénégal

Notre étude a pour objectifs de répondre aux questions suivantes :

- quels types de paysans adoptent la haie vive ?
- pour quelles raisons les paysans adoptent ou non la haie vive ?
- quelles sont, selon les paysans, les espèces prioritaires pour la haie vive ?
- quels sont les avantages et les contraintes de la haie vive ?
- quel est l'effet de la haie vive sur les cultures et sur le paysage agricole ?
- quelles sont les implications socio-économiques du choix de la haie vive, de la haie morte, et des deux haies combinées ?

2.2. Matériel et méthodes

2.2.1. Sélection des villages

Afin d'avoir un échantillon assez représentatif du sud bassin arachidier, la région de Kaolack a été retenue pour l'enquête. L'étude a été menée dans trois départements (Gandiaye, Kaffrine et Nioro), situés respectivement à 20, 60 et 55 km de la ville de Kaolack. Le critère de sélection des villages a été fondé sur la présence de paysans utilisant la technique des haies vives dans leurs systèmes de culture. Ces villages ont été identifiés avec l'aide des services du développement intervenant dans la zone. Au total 21 villages ont été visités en février 1997. Au cours de ces visites, des informations concernant la haie vive, la population imposable, les caractéristiques socio-économiques et l'état de dégradation des sols, ont été relevés auprès des chefs de village et des membres des groupements villageois. Le recueil d'informations pertinentes a conduit à retenir 12 villages (4 par département) sur les 21 visités.

2.2.2. Echantillonnage

L'échantillon a été déterminé en trois étapes :

2.2.2.1. Taille de l'échantillon

Le nombre d'exploitants nécessaires à enquêter dans la zone d'étude a été estimé à 169 à partir de la formule suivante (Schwartz, 1963) :

$$N = \frac{\varepsilon^2 \cdot p \cdot q}{i^2}$$

N = nombre de sujets nécessaires

$\varepsilon = 1,96 \approx 2$ écart réduit correspondant au risque $\alpha = 0,05$ dans la table de l'écart réduit.

p = pourcentage de paysans possédant au moins une haie vive (p=12 %)

q = pourcentage de paysans n'ayant pas la haie vive (q = 1-p)

i = précision désirée ± 5 % pour le risque $\alpha = 0,05$

2.2.2.2. Nombre de chefs d'exploitation par village et taux de sondage

Le rapport entre la taille de l'échantillon et l'effectif de la population imposable de la zone d'étude a permis de calculer un taux de sondage de 7,6 %. A partir de ce taux, le nombre de paysans à enquêter par village a été calculé proportionnellement à l'ensemble de la population cible pour chaque village (tableau 2)

2.2.2.3. Identification des personnes à enquêter

L'exploitant est défini comme un habitant du village (homme ou femme), faisant vivre un certain nombre de personnes travaillant ou non avec lui et cultivant toujours une ou plusieurs parcelles de terrain du terroir de ce village.

Au niveau de chaque village, une réunion avec les villageois a permis de dresser une liste nominative des chefs d'exploitation. A partir de cette liste, un tirage au sort a permis d'identifier les chefs d'exploitation à enquêter. Le tirage au sort est utilisé car il est mieux indiqué que le choix raisonné dans la comparaison de deux groupes pour un caractère donné (Schwartz, 1963).

Tableau 2 : Nombre de chefs d'exploitation enquêtés par village.

Village	Nombre de chefs d'exploitation / village		
	Imposables	à enquêter	enquêtés
Lougole	184	14	13
Bouchra	160	12	10
Keur Modou Ndiambatou	160	12	13
Séguérégata	294	22	25
Keur Ali Samba	187	14	12
Darou mouyaguéne	153	12	7
Keur Dianko	58	4	5
Sinthiou Kohel	227	17	30
Keur Tahibé	52	4	5
Thiomby séreer	513	40	31
Ndalane malik	50	4	11
Keur Ndènè Ndao	188	14	10
Total	2226	169	175

2.2.3. Déroulement de l'enquête

Dans un premier temps, une pré-enquête a été effectuée auprès de trois paysans. Elle a permis de vérifier si le questionnaire permettait de recueillir les informations recherchées.

Dans un 2^{ème} temps, l'enquête à partir d'un questionnaire individuel effectuée auprès de chaque chef d'exploitation s'est déroulée entre le 20 mai au 19 juin 1997. Il comprenait trois parties : la première partie a permis de recueillir des informations sur les caractéristiques sociologiques, la seconde partie était réservée aux activités économiques et la troisième était consacrée aux Connaissances Attitudes et Pratiques (CAP) de la technique des haies vives.

1) Dans la partie concernant les caractéristiques sociologiques, les données recueillies sont : 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, ainsi que le nombre total de personnes dans l'exploitation.

2) Concernant le volet économique et la structure de l'exploitation, les informations collectées sont : l'activité principale et secondaire du paysan, la pratique ou non de l'élevage, le nombre de têtes par type de bétail (bovins, caprins, ovins, équins, asins), le nombre de champs de l'exploitation, le nombre de champs clôturés par une haie et le type de haie. De

plus, les caractéristiques de ces champs clôturés ont été enregistrées. Il s'est agi, de l'année d'installation de la clôture, de la longueur de la haie, des espèces végétales utilisées, de la superficie du champ clôturé, de la localisation du champ par rapport au village, de l'appartenance ou non au paysan, du temps d'installation, des cultures qui y sont pratiquées, l'utilisation des produits de la haie vive, les quantités auto-consommées et vendues.

3) Pour l'enquête CAP, l'exploitant est interrogé sur les raisons pour lesquelles il a adopté ou non la haie vive, sur l'origine de l'idée d'implanter la haie vive. Les questions portaient aussi sur son implication dans le choix des espèces, sur les nouvelles espèces introduites dans le terroir par les haies vives, sur la disposition des espèces et sur les avantages et les inconvénients des espèces utilisées. Il lui a été demandé de mettre en avant les cinq avantages et contraintes par ordre d'importance de la haie vive, les cinq espèces prioritaires et leur critère de choix. Les connaissances du paysan sur la haie vive ont été également notées par l'enquêteur : les activités d'installation et d'entretien, les difficultés et les solutions, l'interaction avec les cultures, les effets positifs et négatifs sur les cultures et l'élevage, la haie vive et le régime foncier (appropriation, conflits).

Le questionnaire utilisé dans cette étude figure en annexe.

2.2.4. Codification et saisie des données :

La codification des données a consisté à attribuer une modalité numérique lorsqu'il s'est agi de questions fermées. Pour les questions ouvertes un dépouillement manuel complet a permis de les regrouper sous forme de modalités et de leur attribuer des codes numériques.

Les données ont été saisies sur Excel. L'analyse statistique a fait appel aux logiciels Epi info (Dean, 1996), ADE4 (Thioulouse *et al.*, 1991)

2.2.5. Analyse des données :

2.2.5.1. Typologie

Pour déterminer les différents types d'adoptants ou de non adoptants de la haie vive, nous avons utilisé l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.). Les catégorisations ont été opérées sur les variables initiales de la base de données qui comprenait 37 variables primaires portant sur les caractéristiques socio-économiques des ménages. Les observations, pour chaque variable retenue, ont été découpées en modalités allant de deux à cinq classes, à

partir des histogrammes de distribution des observations. Ces classes (tableau 3) ont fait l'objet d'une A.F.C..

2.2.5.2. Analyse descriptive

Au stade descriptif, les fréquences et les paramètres de dispersion (mode, moyenne, et médiane) ont été utilisés. Pour certaines variables à plusieurs modalités, des regroupements ont été réalisés. Pour la description des variables dont les modalités sont hiérarchisées, la formule ci-dessous, qui permet de déterminer l'importance relative de la réponse du paysan a été utilisée (Ayuk, 1997) :

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

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 la note de 3 points, la 3ème la note de 1 point. L'attribution de ces points est arbitraire. Pour chaque réponse, RW_i a été calculé et un classement a été fait.

2.2.5.3. Analyse multivariée

1. Rappel modèle de régression logistique

La décision d'adopter une technologie est une décision binaire représentée par une variable Y qualitative (dépendante) prenant les valeurs 1 (adoption) et 0 (non adoption). Le modèle de régression a été utilisé pour exprimer la relation entre cette variable Y et les variables indépendantes X_i qui peuvent être quantitatives ou qualitatives (Bouyer et *al.*, 1993). Ce modèle permet de calculer la probabilité d'adoption d'une technologie. Le modèle logistique est généralement représenté par :

$$E(Y_i) = P(Y_i) = \frac{e^{\alpha + \beta X_i}}{1 + e^{\alpha + \beta X_i}} \quad \text{avec :}$$

- X_i les caractéristiques associées à l'individu ;
- β les coefficients de régression estimés ;
- α la constante.

Tableau 3. Classe des états des variables utilisées pour l'AFC

Variables	Classe1	Classe2	Classe 3	Classe 4
Adoption de la haie vive	Adoptant	Non adoptant		
Zone	Kaffrine	Nioro	Gandiaye	
Variables sociologiques				
Sexe	Homme	Femme		
Statut matrimonial	Marié	Autres		
Appartenance à un groupement professionnel	Oui	Non		
Age	< 30 ans	30-59 ans	> 59 ans	
Statut familial du chef de ménage	Exploitant	Dépendant	Femme	
Main d'œuvre active totale	< 5	5-10	>10	
Ethnie	Wolof	Serère	Toucouleur	Bambara
Variables socio-économiques				
Nombre d'ovins	< 10	≥ 10		
Nombre de caprins	< 10	≥ 10		
Nombre d'asins	<1	≥ 1		
Nombre d'équins	<1	≥ 1		
Nombre de parcelles	< 5	5-10	>10	
Nombre de bovins	<1	< 5	5-10	> 10
Activité secondaire	Aucune	Maraîchage	Élevage	Commerce

2. Codage des variables

Dans cette étude, la décision d'adopter ou non un système de protection des champs par les haies peut être, la combinaison de la haie vive et de la haie morte (référence), la haie vive seule, la haie morte seule, ou la non adoption. Pour éviter la prise en compte dans l'équation des valeurs numériques attribuées à chaque modalité, des variables indicatrices (ou dummy variable en anglais) ont été créées. Ainsi dans la première catégorie le paysan possède une haie vive seule, dans la seconde catégorie, il possède une haie morte seule et dans la troisième catégorie, il n'a pas adopté la haie. Ces trois catégories ont été comparées à la catégorie de référence (l'adoption combinée des deux types de haie). Le codage utilisé a été reproduit dans le tableau 4.

Tableau 4 .- Codage prenant en compte les stratégies alternatives de protection des champs de culture dans le bassin arachidier.

Stratégie	Haie vive	Haie morte
0	X	X
1	X	-
2	-	X
3	-	-

3. Choix des variables indépendantes

Les variables indépendantes ont été choisies à partir de la l'analyse factorielle des correspondances. Le choix a porté sur les variables sociologiques, socio-économiques et celles de la perception paysanne liées à l'adoption de la haie vive dans la typologie : AGE représente l'âge de l'exploitant, ETHN est le groupe ethnique de l'exploitant, STATUT est le statut familial de l'exploitant, SCOL est la scolarisation de l'exploitant, TOTACW est le nombre total d'actifs (8-59 ans) dans le ménage, EQU est la présence de chevaux dans le ménage, CHP nombre de champ du ménage, ACTI3 est la pratique d'une activité secondaire par l'exploitant, HVCU est la perception du paysan sur l'interaction entre la haie vive et les cultures associées, HVCF est la perception du paysan sur la haie vive et les conflits.

Le codage des variables est représenté dans le tableau 5.

4. Conduite de l'analyse

Sur la base des variables sélectionnées, l'équation du modèle peut s'écrire :

$$E(Y_i) = \alpha + \beta_1 AGE + \beta_2 ETHN + \beta_3 STATUT + \beta_4 SCOL + \beta_5 TOTACW + \beta_6 EQU + \beta_7 CHP + \beta_8 ACTI3 + \beta_9 HVCU + \beta_{10} HVCF +$$

Les mesures de qualité du modèle sont : le R^2 de McFadden, le maximum de vraisemblance et les pourcentages de prédictions correctes.

Tableau 5.-Définition et codage des variables utilisées dans l'analyse de l'adoption des haies

Variables	Description
Variabes dépendantes	
Adoption de protection (ADP)	ADP = 0, adoption de la haie vive et de la haie morte (référence) ADP=1, adoption de la haie vive seulement ADP=2, adoption de la haie morte seulement ADP=3, non adoption
Variabes indépendantes	
AGE	Classe d'âge de l'exploitant 1 si < 30 ans 2 si 30-59 ans 3 si > 59 ans
STATUT	Statut familial du paysan 1 si l'exploitant est chef de ménage indépendant 2 si l'exploitant est chef de ménage dépendant 3 si l'exploitant est femme
ETHN	Groupe ethnique du paysan 1 si wolof 2 si Sérère 3 si Toucouleur 4 si Bambara
SCOL	1 si l'exploitant a été scolarisé 0 dans le cas contraire
TOTACW	1 si main d'œuvre totale active < 5 personnes 2 si main d'œuvre totale active entre 5- 10 personnes 3 si main d'œuvre totale active > 10 personnes
CHP	1 si nombre de champ <5 2 si nombre de champ entre 5-10 3 si nombre de champ > 10
EQU	1, si présence au moins d'un cheval dans le champ 0 dans le cas contraire
ACTI 3	1 pas d'activité 2 si maraîchage 3 si autre activité
HVCU	1 s'il y a une interaction entre la haie vive et les cultures 0 dans le cas contraire
HVCF	1 si la haie vive n'est pas source de conflits 0 dans le cas contraire

2.3. Résultats

2.3.1. Typologie des haies vives

2.3.1.1. Description des haies vives et des champs clôturés

1. Caractéristiques des haies vives

Plus de la moitié des haies vives enregistrées dans la zone d'étude sont d'âge supérieur à trois ans (tableau 6). Les principales espèces représentées dans les haies vives sont les épineux (*Acacia nilotica*, *Parkinsonia aculeata*, *Zizyphus mauritiana*, *Prosopis juliflora*, *Acacia albida*, *Bauhinia rufescens* etc...), les euphorbes (*Euphorbia balsamifera*) et les espèces exotiques (*Acacia holocericea*, *Eucalyptus camadulensis*). Les épineux sont généralement utilisés en mélange sur la ligne et les euphorbes en ligne pure.

Tableau 6 : Age et espèces des haies vives dans la zone d'étude (n = 98)

Variables	Modalités	Effectif	%
Age de la haie vive (années)	1-2 ans	48	49,0
	3-5 ans	16	16,3
	5-10 ans	23	23,5
	11-77ans	11	11,2
Espèces et structure de la haie vive	Euphorbes	29	30
	Épineux	34	35
	<i>Acacia holocericea</i> + épineux	25	25
	Euphorbes + espèces exotiques + épineux	5	5
	Autres espèces exotiques	5	5

2. Caractéristiques des champs ayant une haie vive

Les caractéristiques des champs ayant une haie vive sont décrites dans le tableau 7. La majorité des champs (51 %) sont proches des habitations, 31 % sont intermédiaires et seulement 18 % sont situés loin des habitations. La superficie moyenne des champs ayant une haie vive est de 1,74 hectare ($\pm 1,77$) avec une médiane à 1 hectare. 51 % d'entre eux ont une

superficie de 1 à 2 hectares. Les cultures de contre saison (maraîchage, irrigation et vergers) sont davantage pratiquées dans les champs ayant une haie vive (70,4 %).

Tableau 7.-: Caractéristiques des champs ayant une haie vive

Variables	Modalités	Nombre	%
Emplacement	Champ de case	50	51,0
	Champ intermédiaire	30	30,6
	Champ de brousse	18	18,4
Superficie (ha)	< 0,25	6	6,1
	0,25 - 0,75	14	14,3
	1 - 2	55	56,1
	2,5 - 4	14	14,3
	5 - 10	9	9,2
Cultures pratiquées	Culture de saison	14	14,3
	Culture de contre saison (maraîchage, irrigation et verger)	69	70,4
	Culture de saison + culture de contre-saison	15	15,3

Légende

Champ de case : (de 0 à 200 m du village ou de l'habitation)

Champ intermédiaire : (de 200 m à 1 km du village ou de l'habitation)

Champ de brousse : (au delà de 1 km du village ou de l'habitation)

2.3.1.2. Les types de haie vive

L'analyse factorielle multiple (figure 2) permet de suivre sur l'axe horizontal l'âge des haies. Cet axe individualise les très jeunes (âge < 3 ans) par rapport aux autres. L'axe vertical est celui des espèces végétales utilisées, de l'emplacement du champ et des cultures qui y sont pratiquées. Il permet de dissocier les champs proches où l'on pratique en même temps les cultures de saison et de contre saison, avec les ordonnées négatives et les champs de brousse où l'on ne pratique que les cultures de saison avec des ordonnées positives. Trois types peuvent alors être décrits (figure 2).

Le type 1 : les espèces les plus caractéristiques de ces haies sont les épineux seuls et en moins grand nombre les épineux mélangés avec *A. holocericea*. Ces haies sont très jeunes et sont utilisées pour délimiter des champs où l'on pratique en même temps des cultures de saison et de contre-saison généralement proches des habitations. Ce type de haie vive se rencontre davantage à Kaffrine.

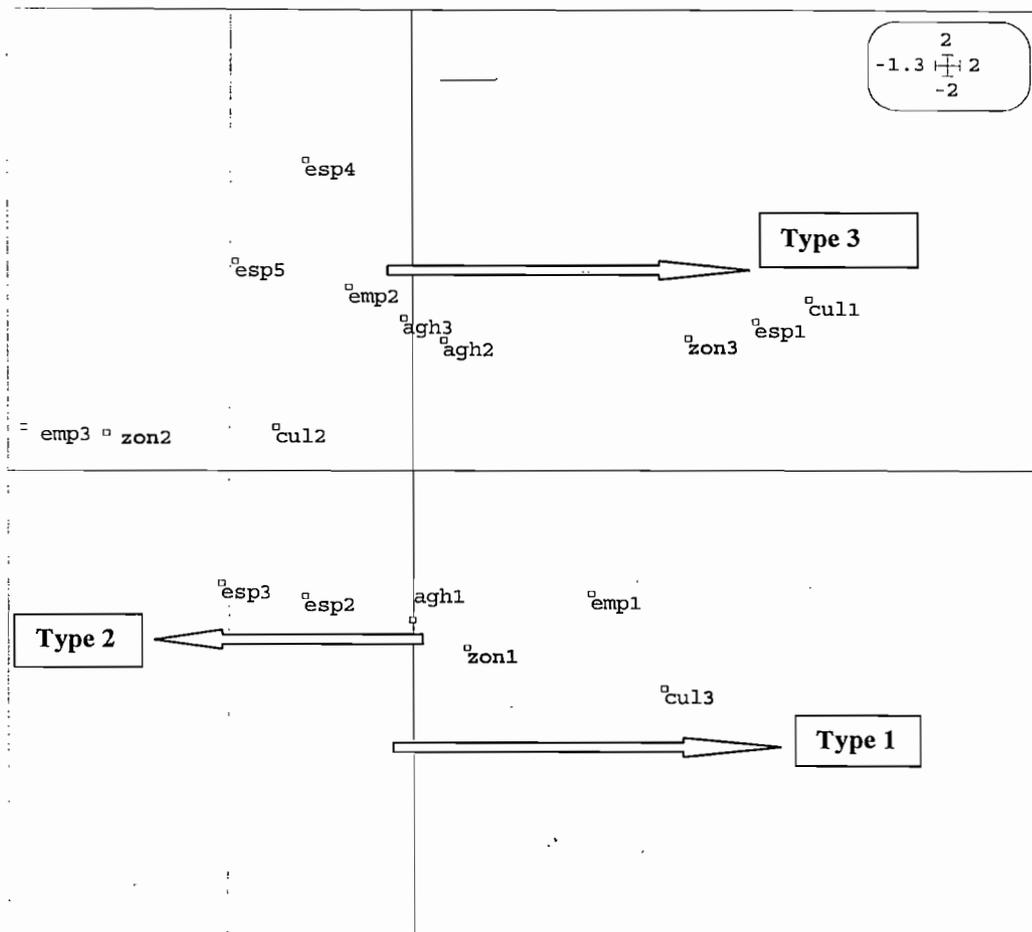


Figure 2 : Typologie des haies vives dans la zone d'étude

Légende

Esp1 = *Euphorbia* sp. seule

Esp2 = épineux

Esp3 = *A. holocericea* + épineux

Esp4 = *Euphorbia* sp. + espèces exotiques + épineux

Esp5 = Autres espèces exotiques

Cul3 = maraîchage + culture de saison

Emp1 = champ de case

Emp2 = champ intermédiaire

Emp3 = champ de brousse

Zon1 = Kaffrine

Zon2 = Nioro

Zon3 = Gandiaye

Agh1 = haie d'âge < à 3 ans

Agh2 = haie âgée de 3 à 5 ans

Agh3 = haie d'âge > à 5 ans

Cul1 = maraîchage

Cul2 = culture de saison

Le type 2 : il se caractérise par des haies généralement âgées de plus de 5 ans constituées principalement d'épineux mélangés avec *A. holocericea* et en moins grand nombre d'épineux seuls. Ces haies, plus fréquentes à Nioro, sont utilisées dans la délimitation des champs de brousse où seules les cultures de saison sont pratiquées.

Les haies vives de Gandiaye (type 3) sont généralement à base d'euphorbes, elles sont contrairement au type 1, très âgées. Elles sont en majorité utilisées pour clôturer les champs de case destinés très souvent au maraîchage ou au vergers.

2.3.2. Perception paysanne de la haie vive : connaissance, attitudes et pratiques paysanne (CAP)

2.3.2.1. Espèces prioritaires et critères de choix

Dans la zone d'étude, les paysans préfèrent par ordre d'importance *Z. mauritiana*, *A. holocericea*, *P. aculeata*, *Euphorbia sp.*, *A. nilotica* avec respectivement 151, 128, 106, 76 points (tableau 8).

Tableau 8 : Espèces prioritaires en haie vive

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

La préférence de *Z. mauritiana* se justifie selon eux, par son aptitude à fournir en même temps du fourrage, des fruits comestibles, du bois de service et à être défensive. *A. holocericea*, est prisé pour la " beauté " de son feuillage et sa qualité de bon " brise vent ". Les autres choix (*P. aculeata*, *Euphorbia sp.* et *A. nilotica*) se justifient principalement par leur qualité défensive. La bonne connaissance de *Euphorbia sp.* dans la zone d'étude justifie par ailleurs son choix (Tableau 9).

Tableau 9 : Critères de choix des cinq espèces préférées par les paysans

Critères de choix des espèces	<i>Zizyphus mauritiana</i>	<i>Acacia holocericea</i>	<i>Parkinsonia aculeata</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	-	-
Aspect esthétique de l'espèce	-	21	-	-	-
Alimentation animale et humaine + service	15	-	-	-	-
Bien connu	-	-	-	13	-
Brise vent + service	-	11	-	-	-
Protection efficace + bois de chauffe	-	-	10	-	-
Protection efficace + alimentation animale	-	-	-	-	7

Le principal critère de choix d'une espèce pour la haie vive semble être son efficacité dans la protection. Les espèces doivent en plus avoir des fonctions multiples (fourrage, fruits, bois de service) pour être préférées. Cependant les euphorbes sont bien classées quoiqu'elles n'aient pas toutes ces qualités.

2.3.2.2. Avantages et contraintes de la haie vive

Les avantages et les contraintes de la haie vive sont présentés dans le tableau 10. Les principaux avantages mis en avant 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). Il faut cependant noter qu'il y a d'autres fonctions des haies vives qui ont été appréciées par les paysans. Il s'agit de 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).

La majorité des paysans (66 %) ne voient pas de contrainte à la haie vive. Les contraintes rapportées sont très diverses et on peut citer entre autres le fait que la haie favorise l'installation des prédateurs et qu'elle entraîne la diminution de la surface cultivable.

Tableau 10 : 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

2.3.2.3. Effets de la haie vive sur les systèmes agraires

1. Interaction haie vive - culture

Les paysans ont estimé que le délais moyen pour obtenir l'efficacité de la haie vive dans la protection des champs est de 5 ans avec une médiane à 4 ans (tableau 11).

Plus de 70 % des paysans ont déclaré qu'il y a une interaction entre la haie vive et les cultures. Cette interaction est soit positive soit négative. Pour les effets positifs, 34 % des paysans ont trouvé que la haie fertilise le sol à proximité, par la décomposition des feuilles tombantes, 17 % ont déclaré qu'elle atténue les contraintes climatiques (coup de soleil, vent violent) nuisant au développement des cultures. Comme effets négatifs sur les cultures, 18 %

des paysans ont déclaré que la haie gêne le développement des cultures à proximité, 8 % ont trouvé qu'elle tue les cultures. Pour palier ces effets négatifs, 54 % d'entre eux préconisent de cultiver à plus de deux mètres de la haie vive, 29 % sont pour une bonne gestion, c'est dire faire régulièrement des coupes à partir de la troisième année d'installation.

2. Interaction haie vive - élevage

La majorité des paysans (88 %) déclarent une interaction entre la haie vive et l'élevage (tableau 11). Selon eux la haie vive n'a que des effets positifs sur l'élevage ; elle joue un grand rôle dans l'alimentation animale (69 %), dans l'alimentation animale combinée à l'ombrage qu'elle fournit (8,2 %).

3. La haie vive et le régime foncier

Selon 98 % des adoptants, la haie vive n'est pas une source de conflit foncier dans leur terroir. La nature des conflits pour les 2 % est le non respect des limites du champ et la mauvaise gestion de la haie vive.

2.3.3. Adoption de la haie vive

2.3.3.1. Typologie des adoptants et des non adoptants

Selon l'adoption ou non de la haie vive deux types ont été définis :

Type 1 : les adoptants de la haie vive représentent 56 % de l'échantillon et se composent de 17 % d'exploitants ayant à la fois une haie vive et une haie morte et de 39 % qui ont seulement la haie vive dans leur exploitation.

Type 2 : les non adoptants de la haie vive représentent 44 % de l'échantillon et se composent de 15 % des exploitants ayant utilisé la haie morte et de 29 % qui n'ont fait aucun aménagement dans ce sens. Ils s'individualisent par l'absence de haie vive dans leur exploitation.

Tableau 11 : Résultats concernant la perception paysanne : temps pour obtenir l'efficacité , interaction haie vive / cultures, élevage , régime foncier

Variables	Modalité	Eff.	%
Temps pour obtenir l'efficacité de la haie vive	1-5 ans	89	91
	>5 ans	8	8
	Ne sait pas	1	1
Interaction haie vive/culture	Oui	71	72,5
	Non	10	10,2
	Ne sait pas	17	17,3
Effets positifs sur les cultures	Fertilise le sol à proximité	33	34
	Protège les cultures des contraintes climatiques	17	17
	Fertilisation du sol & protection des cultures	3	3
	Retient le sol	2	2
	Ne sait pas	16	16
	Sans réponse	27	28
Effets négatifs sur les cultures	Gène le développement des cultures proches	18	18
	Tue les cultures à proximité	8	8
	Gène le développement et tue les cultures proches	2	2
	Refuge de déprédateurs	1	1
	Ne sait pas	42	43
	Sans réponse	27	28
Solutions aux effets négatifs	Bonne gestion de la haie	8	8,2
	Cultiver à plus de 2 mètres	15	15,3
	Pas de solution	6	6,1
	Sans réponse	69	70,4
Interaction haie vive / élevage	Oui	86	88
	Non	11	11
	Ne sait pas	1	1
Nature effets positifs sur l'élevage	Alimentation animale	68	69,4
	Ombrage	1	1
	Alimentation animale & ombrage	8	8,2
	Enclos / embouche	7	7,1
	Diminue conflits pasteur - agriculteur	2	2,1
	Ne sait pas	1	1
Sans réponse	11	11,2	
Nature effets négatifs sur l'élevage	Diminue la surface à pâturer	1	1
	Blesse les animaux	1	1
	Pas d'effet négatifs	84	86
	Ne sait pas	11	11
	Sans réponse	1	1
Haie vive est-elle source de conflits ?	Oui	2	2
	Non	96	98
Haie vive est-elle une propriété ?	Oui	98	100
	Non	0	0

2.3.3.2. Typologie des répondants : aspects sociologiques

La population des chefs d'exploitation étudiée est caractérisée par son âge, son sexe, son ethnie, son statut familial, son niveau d'instruction, la taille de son ménage. En ce qui concerne la typologie, une synthèse est donnée grâce à une analyse factorielle sur l'ensemble de ces aspects.

1. Les aspects sociologiques

L'effectif de la population, fixé dès le départ, est uniforme dans les trois zones d'étude. Cette population est principalement composée de Wolofs, de Sérères et de Toucouleurs (tableau 12) respectivement 45 %, 29 % et 22 %, généralement mariés (90 %).

Tableau 12: Répartition des chefs de ménage par ethnies et par zone

Ethnie	Nombre de chefs de ménage				
	Kaffrine	Nioro	Gandiaye	Totaux	
				Effectif	%
Wolof	44	21	14	79	45
Sérère	12	2	36	50	29
Toucouleur	4	33	2	39	22
Bambara	1	1	5	7	4
Totaux	61	57	57	175	100

a. L'âge, le sexe et le statut familial

La répartition par âge, par sexe et par statut familial est présentée dans le tableau 13. La population ayant fait l'objet de l'enquête est essentiellement masculine (83 % du total), adulte âgée de 30 – 81ans (87 % du total) et le chef de ménage exploitant (67 % du total). Le faible nombre de femmes, de jeunes et de chefs de ménage dépendants est-il dû à leur responsabilité face à l'adoption d'une innovation ? On peut en effet penser au fait qu'ils sont dépendants et ont moins droit à la parole.

b. Scolarisation et appartenance à un groupement villageois

Les variables "niveau d'instruction" et "appartenance à un groupement" sont intéressantes à considérer dans une étude d'adoption : le niveau d'instruction permet de juger

Tableau 13: Répartition par âge par sexe et par statut familial des chefs de ménage

Age	Masculin		Féminin		Statut familial	Effectif	%
	Effectif	%	Effectif	%			
< 20	-	-	1	0,6	Chef de ménage indépendant Chef de ménage dépendant Femme chef de ménage	117	67
20 - 29	20	11,4	0	0,0			
30 - 39	28	16,0	8	4,6			
40 - 49	26	14,9	17	9,8			
50 - 59	39	22,3	4	2,3			
60 - 81	30	17,0	-	-			
inconnu	2	1,1	-	-			
Totaux	145	82,7	30	17,3	Total	175	

le potentiel de compréhension dont dispose l'exploitant face à l'introduction de nouvelles techniques agricoles et aux innovations susceptibles de transformer son univers rural.

Malheureusement, le niveau d'instruction est une variable difficile à apprécier : où commence le seuil d'instruction nécessaire à la compréhension du changement ? De quelle instruction s'agit-il ?

Beaucoup de paysans dits instruits n'ont, en fait effectué que quelques années d'études primaires. La population de notre étude est faiblement instruite (19 % du total) et 70 % d'entre eux ont seulement le niveau primaire. Le niveau d'instruction de nos répondants selon la zone et l'ethnie est donné dans le tableau 14.

La population étudiée à Nioro est moins instruite que celle de Kaffrine et Gandiaye. En effet à Nioro la population est principalement constituée des Toucouleurs qui sont faiblement instruits (8 %) par rapport aux Sérères, Bambaras et Wolofs (respectivement 30 %, 29 % et 16 % de taux d'instruction).

L'appartenance à un groupement facilite l'accès aux informations. Les vulgarisateurs d'une nouvelle technologie s'adressent plus aux membres d'un groupement qu'aux autres. La majorité des chefs de ménage enquêtés (79 %) sont membres d'un groupement villageois.

c. La main d'œuvre familiale active

Elle est aussi importante que l'âge et le statut familial dans l'adoption d'une technologie agroforestière. La main d'œuvre active est en effet susceptible de différer l'adoption, et la force de travail qui en découle peut soit favoriser l'adoption de la haie ou la

Tableau 14 : Niveau d'instruction selon la zone et le groupe ethnique

Niveaux	Ensemble de la population		Zone						Groupe ethnique							
			Kaffrine		Nioro		Gandiaye		Wolof		Sérére		Toucouleur		Bambara	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Instruits	33	19	15	25	4	7	14	25	13	16	15	30	3	8	2	29
Non instruits	142	81	46	75	53	93	43	75	66	84	35	70	36	92	5	71
Totaux	175	100	61	100	57	100	57	100	79	100	50	100	39	100	7	100

diminuer. Les précisions sur la quantité d'actifs dans les ménages par zone figurent dans le tableau 15. Les ménages ayant beaucoup d'actifs sont plus nombreux à Kaffrine (44% des ménages de cette zone) qu'à Nioro (31 %) et Gandiaye (22 %).

Il est intéressant de voir si toutes ces remarques sur ces critères sociologiques expliquent l'adoption de la haie vive.

2. Les types d'adoptants ou de non adoptants de la haie vive selon les critères sociologiques

L'ensemble des facteurs décrits ci-dessus a fait l'objet d'une analyse factorielle multiple. Le premier facteur (axe horizontal, figure 3) porte sur l'âge, le statut familial, la situation matrimoniale et la scolarisation des chefs de ménage : il individualise les jeunes de statut familial dépendant (surtout les célibataires scolarisés tels qu'on les rencontre à Nioro) par rapport aux plus âgés de statut chef de ménage indépendant ou femme (comme certains vieux mariés non scolarisés de Gandiaye).

Tableau 15 : Répartition de la main d'œuvre active par zone

Main d'œuvre active	Kaffrine		Nioro		Gandiaye		Totaux	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
< 5 actifs	9	15	13	23	15	41	37	21
5 – 10 actifs	25	41	26	46	29	36	80	46
> 10 actifs	27	44	18	31	13	22	58	33
Totaux	61	100	57	100	57	100	175	100

Le deuxième facteur de différenciation des répondants (axe vertical) oppose les sexes et les ethnies. L'association « sexe - ethnie », caractérise surtout certains hommes toucouleurs de Nioro qui ne sont pas membres d'un groupement villageois, avec un nombre faible d'actifs dans leur ménage : ils s'opposent fortement, de ce point de vue, aux femmes sérères et wolofs, interrogées à Gandiaye et Kaffrine, qui sont généralement membres de groupement villageois. On notera que les femmes toucouleurs ne semblent pas être concernées par ce premier critère que l'on peut interpréter comme étant la marque d'une modernisation du comportement sociologique face à la technique "haie vive".

En tenant compte des deux critères précédents, l'ensemble des chefs de ménage interrogés se subdivise en deux sous-populations : "les jeunes de statut familial dépendant", « les plus âgés de statut familial indépendant » plus « statut familial femme ».

Type 3 (les chefs de ménage jeunes ayant un statut familial dépendant): âgés en moyenne de 24 ans, ces chefs de ménages célibataires ou mariés sont de statut familial dépendant. Ils ont un taux de scolarisation élevé. Les célibataires sont en majorité originaires de Nioro. En effet les jeunes toucouleurs de Sinthiou Kohel (zone de Nioro) constituent une variante stable remarquable par rapport aux jeunes sérères et wolofs qui sont généralement absents. Cette absence est peut-être liée à la scolarisation mais, aussi et surtout, à une émigration précoce.

Type 4 (les chefs de ménage plus âgés de statut familial "indépendant" et "femme"). Ce type est constitué des chefs de ménages de statut familial "indépendant" et de statut familial "femme". Ces ménages sont en majorité mariés et plus âgés que les précédents (en moyenne 49 ans). Ils sont moins instruits.

En croisant les types 1 et 2 aux types 3 et 4, on note que le type 4 adopte plus la haie vive que le type 1.

2.3.3.3. Typologie des répondants : aspects socio-économiques

Les conditions favorables au système de culture basé sur la rotation annuelle mil-arachide, amènent toute la population du bassin arachidier à consacrer une grande partie de son temps à l'agriculture. Par ailleurs l'augmentation de la demande potentielle en viande des zones urbaines et l'avènement des marchés hebdomadaires "loumas" encouragent de plus en plus l'élevage dans cette zone. Le commerce occupe également une part importante de la population active. Avec l'intervention des Organisations Non Gouvernementales (ONG), l'horticulture s'intègre de plus en plus dans le système de production comme source de revenu. Aucune de ces activités secondaires ne détient toutefois l'exclusivité. Elles restent complémentaires et offrent leurs ressources à la plupart des paysans.

1. Les activités secondaires et l'accès à la terre

a. Activités secondaires

La plupart des paysans de la population étudiée (79 %) s'adonne aux activités secondaires (élevage, petit commerce, maraîchage et autres activités). Les exploitants pratiquant l'élevage sont aussi nombreux que ceux qui font le petit commerce "bana-bana". La pratique du commerce et du maraîchage varie selon la zone (tableau 16). Les exploitants qui exercent le commerce sont plus nombreux à Kaffrine et Nioro qu'à Gandiaye. Par contre ceux exerçant le maraîchage sont plus nombreux à Gandiaye.

Cette proportion élevée d'exploitants agricoles s'adonnant à d'autres occupations témoigne de l'incapacité de l'agriculture classique à répondre totalement aux exigences alimentaires et matérielles de ces paysans.

b. Le disponible foncier

Les précisions sur la disponibilité en champs par zone sont portés dans le tableau 17. Les exploitants disposant de moins de cinq champs sont dominants à Nioro (63 % des ménages de cette zone). Par contre les exploitants propriétaires de plus de 5-10 champs le sont à Gandiaye (51 %).

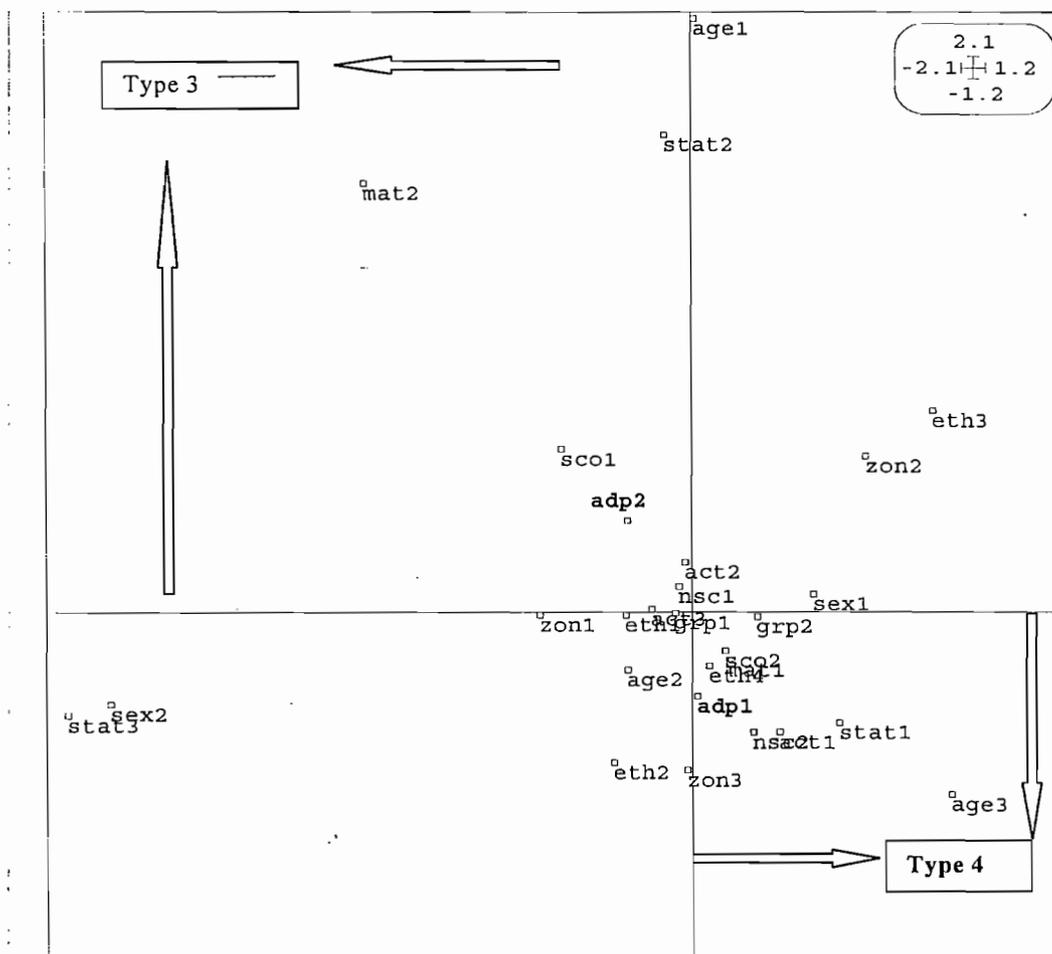


Figure 3 : Typologie des adoptants et des non adoptants de la haie vive selon les critères sociologiques

Légende

Adp1= adoption
Adp2 = non adoption

Zon1 = Kaffrine
Zon2 = Nioro
Zon3 = Gandiaye

Eth1 = Wolof
Eth2 = Sérère
Eth3 = Toucouleur
Eth4 = Bambara

Stat1 = statut indépendant
Stat2 = statut dépendant
Stat3 = femme

Age1 = <30 ans
Age2 = 30-59 ans

Age3 = > 59 ans

Act1 = < 5 personnes
Act2 = 5-10 personnes
Act3 = > 10 personnes

Sco1 = scolarisé
Sco2 = ncn scolarisé

Nsc1 = enfants scolarisés
Nsc2 = enfants non scolarisés

Grp1 = adhère à un groupement
Grp2 = n'adhère pas à un groupement

Mat1= marié
Mat2 = autre

Sex1 = masculin
Sex2 = féminin

Tableau 16: Activité secondaire suivant les zones

Activités "Secondaires "	Kaffrine		Nioro		Gandiaye		Totaux	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Aucune	12	20	9	16,0	15	26	36	21
Artisanat	23	38	17	30,0	9	16	49	28
Élevage	10	16	11	19,0	13	23	34	19
Commerce	11	18	15	26,0	8	14	34	19
Maraîchage	2	3	2	3,5	6	10	10	6
Pêche	1	2	1	2,0	1	2	3	2
Exode rural	2	3	2	3,5	1	2	5	3
Cueillette	0	0	0		4	7	4	2
Totaux	61	100	57	100	57	100	175	100

Tableau 17 : Disponibilité foncière selon la zone

Disponible foncier (nombre de champs)	Nombre de chef de ménage							
	Kaffrine		Nioro		Gandiaye		Totaux	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1 - 4	23	38	36	63	23	40	82	47
5 - 10	26	43	20	35	29	51	75	43
> 10	12	19	1	2	5	9	18	10
Totaux	61	100	57	100	57	100	175	100

2. Les types d'adoptants ou non adoptants de la haie vive selon les critères socio-économiques

La projection des variables "activités", relatives au dynamisme des exploitants, sur le premier axe factoriel (axe horizontal) montre une opposition entre les exploitants de Gandiaye d'une part, et Kaffrine et Nioro d'autre part. Les premiers sont caractérisés par l'importance des activités maraîchères, les seconds par l'importance des activités artisanales (figure 4). La

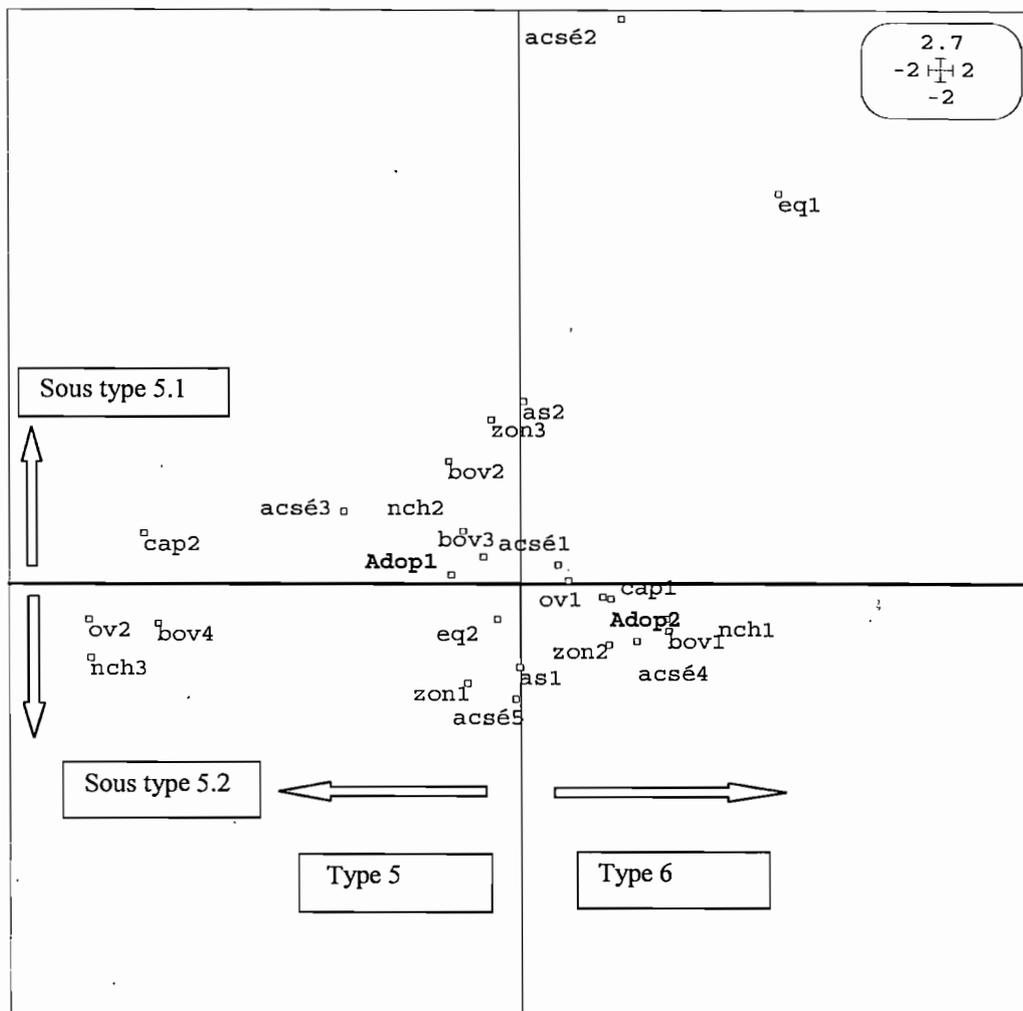


Figure 4 . Typologie des adoptants et des non adoptants selon les critères socio-économiques

Légende

Adop1= adoption
Adop2 = non adoption

Zon1 = Kaffrine
Zon2 = Nioro
Zon3 = Gandiaye

Bov1 = pas de bovins
Bov2 = nombre de bovin <5
Bov3 = nombre de bovin 5-10
Bov4 = nombre de bovins > 10

Nch1 = nombre de champs faible
Nch2 = nombre de champs moyen
Nch3 = nombre de champs élevé

Acsé1 = pas d'activité secondaire
Acsé2 = maraîchage
Acsé3 = élevage
Acsé4 = commerce
Acsé5 = artisanat

Ov1 = nombre d'ovins < 10
Ov2 = nombre d'ovins > 10

As1 = pas d'âne
As2 = présence d'ânes

Eq1 = pas de chevaux
Eq2 = présence de chevaux

Cap1 = nombre caprins < 10
Cap2 = nombre de caprins > 10

projection des variables sur l'axe factoriel 2 (axe vertical) met en opposition la plupart des exploitants de Nioro exerçant accessoirement le commerce et possédant peu de champs ($n < 5$), d'ovins et de caprins ($n < 10$ chacun), sans bovin et sans équin et les agropasteurs de Kaffrine ayant beaucoup de champs, de bovins, d'ovins et de caprins ($n > 10$ chacun) et d'équins ($n > 1$) et aux agropasteurs moyens de Gandiaye ayant un nombre moyen de champs ($n = 5-10$), de bovins (1-10). Sur les facteurs 1 et 2 de la figure 4 s'opposent deux grands types qui se subdivisent en trois sous-types.

Type 5 (les populations à dominante d'agro-pasteurs). Ce premier type regroupe les agropasteurs typiques de Gandiaye et de Kaffrine (79 %) et ceux de Nioro (21 %) moins typiques (ils sont accessoirement artisans et maraîchers ou sans activité complémentaire). Cet ensemble se subdivise en deux sous-types pour lesquels les facteurs " effectif du bétail " " et taille du foncier " jouent un rôle prépondérant.

Sous type 5.1. Composé surtout des agropasteurs maraîchers de Gandiaye (71 %) et de Nioro (29 %) il regroupe des exploitants qui s'individualisent par une taille moyenne du nombre de parcelles (5 à 10 champs) et un effectif moyen en bétail (plus de 10 caprins et le nombre de bovins pouvant atteindre 10).

Sous type 5.2. Le second sous-ensemble regroupe presque uniquement les gros agropasteurs de Kaffrine qui ont un nombre de champs supérieur à 10, avec plus de 10 bovins, 10 ovins et 2 équins dans leur exploitation.

Type 6 (les populations à dominante d'agro-commerçants) : Il regroupe surtout les paysans de Nioro et Kaffrine dont l'activité secondaire est le commerce (74 %) et ceux de Gandiaye (26 %). L'effectif du bétail et du nombre de champs est plus petit que dans le premier type. On note également l'absence totale de cheval dans ce type.

Le croisement des variables " adoption " et " non adoption " aux types 5 et 6 permet de voir que le type 5 adopte plus fréquemment la haie vive que le type 6

2.3.3.4. Typologie des répondants concernant les aspects "connaissances, attitudes et pratiques paysannes"

1. Connaissances, attitudes et pratiques paysannes

La connaissance des paysans de l'effet de la haie vive sur le système agraire est donnée dans le tableau 18. La majorité des paysans déclarent qu'il y a une interaction entre la

haie vive et les cultures (78 %) et entre la haie vive et l'élevage (88 %). Il est intéressant de voir si l'acceptabilité de la haie vive dépend de ces perceptions paysannes.

Tableau 18 : Interactions haie vive / cultures, élevage , conflits

Variables	Modalité	Effectif	%
Existe t- il une interaction entre la haie vive et les cultures ?	Oui	136	78
	Non	12	7
	Ne sait pas	27	15
Existe t- il une interaction entre la haie vive et l'élevage ?	Oui	154	88
	Non	19	11
	Ne sait pas	2	1
La haie vive est elle source de conflit ?	Oui	14	8
	Non	161	92

2. Les types d'adoptants ou non adoptants de la haie vive selon les critères CAP

L'AFC (figure5) a permis de dissocier deux groupes de paysans par rapport aux autres :

Type 7 (les paysans qui pensent que la haie vive n'est pas source de conflits dans leur terroir) : ils représentent 92 % de la population totale. Ce groupe est majoritairement constitué par des adoptants de la haie vive (58 %).

Type 8 (les paysans qui pensent que la haie vive a une interaction avec les cultures) : ils regroupent 78 % de la population totale. Ce groupe est majoritairement formé par des adoptants de la haie vive (52 %).

2.3.3.5. Conclusion

Les typologies des répondants montrent que la connaissance qu'a le paysan, ainsi que les facteurs agro-socio-économiques, sont importants dans l'adoption de la haie vive. En fait ce sont les agriculteurs masculins âgés, de statut familial indépendant, ou encore des femmes, bien pourvus en main-d'œuvre, en parcelles de culture et pratiquant accessoirement soit l'élevage soit le maraîchage. Ils sont conscients qu'il existe une interaction entre la haie vive et les cultures et qu'elle n'est pas source de conflits.

2.3.3.6. Perception paysanne de l'adoption de la haie vive

1. Raisons d'adoption et non adoption des haie vives

Les raisons citées par les paysans ayant adopté la haie vive sont portées dans le tableau 19. Les raisons prédominantes de cette adoption sont, la protection des champs contre l'érosion éolienne (25,5 %), contre la divagation des animaux (15,3 %) ainsi que la matérialisation des champs (14,3%). La fonction productrice de la haie vive a été peu citée (3,1%) comme raison ayant motivé l'adoption. Ceux qui n'ont pas adopté la haie vive (tableau 20) ont, dans l'ordre, cité comme raisons : le manque de la main d'œuvre (31,1 %), le manque de champs ou les champs éloignés des habitations (24,6 %), ainsi que le manque de semences ou de plants (16,8 %) et le manque de temps (12 %).

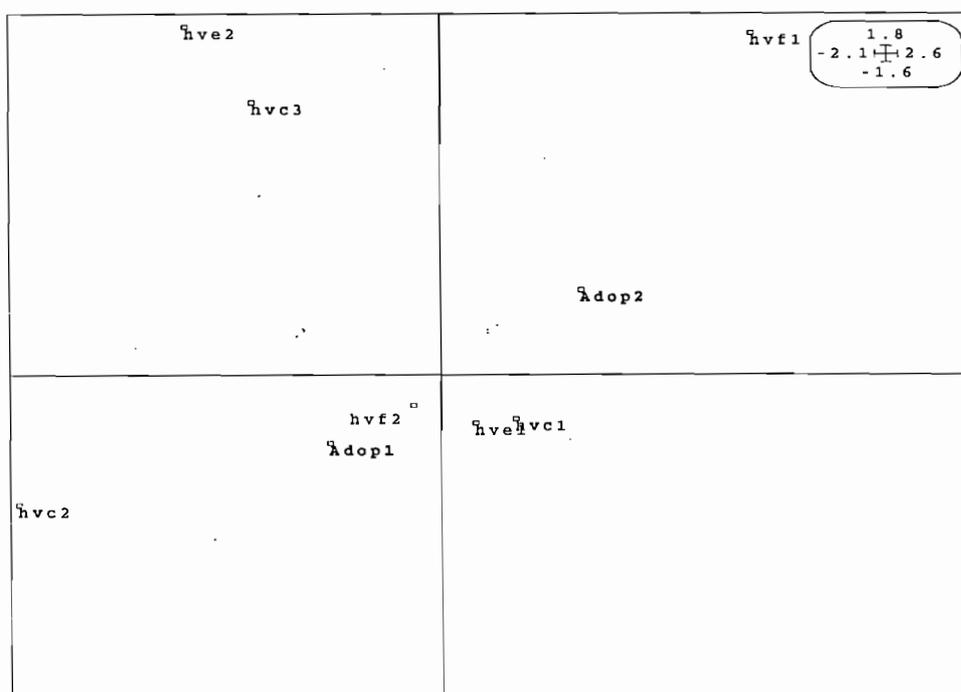


Figure 5: Typologie des adoptants et des non adoptants selon les connaissances paysannes

Légende

Adop1 = adoption
Adop2 = non adoption

Hvc1 = la haie a une interaction avec la culture
Hvc2 = la haie n'a pas d'interaction avec la culture
Hvc3 = ne sait pas

Hvf1 = haie source de conflit
Hvf2 = pas source de conflit

Hve1 = la haie a une interaction avec l'élevage
Hve2 = la haie n'a pas d'interaction avec l'élevage

Tableau 19 : Raisons d'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

Tableau 20 : Raisons de non adoption de la haie vive

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

2. Vérification de la perception paysanne (Typologie des adoptants et non adoptants selon la taille de la main d'œuvre active et du nombre de champs)

En tenant compte des critères « taille du ménage » et « foncier », l'axe vertical (figure 6) subdivise l'ensemble de la population en deux types. :

type 9 : les ménages à nombre d'actifs et de champs faibles qui représentent 67 % de l'ensemble des ménages. Ils sont définis par des ménages dont le nombre total d'actifs est < 10 et dont le nombre de champs est < 5 .

type 10 : il est constitué par les ménages de grande taille qui représentent (33 %) de l'ensemble des ménages. Ils se caractérisent par les ménages dont la main-d'œuvre active totale est ≥ 10 et dont le nombre de champs est ≥ 5

Le croisement des adoptants (type 1) et des non adoptants (type 2) avec les types 9 et 10 a permis de voir que les ménages ayant un grand nombre d'actifs avec un nombre élevé de parcelles, adoptent davantage la haie vive que ceux à nombre d'actifs et de champs faible. Cependant sur l'axe horizontal on note des adoptants à nombre d'actifs et de champs faible (16 %) et des non adoptants à nombre de champ moyen (19 %) dans leur ménage. La fréquence de ces cas isolés varie selon la zone. Les chefs de ménage ayant peu de champs et d'actifs qui adoptent la haie vive sont plus fréquents à Nioro et Gandiaye ; ceux de taille moyenne qui ne l'adoptent pas sont plus nombreux à Gandiaye et Kaffrine.

2.3.3.7. Le choix de la haie vive, de la haie morte et de la haie vive combinée à la haie morte : les implications socio-économiques (modèle)

Le résultats de l'analyse logistique sont résumés dans le tableau 21. En plus des paramètres et des erreurs-standard estimés par le modèle, ce tableau contient le test du rapport de vraisemblance, le r^2 de McFadden et les pourcentages des réponses correctement classées par le modèle. Le rapport de vraisemblance est utilisé pour évaluer la relation qui existe entre l'ensemble des variables indépendantes et la variable dépendante. Elle consiste à comparer la vraisemblance du modèle sans aucune variable à la vraisemblance du modèle avec Xi variables. Le rapport de vraisemblance dans cette étude est 62,09 avec d.d.l. 10, ceci indique que les variables (sociologiques, socio-économiques et de la perception paysanne) et l'adoption sont liées significativement avec $p < 0,005$.

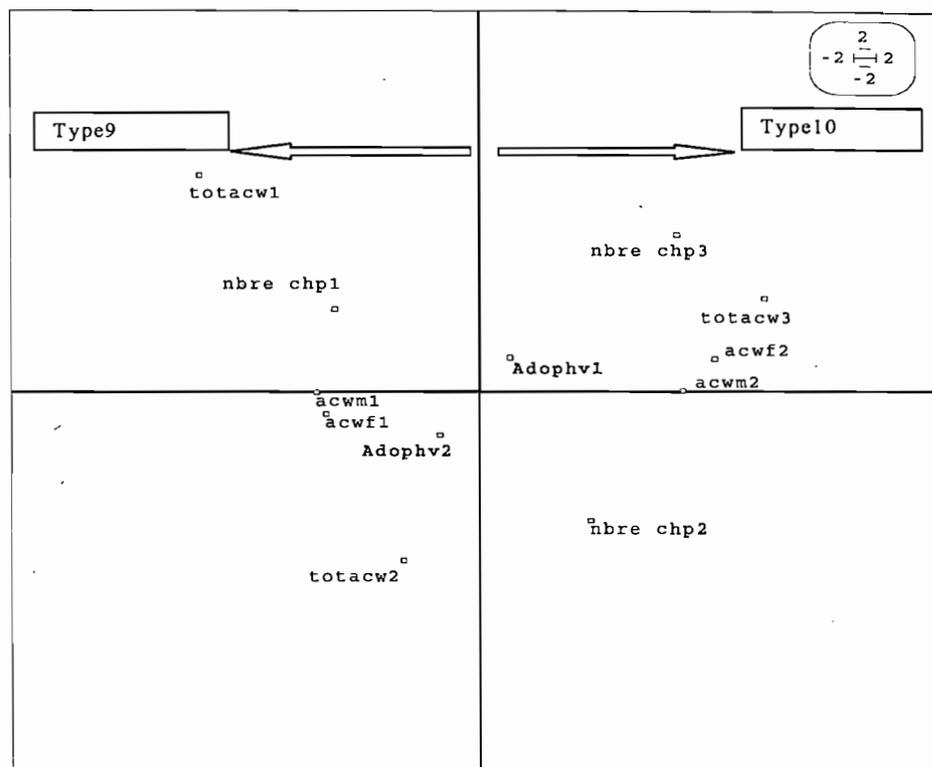


Figure 6 : Typologie des adoptants et non adoptants selon les critères " main d'œuvre totale active " et " nombre de parcelles "

Légende

- Adophv1 = adoptants
- Adophv2 = non adoptants
- Acwm1 = main d'œuvre active masculin faible
- Acwm2 = main d'œuvre active masculin élevée
- Acwf1 = main d'œuvre active féminin faible
- Acwf2 = main d'œuvre active féminin élevée
- Totacw1 = main d'œuvre active totale faible
- Totacw2 = main d'œuvre active totale moyen
- Totacw3 = main d'œuvre active totale élevée
- Nbre. chp1 = nombre de champs faible
- Nbre. chp2 = nombre de champs moyen
- Nbre. chp3 = nombre de champs élevé

Le r^2 de McFadden et les pourcentages de réponses correctement classées sont des mesures d'adéquation des variables au modèle. Le r^2 de Mc Fadden dans cette étude est 0,14 qui est proche de ceux d'autres modèles types avec $P \leq 0,35$ (Capps et Kramer 1985). Le modèle prédit correctement le choix de la haie vive, de la haie morte, de la haie vive combinée à la haie morte ou celui sans protection, pour respectivement, 47 des 68 réponses (69 %), 10 des 27 réponses (37 %), 6 des 29 réponses (21 %) et 24 des 51 (47%).

Le choix de la haie vive par rapport à la haie vive + la haie morte est significativement affecté par le statut familial de l'exploitant (STATUT), son groupe ethnique (ETHN), la main d'œuvre active dans le ménage (TOTACW), la présence d'un cheval (EQU) et la pratique d'une activité secondaire par l'exploitant (ACTI3).

L'adoption de la technique haie morte par rapport à la haie vive + la haie morte est significativement affectée par l'âge de l'exploitant (AGE) et la pratique d'une activité secondaire (ACTI3).

L'âge est positivement lié à l'adoption de la haie vive mais négativement lié à l'adoption de la haie morte. On peut suggérer que l'adoption de la haie morte diminue par rapport à l'adoption de haie vive + la haie morte si l'on passe d'une tranche d'âge à une autre supérieure. Par contre l'adoption de la haie vive augmente. En somme on peut dire que, les plus âgés adoptent plus la haie vive, et les moins âgés plus la haie morte, que la haie vive + la haie morte.

La liaison entre l'ethnie et l'adoption de la haie vive montre que l'adoption de la haie vive est plus faible chez les Bambaras ensuite les Toucouleurs, les Sérères et enfin les Wolofs par rapport à l'adoption de la haie vive + la haie morte. A l'inverse pour l'adoption de la haie morte par rapport à la haie vive + la haie morte, ce sont les Wolofs ensuite les Sérères, les Toucouleurs enfin les Bambaras.

La liaison entre la main d'œuvre active et l'adoption de la haie vive est négative. Les ménages ayant une main d'œuvre active importante adoptent moins la haie vive que la haie vive + la haie morte.

Le lien entre l'adoption de la haie vive et la présence au moins d'un cheval dans le ménage est positive. Les paysans ayant au moins un cheval dans leur ménage adoptent plus la haie vive que la haie vive + la haie morte.

Enfin, les paysans n'ayant pas d'activités secondaires adoptent plus la haie vive et la haie morte que la haie vive + la haie morte.

Les effets marginaux des variables indépendantes sur le choix de la haie vive, la haie morte et la haie vive combinée à la haie morte sont donnés dans le tableau 22.

Ces résultats montrent que la probabilité d'adopter la haie vive augmente si les paysans ciblés sont âgés, de statut familial indépendant et s'ils ont au moins un cheval dans le ménage et conscients qu'il existe une interaction entre la haie vive et les cultures et que la haie vive n'est pas source de conflit.

La probabilité d'adopter la haie vive + la haie augmente si la main d'oeuvre active dans le ménage est importante et si le paysan appartient à l'ethnie Bambara.

Tableau 21.-Paramètres estimés par le modèle LOGIT multinomial concernant le choix de la haie vive seule, la haie morte seule et la non protection par rapport à la haie vive combinée à la haie morte

Variables	Haie vive		Haie morte		Sans protection	
	Paramètre	Erreur standard	Paramètre	Erreur standard	Paramètre	Erreur standard
Constante	-4,653	3,658	0,956	3,492	3,352	3,203
AGE	0,762	0,467	-0,249**	0,576	-0,245	0,506
STATUT	1,095**	0,483	-1,182	0,538	0,955*	0,492
SCOL	-0,325	0,652	0,632	0,812	0,668	0,713
ETHN	-0,502*	0,272	0,120	0,299	-0,443	0,279
TOTACW	-0,862**	0,386	-0,222	0,471	0,992**	0,407
CHP	-0,001	0,399	-0,103	0,511	-0,035	0,433
EQU	2,074*	1,260	-1,238	0,916	0,032	0,903
ACTI3	0,281*	0,160	0,584**	0,219	0,2635	0,167
HVCU	0,339	0,320	0,031	0,392	-0,353	0,370
HVCF	0,199	1,000	-1,408	1,023	-1,150	0,934
r ² Mc de Fadden				0,14		
Test statistique Likelihood ratio				62,09 (d.d.l = 10.)		
Prédictions correctes						
Adoption haie vive				69 %		
Adoption haie morte				37 %		
Adoption haie vive + haie morte				21%		
Sans protection				47 %		

Note: * Indique les valeurs significatives avec $P \leq 10\%$; ** Indique les valeurs significatives avec $P \leq 5\%$

Tableau 22.- Effets marginaux estimés sur l'adoption de la haie vive seule, la haie morte seule et la haie vive combinée à la haie morte

Variable	Haie vive (Hv)		Haie morte (HM)		Hv + HM		Sans protection	
	Effets marg	Erreur Stand	Effets marg	Erreur Stand	Effets marg	Erreur Stand	Effets marg	Erreur Stand
AGE	0,227**	0,069	-0,058**	0,021	-0,028	0,023	-0,140	0,123
STATUT	0,078**	0,061	0,037*	0,019	-0,133**	0,030	0,017	0,104
SCOL	-0,197**	0,096	0,061**	0,029	-0,024	0,034	0,159	0,163
ETHN	-0,070	0,035	0,059**	0,014	0,048**	0,014	-0,037	0,060
TOTACW	-0,068	0,052	0,062**	0,020	0,102**	0,025	-0,095	0,088
CHP	0,009	0,055	-0,010	0,018	0,003	0,020	-0,003	0,093
EQU	0,560**	0,130	-0,253**	0,041	-0,100**	0,042	-0,205	0,206
ACTI3	0,002	0,021	0,041**	0,007	-0,040**	0,009	-0,003	0,036
HVCU	0,125**	0,050	0,000	0,015	-0,004	0,017	-0,120	0,092
HVCF	0,270**	0,130	-0,123**	0,039	0,069	0,047	-0,215	0,209

*Indique les valeurs significatives avec $P \leq 10\%$; ** Indique les valeurs significatives avec $P \leq 5\%$

2.4. Discussion

2.4.1. La préférence paysanne concernant l'espèce de la haie vive

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. *Zizyphus mauritiana* répond le mieux à ces critères et elle est l'espèce préférée par les paysans. Cependant *Acacia holocericea* est la deuxième espèce préférée bien qu'elle n'ait aucune de ces qualités. Son choix est plutôt justifié par sa qualité de brise-vent et de son aspect esthétique. Ceci prouve que l'érosion éolienne est un problème crucial dans la zone d'étude et que l'agriculteur attache beaucoup d'intérêt à l'apparence de son terroir. Mais dans la zone de Nioro, précisément dans le village pilote "Sinthiou kohel" où les haies sont anciennes (12 ans), *Acacia holocericea* n'est pas retenue dans le choix des espèces prioritaires. Selon ces agriculteurs cette espèce ne supporte pas la coupe. La longévité de l'espèce est aussi une des caractéristiques prioritaires de sélection (Louppe et Yossi, 2000). Il est souhaitable d'utiliser des espèces « longévives » pour rentabiliser l'investissement important que constitue l'installation de la haie.

2.4.2. Effet de la haie vive sur le système agraire

Cette étude a été menée trop tôt après la réintroduction des haies vives (moyenne d'âge 5 ans) pour être en mesure d'estimer tout son impact sur l'utilisation des terres et les conditions socio-économiques. Par exemple, il est encore trop tôt pour mesurer exactement leur effet sur le rendement des cultures. Néanmoins plusieurs effets socio-économiques ont été identifiés.

Il est clair que la haie intervient dans les processus des systèmes ruraux en cours. L'introduction de la haie vive a un effet sur l'utilisation de la terre dans la zone d'étude, où la mise en valeur de la terre est pour l'instant le principal voire le seul moyen pour en être propriétaire légal. Cette nouvelle technologie a créé une opportunité d'appropriation légale des terres. Elle a aussi contribué à la diversification biologique et à l'embocagement timide de l'espace agraire.

La technique des haies vives n'a pas seulement affecté le système d'utilisation des terres du sud bassin arachidier ; elle a aussi affecté les composantes du système agraire. A

L'intérieur des champs clôturés, on assiste par exemple, à côté des cultures de saison, à la reprise de la culture de manioc, à l'extension de la culture de la pastèque, à l'introduction de fruitiers et à la régénération assistée d'*Acacia albida*. Cependant les perceptions des agriculteurs de l'effet de la haie vive sur les cultures sont diverses. 56 % trouvent qu'elle a des effets bénéfiques sur le sol et les cultures et 29 % trouvent qu'elle nuit au développement des cultures à sa proximité et qu'il est nécessaire de cultiver à plus de 2 mètres de la haie. Cette perte de surface agricole est plus importante chez les agriculteurs qui ont adopté des haies à trois rangées vulgarisées par AFRICARE. Néanmoins certains ont adapté la technique à leurs conditions spécifiques en utilisant des espèces moins encombrantes sur une seule ligne. L'adoption et l'adaptation des paysans de rangées de haies vives entre les cultures a aussi été rapportée en Indonésie (Wiersum, 1994) et aux Philippines (Fujisaka, 1993 ; Fujisaka *et al.* 1994).

2.4.3. Adoption de la haie vive

Les causes de l'adoption d'une technique agroforestière sont multiples en raison de la composante " arbre " (Wiersum, 1994). Les arbres sont plantés et soignés aussi bien pour leur rôle dans l'organisation de l'espace et la préservation des ressources naturelles, que pour celui de service et de production. Ils fournissent des bénéfices aux entreprises agricoles (Caveness et Kurtz, 1993). Mais dans cette étude, 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 : érosion éolienne et hydrique, divagation des animaux dans les champs et la régénération de la fertilité des sols le long de la haie par la décomposition des feuilles tombantes. En conséquence ils espèrent augmenter leur production et leurs revenus de façon indirecte. La production directe de la haie (fourrage, fruits, bois) n'est pas une raison principale de l'adoption. Ces résultats sont conformes avec ceux de Ayuk (1997). L'augmentation de la production n'a pas pu être évaluée en raison de réintroduction relativement récente de la technique dans la zone d'étude. Néanmoins, les paysans, de par leur expérience, s'attendent à des résultats positifs.

Les raisons de la non adoption sont principalement dues au manque de parcelles et de personnes actives. Ceci semble être confirmé par la typologie des répondants. Il y a une différence notable pour le taux d'adoption de la haie vive entre les catégories de paysans. Les paysans riches en actifs et nombre de parcelles adoptent davantage la haie vive. Ceci semble logique, car ils réunissent les conditions nécessaires à l'installation et l'entretien de cette

pratique. Gapihan (1998), en Côte-d'Ivoire, Sanogo *et al.*(2000) au Sénégal trouvent que " la richesse " de l'agriculteur a une influence certaine sur la décision d'adopter cette nouvelle technologie. Stark (1996), aux Philippines, montre que les grands ménages (nombre de personnes > 5) adoptent plus les rangées de haies que les petits ménages. Cependant, on note que ce phénomène est variable selon la zone : la faible disponibilité en surface foncière et en force de travail, est plus une contrainte à l'adoption de la haie vive à Kaffrine qu'à Gandiaye et surtout à Nioro. Il semble qu'à Kaffrine les moins riches en parcelles et en actifs ne se sentent pas concernés par cette technologie. Ceci peut s'expliquer par la distribution inégale des parcelles par ménage qui est de 1 à 25 (moyenne 7.2) dans la zone de Kaffrine contre 2 à 11 (moyenne de 4.8) dans la zone de Nioro. Dans cette dernière zone, la contrainte majeure à l'adoption semble plutôt être le manque de plants. L'interruption de l'assistance à la production des plants depuis 1992 dans certains villages, comme celui de Sinthiou Kohel, ne favorise pas l'adoption. Caveness et Kurtz (1993), à l'Est du Sénégal, ont noté le manque de plants comme une contrainte à l'adoption des techniques agroforestières. Louppe et Yossi (2000), Khaya *et al.* (1994) notent l'approvisionnement en boutures et en semences comme un problème majeur. Malgré la présence de pépinières privées ou communautaires dans la zone d'étude, la production des plants pour l'installation d'une haie représente un investissement important par rapport aux revenus des populations rurales. Le principal obstacle pour l'installation des haies vives au Sahel est le manque d'argent pour l'achat des sachets polyéthylènes (Bonkougou *et al.* 1998). Dugué (1996) estime à 14 000 F.CFA les frais d'achat des plants nécessaires à 100 m de haies vives. En Côte d'Ivoire, le coût des plants s'élève à 30 000 F.CFA et celui des semences pour la création de 100 m de haies par semis direct est de 3 000 F.CFA (Ouattara et Louppe, 1998). Le semis direct est nettement plus abordable mais encore trop cher par rapport aux ressources des petits agriculteurs. Ces dépenses financières freinent ou découragent les paysans dans l'adoption de cette pratique.

D'autres facteurs se sont révélés déterminants dans l'adoption de la haie vive. Les paysans les plus âgés de statut familial indépendant (qui adoptent plus), s'opposent aux plus jeunes dépendants (qui adoptent moins). L'âge de l'exploitant est positivement corrélé à l'adoption et le fait majeur qui en découle est d'ordre décisionnel. En effet, dans la zone d'étude, les plus âgés sont les principaux décideurs. Ils attribuent des parcelles aux femmes et aux jeunes qui ont généralement seulement le droit de cultiver mais non celui d'innover une nouvelle technologie. Ayuk (1997), dans le centre du Burkina Faso, trouve aussi que l'adoption de la haie vive tend à augmenter avec l'âge de l'agriculteur, et Gapihan (1998)

estime que l'adoption d'une quelconque nouvelle technologie agricole est influencée par le statut familial. Mais dans ce cadre socio-culturel, bien établi au sud du bassin arachidier, on notera que les populations étudiées semblent être en cours de mutation : la volonté ou l'attitude de "modernité" de certaines femmes wolofs ou sœurs propriétaires des champs adoptant la haie vive, est une dynamique, certes encore peu marquée, mais qui commence à s'individualiser et à s'opposer au "traditionalisme" des Toucouleurs. La scolarisation est négativement corrélée à l'adoption. Ailleurs, d'autres études ont montré que les agriculteurs instruits sont plus aptes à adopter une nouvelle technologie (Wu et Babcock, 1998). On vient de démontrer que l'âge de l'agriculteur est positivement lié à l'acceptabilité de la haie. Or, dans le sud bassin arachidier, les agriculteurs instruits sont majoritairement des jeunes qui semblent marginalisés dans les prises de décisions liées au foncier.

D'autre part, la pratique d'activités secondaires est en rapport avec la non adoption de la haie vive : les agro-pasteurs importants, les agro-maraîchers, les agro-artisans et les agriculteurs sans activités secondaires, avec un nombre de champs assez élevé adoptent plus facilement la haie vive que ceux qui pratiquent accessoirement le commerce et qui n'ont pas assez de champs et de bétail et surtout qui n'ont pas de cheval. Ce dernier groupe de paysans a tendance à rechercher dans le commerce ce qu'ils ne peuvent pas s'offrir avec l'agriculture, notamment un numéraire suffisant, le peu d'argent dégagé est utilisé pour des besoins immédiats plutôt qu'à la production de plants pour installer un haie vive.

A l'inverse, l'élevage et le maraîchage s'intègrent mieux dans un terroir embocagé par les haies vives. La présence au moins d'un cheval dans le ménage favorise le transport des plants ou boutures et influence positivement l'adoption. Ces idées sont contraires à celles de Caveness et Kurtz (1993), à l'Est du Sénégal. Ces derniers ont trouvé que l'adoption des techniques agroforestières tend à diminuer avec le nombre de chevaux et justifient cette hypothèse par le fait que le système racinaire des arbres entrave la traction animale. L'appropriation par la haie vive permet à l'agropasteur d'avoir une meilleure gestion et protection de ses terres, de ses cultures et de ses animaux : la haie peut servir d'enclos à l'embouche. Les animaux fument le champ et les cultures en profitent.

La perception individuelle de l'agriculteur de la technologie de la haie vive a également une influence sur son adoption. Adesina et Baidu-Forson (1995), en Afrique de l'Ouest, avaient signalé la nécessité d'inclure la perception de l'agriculteur dans les études d'adoption d'une nouvelle technologie. L'importance des variables interactions "haie vive / culture" et "haie vive / conflit" est ressorti dans le modèle sur le choix d'une technique de

protection des champs. Le choix de la haie vive est significativement lié à ces deux variables. Les paysans qui pensent qu'il existe une interaction (positive ou négative) entre la haie vive et les cultures et qui trouvent également que la haie vive n'entraîne pas les conflits, l'adoptent plus fréquemment. Ces résultats montrent que d'autres raisons poussent les paysans à adopter la haie vive. 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'exproprier un paysan de sa terre, si ce paysan 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. Une situation similaire existe au Sud du Mali (Khaya *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. Les paysans utilisent également la haie vive pour éviter les nombreux conflits entre agriculteurs et éleveurs qui résultent du fait que les troupeaux pénètrent dans des parcelles qui leurs sont normalement interdites. Louppe et Yossi, (2000) trouvent que le pasteur aura d'autant plus de facilités à conduire son cheptel que les limites de ces parcelles seront concrètes et difficilement franchissables.

Par ailleurs l'analyse de l'adoption de la haie vive, par rapport aux autres techniques de protection a permis de mesurer l'importance d'autres facteurs. Plus le nombre total d'actifs dans le ménage augmente, plus les paysans adoptent la haie morte + la haie vive,. Des résultats similaires ont été obtenus par Ayuk (1997). Ceci s'explique par le fait que les paysans ayant un grand nombre d'actifs sont moins gênés par l'effort nécessaire à l'établissement et à l'entretien de la haie morte.

La présence de cheval dans le ménage est aussi un facteur important dans ce modèle. Plus il y a de chevaux dans le ménage, plus le paysan adopte la haie vive ; et moins il adopte la haie morte ou la haie morte + haie vive. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'installation d'une haie vive + une haie morte peut se faire progressivement. L'installation de la haie vive seule nécessite un travail intensif, donc la nécessité d'un moyen de transport.

2.4.4. Conclusion

Les résultats montrent que les paysans préfèrent par ordre d'importance, *Zizyphus mauritiana*, *Acacia holocericea*, *Parkinsonia aculeata*, *Euphorbia sp.*, *Acacia nilotica*. Le principal critère de choix d'une espèce est lié à son efficacité pour la protection du champ.

Les raisons de l'adoption sont plus liées aux effets sur l'environnement qu'à la production de la haie vive. L'atténuation de l'érosion éolienne, la nécessité de freiner la divagation des animaux et la matérialisation des limites des champs sont des motifs importants pour son adoption.

Les principaux avantages de la haie vive, mis en avant par les paysans, sont relatifs à sa fonction protectrice : la protection générale du champ, la protection contre l'érosion éolienne et contre la divagation des animaux.

La contrainte majeure à l'adoption est le manque d'actifs, l'insuffisance d'un patrimoine foncier et l'absence de temps pour l'installation de la haie.

La probabilité d'adopter la haie vive augmente si les paysans ciblés sont âgés et s'ils ont au moins un cheval dans le ménage et conscients qu'il existe une interaction entre la haie vive et les cultures et que la haie vive n'est pas source de conflit.

La probabilité d'adopter la haie vive + la haie morte augmente si la main d'oeuvre active dans le ménage est importante.

3. CHAPITRE III : INTERACTIONS DE LA HAIE VIVE AVEC LES CULTURES DU MIL ET DE L'ARACHIDE DANS UN SYSTEME DE CULTURE TRADITIONNEL AU SUD DU BASSIN ARACHIDIER DU SENEGAL.

3.1. Introduction

La haie vive est une pratique connue en Afrique de l'Ouest. L'enquête menée dans le sud bassin arachidier a montré que ces plantations linéaires sont utilisées pour protéger les champs, atténuer l'érosion hydrique et éolienne, protéger les cultures du stress mécanique du vent et régénérer pour certains la fertilité des sols, dans le but de maximiser le rendement des cultures. Cependant nombreux sont les paysans à dénoncer l'interaction entre la haie vive et les cultures, et notamment son effet dépressif sur les cultures à proximité ; ceci est l'une des causes de son « non adoption » (Louppe et Yossi, 2000). Les interactions ne sont pas encore bien connues et maîtrisées dans ces régions semi-arides. En particulier les effets de la haie sur la fertilité du sol, le micro-environnement, et sur les ravageurs des cultures (nématodes en particulier), n'ont que rarement été mesurés, surtout en milieu réel.

L'interaction entre diverses espèces d'une communauté est définie comme l'effet d'une composante du système sur la performance de l'autre composante ou sur tout le système (Nair, 1993). Dans les conditions sahéliennes où les sols pauvres et les pluies rares et erratiques sont des contraintes, les arbres de la haie vive peuvent, dans leur voisinage (quelques mètres), exercer une forte compétition avec les cultures pour la lumière, les éléments nutritifs et l'eau. De même, à l'intérieur de la haie, une espèce peut avoir un avantage compétitif sur une autre en prélevant une plus grande proportion d'eau ou d'éléments nutritifs du sol, ou en utilisant plus efficacement l'eau et les éléments nutritifs pour sa production ou en allouant les assimilats de façon à maximiser sa survie ou sa croissance (Nambiar et Sands, 1993).

Cependant, les conclusions tirées concernant les effets des haies vives sur les cultures sont souvent contradictoires. Beaucoup de systèmes de haies brise-vent ont été sujets à des travaux dans les centres de recherche d'Afrique de l'Ouest ces dix dernières années.

A l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (ISRA Bambey), les haies vives composées de *A. nilotica*, *A. senegal* et *A. tortilis*, maintenues à 2 mètres de haut, ont diminué le rendement en niébé de 40 à 60 % à une distance comprise entre 1 et 2,5 mètres de l'axe de la haie (Cazet, 1989).

Par contre, au Centre Sahélien de l'ICRISAT près de Niamey au Niger, des haies vives de savanes naturelles de 0,6 – 1 mètre de haut et des brise-vents de 2 mètres de haut (*Guiera*

senegalensis) n'ont pas eu d'impact significatif sur les rendements de mil et d'arachide (Banzhaf *et al.*, 1992 ; Leihner *et al.*, 1993 ; Michels *et al.*, 1998).

A Thyssé Kaymor, des haies vives installées sur des banquettes anti-érosives permettant le stockage d'eau de ruissellement, constituées de plusieurs espèces en mélange maintenues à 0,5 mètre de haut ont eu un impact significatif négatif sur le mil à proximité, mais pas sur l'arachide (Diatta, 1994).

Les interactions haie-culture, ne se limitent pas seulement aux effets globaux sur le rendement des cultures, mais elles concernent aussi la fertilité du sol (Young, 1989 ; Rao *et al.*, 1998 ; Michels *et al.*, 1998), les compétitions pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs (Singh *et al.*, 1989 ; Rao *et al.*, 1990 ; Ong *et al.*, 1991 ; Jama *et al.*, 1995). Par exemple l'amélioration de la fertilité des sols, particulièrement avec *F. albida* (espèce fréquente dans les parcs agroforestiers) a été rapportée (Okorio, 1992 ; Depommier *et al.*, 1992 ; Kamara et Haque, 1992). Un choix adéquat d'espèces ligneuses et annuelles bien adaptées est considéré comme important pour l'installation de nouveaux systèmes agroforestiers (Kessler et Breman, 1991 ; Vandebeldt, 1991). En conséquence, des recherches doivent être menées concernant la faculté d'amélioration de la fertilité du sol à proximité de la haie vive, et la compétition des haies vives vis-à-vis des cultures.

Dans la présente étude, l'objectif est d'étudier l'influence de la haie vive sur : les propriétés physico-chimiques du sol, le régime hydrique du sol, la répartition et l'écologie des nématodes et sur le rendement des cultures. La répartition spatiale des racines de la haie vive a été aussi abordée. Les effets de l'espèce de la haie vive, à l'amont et à l'aval de la haie vive et la distance par rapport à l'axe de la haie vive ont été évalués. Les relations entre le rendement des cultures et la fertilité du sol ou entre le rendement et l'ombrage de la haie ont été étudiés.

Ainsi, les hypothèses suivantes ont été testées :

- Le rendement de la culture varie en fonction de l'espèce utilisée dans la haie vive, de sa position (amont , aval) et de sa distance par rapport à la haie vive.
- L'espèce utilisée dans la haie vive modifie les activités nématologiques.
- Des relations étroites lient le rendement des cultures, la fertilité et l'humidité du sol, la répartition spatiale des racines de la haie vive et l'importance des nématodes.

3.2. Matériel et méthodes

Une expérimentation ayant duré deux ans (1997 et 1998) a été conduite dans un site pour évaluer l'effet de trois espèces arbustives de haies vives respectivement (*Acacia nilotica*, *Bauhinia rufescens* et *Zizyphus mauritiana*) sur la fertilité et l'humidité du sol, la répartition spatiale des racines et des nématodes et le rendement des cultures d'arachide (*Arachis hypogaea*) et de mil (*Pennisetum thyphoides*) en milieu paysan. L'arachide et le mil ont été cultivés respectivement en 1997 et en 1998 de part et d'autre de la haie vive.

3.2.1. Site de l'étude

L'étude est menée dans le village de Sinthiou Kohel situé à 13 km de Nioro au sud de la zone bassin arachidier du Sénégal. Le climat est de type soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle variant entre 600 et 800 mm. Les sols sont sablo-argileux de type ferrugineux tropicaux sur grès lessivés, à forte individualisation du fer, pauvres en matière organique et en éléments minéraux nutritifs (Niang, 1990). La température maximale varie entre 35° à 45°C.

La végétation ligneuse originelle étant une savane arborée dominé par *Cordyla pinnata*, *Prosopis africana*, *Parkia biglobosa*, avec une strate arbustive à Combrétacées. Aujourd'hui, le terroir est cultivé à 80 %, et c'est un parc agroforestier à *Cordyla pinnata* qui domine (Niang, 1990).

Le choix de ce village a été guidé par une bonne représentativité des différents types de haies vives, identifiées lors des enquêtes et aussi par les conditions de sols et de climat favorables aux cultures de mil et d'arachide.

3.2.2. Dispositif expérimental

3.2.2.1. Dispositif général

Les essais sont conduits en milieu paysan. Un champ de 1,5 ha en culture traditionnelle (assolement arachide/mil culture attelée), entouré d'une haie vive composée de bandes monospécifiques d'*Acacia nilotica*, de *Bauhinia rufescens*, et de *Zizyphus mauritiana* âgés de 12 ans, a été choisi (figure 7). Ces bandes mesurant respectivement 76 m, 128 m et 144 m de longueur environ sont respectivement hautes de $6,54 \pm 0,69$ mètres, $4,43 \pm 0,57$

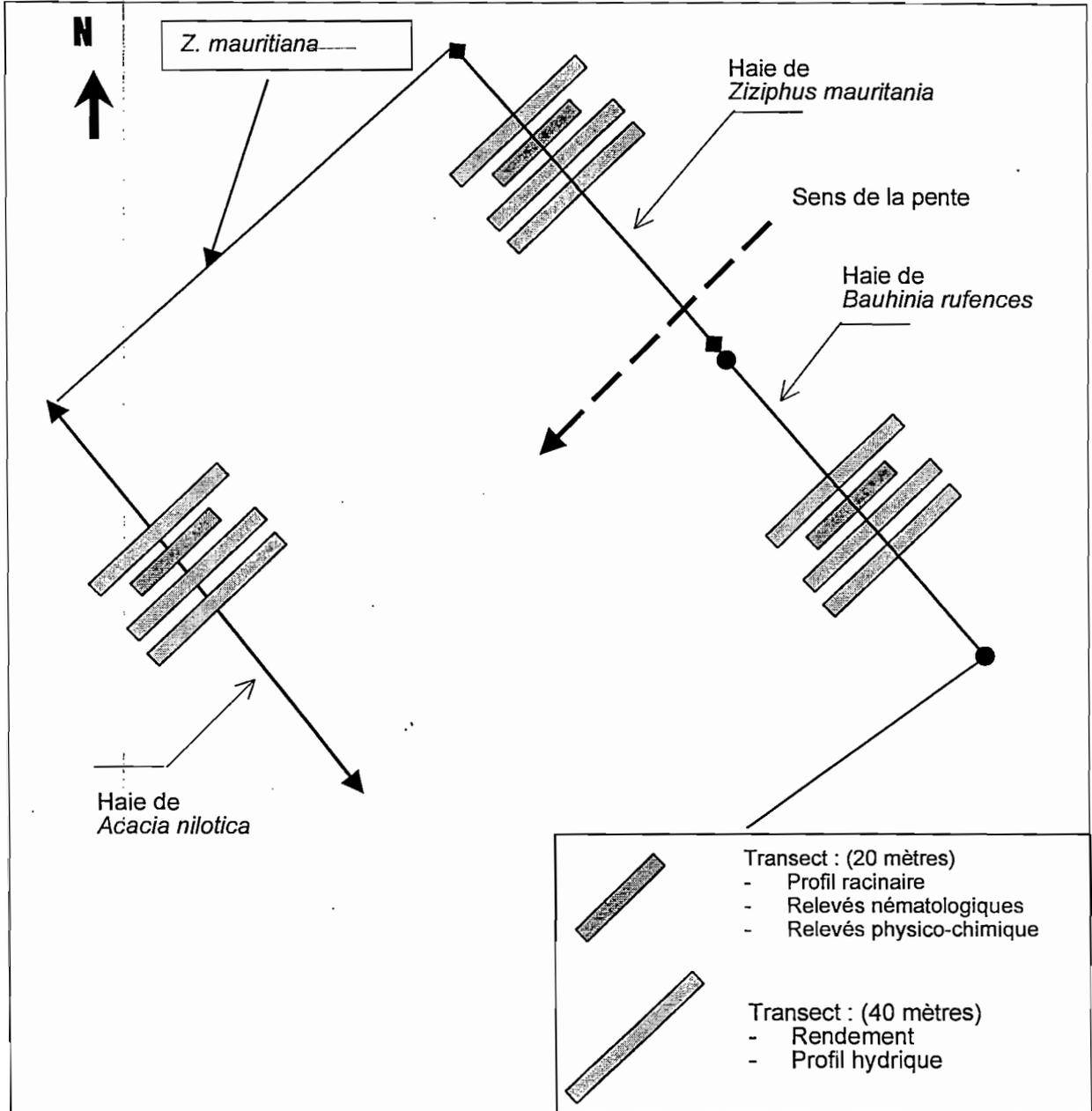


Figure 7 : Vue schématique de l'ensemble du dispositif expérimental.

mètres et $4,56 \pm 0,74$ mètres. Elles occupent 5 % de la surface totale. La haie de *A. nilotica* et celles de *B. rufescens* et *Z. mauritiana* ont la même orientation. La description de l'échantillon constitué de 10 individus pour chaque espèce est mentionné dans le tableau (tableau 23). Le ratio hauteur du tronc / rayon du houppier est peu élevé pour les trois espèces (Ratio < 1). Les feuilles de *A. nilotica* sont plus persistantes que celles de *B. rufescens* et *Z. mauritiana* qui perdent une partie de leurs feuilles respectivement en début de saison des pluies et en début de saison sèche. Le dispositif expérimental adopté est un split -plot. L'espèce de la haie vive est considérée comme un bloc (figure 7).

Tableau 23 : Description de l'échantillon en fonction de l'espèce de la haie vive (N=10)

Espèce	Hauteur totale (m)	Hauteur houppier (m)	Hauteur 1 ^{ère} fourche (m)	Diamètre houppier (m)	Hauteur. tronc / Rayon. houppier	Phénologie *
<i>A. nilotica</i>	6,54 ± 0,69	5,5 ± 0,49	1,04 ± 0,40	6,83 ± 1,78	0,30 ± 0,06	Sempervirente
<i>B. rufescens</i>	4,43 ± 0,57	3,8 ± 0,60	0,63 ± 0,40	4,33 ± 0,84	0,29 ± 0,17	Semi sempervirente ^a
<i>Z. mauritiana</i>	4,56 ± 0,74	3,6 ± 0,84	0,96 ± 0,41	4,50 ± 1,11	0,42 ± 0,21	Semi sempervirente ^b

a-Semi sempervirente perd une grande partie de ses feuilles en début saison des pluies

b-Semi sempervirente perd une grande partie ses feuilles en saison sèche

* source Breman et Kessler, 1995

Les facteurs étudiés et leurs niveaux sont :

- le facteur espèce à 3 niveaux (*A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana*)
- le facteur position à 2 niveaux (l'amont et l'aval ou l'extérieur et l'intérieur de la haie vive)
- le facteur distance à 4 niveaux pour les rendements (2m, 5m, 10m et 20m) (figure 8) ; à 7 niveaux pour les profils d'humidité (0, 1, 2, 5, 8, 10 et 20 m) et ; et à 6 niveaux pour les profils d'enracinement, de détermination et de comptage des nématodes (0, 1, 2, 5, 8, 10 m)
- le facteur profondeur du sol à 3 niveaux (0-15 cm, 15-20 cm et 20-40 cm)

3.2.2.2. Evaluation des interactions haie vive /culture

Les interactions entre la haie vive et les cultures ont été étudiées en prenant en compte les caractéristiques physico-chimiques du sol, la répartition de l'humidité pondérale du sol, la répartition spatiale des racines de la haie et la place de la haie dans l'infestation des cultures par les nématodes.

1. Propriétés physico-chimiques des sols

Les propriétés physico-chimiques des sols ont été déterminées sur des échantillons prélevés en novembre 1997, après la première récolte, dans des tranchées ouvertes pour l'étude de l'enracinement. Un échantillon composite constitué des trois échantillons a été prélevé aux profondeurs 0-15 cm, 15-40 cm et 40-60 cm ; aux distances 0, 1, 2, 5, 8, 10 et 20 m en amont et en aval de la haie vive. Les variables analysées au laboratoire ont été, la granulométrie (cinq fractions), le carbone total, l'azote total, le phosphore total, les bases échangeables, la capacité d'échange et le pH (eau et KCl.)

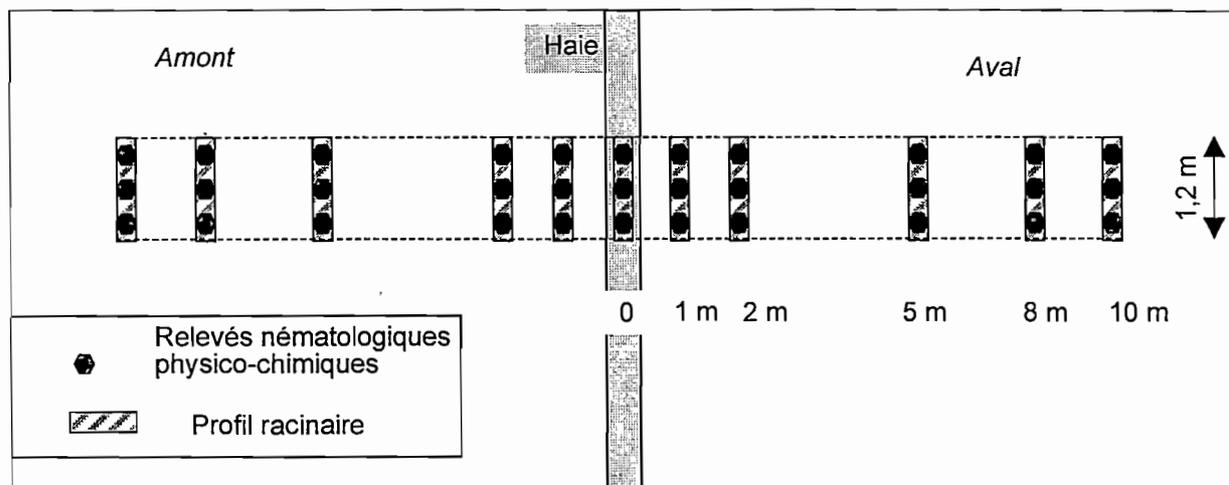


Figure 8a : Schéma d'un transect utilisé pour l'étude des profils racinaire, physico-chimiques et nématologiques (vue de dessus)

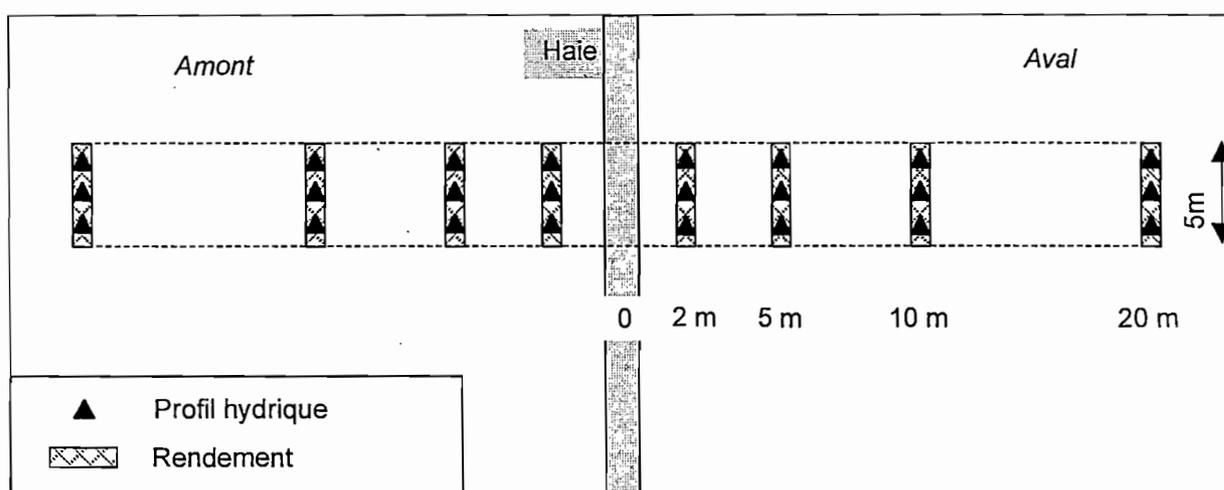


Figure 8b : Schéma d'un transect utilisé pour l'étude du rendement des cultures et le profil hydrique (vue de dessus).

2. Répartition spatiale des racines de la haie vive

En novembre 1997, l'enracinement de la haie vive a été déterminé sans répétition suivant les 4 facteurs : espèce, position, distance, profondeur. Une tranchée de 1,20m de longueur parallèle à la ligne de haie et d'1m de large et de profondeur a été ouverte à 0, 1, 2, 5, 8 et 10 m. la limite maximale a été fixée à la disparition des racines principales de l'espèce choisie en amont et en aval. La colonisation du sol par les racines a été évaluée à l'aide d'une grille de 1x1 m, avec des mailles carrées de 10 cm de côté. Les dimensions de cet instrument permettent d'étudier l'étalement des racines sur une surface d'1 m². Dans chaque tranchée la

surface d'observation a été aplanie et mouillée. Les 3 profondeurs (0-15 cm, 15-40 cm, 40-60 cm) ont été délimitées et les racines dégagées de la terre avec précaution sur 1 cm grâce à des pinces. La grille est plaquée contre la paroi de la tranche du sol pour repérer les racines d'une ligne d'arbre de la haie vive. La graduation de la grille en repères orthonormés a permis de repérer chaque maille par un couple (n° de la maille et la profondeur). Ainsi chaque racine est repérée dans la grille, son diamètre est relevé. Les racines ont été classées selon les classes de diamètre suivantes :

- classe 1 = racine dont le diamètre est < 2 mm
- classe 2 = racine dont le diamètre varie de 2 à 5 mm
- classe 3 = racine dont le diamètre varie de 5 à 10 mm
- classe 4 = racine dont le diamètre est > 10 mm

3. Evaluation de l'humidité du sol

L'évaluation du profil hydrique a été effectuée le 1^{er} septembre 1997 et le 5 septembre 1998, au moment où l'humidité du sol est supposée maximale, et suivant les facteurs cités ci-dessus. Des prélèvements de sols ont été effectués à la carrière pour remplir des pots de 300 cm³ de volume qui ont ensuite été hermétiquement fermés avec leurs couvercles et pesés aussitôt. Ils ont été ensuite séchés au laboratoire dans une étuve pendant 48 h à 105 °C pour évaluer l'humidité pondérale du sol (HP %).

4. Distribution des peuplements de nématodes du sol

Les prélèvements pour étudier la distribution des nématodes ont été effectués en novembre 1997 en fin de saison des pluies, juste après la récolte de l'arachide, le long des mêmes transects perpendiculaires à la haie, sous la haie (0), puis à 1, 2, 5, 8 et 10 mètres, en amont et en aval. Les échantillons de sol ont été collectés verticalement sur trois horizons : 0-15, 15-40 et 40-60 cm de profondeur. L'extraction des nématodes a fait appel à la technique de Seinhorst (1962). Ils ont été identifiés et dénombrés sous microscope stéréoscopique. Deux ensembles ont été constitués : les nématodes phytoparasites qui s'attaquent uniquement aux plantes supérieures, identifiés au niveau du genre et de l'espèce, et les groupes trophiques de nématodes libres, répertoriés globalement, dont une large majorité est représentée par les nématodes saprophages.

5. Mesure du rendement des cultures

L'arachide et le mil ont été respectivement récoltés le 30 octobre 1997 et le 16 octobre 1998. Le rendement des cultures a été mesuré sur des placettes de 5 x 1m aux distances de 2, 5, 10 et 20 m de part et d'autre de la haie vive. Pour l'arachide, les variables mesurées sont : la densité des pieds au m², la hauteur de la partie aérienne, le nombre de gousses par pied, la biomasse des fanes et des gousses après un séchage à l'étuve (85 °C pendant 48 h). Pour le mil, le nombre de poquets par m², le nombre d'épis par m², la hauteur de la plus longue tige, la biomasse des tiges et des grains après séchage, a été notée.

3.3. Résultats

3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol en fonction des espèces de la haie vive, de la profondeur et de la distance de la culture par rapport à la haie (teneurs en N, K, P, Mg, Ca, Na et matière organique (M.O.))

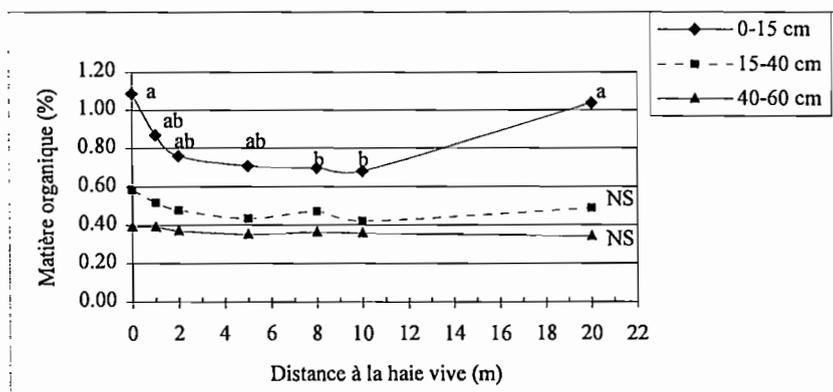
Tous ces paramètres, à l'exception du sodium (Na) ont significativement varié en fonction de la profondeur ($P \leq 0,0471$, tableau 24). La position par rapport à la haie vive (amont, aval de la haie vive) n'a influencé que les teneurs en P, lesquelles ont diminués de l'amont à l'aval, quel que soit l'horizon considéré.

En moyenne, pour l'ensemble des haies, les teneurs en M.O., N ont toutes montré des différences significatives en fonction de la distance, mais seulement dans l'horizon superficiel (Figure 9). Elles sont plus élevées au pied de la haie (0 m) et diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne. Les teneurs en Mg et K varient de la même manière en fonction de la distance avec une valeur plus élevée à 0 m qu'à 1-5 m ou encore plus qu'à 8, 10 et 20.m de la haie vive (figure 9).

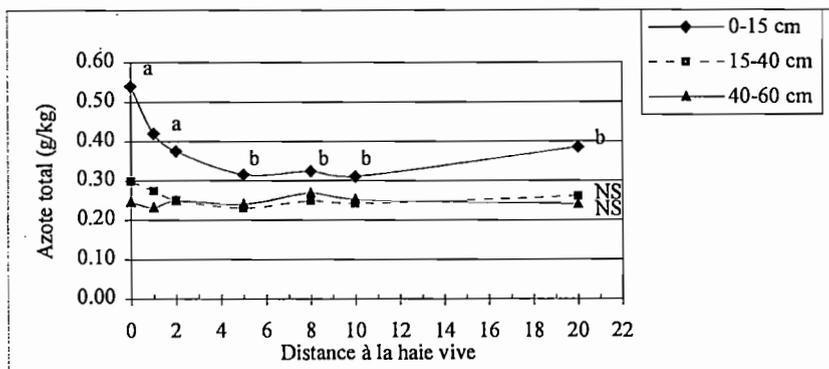
Tableau 24 : ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur les propriétés physico-chimiques du sol (profondeur du sol ; position de la haie)

Variables	Source de variation Valeur de P	
	Profondeur (N=42)	Position (N=21)
M.O.	< 0,0001	NS
N	< 0,0001	NS
P	0,0029	< 0,0001
Ca	0,0471	NS
Mg	0,0002	NS
Na	NS	NS
K	0,0001	NS
pH	0,006	NS

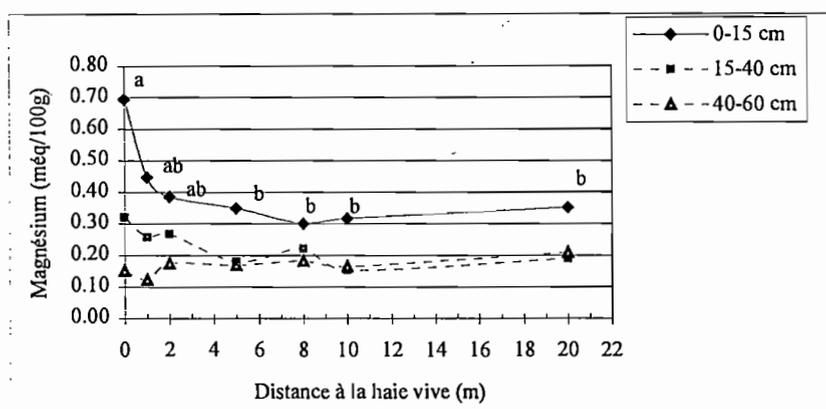
a)



b)



c)



d)

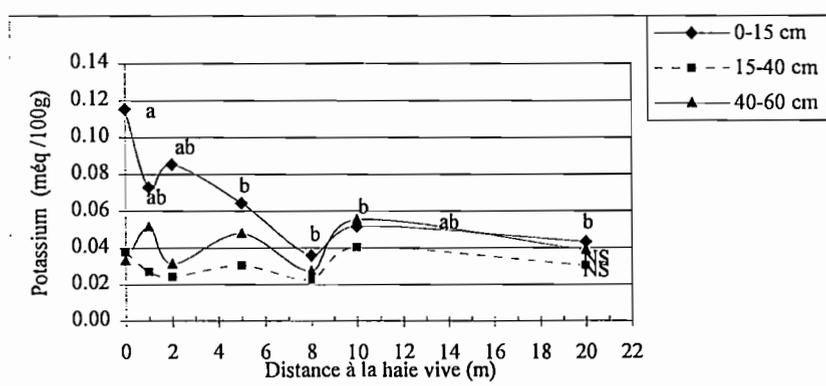


Figure 9 : Influence de la distance par rapport à la haie vive et de la profondeur de prélèvement sur les teneurs en M.O., N, Mg et K pour l'ensemble des haies vives (N = 6)

Dans l'horizon superficiel, les placettes de *B. rufescens* et de *A. nilotica* contiennent plus de M.O. et d'N que celles de *Z. mauritiana* à 0m (figure 10). Les placettes de *B. rufescens* et *A. nilotica* contiennent plus de Mg que celles de *Z. mauritiana* avec un effet significatif jusqu'à 5m (figure 10). Dans les placettes avec *B. rufescens*, la teneur en K est « nulle » sauf à 0 m, contrairement à celles de *A. nilotica* et *Z. mauritiana* qui en contiennent à toutes les distances.

En conclusion, l'effet de la haie vive sur les propriétés chimiques du sol est presque limité à l'horizon superficiel et dans les 5 premiers mètres du tronc de la haie vive

3.3.2. Répartition spatiale des racines de la haie vive dans la culture : importance de l'éloignement

3.3.2.1. La répartition spatiale des racines dans les horizons du sol selon la position et l'espèce de la haie vive

En termes d'impacts (nombre de racines /m²), quelle que soit l'espèce de la haie vive, les racines sont nettement plus nombreuses en aval qu'en amont (figure 11). De même, quelle que soit l'espèce, aussi bien en amont qu'en aval, les racines fines (0-2 mm) sont fortement concentrées dans l'horizon superficiel avec respectivement (50 et 66 %) chez *A. nilotica*, (61 et 65 %) chez *B. rufescens* et (100 et 53 %) chez *Z. mauritiana*. Ce nombre d'impacts diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'horizon superficiel.

Les racines de diamètre 5-10 mm et > 10 mm (amont et aval confondus) sont à 64 et 70 % concentrées dans les horizons inférieurs (15-60 cm) chez respectivement *Z. mauritiana* et *A. nilotica*. Par contre chez *B. rufescens*, elles sont concentrées à 72 % dans l'horizon superficiel (0-15 cm).

Pour toutes les classes de diamètre confondues, *A. nilotica* montre plus de racines en nombre que *B. rufescens* qui en produit plus que *Z. mauritiana*, quel que soit le profil (figure 11).

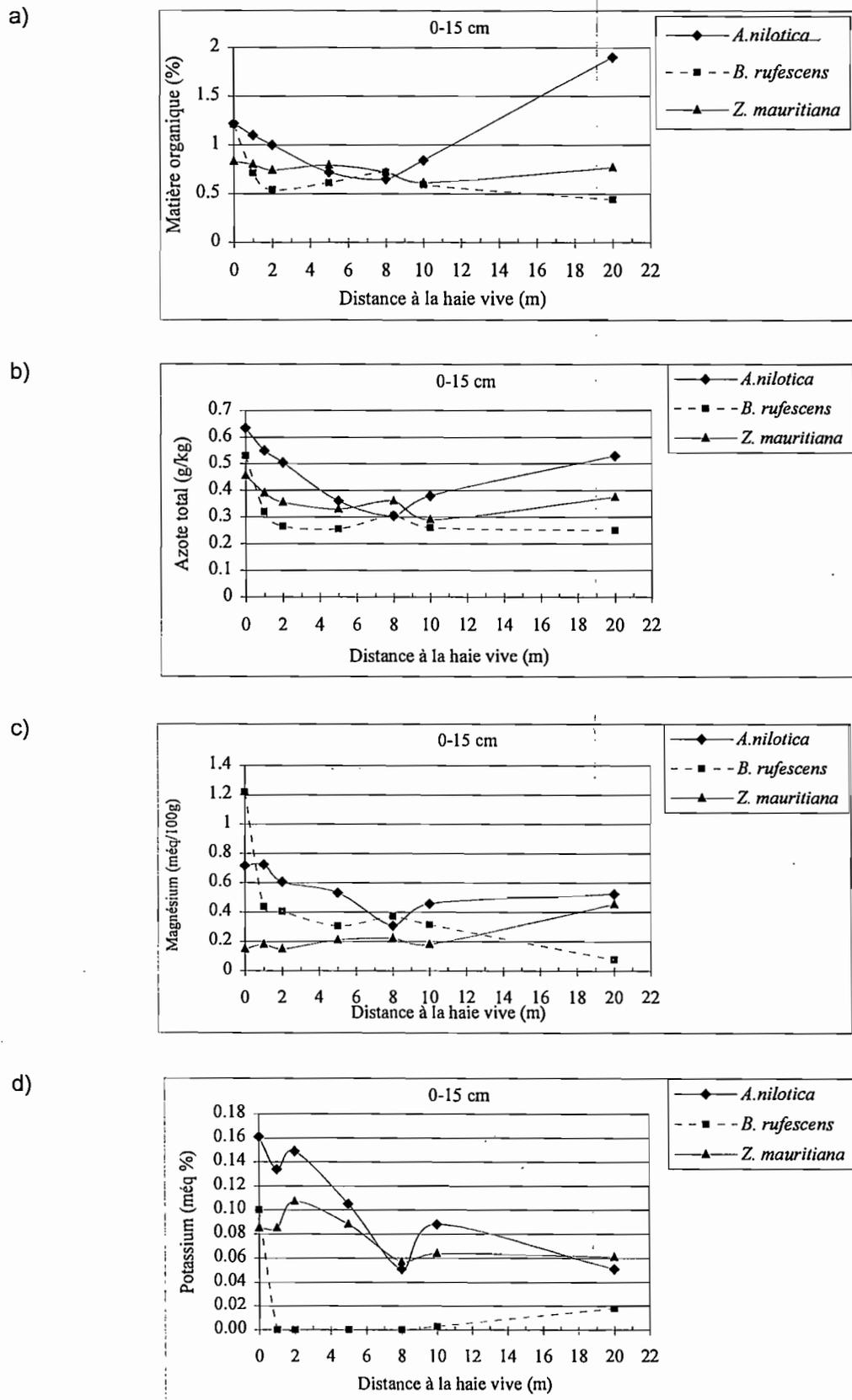


Figure 10 : Influence de la distance par rapport à la haie vive sur les teneurs en M.O., N, Mg et K pour les trois espèces de haie vive ; les prélèvements sont effectués à une profondeur 0-15 cm (n = 2)

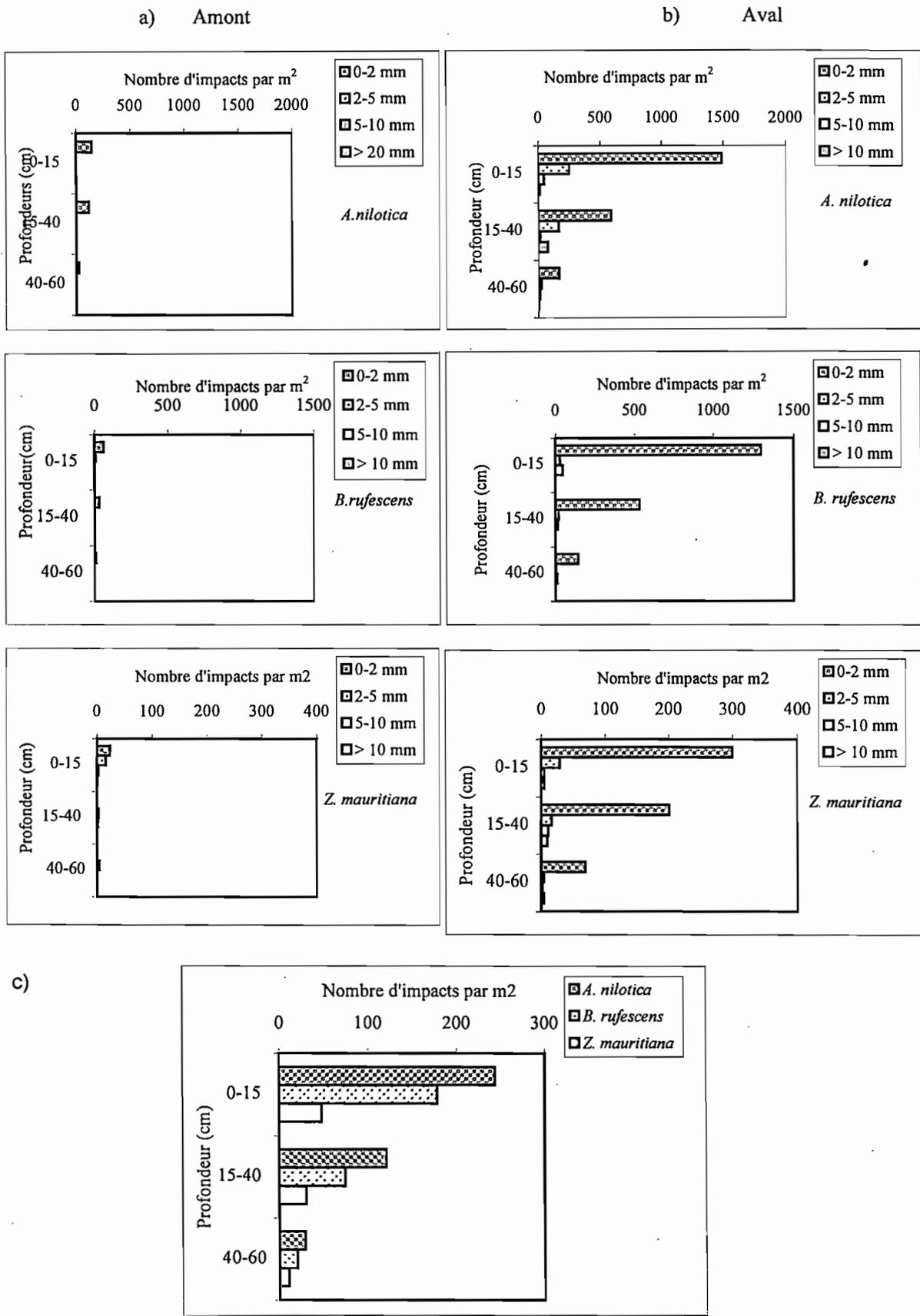


Figure 11 : Influence de l'espèce de la haie vive sur la répartition en profondeur des 4 classes de diamètre des racines de part et d'autre de la haie vive (a et b) et pour l'ensemble (amont + aval) (c).

3.3.2.2. La répartition spatiale des racines dans le champ selon l'éloignement de l'espèce de la haie vive.

Au pied de la haie vive (0 m), *A. nilotica* produit plus de racines fines (0-2 mm) que *B. rufescens* et *Z. mauritiana* (figure 12). A 2 m, c'est *B. rufescens* qui produit 3 et 6 fois plus de racines fines que respectivement *A. nilotica* et *Z. mauritiana*. *B. rufescens* a autant de racines fines à 2m de la haie vive qu'à son pied (0m). A partir de 5 m, le nombre de racines fines diminue progressivement.

La répartition des racines moyennes (2-5 mm) dans le champ se fait de la même manière que les racines fines avec toujours plus de racines chez *A. nilotica* à 0m. A partir de 1m de la ligne de la haie vive, le nombre de ces racines n'atteint pas 45 au m². Les racines de diamètre de 5-10 mm et > 10 mm sont plus nombreuses sous la ligne de la haie vive (0 m) qu'aux autres distances (2, 5, 8, et 10 m).

Globalement, au niveau profil, *A. nilotica* a plus d'impacts racinaires à 0m, tandis qu'à 2m c'est *B. rufescens*. *Z. mauritiana* a moins d'impacts racinaires quelle que soit la distance.

3.3.2.3. Conclusion

En résumé, les trois espèces utilisées, ont la même répartition des racines fines (plus de 50 % dans l'horizon superficiel). Par contre, elles diffèrent en ce qui concerne la répartition des racines moyennes et grosses. *A. nilotica* et surtout *Z. mauritiana* ont plus de racines dans les horizons inférieurs (15-60cm) que *B. rufescens*, qui a plus de racines traçantes. *A. nilotica* et *Z. mauritiana* ont un système racinaire avec pénétration profonde des racines pivotantes et peu de racines traçantes. Par contre, *B. rufescens* a un système racinaire avec pénétration profonde des racines pivotantes et beaucoup de racines traçantes. Selon la quantité des racines produites, on peut classer les espèces dans l'ordre suivant : *A. nilotica* > *B. rufescens* > *Z. mauritiana*. Cette supériorité d'impacts racinaires de *A. nilotica* se limite au pied de la haie (0 m). A 2 m, *B. rufescens* a plus d'impacts racinaires et *Z. mauritiana* a moins d'impacts racinaires quel que soit le profil. En somme, les racines fines sont concentrées dans l'horizon supérieur et dans les cinq premiers mètres du tronc.

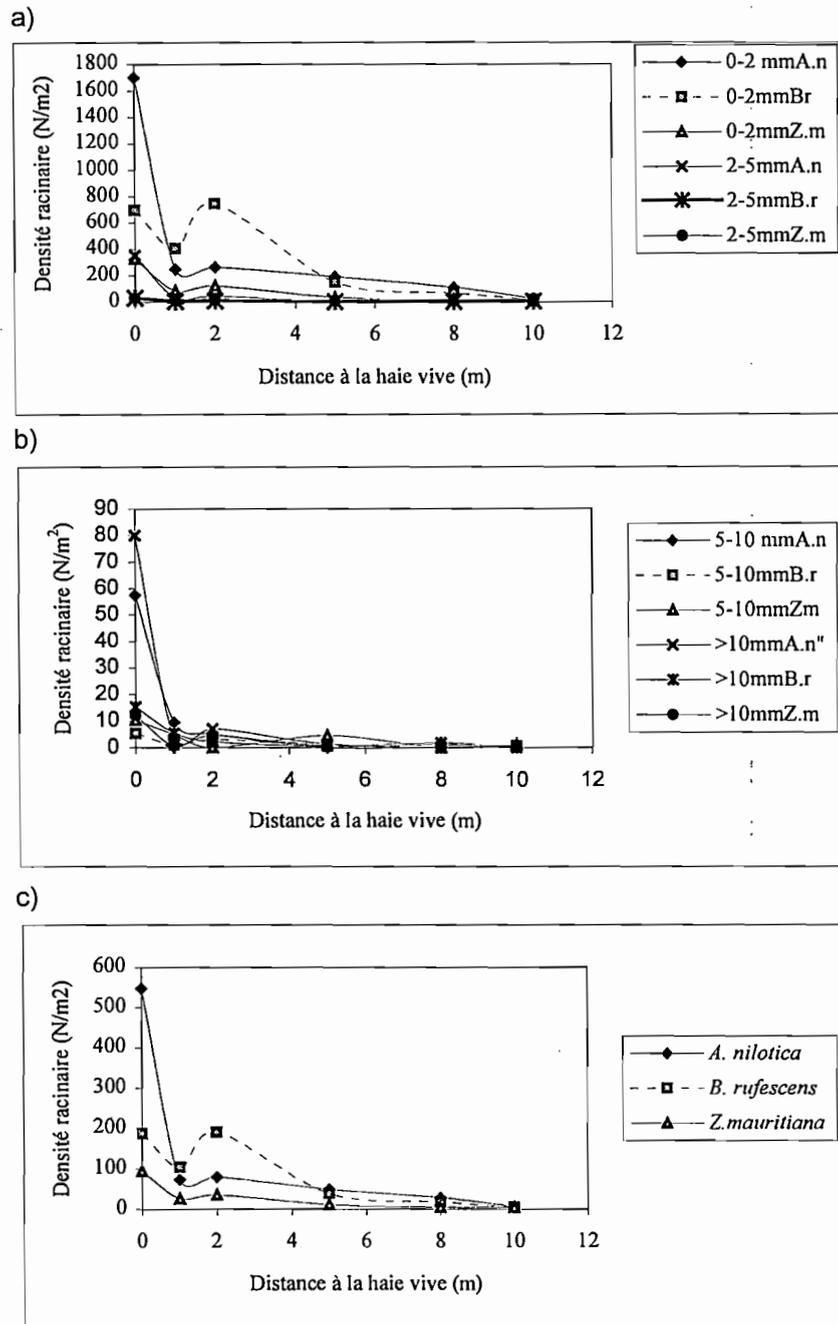


Figure 12 : Influence de l'interaction entre l'espèce de la haie vive (*A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana*) et la distance par rapport à la haie vive, sur la densité des 4 classes de diamètre (a et b) et sur la densité de l'ensemble des racines (c)

3.3.3. Rôle des haies vives sur les populations de nématodes.

3.3.3.1. Abondance des nématodes phytoparasites

En moyenne, pour l'ensemble des haies, la densité d'infestation en nématodes phytoparasites a tendance à être plus élevée à proximité de la haie (1 à 2 m) qu'à son pied ou encore à 10 m dans les parcelles cultivées avoisinantes (figure 13). La quantité des nématodes est plus importante en aval qu'en amont. Ceci peut être dû à la quantité plus abondante des racines des espèces des haies en aval. C'est dans l'horizon de surface que les densités de nématodes sont plus élevées, mais un peuplement non négligeable apparaît entre 15 et 40 cm de profondeur, ainsi qu'à proximité de la haie (1 à 2 m). Ce même phénomène se reproduit dans l'horizon le plus profond (40 à 60 cm), mais avec une amplitude extrêmement faible.

Des trois espèces végétales utilisées, *B. rufescens* et *Z. mauritiana* se comportent de la même manière dans l'horizon superficiel vis-à-vis des nématodes phytoparasites, et par l'apparition d'un peuplement très important entre 1 et 2 m de la haie (figure 13), alors qu'il est généralement plus faible au pied même de la haie. Par contre, dans la même zone, *A. nilotica* a un effet dépressif et inverse sur le peuplement de nématodes, qui se multiplie surtout entre 5 et 8 m de distance.

Pour *A. nilotica*, cette situation particulière ne se reproduit pas dans les horizons plus profonds. En revanche, l'effet observé en surface se manifeste pour les deux autres espèces végétales.

3.3.3.2. La composition spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites.

Sept espèces de nématodes phytoparasites, parmi les plus importantes, ont été dénombrées dans les échantillons prélevés le long des trois transects : *Scutellonema cavenessi*, *Helicotylenchus dihystera*, *Tylenchorenychus avaricus*, *Tylenchorenychus gladiolatus*, *Tylenchorenychus mashoodi*, *Xiphinema parasetariae* et *Pratylenchus pseudopratensis*.

Dans l'horizon 0-15 cm, pour les trois types de haie, la structure du peuplement évolue le long du transect, de manière différente en amont et en aval (figure 14).

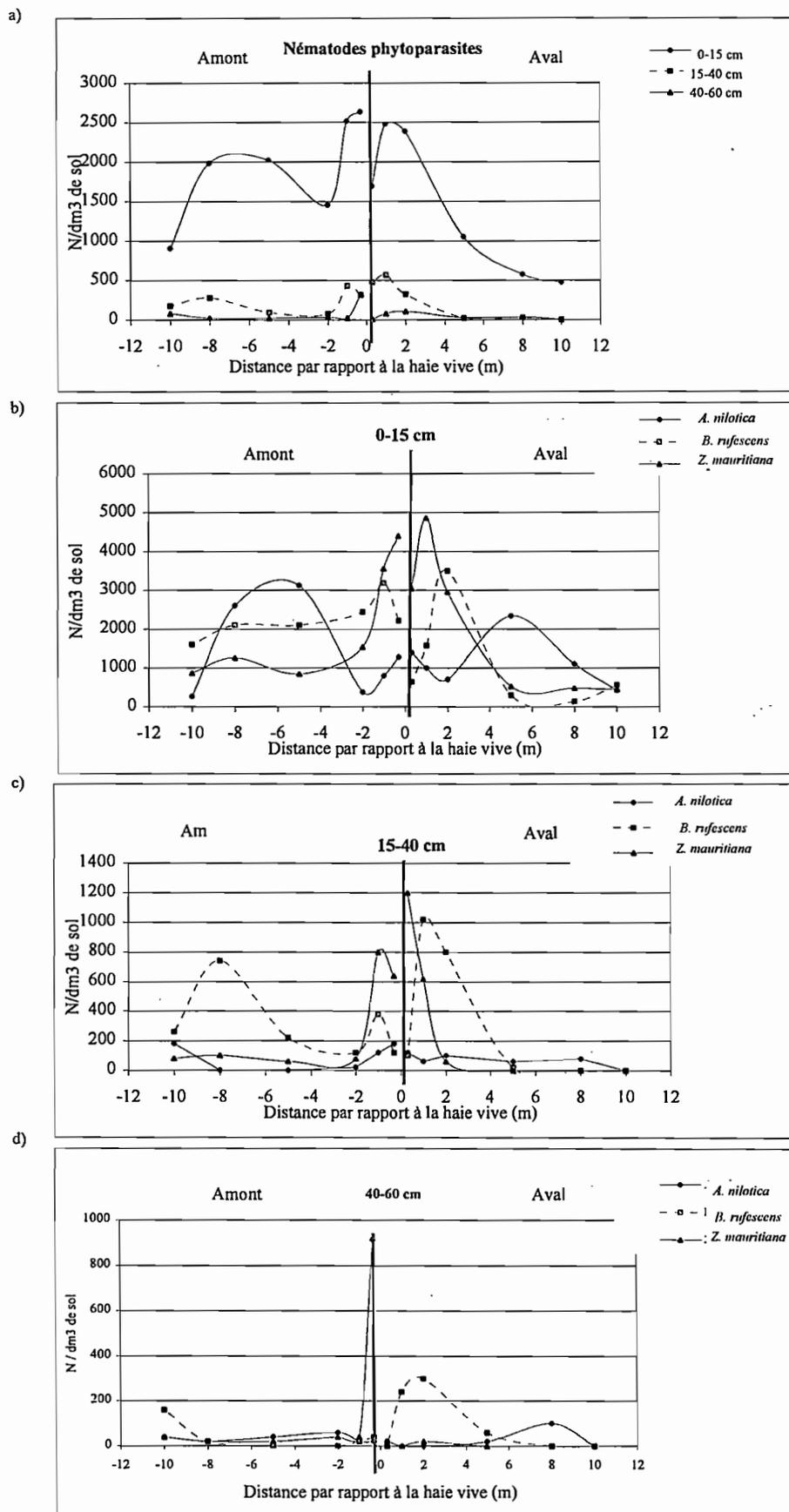


Figure 13 : Evolution des densités d'infestation en nématodes phytoparasites (N/dm³) le long des transects, en fonction de la profondeur, pour l'ensemble des espèces de la haie (a) et pour chaque espèce de haie (b à d).

La proportion de *S. cavenessi* a tendance à augmenter lorsqu'on s'éloigne de la haie en aval, ainsi que, dans une moindre mesure, celle de *T. gladiolatus*, au moins pour *A. nilotica*. Les populations de *H. dihystra* sont surtout représentées dans la zone proche de la haie, en particulier pour *Z. mauritiana*, et auraient tendance à diminuer lorsqu'on s'éloigne, notamment sur la partie aval du transect. *P. pseudopratensis* et de *X. parasetariae* n'apparaissent qu'au niveau de la haie ou à proximité immédiate. D'une manière générale, l'évolution des populations de nématodes phytoparasites est plus chaotique en amont qu'en aval. *A. nilotica* a tendance à favoriser la dominance de *T. avaricus* dans la zone d'influence, alors que les deux autres espèces végétales semblent plutôt favorables à *S. cavenessi*.

Dans les horizons situés plus en profondeur, il n'est pas véritablement possible de mettre en évidence une influence caractéristique de la haie sur l'évolution de la structure du peuplement de nématodes, sauf pour *Z. mauritiana* à 15-40 cm, où la proportion de *S. cavenessi* a tendance à augmenter au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la bordure.

Les espèces *T. gladiolatus* et *X. parasetariae* sont plus souvent dominantes dans le peuplement en profondeur que dans l'horizon de surface. *H. dihystra* y est également bien représenté dans l'horizon le plus profond (40-60 cm). Chaque espèce végétale montre des spectres nématologiques très particuliers : *A. nilotica* favorise la présence de *T. avaricus*, *X. parasetariae* et *T. gladiolatus* ; *B. rufescens*, celle de *X. parasetariae* et *H. dihystra* ; et enfin *Z. mauritiana*, celle de *H. dihystra* et *S. cavenessi*.

3.3.3.3. Evolution de la composition spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites.

Le nombre d'espèces présentes dans le peuplement diminue lorsqu'on s'éloigne de la haie. A 10 m, on ne rencontre généralement que 1 à 3 espèces (figure 15). Il existe des disparités amont-aval, mais qui ne semblent pas répondre à une règle généralisable. Pour *A. nilotica* et *Z. mauritiana*, c'est en amont que la richesse spécifique est la plus élevée dans l'horizon supérieur, alors que c'est en aval pour *B. rufescens*.

En fonction de la profondeur, la richesse spécifique est nettement plus élevée dans l'horizon supérieur, alors que c'est dans l'horizon intermédiaire, en aval, pour *B. rufescens* que cela se produit.

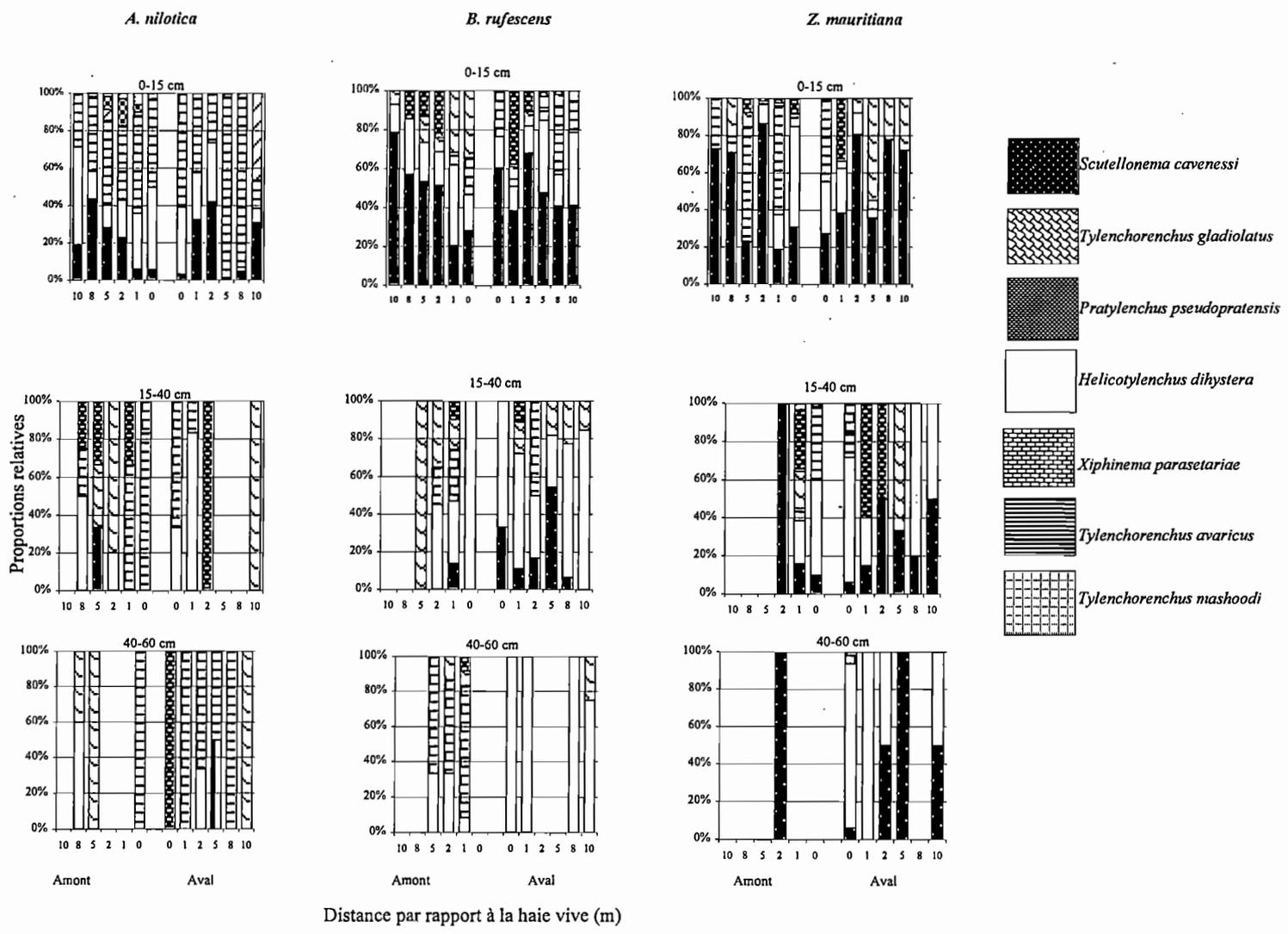


Figure 14 : Evolution des proportions relatives des différentes espèces qui composent le peuplement des nématodes phytoparasites pour l'espèce constituant la haie, en fonction de la profondeur et de la distance.

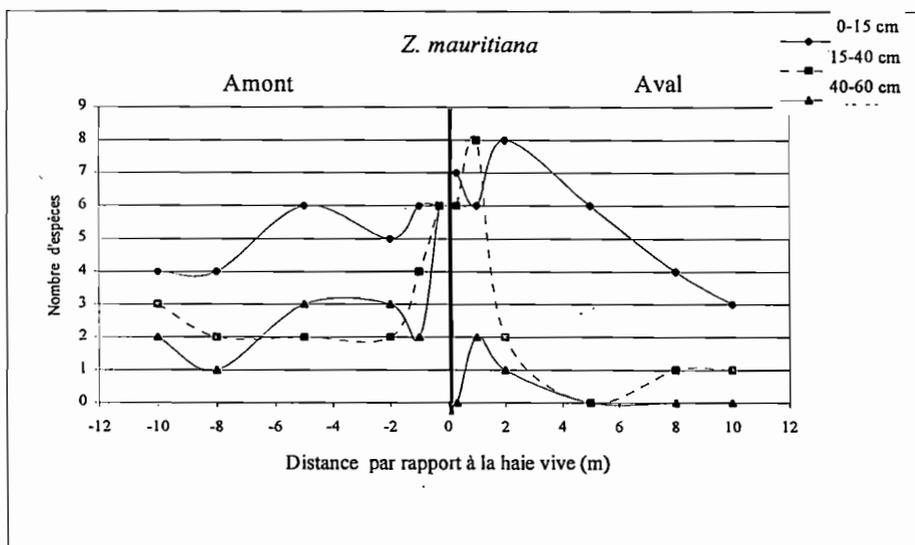
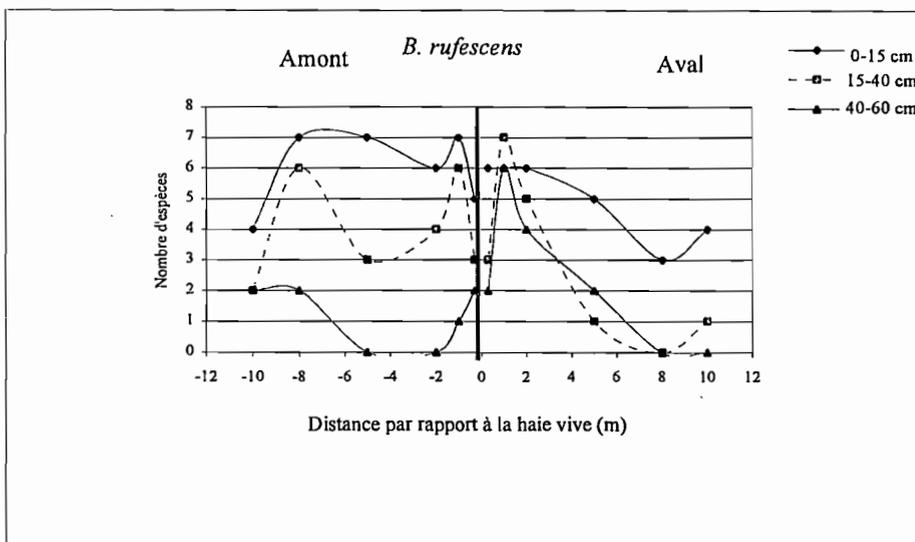
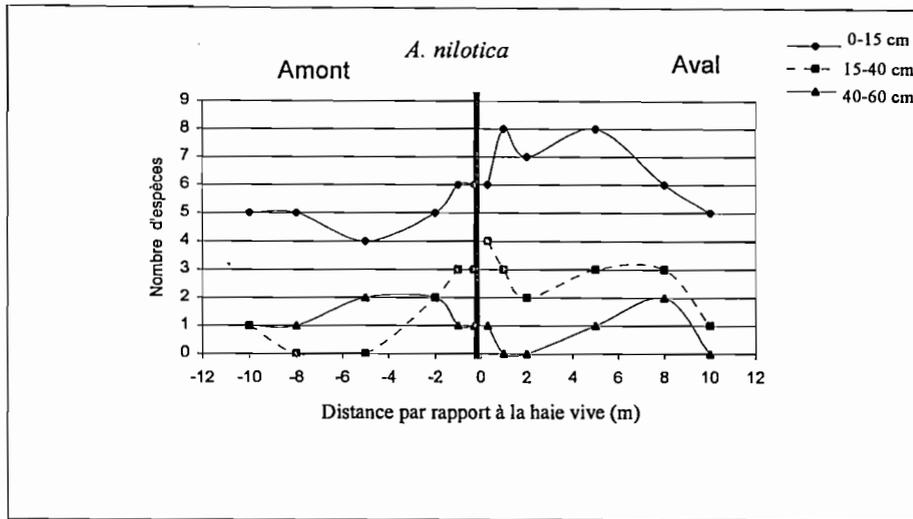


Figure 15 : Evolution du nombre d'espèces de nématodes phytoparasites importantes au plan agronomique en fonction de la distance à la haie vive et de la profondeur, pour les trois espèces végétales .

En fonction de la profondeur, la richesse spécifique est nettement plus élevée à proximité de la haie et dans sa zone d'influence (de 6 à 8 m de part et d'autre) que dans le champ, notamment dans l'horizon intermédiaire, mais aussi entre 40 et 60 cm de profondeur dans le cas de *B. rufescens* et *Z. mauritiana*.

3.3.3.4. Abondance des nématodes libres

Pour l'ensemble des haies, l'évolution horizontale et verticale de la densité en nématodes libres est très proche de celle des nématodes phytoparasites (figure 16). Ces nématodes se concentrent dans l'horizon superficiel et sont particulièrement abondants en bordure immédiate de la haie vive. Cet effet est encore apparent entre 15-40 cm de profondeur et de manière atténuée dans l'horizon le plus profond. Le peuplement diminue moins rapidement en abondance en aval (5 à 8 m) qu'en amont (2 à 3 m).

L'espèce végétale qui constitue majoritairement la haie ne semble pas avoir d'incidence majeure sur la densité d'infestation et l'évolution du peuplement dans l'horizon de surface. *B. rufescens* apparaît plus favorable au développement des nématodes libres en profondeur et en amont, et *Z. mauritiana* en aval et en bordure de la haie.

3.3.4. Influence de l'espèce de la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur les profils hydriques du sol (1997 et 1998).

Les données du tableau 25 indiquent la distribution de la pluie pendant les deux saisons de culture dans la zone d'étude. Il y a plus de jours de pluie en 1997 qu'en 1998. L'analyse de variance montre que l'humidité pondérale du 1^{er} septembre 1997 et du 5 septembre 1998 sont significativement liées à l'espèce de la haie vive et à la profondeur ($P < 0,0001$ tableau 26). L'interaction triple (Espèce x Position x Profondeur) est significativement liée à l'humidité pondérale du 1^{er} septembre 1997 et du 5 septembre 1998 ($P \leq 0,0390$, tableau 26). L'interaction espèce x position x distance x profondeur est significatif seulement pour l'humidité pondérale de 1998 ($P \leq 0,0042$, tableau 26)

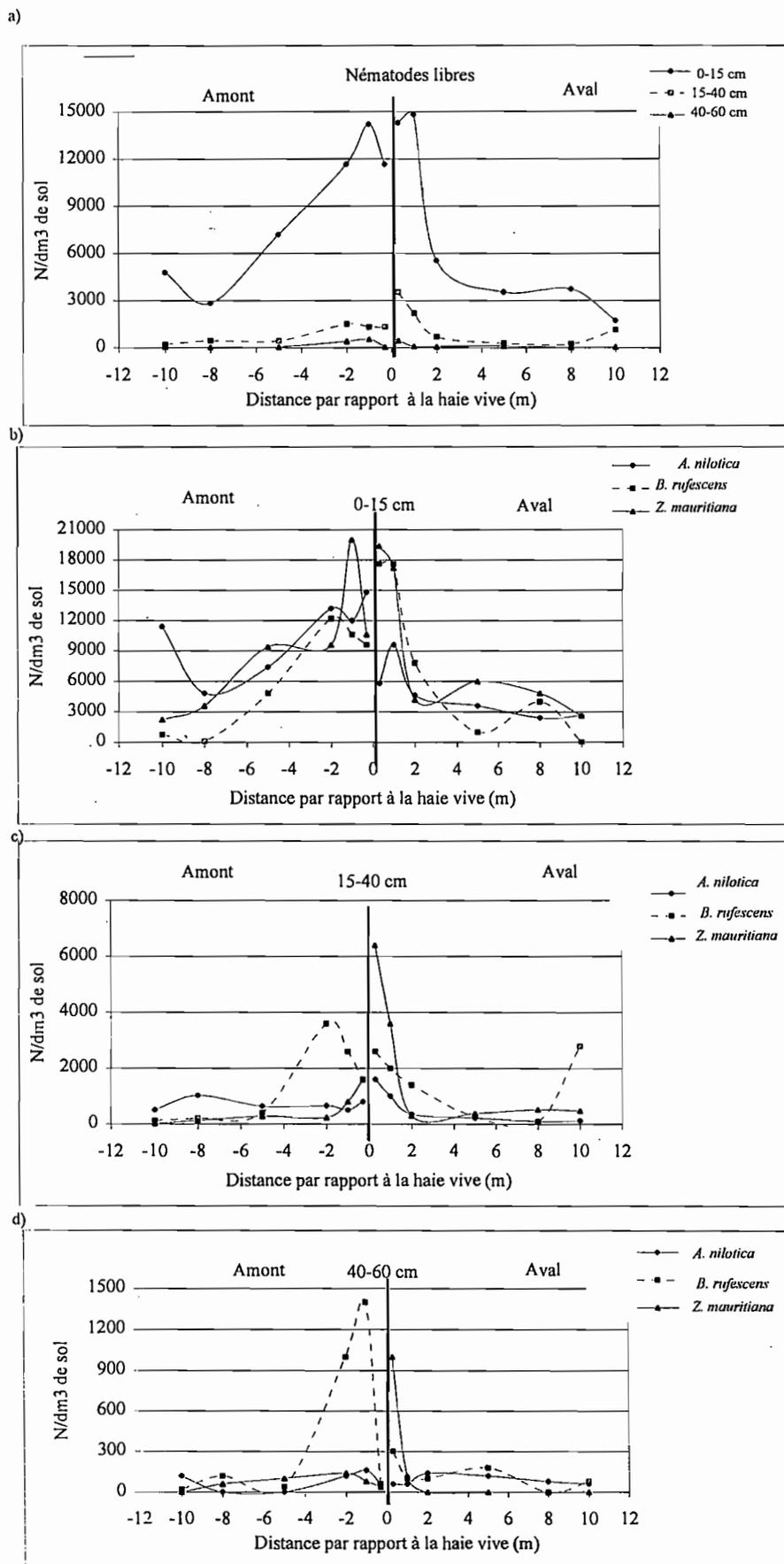


Figure 16 : Evolution de la densité de nématodes libres en fonction de la distance à la haie vive et de la profondeur pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (b à d).

Tableau 25 : La distribution mensuelle de la pluie (mm) au sud bassin arachidier du Sénégal, 1997-1998

Année	1997		1998	
	Pluie (mm)	Jours de pluie	Pluie (mm)	Jours de pluie
Mai	9,0	4	-	-
Juin	107,0	8	25,0	1
Juillet	71,9	8	123,5	9
Août	227,7	19	257,0	18
Septembre	192,3	16	152,3	18
Octobre	9,3	2	26	1
Total	617,2	57	585,3	47

3.3.4.1. L'humidité pondérale du 1^{er} Septembre 1997

En moyenne pour l'ensemble des haies vives, dans les horizons de surface (0-15 et 15-40 cm), l'humidité pondérale au cours de l'année 1997 est plus basse à proximité de la haie (2 m) qu'à l'intérieur du champ (5, 10, 20 m) (figure 17). Par contre dans l'horizon plus profond (40-60 cm), aucune influence de la haie vive n'est notée sur l'humidité pondérale.

Parmi les trois espèces végétales, *Z. mauritiana* et *A. nilotica*, se comportent de la même manière dans l'horizon superficiel vis-à-vis de l'humidité du sol, avec un profil plus humide respectivement à partir de 5 m et 10 m de la haie vive (figure 17), alors qu'il est respectivement plus bas à 2 m et 2-5 m de la haie vive. Dans la même zone, en aval, *B. rufescens* n'a aucun effet dépressif sur l'humidité du sol, qui est aussi élevée à 2 m qu'à l'intérieur du champ. La même tendance se reproduit dans les horizons profonds pour les trois espèces. On note plus d'humidité en aval qu'en amont surtout en face d'*A. nilotica* et de *Z. mauritiana*.

Tableau 26 : ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur l'humidité pondérale d'un champ paysan au Sénégal en 1997 et 1998

Variables dépendantes	1 ^{er} septembre 1997		5 septembre 1998	
	Degrés de liberté	Valeur de P	Degrés de liberté	Valeur de P
E	2	< 0,0001	2	< 0,0001
P	1	NS	1	NS
E x P	2	0,0002	2	0,0047
D	3	< 0,0001	6	NS
E x D	6	0,008	12	0,0014
P x D	3	0,002	6	< 0,0001
E x P x D	6	NS	12	< 0,0001
Pr	2	< 0,0001	2	< 0,0001
E x Pr	4	0,0017	4	NS
P x Pr	2	NS	2	NS
E x P x Pr	4	0,0201	4	0,0332
D x Pr	6	< 0,0001	12	0,0390
E x D x Pr	12	NS	24	0,0165
P x D x Pr	6	NS	12	NS
E x P x D x Pr	12	NS	24	0,0042
Erreur	140		240	

Espèce de la haie vive (E)

Position par rapport à la haie (P) (amont/aval)

Distance de la haie (D)

Profondeur (Pr)

Niveau de signification test de Fisher : $P \leq 0,05$; NS : non significatif

3.3.4.2. L'humidité pondérale du 5 septembre 1998

En aval, pour l'ensemble des haies vives, dans les horizons superficiels (0-15 cm et 15-40 cm) l'humidité pondérale est plus élevée à proximité de la haie (1m) qu'à son pied, ou encore à l'intérieur du champ (figure 18).

A 0-15 cm en aval, le maximum d'humidité est noté à 0 m, 2 m et 8 m avec respectivement *A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana*.

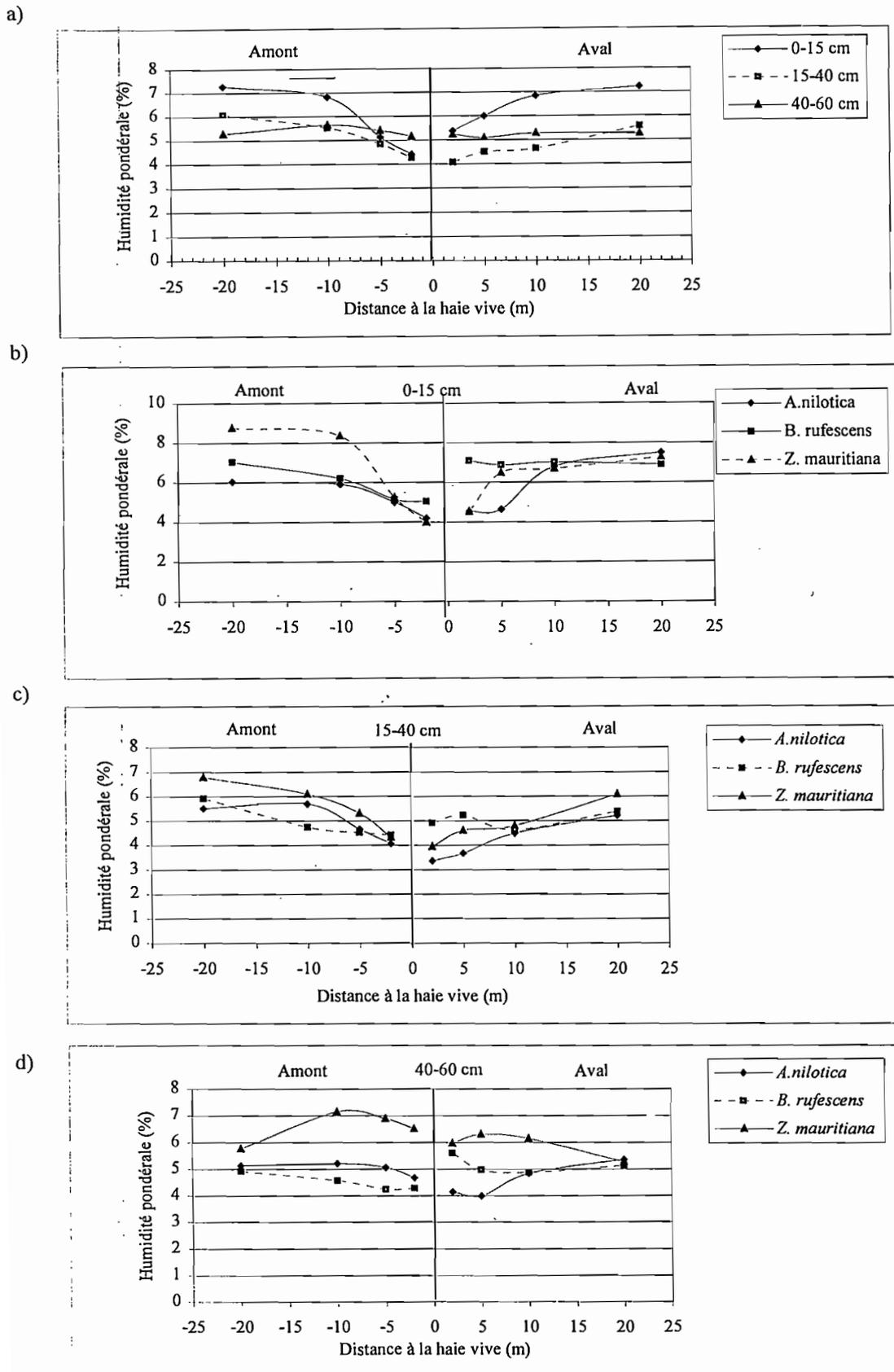


Figure 17 : Evolution de l'humidité pondérale en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (b à d) en Septembre 1997.

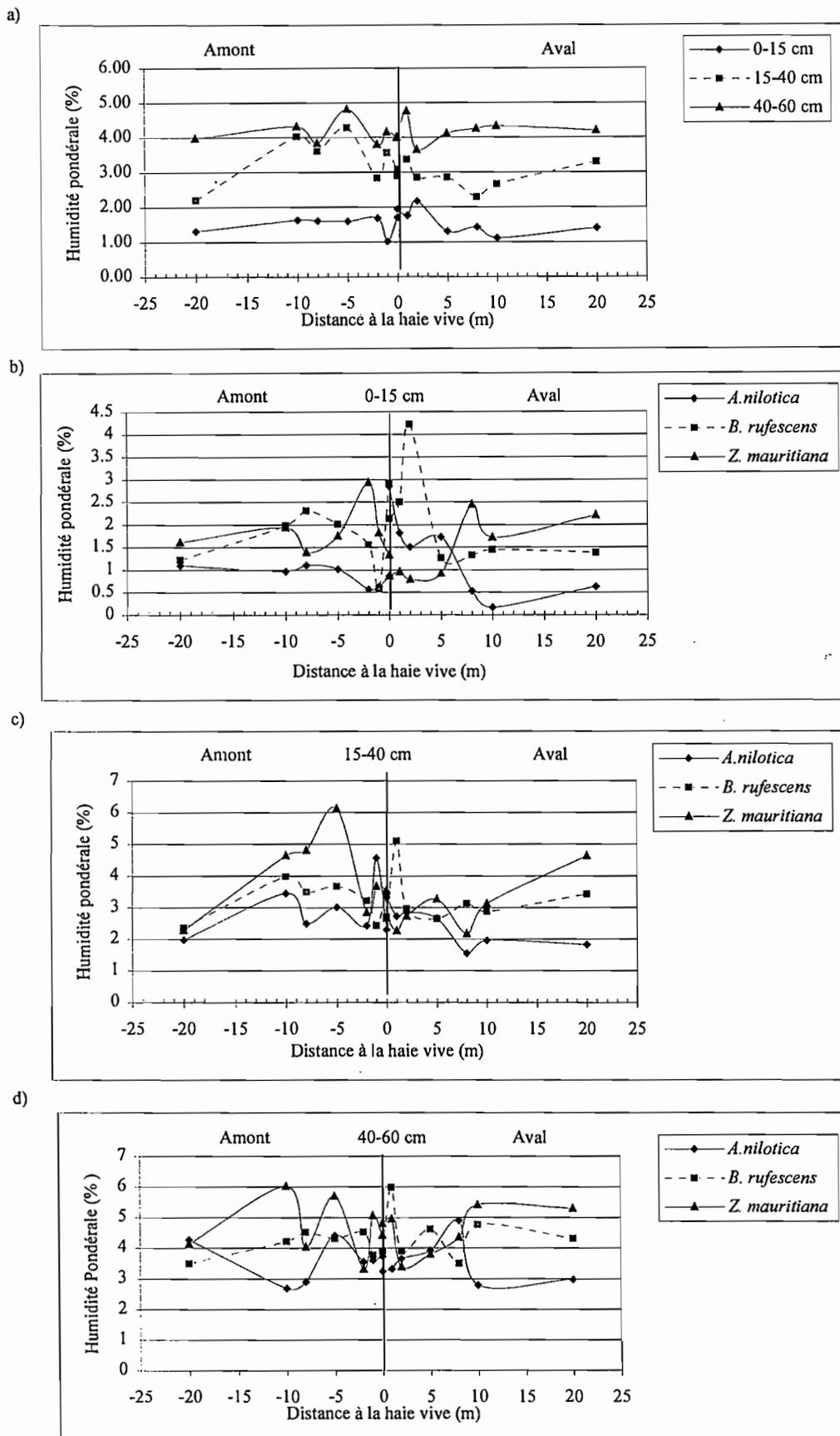


Figure 18 : Evolution de l'humidité pondérale en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (a) et pour chaque espèce végétale (b à d) en Septembre 1998.

3.3.4.3. Conclusion

Il ressort des études de profils hydriques du 1^{er} septembre 1997 (Figure 17) que *B. rufescens* n'a pas une action trop dépressive sur l'humidité. Par contre *Z. mauritiana* et *A. nilotica*, ont un effet dépressif qui se limite respectivement à 2 m 5 m de l'axe de la haie vive. Des profils hydriques du 5 Septembre 1998 (Figure 18), il ressort dans l'horizon superficiel en aval que l'humidité maximale se situe respectivement à 0 m, 2 m pour *A. nilotica*, *B. rufescens*.

Ces aspects très globaux et étudiés sous forme de «flash» concernant l'humidité du sol en fonction de la haie ont été les seuls à être abordés dans cette étude. Ils mériteraient un suivi sur l'ensemble de la saison des pluies, avec plusieurs répétitions, et la détermination de la disponibilité en eau du sol pour les végétaux.

3.3.5. Influence de l'espèce de la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur le rendement de l'arachide.

Durant la saison 1997, le champ a été semé en arachide le 5 Juin. La pluviométrie annuelle enregistrée a été de 617, 2 mm répartie en 57 jours de pluie. Aucune anomalie n'a marquée cette saison. Les récoltes ont été effectuées le 30 octobre.

L'analyse de variance montre que les facteurs étudiés concernant le rendement (hauteur des plants, rendement des fanes et des grains d'arachide) sont significativement liés à l'espèce de la haie vive ($P \leq 0,0003$, Tableau 27) et à la position par rapport à la haie vive ($P < 0,0001$, Tableau 27), sauf pour la hauteur maximale des fanes. Les interactions entre l'espèce de la haie vive et la position par rapport à la haie vive sont significatives seulement pour le rendement des grains ($P = 0,0363$, tableau 27). Celles entre l'espèce de la haie vive et la distance à la haie vive sont significatives pour la hauteur maximale moyenne et la biomasse des fanes ($P \leq 0,0012$, Tableau 27). L'interaction triple (Espèce x Position x Distance) n'a été significative pour aucun des trois facteurs étudiés.

Tableau 27: ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur le rendement de l'arachide d'un champ paysan au Sénégal (1997)

Variables dépendantes		Densité pieds	Hauteur max (cm)	Rdt fanes (g/m ²)	Nbre gousses par pied arachide	Rdt gousses (g/m ²)	Rdt grain (g/m ²)	Poids de 100 grains	Nbre de grains par m ²
Source de variation	Degrés de liberté								
E	2	NS	< 0,0001	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
P	1	< 0,0001	NS	0,0119	0,0219	0,0001	0,0002	0,0132	< 0,0001
E x P	2	NS	NS	NS	NS	0,0202	0,0363	0,0212	NS
D	3	NS	NS	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
E x D	6	NS	< 0,0001	0,0012	0,0177	NS	NS	NS	NS
P x D	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	< 0,0061	NS
E x P x D	6	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,0033	NS
Erreur	48	48	48	48	48	48	48	48	48

Espèce de la haie vive (E)

Position par rapport à la haie (P)

Distance de la haie (D)

Niveau de signification test de Fisher : P ≤ 0,05, NS : non significatif

3.3.5.1. La hauteur des plants d'arachide

L'interaction entre l'espèce végétale de la haie vive et la distance à la haie vive est significative pour la hauteur maximale moyenne des plants d'arachide au moment de la récolte (Figure 19). Ainsi, pour *A. nilotica* la hauteur des plants a augmenté de 33 % de 2-5 m de distance (20,61 cm) à 20 m (30,71 cm). Par contre pour *B. rufescens* la tendance s'inverse ; la hauteur des plants a diminué de 21 % de 2 m (41,0 cm) aux autres distances (32,4 cm). Pour *Z. mauritiana*, aucune tendance significative n'est notée entre la hauteur des plants à différentes distances.

3.3.5.2. Le rendement des fanes d'arachide

L'interaction entre l'espèce végétale de haie vive et la distance à la haie vive a un effet significatif sur le rendement des fanes d'arachide (Figure 19). Quelle que soit l'espèce de la haie vive, la biomasse en fanes d'arachide augmente en s'éloignant de la ligne de la haie vive. Cet effet dépressif se limite à 2 m pour *B. rufescens*, à 5 m pour *Z. mauritiana* et va jusqu'à 10 m pour *A. nilotica*.

3.3.5.3. Le nombre de gousses par pied d'arachide

L'interaction entre l'espèce végétale de haie vive et la distance à la haie vive a aussi un effet significatif sur le nombre de gousses par pied d'arachide. La proximité de *B. rufescens* (2-5m) est plus favorable à la fructification de l'arachide que chez les autres espèces (figure 19).

3.3.5.4. Le poids des grains d'arachide

Le rendement en grains d'arachide diffère significativement selon la position de la culture par rapport à la haie vive, selon l'espèce de la haie vive et selon la distance à la haie vive (Figure 20). Pour toutes espèces et distances confondues, le rendement en grain augmente de 35 % entre l'amont (37 g/m²) et l'aval (57 g/m²). Pour toutes distances et positions confondues *B. rufescens* a le meilleur rendement en grains d'arachide (*A. nilotica* : 30 g/m² ; *Z. mauritiana* 46 g/m²; *B. rufescens* 65 g/m²). Enfin pour toutes espèces et positions confondues, le rendement en grains d'arachide évolue avec la distance à la haie vive. Ce rendement augmente de 54 % lorsqu'on passe de 2-5 m (29,5g/m²) à 10-20 m (64 g/m²).

3.3.5.5. Conclusion

En résumé, la hauteur des plants d'arachide, la biomasse des fanes et le nombre de gousses par pied ont augmenté avec la distance à la haie pour *A. nilotica*. Par contre, la hauteur des plants a diminué ou n'a pas varié avec la distance respectivement pour *B. rufescens* et pour *Z. mauritiana*, qui montrent un effet moins dépressif sur le rendement de l'arachide. Les limites d'influence sont 2 m pour *B. rufescens* et 5 m pour *Z. mauritiana*, de l'axe de la haie vive pour le rendement des fanes et le nombre de gousses par pied. Pour toutes les espèces et distances confondues et pour toutes les distances et positions confondues, le meilleur rendement en grains est obtenu à l'aval et avec *B. rufescens*. Dans ce dernier cas, la quantité des racines est plus importante et l'humidité pondérale est plus élevée qu'ailleurs avec *Z. mauritiana* et *A. nilotica*.

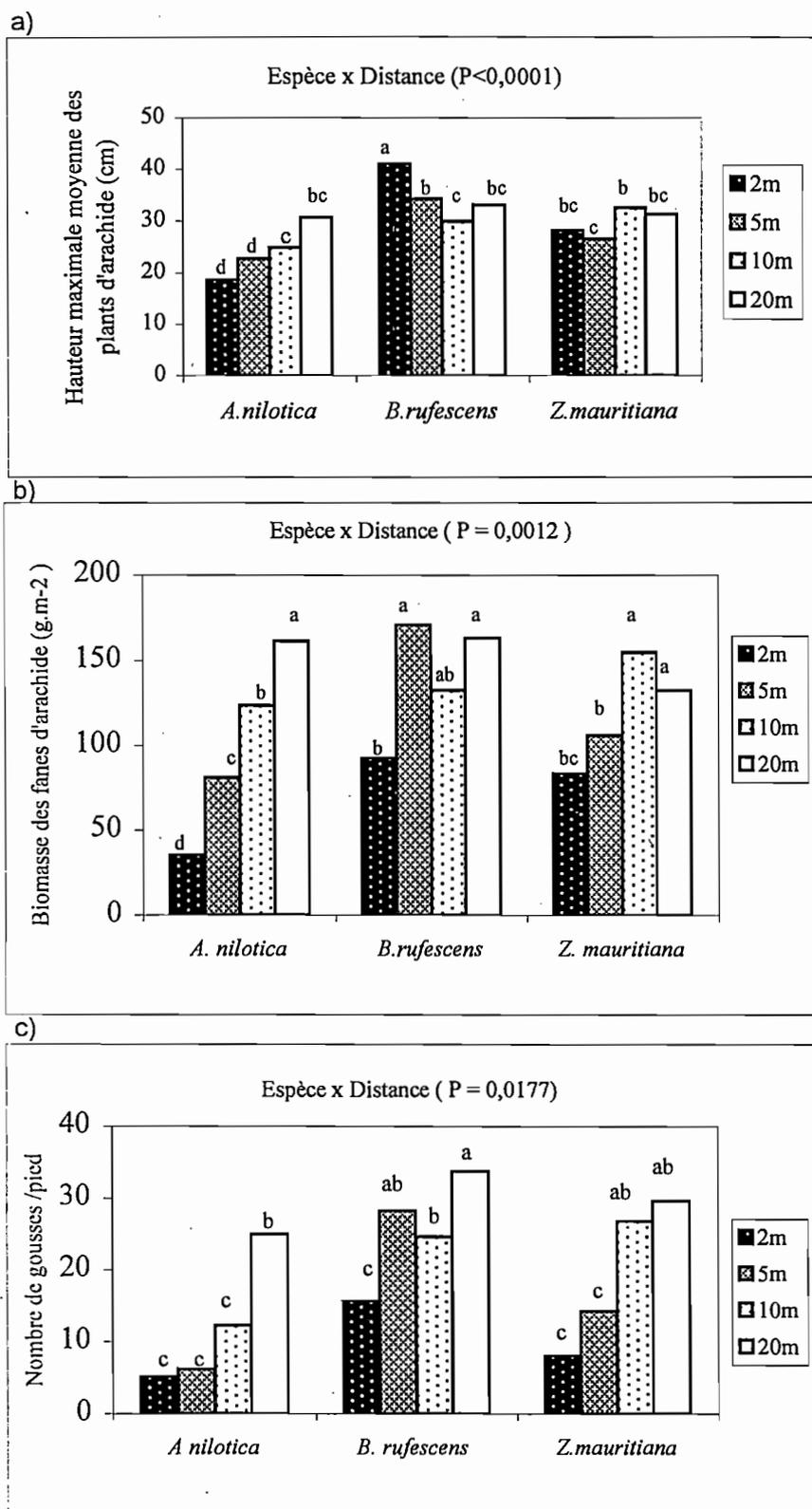


Figure 19 : Interactions entre l'espèce de la haie vive (*A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana*) et la distance à la haie vive (2m, 5m, 10m et 20m) sur la hauteur maximale moyenne des plants d'arachide ($P < 0,0001$), la biomasse des fanes d'arachide ($P = 0,0012$) et le nombre de gousses par pied d'arachide ($p = 0,0177$) d'un champ paysan au Sénégal (1997).

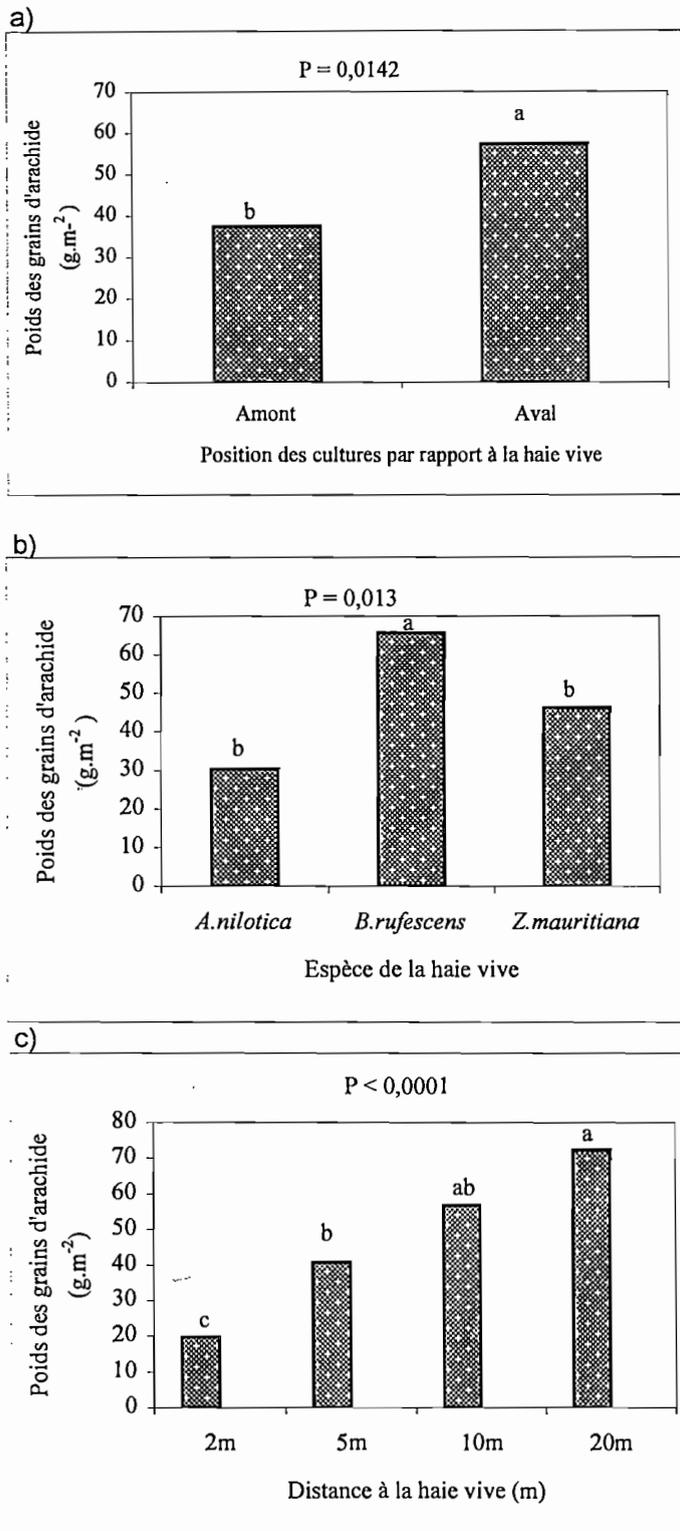


Figure 20 : Influence a) de la position des cultures par rapport à la haie vive ($P = 0,00142$), b) de l'espèce de la haie vive ($P = 0,013$) et c) de la distance à la haie vive ($P < 0,0001$), sur le poids des grains d'arachide.

3.3.6. Influence de l'espèce installée dans la haie vive, de la position et de la distance de la culture par rapport à la haie vive sur la hauteur, la biomasse des tiges et le rendement des grains de mil.

Durant la saison 1998, le mil a été cultivé dans le même champ où l'arachide était cultivée en 1997. Les semis ont été effectués le 23 juin. La pluviométrie annuelle a été de 585,3 mm répartie en 48 jours de pluie.

La hauteur du mil à la récolte, la biomasse des tiges de mil et le rendement des grains ont varié significativement avec la distance à la haie vive ($P \leq 0,0019$, Tableau 28) et avec la position par rapport à la haie vive ($P \leq 0,0009$) sauf pour le rendement en grains.

Les interactions conjuguées entre l'espèce installée dans la haie vive et la position par rapport à la haie vive sont significatives pour l'ensemble des trois facteurs ($P \leq 0,0256$, Tableau 28). Celles entre l'espèce de la haie vive et la distance à la haie vive sont significatives pour la hauteur maximale moyenne et la biomasse des tiges ($P \leq 0,04$, Tableau 28).

3.3.6.1. La hauteur du mil

L'interaction entre l'espèce végétale de la haie vive et la position par rapport à la haie vive est significative (Figure 21) pour la hauteur maximale moyenne des tiges de mil à la récolte. La hauteur des tiges de mil est plus élevée en amont qu'en aval pour *B. rufescens* et *Z. mauritiana*. Par contre avec *A. nilotica* aucune différence n'a été notée. Pour toutes espèces et positions confondues, la hauteur du mil (Figure 21) a évolué de 14 % des 10 premiers mètres de la ligne de la haie vive (171 cm) à 20 m (200 cm).

3.3.6.2. La biomasse des tiges de mil

Pour toutes les espèces confondues, la biomasse des tiges de mil a augmenté avec la distance à la ligne de la haie vive de 66 % de 2 m (78 g. m^{-2}) à 20 m (232 g. m^{-2}) et de 44 % de 5 m et 10 m (129 g. m^{-2}) à 20 m (232 g. m^{-2}). Elle a diminué de 27 % de l'amont (165 g. m^{-2}) à l'aval (120 g. m^{-2}) (Figure 22).

3.3.6.3. Le poids des grains de mil

Parmi les facteurs étudiés, seule la distance à la ligne de la haie vive (figure 23) a un effet significatif sur le rendement en grain du mil. Le rendement augmente en fonction de la distance, passant de 41 g.m⁻² à proximité de la haie (2m) à une moyenne de 75 g.m⁻² pour les autres distances (5 m , 10m et 20 m), soit une augmentation de 45 %.

Tableau 28 : ANOVA, Synthèse des résultats de l'analyse de variance sur le rendement du mil d'un champ paysan du Sénégal 1998

Variables dépendantes		Densité poquets	H. max	Nbre épis par poquet	Biomasse des tiges de mil	Poids des grains de mil	Nbre grains par épis
Source de variation	Degrés de liberté						
E	2	< 0,0001	NS	0,0217	NS	NS	NS
P	1	0,0005	0,0001	0,0022	0,0009	NS	NS
E x P	2	NS	0,0009	NS	0,0179	0,0256	0,0256
D	3	< 0,0001	0,0001	0,0019	< 0,0001	0,0011	0,0011
E x D	6	0,0135	0,0351	NS	0,04	NS	NS
P x D	3	0,0048	NS	NS	NS	NS	NS
E x P x D	6	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Erreur	48	48	48	48	48	48	48

Espèce de la haie vive (E)

Position par rapport à la haie (P)

Distance de la haie (D)

Niveau de signifiacnce test de Fisher : P ≤ 0,05, NS : non significatif

3.3.6.4. Conclusion

En resumé, la haie vive a un effet dépressif sur la hauteur et la biomasse des tiges de mil jusqu'à 10 mètres de la ligne de la haie vive. Cependant, contrairement à l'arachide, son effet dépressif sur le rendement en grains se limite à 2 m de la ligne de la haie vive et le meilleur rendement en mil est obtenu en amont de la haie vive, alors que c'est le contraire pour l'arachide.

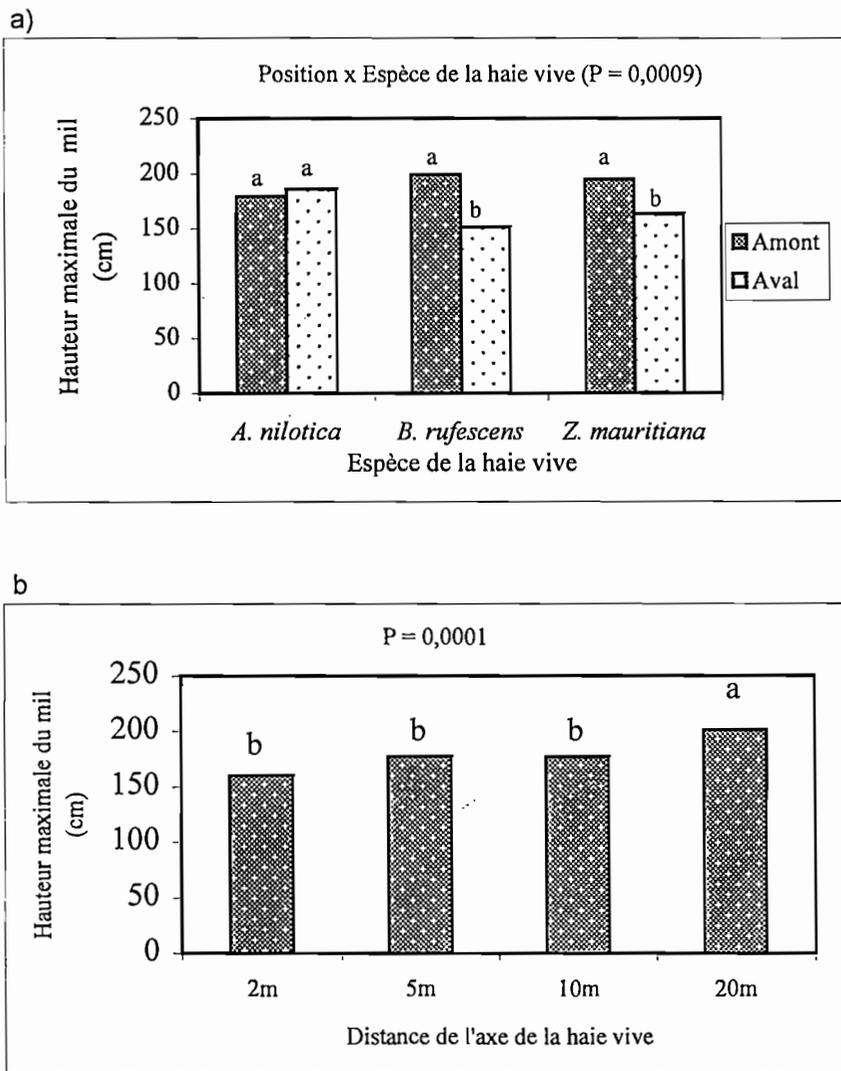


Figure 21 : Influence a) de l'interaction entre l'espèce installée dans la haie vive (*A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana*) et la position des cultures par rapport à la haie vive (amont aval) ($P = 0,0009$) et b) de la distance à l'axe de la haie vive sur la hauteur maximale des plants de mil ($P = 0,0001$).

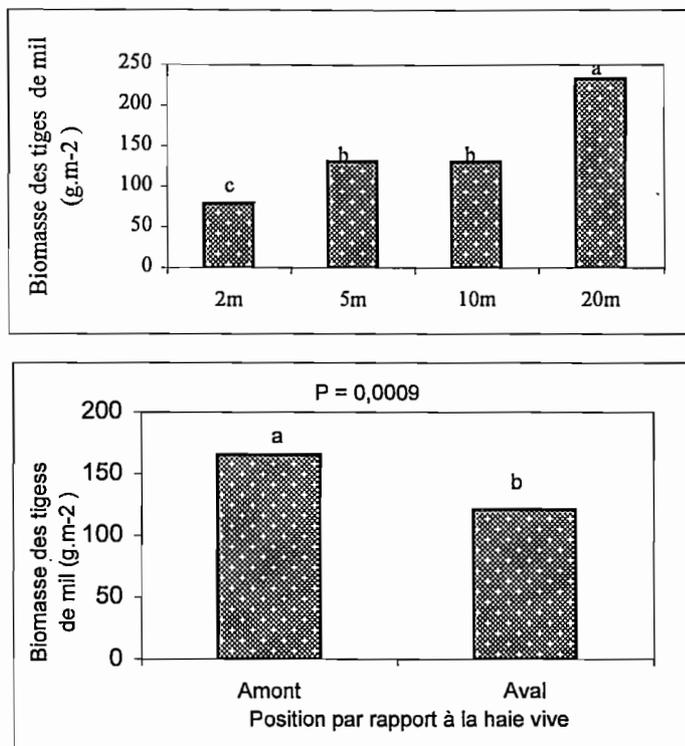


Figure 22 : Influence a) de la distance à l'axe de la haie vive ($P < 0,0001$); b) de la position par rapport à l'axe de la haie vive ($P = 0,0009$) sur la biomasse des tiges de mil.

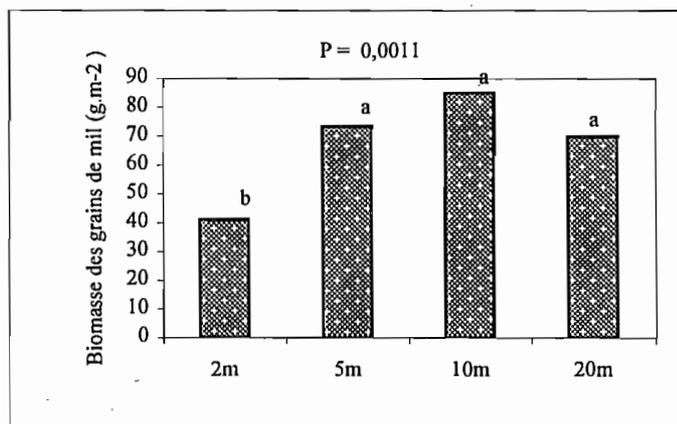


Figure 23 : Influence de la distance à l'axe de la haie vive sur la biomasse des grains de mil ($P = 0,0011$).

3.4. Discussion

3.4.1. Influence de la haie vive sur la fertilité du sol

Les résultats des analyses de sol indiquent que les teneurs en matière organique (M.O.), azote (N), magnésium (Mg), et potassium (K) sont plus élevées dans l'horizon superficiel et dans les 5 premiers mètres à partir de l'axe des troncs de la haie vive. L'augmentation de ces éléments nutritifs sous les arbres de savanes a été rapporté par d'autres chercheurs (Belsky *et al.*, 1993 ; Kamara et Haque, 1992 ; Kater *et al.*, 1992 ; Kessler, 1992 ; Tomlinson *et al.*, 1995). L'effet de la haie sur la seule teneur en M.O. et N s'étend jusqu'à l'horizon intermédiaire entre 0-2 m de la haie, tandis que, pour Mg et K il se limite à l'horizon superficiel mais entre 0-5 m de la haie (Figure 9). La fertilité de beaucoup des sols semi-arides de savane diminue généralement avec la distance au tronc (Wilson *et al.*, 1986 ; Belsky *et al.*, 1989 ; Kessler et Breman, 1991). La forte concentration relative de M.O., N, Mg et K dans l'horizon superficiel sous le houppier peut être due aux feuilles mortes qui s'accumulent et se décomposent sous la haie, à la décomposition des racines plus abondantes à proximité de l'arbre, et aux excréments des animaux qui cherchent l'ombrage (Bernard-Reversat, 1982 ; Belsky *et al.*, 1989 ; Young, 1989 ; Kang *et al.*, 1990 ; Kessler et Breman, 1991). Elle peut résulter aussi de la réduction des pertes dues au lessivage et à la volatilisation (Belsky *et al.*, 1989, Breman et Kessler, 1995). Le grand taux de recyclage des éléments nutritifs du sol sous les arbres est élevé (Szott et Kass, 1993). Kessler et Breman (1991) suggèrent que la grande extension des racines des arbres de la savane peut expliquer l'efficacité de arbres à capturer les éléments nutritifs et par conséquent les accumuler et les concentrer sous le houppier lors de la chute des feuilles.

D'autre part, dans l'horizon 0-15 cm, le sol sous l'influence d'*A. nilotica* et *B. rufescens* contient plus de M.O. et d'N que celui sous l'influence de *Z. mauritiana* (figure 10). Mais ce fait n'est significatif qu'à 0 m pour *B. rufescens* et entre 0 et 2 m pour *A. nilotica*. Michels *et al.* (1998) ont aussi montré sur des essais de brise-vent avec *B. rufescens*, qu'il y a plus d'azote total dans l'horizon superficiel que pour le témoin. Contrairement à nos résultats, l'effet de cette espèce s'étend jusqu'à 10 m dans le champ. La quantité de phosphore plus importante en amont qu'en aval peut être due, soit au ruissellement, soit à la gestion individuelle des champs (apport de fumure).

3.4.2. Influence de la haie vive sur l'humidité du sol

Il ressort des études de profils hydriques du 1^{er} septembre 1997 (Figure 17) que *B. rufescens* n'a pas un effet dépressif sur l'humidité du sol. Par contre *Z. mauritiana* et *A. nilotica* ont un effet dépressif qui se limite respectivement à 2 mètres et 5 mètres de l'axe de la haie vive. Breman et Kessler (1995) trouvent que les caractéristiques des espèces de ligneux peuvent être déterminantes sur la disponibilité en eau. En effet *B. rufescens* qui reste feuillu pendant la saison sèche est important pour la réduction de l'évaporation du sol par rapport à *Z. mauritiana* qui perd ses feuilles pendant la saison sèche. Le rapport évaporation/transpiration semble être plus faible sous *B. rufescens* que les autres espèces. L'efficacité et l'importance de la transpiration varient selon la physiologie des arbres (Grouzis *et al.*, 1993, Fournier, 1995, Berger *et al.*, 1996, Akpo, 1998).

Des profils hydriques du 5 Septembre 1998, il ressort dans l'horizon superficiel en aval que l'humidité maximale se situe respectivement à 0 m, 2 m pour *A. nilotica* et *B. rufescens*. On note une relation entre l'humidité et le nombre d'impacts des racines fines. En effet, les points les plus humides correspondent aux points de concentrations des racines fines : 0 m et 2 m respectivement pour *A. nilotica* et *B. rufescens*. La disponibilité de l'eau à 2 m avec *B. rufescens* atténuerait la concurrence racinaire avec les cultures à cette distance. Cet aspect, simplement abordé dans cette étude, mériterait un suivi sur l'ensemble de la saison des pluies, avec la détermination de la disponibilité en eau du sol pour les végétaux.

3.4.3. La répartition spatiale des racines des espèces installées dans la haie vive.

Les résultats montrent que les racines des trois espèces installées dans la haie vive s'étendent jusqu'à au moins 10m de l'axe. Comme le rayon moyen du houppier est 2,6 m (tableau 23), les racines s'étendent sur une longueur environ 3 fois plus grande que le rayon du houppier. D'autres études sur les racines dans les zones sèches d'Afrique ont montré une répartition similaire des racines latérales. Le système racinaire de *F. albida* s'étend sur une longueur 2 fois et demie plus grande que le rayon du houppier, avec une surface potentielle exploitable par les racines de six fois la surface du houppier (Dunham, 1992), tandis que la surface occupée par les racines de *Burkea africana* en Afrique de l'Est dépasse 7 fois la surface du houppier (Rutherford, 1982). Dans les sols sableux du delta intérieur du fleuve Niger au Mali, Soumaré *et al.*, (1995) ont noté que la longueur maximale des racines de *A.*

seyal était près de 26 m soit 7 fois le rayon du houppier, et que celle de *Sclerocarya birrea* était de 50 m, soit plus de 10 fois le rayon du houppier.

La distribution des racines des trois espèces selon la profondeur, est similaire à certaines données sur le système racinaire des arbres en Afrique de l'Ouest, avec les racines concentrées à l'horizon superficiel (0-40 cm) particulièrement à 0-15 cm. Par exemple au Sahel, Groot et Soumaré (1995) trouvent que les racines latérales de *A. seyal* sont principalement concentrées entre 0-40 cm du sol. Tomlinson *et al.* (1997) ont montré que les racines fines de *P. biglobosa* sont plutôt concentrées entre 10-20 cm de profondeur. Breman et Kessler (1995) distinguent trois types de systèmes racinaires pour les ligneux :

- type 1 avec pénétration profonde des racines pivotantes et beaucoup de racines traçantes ;
- type 2 avec pénétration profonde des racines pivotantes et peu de racines traçantes ;
- type 3 avec absence des racines pivotantes profondes et seulement des racines traçantes longues et denses.

Leur compilation de données sur les systèmes racinaires des ligneux dans la zone soudano-sahélienne montre qu'en général les arbres sont classés comme étant type 2 et 3. Nos données indiquent que le système racinaire de *A. nilotica*, *B. rufescens* et *Z. mauritiana* sont de type 2.

La répartition des racines en fonction de la distance est variable selon l'espèce. Pour *A. nilotica* et *Z. mauritiana*, les racines fines sont concentrées à proximité immédiate du tronc, tandis que pour *B. rufescens*, elles le sont entre 0 et 2 m. Cette prolifération des racines fines observée dans l'horizon superficiel près du tronc et un peu plus au delà (0-2 m) peut être une conséquence de la forte concentration des éléments nutritifs et de l'humidité à ces différents niveaux, comme le prouvent d'autres études (Tomlinson *et al.*, 1997 ; Jonsson *et al.*, 1988).

Par rapport aux autres espèces, *B. rufescens* exploite moins le sol en profondeur ; son système racinaire est moins pivotant. Ses racines traçantes remontent vers les couches superficielles à 2 m de la haie, ce qui peut être considéré comme une adaptation aux conditions arides, l'arbre exploitant plus facilement l'eau des couches superficielles après un événement pluvieux. Un enracinement superficiel est aussi efficace pour concentrer les maigres disponibilités en nutriments (Breman et Kessler, 1995).

L'importance du nombre de racines fines jusqu'à 2 m de la haie pour *B. rufescens* suggère que cette espèce a un potentiel d'exploitation maximale jusqu'à cette distance, contrairement aux autres espèces qui exploitent surtout la zone à proximité immédiate du tronc. Le nombre de racines diminue en s'éloignant de l'axe de la haie vive, corrélativement à

la teneur en M.O. et à l'humidité du sol. Belsky *et al.* (1989), Breman et Kessler (1995) ont fait les mêmes observations.

3.4.4. Incidence locale de la haie vive sur les nématodes : effet bordure

Les nématodes phytoparasites se développent aux dépens des racines des plantes et leur influence est donc plus ou moins néfaste. Sur cette base, la haie, en favorisant la multiplication des nématodes phytoparasites, risque de provoquer un problème parasitaire au niveau des cultures adjacentes (Netscher, 1981). Comme tous les organismes, les nématodes peuvent coloniser l'espace par un modèle d'accroissement " en tâche " des populations, même si leur propre autonomie est très limitée en raison de leur taille et de leur morphologie (Netscher et Sikora, 1990 ; Prot, 1975). Cette influence néfaste a été soulignée pour des cultures maraîchères au Sénégal, lorsque des haies brise-vent ont été constituées avec *Prosopis juliflora* (Prot, 1986). Cette légumineuse favorise la pullulation des nématodes à galles du genre *Medologyne* qui attaquent les cultures maraîchères.

Dans le cas des cultures vivrières du bassin arachidier (mil, arachide), la situation est différente. La présence de certaines espèces comme *Tylenchorenchus avaricus* tend à montrer que l'environnement des haies s'apparente à des zones de " jachère " anciennes, puisque dans cette région cette espèce se développe essentiellement dans les forêts ou les jachères anciennes qui présentent des caractères de stabilité (Pate, 1997). Cette observation est renforcée par la présence, en proportion importante, des genres *Xiphinema* et *Helicotylenchus*, également indicateurs d'une restauration et d'une stabilisation du milieu sous l'effet de la jachère (Villenave et Cadet, 1998). La haie vive provoque un effet comparable à celui de la jachère dans cette zone soudano-sahélienne, c'est à dire un accroissement de la taille du peuplement de nématodes phytoparasites, mais également un accroissement de la richesse spécifique. Au plan de la « nocuité », les résultats dans des expériences en serre, montrent que la diversité spécifique du peuplement de la jachère semble atténuer son effet pathogène par rapport au peuplement essentiellement composé de deux espèces très pathogènes qui existent dans les champs cultivés (Cadet *et al.*, 2000). L'aptitude des haies d'*A. nilotica*, de *B. rufescens* et de *Z. mauritiana* à maintenir dans la zone un grand nombre d'espèces de nématodes est de nature à réduire l'effet pathogène du peuplement. La présence de *Helicotylenchus dihystra* est importante, car cette espèce semble avoir un effet modérateur sur la pathogénie du peuplement auquel elle appartient (Villenave et Cadet, 1998, Cadet *et al.*,

1999). Parmi les types de haie étudiés, celui constituée par *A. nilotica* apparaît le plus important de conséquences au plan nématologique, puisqu'il ne favorise pas la multiplication de *Scutellonema cavenessi* qui est l'une des espèces néfastes dominantes sur les cultures de la région (Germani *et al.*, 1985).

Dans l'horizon superficiel, l'influence de *A. nilotica* est très différente de celle des deux autres espèces en ce qui concerne la répartition des nématodes phytoparasites (figure 13). Son système racinaire pivotant, avec une forte concentration des racines fines seulement au pied, ne permet pas d'expliquer la multiplication des nématodes phytoparasites à 5 m de la haie. Les nématodes phytoparasites ont dû ainsi disposer d'une masse importante de racines pour édifier un peuplement particulièrement abondant et à priori peu pathogène puisque très diversifié.

Les nématodes libres, en particulier les formes saprophages, environ 7 fois plus nombreuses que les nématodes phytoparasites, correspondent à des indicateurs de fertilité, dans la mesure où leur abondance est directement liée à la présence de bactéries et donc indirectement à celle de la matière organique décomposable. Ces organismes ont également un impact sur le cycle des nutriments, car leur activité est à l'origine d'une partie de l'azote minéralisé du sol, indispensable à la croissance des plantes (Hassink *et al.*, 1993). Les haies constituent indiscutablement des lieux extrêmement favorables à leur prolifération, du fait de l'enrichissement en M.O. lié à la présence d'une production végétale considérablement plus importante que dans le champ. Leur présence en grande majorité dans la couche superficielle du sol prouve que les apports de litières sont déterminants, mais l'existence d'une activité des nématodes libres en profondeur, uniquement au niveau de la haie, met en évidence un enrichissement des différentes strates du sol par renouvellement des racines des ligneux.

Que ce soit les nématodes phytoparasites ou les nématodes libres, leur double dépendance directe ou indirecte, par rapport au sol et à la plante hôte, en font des indicateurs biologiques extrêmement sensibles qui peuvent être utilisés pour déterminer la zone d'influence de la haie. Dans cette étude, il apparaît que cette zone d'influence est plus large en aval qu'en amont. Cette disparité pourrait s'expliquer par un dessèchement plus rapide du sol en amont, comme il apparaît dans notre étude, conformément d'ailleurs aux résultats obtenus par Caubel-Forget et Grimaldi (1999).

3.4.5. Incidence des facteurs étudiés sur les cultures

L'effet des arbres ou des rangées d'arbres sur le rendement des cultures dépend de l'espèce de l'arbre (RAO *et al.*, 1998). L'effet dépressif de la haie de *B. rufescens* sur la biomasse des fanes et gousses d'arachide se limite seulement à 2 m (figure 19). A partir de cette distance, les rendements sont égaux à ceux obtenus à 20 m considérés comme distance témoin. Par contre *Z. mauritiana* et *A. nilotica* affectent respectivement ces rendements jusqu'à 5 m et 10 m de la ligne de la haie vive. RAO *et al.* (1998) estiment que l'impact de la plupart des espèces d'arbres diminue fortement à partir de 6 m du tronc. *B. rufescens* est une espèce peu compétitive pour l'arachide, au contraire *A. nilotica* une espèce très compétitive. L'effet sur les cultures d'un brise-vent de *B. rufescens* se limitant à 3 m a été signalé par Michels *et al.* (1998) ; l'effet très dépressif de *A. nilotica* a été souvent rapporté (Puri et Bangarwa, 1992 ; Rao *et al.*, 1998 ; Cazet, 1989), mais les raisons ne sont pas bien connues. Certains pensent à son système racinaire et d'autres à un effet allélopatique possible de la litière des feuilles de l'arbre (Yadav *et al.*, 1993). Les caractéristiques de l'espèce de la haie vive et leurs effets sur l'humidité, la fertilité, la répartition des nématodes de l'horizon superficiel et le rendement des cultures à 2 m du tronc, sont récapitulés dans le tableau 29. A 2 m du tronc, *A. nilotica* a peu de racines fines, un taux de matière organique et d'azote (fertilité) élevé, moins de nématodes phytoparasites du genre *Scutellonema* et un faible rendement (poids en fanes et nombre de gousses d'arachide). A cette distance, *B. rufescens* a beaucoup de racines fines, un taux de matière organique et d'azote faible, un nombre moyen de nématodes et un bon rendement (poids en fanes et nombre de gousses d'arachide). L'humidité du sol semble être le facteur le plus déterminant pour le rendement de l'arachide. Breman et Kessler (1995) postulent que l'augmentation de la disponibilité en eau peut conduire à l'augmentation de la production si l'eau est le principal facteur limitant de la production. La disponibilité en eau peut s'expliquer par les caractéristiques des ligneux de la haie vive qui peuvent améliorer les aspects d'exploitation agrosylvopastorale (érosion éolienne et hydrique, ombrage) favorables ou non aux cultures à proximité. La répartition spatiale des racines fines peut en partie expliquer la disponibilité en eau. Breman et Kessler (1995) signalent qu'un enracinement superficiel peut atténuer l'érosion éolienne et hydrique, mais avec un risque de concurrence sévère entre les arbres de la haie vive et les cultures. Cependant, dans notre étude, on ne note aucune concurrence racinaire entre la haie de *B. rufescens* et les cultures d'arachide. Walter (1973), Walker *et al.* (1981), Akpo (1993)

indiquent que la strate herbacée exploite essentiellement les zones superficielles du sol et la végétation ligneuse les couches profondes. Selon Breman et Kessler (1995) le faible ratio hauteur de tronc/rayon de la couronne a aussi une influence positive sur l'érosion éolienne et hydrique. *B. rufescens* avec le plus faible ratio (tableau 23) et son enracinement superficiel atténue mieux l'érosion hydrique que les autres espèces. Par ailleurs, les espèces d'arbres de la haie vive n'ont pas le même volume bien qu'ayant le même âge (Tableau 23). *A. nilotica* avec son port plus dégagé et son houppier étalé, ne semble pas être un bon brise-vent comparé aux autres espèces. Ainsi son effet très dépressif sur les cultures peut être lié à l'effet du vent sur la disponibilité de l'eau.

Nos résultats montrent que la haie vive est plus dépressive pour le mil que pour l'arachide surtout en phase de la montaison (Figure 19 et 21). Le mil plante C_4 et l'arachide plante C_3 n'ont pas les mêmes exigences en lumière pour leur croissance (Diatta, 1994 ; Percy et Ehlexinger, 1984 ; Mordelet, 1993). L'arachide supporte mieux l'ombrage que le mil. A l'ombre des feuillages, les cultures de type C_3 sont plus efficaces à profiter d'une meilleure disponibilité en eau et en nutriments que les cultures de types C_4 (Breman et Kessler 1995). Nos résultats montrent aussi que l'effet dépressif de la haie sur le rendement en grain se limite à 2 m pour l'arachide et à 5 m pour le mil, toutes espèces confondues (Figure 20 et 23). L'ombrage semble donc être plus nocif pour la croissance en hauteur des cultures que pour leur épiaison. Avec l'effet très dépressif de *A. nilotica* noté sur le rendement de l'arachide, on peut s'attendre à une diminution de cet effet dépressif si la quantité d'eau est suffisante. La diminution du rendement des cultures en bordure de la haie vive peut être minime par rapport à celui des arbres épars dans le champ, à cause de la proportion de la surface sujette à l'interaction entre la haie vive et les cultures. Si l'on considère que 100 m de haie réduisent les cultures de 50 % sur 10 m de part et d'autre de la haie, alors le rendement du système sur un hectare est réduit seulement de 10 % (ou de 5 % pour chacun des paysans mitoyens).

Tableau 29 Récapitulatif des différents facteurs étudiés

Espèce	Interactions à l'horizon superficiel à 2m de la haie vive								
	Prof. racines	Impact sur racines	Fertilité	Humidité		Nématodes phyto-parasites	Rdt arachide		Rdt mil
				1997	1998		Fanes	Nbre gousses / pied	
<i>A. nilotica</i>	0	0	+	-	0	-	-	-	ns
<i>B. rufescens</i>	-	+	-	+	+	0	+	+	ns
<i>Z. mauritiana</i>	+	-	0	0	-	+	+	0	ns

Légende

	+	0	-	ns
Profondeur des racines	essentiellement pivotant	50 % pivotant & 50 % traçant	peu pivotant	
Impact racinaire	Fort impact	intermédiaire	faible impact	
Fertilité	fertile	moyennement fertile	peu fertile	
Humidité	humide	moyennement humide	peu humide	
Nématodes phytoparasites	abondants	intermédiaire	peu de nématodes	
Rendement arachide	élevé	moyen	faible	

3.4.6. Conclusion

L'amélioration de la fertilité, et du microclimat à proximité de la haie vive dépend des caractéristiques de l'espèce implantée dans la haie. On note une amélioration de la fertilité à proximité de *A. nilotica*, une amélioration du taux d'humidité à proximité de *B. rufescens* et une amélioration moyenne de ces deux facteurs à proximité *Z. mauritiana*. La haie réduit le rendement de cultures à sa proximité, mais l'étendue de l'effet est faible. Cette réduction semble surtout liée à la disponibilité de l'eau.

Selon leur capacité à atténuer l'érosion éolienne, on peut classer les espèces dans l'ordre suivant : *B. rufescens* *A. nilotica* et *Z. mauritiana*.

Sur le plan nématologique *A. nilotica* est l'espèce la mieux indiquée pour atténuer l'effet des nématodes phytoparasites.

Il sera intéressant de voir si l'effet de la haie vive sur les cultures s'atténuera avec l'utilisation des haies plurispécifiques (plusieurs espèces en mélange sur la ligne) contrairement, aux bandes de haies monospécifiques utilisées dans cette étude

**4. CONCLUSION GENERALE, PERSPECTIVES DE RECHERCHE
ET RECOMMANDATIONS.**

c

Les haies vives réintroduites ces dernières années dans le sud bassin arachidier du Sénégal, répondent à un besoin émis par certaines populations rurales. Elles permettent une protection du milieu contre l'érosion (éolienne et hydrique) et le bétail souvent laissé en libre pâturage. Elles sont aussi un moyen de matérialiser la propriété foncière à laquelle chaque agriculteur aspire. Dans ces terroirs saturés où la jachère a pratiquement disparu, la haie vive permet d'assurer en partie les fonctions perdues de celle-ci : restauration des sols, fertilité, production fourragère, de bois de service, de fruits et de pharmacopée.

Cependant comme dans d'autres régions, la faisabilité et l'acceptabilité de la technique de la haie vive dans le paysage agraire, sur l'ensemble des terroirs étudiés du bassin arachidier au Sénégal est variable. Ainsi, les technologies proposées par la recherche et le développement ne sont adoptées que si les paysans ont les moyens nécessaires et y trouvent un intérêt économique (Delville, 1996 ; Louppe et Yossi, 2000)

Les premières études socio-économiques sur les haies vives ont essentiellement consisté à recenser les avantages et les inconvénients qu'elles présentent. Ces derniers à eux seuls sont insuffisants pour comprendre les motivations paysannes de refus de la haie vive (Sanogo *et al.*, 2000, Louppe et Yossi 2000). Dans la zone d'étude, située au coeur du bassin arachidier sénégalais, la méthodologie adoptée pour compléter ces premiers resultats a porté sur l'élaboration d'une typologie des haies vives, l'évaluation de la perception paysanne de cette pratique et la typologie des adoptants et non adoptants. Nous avons également modélisé les conditions d'adoption des différents types de haie, en se basant sur diverses variables décrivant l'agriculteur, son système de culture et sa perception de la technique.

1) Parmi les résultats acquis, suite à des enquêtes, sur la perception que les paysans ont de la haie vive on peut noter :

- la préférence des paysans pour *Z. mauritiana* plante épineuse robuste, en raison de son efficacité pour la défense du champ et de l'intérêt qu'elle représente pour la production fruitière ;
- la protection contre l'érosion éolienne et la divagation des animaux sont tenus comme principaux avantages de la haie vive ;

- la sécurisation foncière est une des raisons principales de l'adoption de la haie vive. Kaya *et al.* (1994) constatent que la haie permet la matérialisation de la propriété terrienne dont elle garantit les limites. En effet l'appropriation permet à l'agriculteur ou à l'éleveur

d'avoir un meilleur contrôle sur la gestion de ses terres et de ses cultures ce qui lui permet d'entreprendre des améliorations foncières, des aménagements, des plantations, ainsi que des cultures délicates ;

- par contre, le manque d'actifs et de temps sont très souvent avancés comme contraintes à l'adoption de la haie vive. En effet, sauf pour quelques espèces bouturables en saison sèche, l'installation d'une haie vive se fait à un moment où le calendrier cultural est très chargé. Il est donc indispensable que les techniques d'installation des haies soient aussi économes en main d'oeuvre que possible et que les travaux puissent être menés dans une période où le calendrier agricole n'est pas trop surchargé. Un gros effort de recherche sur les thèmes socio-économiques doit être fait dans ce sens et surtout pour la phase d'implantation.

2) Une typologie basée sur des critères sociologiques, socio-économiques et sur la perception de cette technique par le paysan a été établie. Elle a fait apparaître les principales caractéristiques des adoptants de la haie vive. Les utilisateurs sont les agriculteurs âgés, de statut familial indépendant, ou encore des femmes, bien pourvus en main d'oeuvre, en parcelles de culture, en chevaux et pratiquant accessoirement soit l'élevage ou le maraîchage, conscients et informés des nuisances comme des avantages de la haie vive sur les cultures, et n'ayant pas l'idée qu'elle soit source de conflits avec les voisins.

3) Un modèle multivariable a été établi concernant l'adoption du mode de protection des parcelles, dans la zone d'étude. Il a permis de préciser l'importance relative des déterminants de l'adoption de la haie vive et de la haie morte par rapport à la haie vive + haie morte. Il ressort que :

- les plus âgés adoptent plus la haie vive, et les moins âgés plus la haie morte que la haie vive + la haie morte. Dans la zone d'étude, on ne peut installer une haie vive dans un champ que si l'on est le propriétaire, contrairement à la haie morte qui nécessite de plus

faibles investissements et qui peut être déplacée. Généralement ce sont les individus les plus âgés qui sont des propriétaires terriens ;

- Les ménages ayant une main d'oeuvre active importante adoptent moins la haie vive que la haie vive + la haie morte ;
- la présence de chevaux est déterminante pour l'adoption de la haie vive seule, plus que pour les autres techniques de protection. En effet, l'installation de la haie vive seule nécessite un travail intensif durant une courte période pour la plantation, d'où la nécessité d'un moyen de transport, contrairement aux autres techniques qui peuvent se faire progressivement ;

Le modèle a également permis de préciser le sens de l'effet des déterminants sur la l'adoption la haie vive. La probabilité d'adopter la haie vive augmente significativement si les paysans ciblés sont âgés, de statut familial indépendant, non scolarisés et s'ils ont au moins un cheval dans le ménage avec à l'idée qu'il y a une interaction entre la haie vive et les cultures et que la haie vive n'est pas source de conflit. Conscients des nuisances de la haie vive sur les cultures à proximité, les paysans adoptent malgré tout la haie vive. Delville (1996) constate que maximiser les rendements n'est que rarement un objectif du paysan. Minimiser les risques agronomiques ou économiques est, dans bien des cas, considéré comme plus important, même si cela peut conduire à des rendements faibles. La haie vive est un moyen d'appropriation foncière, elle diminue les risques liés à l'érosion éolienne et hydrique, et la divagation des animaux (Sanogo *et al.*, 2000).

Pour tenter de mieux expliquer l'interaction entre la haie vive et les cultures, souvent avancée par les paysans, une expérimentation agroécologique a été mise en place. Elle portait sur l'évaluation de l'effet de la haie vive sur les cultures en rapport avec les propriétés physico-chimiques et l'humidité du sol, la possibilité de développement des populations de nématodes liés au système racinaire des arbres introduits. Cette expérience, installée dans le champ d'un paysan a montré que :

- la haie vive a un effet dépressif sur les cultures d'arachide et de mil à sa proximité immédiate ;
- l'étendue de l'effet de la haie vive sur les cultures d'arachide diffère selon l'espèce de la haie vive. *B. rufescens* a moins d'effets négatifs que *Z. mauritiana* et *A. nilotica* ;
- l'effet dépressif de la haie vive sur l'arachide est plus lié à la disponibilité en eau qu'aux autres facteurs étudiés (fertilité du sol, concurrence des racines, nématodes) ;

- la fertilité, à proximité de *A. nilotica* apparaît être meilleure que pour les autres espèces. *A. nilotica*, légumineuse fixatrice d'azote peut dans sa zone d'enracinement maximale favoriser la nutrition azotée de l'arachide. Sur le plan nématologique, cette espèce ne favorisant pas la multiplication du genre *Scutellonema*, serait également la moins nocive.

Cette étude a permis de dégager des objectifs de recherche qui pourront compléter nos travaux. Il faudrait quantifier la production des haies vives et estimer leur impact économique pour les besoins du paysan. Pour les études sur l'interaction haie vive /culture, une recherche sur les successions culturales, ainsi que sur la phénologie comparée des espèces, pourrait permettre de mieux expliquer les différences de rendement à proximité de la haie.

A partir de cette étude socio-économique et écologique de la haie vive, on peut faire les recommandations ci-après :

Pour une meilleure adoption de la technologie haie vive, les agents du développement doivent 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) ; et là où la haie garantit la propriété d'un investissement important et des spéculations à forte valeur ajoutée (maraîchage, verger, élevage). La matérialisation de la propriété terrienne par la haie vive est, dans cette étude, considérée comme le facteur plus important pour les paysans, même si cela peut conduire à réduire les rendements à sa proximité. On peut néanmoins favoriser, soit *B. rufescens* si la culture principale est l'arachide, soit *A. nilotica* pour une meilleure fertilité du sol et s'il ya des problèmes de nématodes, soit *Z. mauritiana* pour les fruits qu'elle peut fournir ou encore le mélange d'espèce dans la haie. Il reste entendu que ces recommandations doivent être utilisées avec précaution, car elles émanent d'une seule situation, leur généralisation devant être soumise à des expériences complémentaires.

Malgré leur promotion, au sein des projets régionaux, les haies vives sont souvent le fait d'actions individuelles ou de groupes restreints au Sénégal. Dans le cas d'une adoption généralisée de cette technique au niveau d'un terroir villageois, ou même pour réhabiliter une région agroécologique, c'est au niveau du terroir et du paysage agraire qu'il faut conduire la réflexion. A terme, la reconstitution des paysages agraires et la réintroduction de l'arbre conduisent au réembocagement, qui nécessite l'approbation de l'ensemble des villageois.

Selon Terrasson (1983) Dupriez et Leener (1993), le bocage est une manière d'aménagement de l'espace de façon à ce que chaque parcelle soit entourée de haies vives. Il est constitué par l'ensemble de ces parcelles réunies en maillage et fonctionne comme un système intégré de facteurs multiples s'influençant les uns les autres. Il s'agit d'un aménagement concerté et voulu d'un territoire destiné à la production agricole, quelles que soient les raisons qui ont contribué à son édification (écologique ou non). En France Young, (1787) disait : « Sans enclosures, pas d'agriculture bonne et profitable ». L'embocagement peut se justifier dans le cas précis du sud bassin arachidier, car il prend en compte, les préoccupations environnementales en diminuant l'érosion hydrique et éolienne et en atténuant les excès climatiques, les aspects fonciers, la préservation de la biodiversité, l'accès contrôlé des animaux à certaines parcelles.

La création des haies vives sera effectuée conformément aux structures foncières, mais en respectant les droits d'usage traditionnels, l'accès aux ressources collectives, ainsi que le passage des hommes et de leurs animaux grâce à un réseau de chemins eux même bordés de haies. Les haies vives, très souvent mitoyennes entre deux propriétaires, seront constituées d'espèces résistantes pouvant présenter un usage fourrager, du bois de chauffe et de service et d'une production fruitière. La préférence ira aux espèces acceptées et déjà utilisées par les agriculteurs du lieu. A l'intérieur des parcelles ainsi embocagées, le propriétaire pourra continuer à pratiquer un assolement traditionnel du type vivrier et prévoir, pour les plus entreprenants, des jachères améliorées et des soles fourragères, ou simplement des bandes de fourrages à haut rendement le long des haies. De toute façon, la pérennité de ces réseaux de haies doit s'accompagner d'une intensification des systèmes de culture avec la création de vergers ou l'installation de cultures pérennes.

Un tel aménagement représente un lourd investissement financier et demande des études préalables (enquêtes de faisabilité auprès des propriétaires, entretiens pour régler les problèmes de mitoyenneté, étude foncière, réalisation du plan de masse, gestion du paysage et de la biodiversité, etc.). Il faut aussi assurer le suivi de certains indicateurs environnementaux et socio-économiques. Pour Schmutz (1994), « l'avenir des haies passe par un engagement des acteurs institutionnels ».

En effet, selon Louppe et Yossi (2000), si la politique des pays d’Afrique de l’Ouest est de favoriser la production agricole et de réduire les conflits fonciers, pour le bien être de leurs populations, il devient nécessaire et urgent pour les décideurs politiques et économiques de subventionner la mise en place des haies comme c’est le cas dans de nombreux pays, comme la France (Fondation de France, 1994). L’effort de recherche entrepris doit être poursuivi car si de nombreux résultats acquis sont déjà en cours de transfert, il faut en améliorer l’efficacité, continuer à diversifier les espèces végétales utilisables, améliorer les techniques d’installation et de gestion des haies pour principalement en augmenter la faisabilité, la fiabilité et en réduire les coûts.

5. REFERENCES 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.
- AGARWAL R.K., 1980. -Physico-chemical status of soils under khejri (*Prosopis cineraria* Linn.). In : Mann H.S. and Saxena S.K. (eds), Khejri (*Prosopis cineraria*) in the Indian Desert, pp 32-37. Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur, India.
- AKPO L.E., 1993.-Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. *Orstom éd.*, TDM, 174 p.
- AKPO L.E., 1998. -Effet de l'arbre sur la végétation herbacée dans quelques phytocénoses au Sénégal variation selon un gradient climatique. Thèse de Doctorat d'Etat. Univ. Cheick Anta Diop de Dakar. Option sciences naturelles 132p.
- ALVAREZ T., FRAMPTON G.K., GOULSON D. & BOLGER T., 1997. -Population dynamics of epigeic Collembola in arable fields : the importance of hedgerow proximity and crop type. IX International Colloquium on Apterygota, Dublin 1996. *Pedobiologia* 41: 1-3, 110-114.
- 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.
- BANZAF J., LEIHNER D., E. BUERKERT A. & SERAFINI P.G., 1992. -Soil tillage and windbreak effects on millet and cowpea : I. Wind speed, evaporation and wind erosion. *Agronomy Journal* 84 : 1056-1060.
- BELSKY A. J., MWONGA S.M. & DUXBURY J.M., 1993. -Effets of widely spaced trees and livestock grazing on understorey environments in tropical savannas. *Agroforestry System*, 24 : 1-20.
- BELSKY A.J., AMUNDSON R.G., DUXBURY J.M., RITHA S.J., ALI A.R. & MWONGA S.M. 1989. -The effect of trees on their physical, chemical, and biological environment in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 26 : 1005-1024.
- BENOIT-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.
- BERGER A., GROUZIS M. & FOURNIER C., 1996. -The waterstatus of six woody species coexisting in the Sahel (Ferlo, Senegal). *J. Trop. Ecol.*, 12 : 607-627.
- BERNHARD-REVERSAT F., 1982. -Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos* 38 : 321-332.
- BONKOUNGOU E.G., DJIMDE 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.

- BONKOUNGOU, E.G., 1985. -*Acacia albida Del.*, a multipurpose tree for arid and semi-arid zone. *FAO Forestry Genetic Ressources Information*, 13 : 30-36
- BOUYER J., HEMON D., CORDIER S., DERRIENNIC F., STÜCKER I., STENGEL B., & CLAVEL J., 1993. -Epidémiologie Principes et méthodes quantitatives. *INSERM Paris* 240-301.
- BREMAN H. & KESSLER J.J. 1995. -Woody Plants in Agro-ecosystems of semi-arid regions. Advanced series in agricultural sciences. *Springer-Verlag*, Berlin Heidelberg 23, 340 p.
- BRENNER A. J., JARVIS P. G. & BELDT R. J. VAN DEN 1995. -Windbreak-crop interactions in the Sahel. 2.Growth response of millet in shelter. *Agricultural and Forest Meteorology* 75:235-262.
- BRUNEAU E., VAN NITSEN L., ANDRE P. & BRUNEAU E., 1992. -Mellifera-development in farming areas. Example: hedgerows. *Bees for pollination*. Proceedings of an EC workshop, Brussels, Belgium, 2-3 March 1992. 151-165.
- BUREL F., 1996. -Hedgerows and their role in agricultural landscapes. -*Critical Reviews in Plant Sciences* : 15 : 2, 169-190.
- CADET P., BOIS J.F., PATE E., N'DIAYE-FAYE N. & FLORET C., 2000. -Diversité des nématodes parasites et durabilité du système culture-jachère au 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.
- CADET P., SANOGO D., ALBERGEL J. & PONTANIER R., 1999. -Rôle de haies pour la gestion des nématodes sur les bassins versants de la zone Soudano-sahélienne au Sénégal. *Ecologie* (sous presse).
- CAMPBELL B.M., FROST P., KING J.A., MAWARIZA M. & MHLANGA L., 1994. -The influence of trees on soil fertility on two contrasting semi-arid soil types at Matopos, Zimbabwe. *Agroforestry Systems*, 28: 159-172.
- CAPPS O., JR. & KRAMER R.A., 1985. -Analysis of food stamp participation using qualitative choice models. *American Journal Agriculture Economics* 67 : 49-59.
- CAUBEL-FORGET V. & GRIMALDI C., 1999. -Fonctionnement hydrologique et géochimique du talus/haie de ceinture de bas-fonds : conséquences sur le transfert et le devenir des nitrates. (Résumé). *Vllème journées françaises de l'Association Internationale d'Ecologie du paysage, rôle fonctionnel des lisière et des écotones*, 21-23 avril 1999, Besançon, France.
- 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.

CTFT. 1972. Notes sur les brise-vent et les haies-vives. CTFT Niger, Niamey : np.

DEAN G.A., DEAN J. A., COULOMBIER D., BURTON A.H., BRENDEL K.A., SIMITH D.C., DICKER R.C., SULLIVAN K.M. & FAGAN F.R., 1996. -Epi info, Version 6. Atlanta Georgia.

DELVILLE P.L., 1996. -Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel. Diagnostic et conseil aux paysans. Collection « le point sur » *Gret - Coopération Française – CTA*. 397 p.

DEPOMMIER D. & FREYCON V., 1990. -Note sur l'expérimentation en agroforesterie appliquée aux zones sèches : les haies vives. IRBET-CTFT, 16p.

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., JANODET E. & OLIVER R. 1992. -*Faidherbia albida* parks and their influence on soils and crops at Watinoma, Burkina Faso. In *Faidherbia albida* in the West African Semi-arid Tropics, Proceedings of a Workshop, 111-115 (Ed. R. J. Vandenbeldt). Patancheru, India : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

DHYANI S.K., NARAIN P. & SINGH R.K., 1990. -Studies on root distribution of five multipurpose tree species in Doon Valley, India. *Agroforestry systems* 12 : 149-161.

DIATTA M. 1994.- Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol, et sur la production primaire. Thèse de 3ème cycle. Univ. Pasteur de Strasbourg 1. Option géographie physique. 202 p. + annexes.

DIBLONI O.T., 1997. -Les haies-vives défensives au Burkina Faso : état des connaissances. INERA, Ouagadougou : 20p.

DUGUE P., 1996. -Quels appuis pour le développement des activités agroforestières et sylvicoles au Sine Saloum (Sénégal) ? *Le flamboyant*, 37 : 31-35.

DUNHAM K.M. 1992. -Comparative effects *Acacia albida* and *Kigelia africana* trees on soil characteristics in Zambezi riverine woodland. *Journal tropical Ecology*, 7 : 215-220.

DUPRIEZ H.& LEENER P., 1993. -Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique. *CTA - Terres et vie*, 280p.

ERVIN C.A. & ERVIN D.E., 1982. -Factors affecting the uses of soil conservation practices : hypotheses, evidence, policy implications. » *Land Econ.* 58 : 277-292.

FLORET C., PONTANIER R. & SERPANTIE G., 1993. -La jachère en Afrique tropicale. *Dossier MAB 16. UNESCO*, Paris, 86p.

FONDATION DE FRANCE, 1994. -Territoires dégradés, quelles solutions ? 33 expériences de génie écologique pour valoriser les espaces abandonnés ou menacés. *Fondation de France*. Paris 116 p.

FOURNIER C.H., 1995. –Fonctionnement hydrique de six espèces ligneuses coexistant dans une savane sahélienne (région du ferlo, Nord-Sénégal), Orstom, TDM, Paris.

FUJISAKA S., JAYSON E. & DAPUSALA A., 1994. -Trees, grasses, and weeds : species choices in farmer developed contour hedgrows. *Agroforestry systems* 25 : 13-22.

FUJISAKA S.,1993. -A case of farmer adaptation and adoption of contour hedgrows for soil conservation. *Experimental Agriculture*, 29 : 97-105.

GAPIHAN J. Y.,1998. -Pratiques paysannes d'agroforesterie et capacités d'adaptation au changement. Etude de cas du village de Dessimbbélé, Département de Korhogo, Côte-d'Ivoire. Mémoire de fin d'études, Master européen NATURA, CNEARC, Montpellier : 77p + annexe.

GAZET 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.

GERMANI G., BAUJARD P. & LUC M., 1985. La lutte contre les nématodes dans le bassin arachidier sénégalais. Paris, ORSTOM. 16 p.

GROOT J.J.R. & SOUMARE A., 1995. The roots of the matter : soil quality and tree roots in the Sahel. *Agroforestry Today* 7 (1): 9-11.

GROUZIS M., NIZINSKI J. & FOURNIER C., 1993. –L'arbre et l'herbe au Sahel : effet de l'arbre sur la composition et l'efficience de l'eau. P. 31-144. Reidacker A. *et al.* Eds (1993). Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. *Groupe d'étude de l'arbre*. Nancy, 27/3 au 6/4/1990.

HASSINK J., BOUWMAN L. A., ZWART K. B., BLOEM J. & BRUSSAARD L., 1993. – Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma*, 57 : 105-128.

HELMS G.L., BAILEY, D.V. & GLOVER T.F., 1987. -Government programs and adoption of conservation tillage practices on nonirrigated wheat farms. *Amer. J. Agr. Econ.* 69 : 786-795.

HERMANN L., 1996. Staubdeposition auf Böden West-Afrikas. Eigenschaften und Herkunftsgebiete der Stäube und ihr Einfluß auf Boden und Standortseigenschaften. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 36. Stuttgart, Germany : University of Hohenheim.

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.

HOEFSLOOT H., VANDERPOL F. & ROELEVELD L.,1993. Jachères améliorées. Options des systèmes de productions pour le développement en Afrique de l'Ouest. Etude Littéraire Royal Tropical Institute. Développement agricole, 83 p.

ISRA / DRPF, 1994.- Projet "Rôle de l'arbre en exploitation agricole" Rapport final d'exécution technique et avant projet régional d'agroforesterie ISRA Dakar, 74 p.

ISRA / DRPF, 1997. Plan stratégique Sud bassin arachidier. Première partie : caractérisation de la zone. ISRA Dakar, 25p .

JAMA B. NAIR P.K.R. & RAO M.R., 1995. -Productivity of hedgerow shrubs and maize under alley cropping and block planting systems in semiarid Kenya. *Agroforestry systems* 31 : 257-274.

JONSSON K., FIDJELAND L., MAGHEMBE J.A. & HÖGBER P., 1988. -The vertical distribution of fine roots of five trees species and maize in Morogoro, Tanzania. *Agroforestry Systems* 6 : 63-69

JOYCE K.A., JEPSON P.C., DONCASTER C.P., HOLLAND J. M. & COOPER A., 1997. - Arthropod distribution pattern and dispersal processes within the hedgerow. In POWER J. 1997. (Ed.) Species dispersal and land uses processes. Proceedings of the sixth annual IALE (UK) conference, Ulster, UK, 9-11september 1997 : 103-110.

KAMARA C. S. & HAQUE I., 1992. *Faidherbia albida* and its effects on Ethiopian highland vertisols. *Agroforestry Systems* 18:17-29.

KANG B.T., REYNOLD L. & ATTA-KRAH A.N., 1990. -Alley farming. *Advances in Agronomy* 43 : 315-359.

KATER L.J.M., KANTE S. & BUDELMAN A., 1992. -Karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry Systems*, 18: 89-105.

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.

KESSLER J. J. & BREMAN, H., 1991. -The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Sudanian zones of West Africa. *Agroforestry Systems* 13:41-62.

KESSLER J.J. & BONI J. 1991. -L'agroforesterie au Burkina Faso. Bilan et analyse. Nature conservation Dep, Wageningen Agric. Univ. Wageningen, *Resour. Manage.*, 144p.

KESSLER J.J. 1992. -The influence of karité (*Vitellaria paradoxa*) and néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth), trees on sorghum production in Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, 17 : 97-118.

KLEINMAN P.J.A., PIMENTEL D. & BRYANT R.B. 1995. -The ecological sustainability of slash-burn agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environnements*, 52 : 235-249.

KORSCHING P.F., STOFFERAHN C.W., NOWAK P.J. & WAGENER D., 1983. - Adoption characteristics and adoption patterns of minimum tillage : implications for soil conservation programs. *J. Soil and Water Conserv.*, 38 : 428-430.

KOTZAGEORGIS G.C. & MASON C.F., 1977. -Small mammal populations in relation to hedgerow structure in an arable landscape. *Journal of Zoology*, 242: 3, 425-434.

LEIHNER D. E., BUERKERT A., BANZHAF J. & SERAFINI, P. G. 1993. -Soil tillage and windbreak effects on millet and cowpea. II. Dry matter and grain yield. *Agronomy Journal*, 85 : 400-405.

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.

LONG S. P. & PERSAUD N. 1988. -Influence of neem (*Azadirachta indica*) windbreaks on millet yield, microclimate, and water use in Niger, West Africa. Paper presented at an International Conference on Dryland Agriculture, 19-22 August, 1988. Bushland / Arnarillo, Texas.

LOUPPE D. & OUATTARA N., 1990. -Deux années de recherches à la station CTFT de Lataha. CTFT, Korhogo : 48p.

LOUPPE D. & YOSSE 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.

LOUPPE D. 1989. -Note succincte sur les recherches en agroforesterie menées au Sénégal . ISRA-DRPF, Dakar, 15p.

LOUPPE D. 1991.- Réflexions sur les haie 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.

MADDALA G.S.,1983. -Limited dependant and qualitative variables in econometrics. *Econometric Society monograph* 3, Cambridge university press, Cambridge.

MAUDSLEY M.J., WEST T., -ROWCLIFFE H., MARSHALL E.J.P. & COOPER A., 1997. -Spatial variability in plant and insect (*Heteroptera*) communities in hedgerows in Great Britain. In POWER J. (ed.); Species dispersal and land use processes. Proceedings of the Sixth Annual IALE (UK) Conference, Ulster, UK, 9-11 September, 1997 : 229-236.

MICHELS K., LAMERS J. K. A. & BUERKERT A., 1998. -Effects of windbreak species and mulching on wind erosion and millet yield in the Sahel. *Expl.Agric.*, 34 : 449-464.

MOHAMED A.E., STIGTER C.J. & ADAM H.S., 1995. -Moving sand and consequences on and near a severely desertified environment and a protective shelterbelt. *Arid soil research and rehabilitation*, 9 : 4, 423-435.

MORDELET P., 1993. -Influence of tree shading on carbon assimilation of grass leaves in Lamto savana, Côte-d'Ivoire. *Acta Oecologica* 119-127.

NAIR P.K.R., 1993. -An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- NAMBIAR E. K. S. & SANDS R. 1993. -Competition for water and nutrients in forests. *Can. J. For. Res.* 23 : 1955-1968.
- NAPIER T.L., THRAEM C.S., GORE A. & GORE W.R., 1984. -Factors affecting adoption of conventional and conservation tillage practices in Ohio. *J. Soil and water conserv.* 39 : 205-208.
- NETSCHER C. & SIKORA R. A., 1990. -Nematode parasites of vegetables. -Plant Parasitic Nematodes in Subtropical Agriculture. *Wallingford, U.K., C.A.B. International* : 237-283.
- NETSCHER C., 1981. -Arbres résistants aux *Meloidogyne sp.* : Utilisation comme brise-vent au Sénégal. *Agronomie tropicale*, 26 : 175-177.
- NIANG M.M., 1990. -Contribution à la connaissance et à la valorisation des systèmes agroforestiers traditionnels au sud du bassin arachidier (Sénégal) - Cas du système à parc à *Cordyla pinnata* Lepr.. Mémoire d'ingénieurs des Eaux et Forêts et Chasses. Centre universitaire de Dschang. Option foresterie. 60p.
- NICOLI G., LIMONTA L., CAVAZZUTI C. & POZZATI M., 1995. -Il ruolo dell siepii nell'ecologia del campo coltivato. I. Prime indagini sui Coccinellidi predatori di afidi. *Informatore Fitopatologico*: 45 : 7-8, 58-64.
- NYE P.H. & GREENLAND D.J., 1960. -The soil under shifting cultivation. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal. Boucks. England, 153 p.
- OKORIO J. 1992. -The effect of *Faidherbia albida* (Del.) chev. on soil properties in a semi-arid environment in Morogoro, Tanzania. 117-120. In: R.J. vandenbeldt (Editor). *Faidherbia albida* (Del) Chev. in the west african semi-arid tropics. *Faidherbia albida* (Del) chev. Workshop. April 22-26, 1991. ICRISAT/ICRAF. Niamey, Niger.
- ONG C.K., CORLETT J.E., SINGH R.P. & BLACK C.R., 1991. -Above and below ground interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 45: 45-57.
- OÚATTARA 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.
- PATE E., 1997. -Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes phytoparasites dans les systèmes de culture à jachère au Sénégal. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon France. 208 p.
- PEARCY R.W. & EHLINGER J., 1984. -Comparative ecophysiology of C₃ and C₄ plants. *Plants, Cell. Env.* 7 : 1-13.
- PEREZ P., ALBERGEL J., DIATTA M., GROUZIS M. & SENE M., 1997. -Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. Experiments at the hillside scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 65 : 95-106.

- PEREZ P., SARR P.S. & SENE 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.
- PROT J. C., 1975. -Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne spp.* vers les racines. *Cahier ORSTOM. Sér. Biol.* 10: 251-262.
- PROT J. C., 1986. -Sensibilité de sept légumineuses arborescentes aux nématodes *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Scutellonema cavenessi* et *Dolichorynchus elegans*. *Revue. Nématol.*, 9 : 416-418.
- PURI S. & BANGARWA K.S., 1992. -Effects of trees on the yield of irrigated wheat crop in semi-arid regions. *Agroforestry Systems* 20 : 229-241.
- RAO D.L.N., GILL H.S. & IBROL I.P. 1990. -Regional experience with perennial *Sesbania* in India. In : Macklin B and Evans DO (eds), *Perennial Sesbania Species in Agroforestry*, pp 189-198, NFTA, Waimanalo, Hawaii, USA.
- RAO M. R., NAIR P.K.R. & ONG C.K., 1998. -Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry systems* 38 : 3-50.
- RENARD C. & VANDENBELT R. J. 1990. -Bordures d' *Andropogon gayanus* Kunth comme moyen de lutte contre l'érosion éolienne au Sahel. *Agronomie tropicale* 45 : 227-231.
- RUTHERFORD M.C., 1982. -Woody plant biomass distribution in *Burkea africana* savanna. In : Huntley B.J. Walker, B. (eds.), *Ecology of tropical savannas*. Ecological studies Springer, 120-142.
- SANOOGO 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.
- SCHMUTZ T., 1994. -L'avenir des haies passe par un engagement des acteurs institutionnels. *Revue Forestière Française, Numéro special : Agroforesterie en zone tempérée.* 46 : 125-129.
- SCHWARTZ D., 1963. -Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. *Flammarion Médecine-Sciences*, troisième édition Paris, 303 p.
- SEINHORT, J. W., 1962.-Modification of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.
- SIMON S., DEFRANCE H. & RIEUX R., 1997. -Etude d'une haie composite et modes de conduite du couvert du sol dans un verger de poiriers. Quatrième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, 6-7-8 janvier 1997, le Corum, Montpellier, France. Tome 2, 355-362.

- SINGH R.P., ONG C.K. & SAHARAN N. 1989. -Above and below ground competitions in alley-cropping in semi-arid India. *Agroforestry Systems* 9 : 259-274.
- SMITH D. M., JARVIS P. G. & ODONGO, J. C. W., 1997. -Sources of water used by trees and millet in Sahelian windbreak systems. *Journal of Hydrology* 198 : 140-153.
- SOUMARE A., GROOT J.J.R., KONE D. & RADER SMA S., 1994. -Structure spatiale du système racinaire de deux arbres du Sahel : *Acacia seyal* et *Sclerocarya birrea*. Rapport PSS n° 5, IER, Bamako, / AB DLO, Wageningen et Haren/DAN-UAW, Wageningen.
- 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.
- SWIFT M. J. & WOOPER P., 1993. -Organic matter and the sustainability of agricultural systems : Definition and measurement. In soil organic matter dynamique and sustainability of tropical agriculture. Proceedings of international symposium, 4-6 november 1991, Leuven, Belgium. Mulongoy, K. et Merck R. (eds) John Wiley and Sons, 3-18.
- SZOTT L.T. & KASS D.C.L. 1993. Fertilizers in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 23 : 157-176.
- TERRASSON F., 1983. -A l'orée de la forêt : le bocage dans « forêts et protection de la nature »- Editions France Nature Environnement, 5 p.
- THIOULOUSE J. DEVILLERS J., CHESSEL D. & AUDA Y., 1991.-Graphical techniques for multidimensional data analysis. In : Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies. Devillers, J. et Karcher W. (Eds.) *Kluwer Academic Publishers*. 153-205.
- TOMLINSON H., TEKLEHAIMANOT Z., TRAORE A. & OLAPADE E. 1995. -Soil amelioration and root symbioses of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. in West Africa. *Agroforestry Systems* 30:145-159.
- TOMLINSON H. TRAORE A. & TEKLEHAIMANOT Z., 1997. -An investigation of root distribution of *Parkia biglobosa* in Burkina Faso, West africa, using a logarithmic spiral trench. *Forest Ecology and management* 107 : 173-182. *Agroforestry Systems* 30:145-159.
- VANDENBELT R. J., 1991. -Rooting systems of western and southern African *Faidherbia albida* (Del.) A.Chev. (syn. *Acacia albida* Del.) - a comparative analysis with biogeographic implications. *Agroforestry Systems*, 14 : 233-244.
- VILLENAVE C. & CADET P., 1998. -Interaction of *Helicotylenchus dihystra*, *Pratylenchus pseudopratensis* and *Tylenchorhynchus gladiolatus* on two plants from the soudano sahelian zone of West Africa. *Nematropica*, sous presse.
- WALKER B.H., LUDWIG D., HOLLING C.S. & PETERMAN R.M., 1981. -Stability of semi-arid savana grazing systems. *J.Ecol* 69 : 473-498.

- WALTER H., 1973.- Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions. Springer, Berlin heidelberg New york, 237 p.
- WIERSUM K. F., 1994. -Farmer adoption of contour hedgerow intercropping, a case study from east Indonesia. *Agroforestry Systems* 27 : 163-182.
- WILLIAMS J.R., LLEWELYN R.V. & BARNABY G.A., 1990.-Risk analysis of tillage alternatives with government programs. *Amer. J. Agr.Econ.*, 72 : 172-191.
- WILSON J.R. CATCHPOLE V.R., & WEIER K.L.,1986. -Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on Brigalow clay soil. *Tropical grassland* 20 : 134-143.
- WU J. & BABCOCK B. A. 1998. -The choice of tillage, rotation, and soil testing practices : Economic and environmental implications. *Amer. J. Agr. Econ.*, 80 : 494-511.
- YADAV J. P., SHARMA K. K. & KHANNA, P. 1993. -Effects of *Acacia nilotica* on mustard crop. *Agroforestry Systems* 21 : 91-98.
- YOUNG A. 1989. Agroforestry for soil conservation., CAB International, Wallingford *Science Praticce Agroforestry* 4, 276 p.
- YOUNG A., 1787. -Voyage en france. *Collection 1018*. 311 p
- ZWOLFER H. & STECHMANN D.H., 1989. -Struktur und Funktion von Hecken in ticerokologischer Sicht. *Verhandlungen Gesellschaftfur Okologie* : 17: 643-656.

**6. ANNEXE : FORMULAIRE D'ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE
POUR L'EVALUATION DE L'ADOPTION DE LA HAIE VIVE.**

Orstom
Dakar
1997

Laboratoire d'Ecologie végétale
Enquête haie vive
Site de : _____

ENQUETE SOCIO-ECONOMIQUE

Partie à ne pas
remplir par
l'enquêteur

Dossier n° : _____ / _ / _ / _ / _ /

Nom enquêteur : _____

Date : _____ / _ / _ / _ / _ / _ /

Village : _____ / _ /

Communauté rurale : _____ / _ /

Arrondissement : _____ / _ /

Région : _____ / _ /

I - Caractéristiques sociologiques

1. Identité du répondant : _____
2. Age: _____ / _ / _ /
3. Sexe : 1 = masculin 2 = féminin / _ /
4. Situation matrimoniale. 1 = marié 2 = célibataire 3 = veuf / _ /
5. Ethnie : _____ / _ /
6. Religion : _____ / _ /
7. Statut : _____ / _ /
8. Appartient-il à un groupement villageois ? 1 = oui 2 = non / _ /
9. Scolarisation 1 = oui 2 = non / _ /
- Si oui, précisez dernière classe fréquentée (ou nombre d'années d'étude) _____ / _ / _ /
10. Autres personnes scolarisées 1 = oui 2 = non / _ /
- Si oui, nombre _____ / _ / _ /
11. Répartition nombre de personnes par tranche d'âge et sexe (remplir le tableau si dessous)

Effectif	0-7 ans	8-14 ans	15-59 ans	+ de 59 ans
Masculin				
Féminin				

12. Nombre total de personnes dans le ménage : _____ / ___ /

13. Quelle est votre principale activité ? _____ / ___ /

15. Autres activités ? 1 = oui 2 = non / ___ /

si oui lesquelles ?

15.1 _____ / ___ /

15.2 _____ / ___ /

15.3 _____ / ___ /

II Caractéristiques des Exploitations

1. Nombre de parcelles du ménage _____ / ___ /

2. Pratiquez vous l'élevage ? 1 = oui 2 = non / ___ /

Si oui, remplir le tableau ci-dessous

Type de bétail	bovins	caprins	ovins	équins	assins
Nombre					

3. Citez les pratiques traditionnelles utilisées dans votre terroir pour la protection des champs de culture de saison et de contre saison ? _____

4. Etes - vous propriétaire d'une ou des haies vives 1 = oui 2 = non / ___ /

Si oui

6. Nombre de champs avec une haie vive? _____ / ___ / ___ /

D'où vous est venu l'idée d'implanter

Si aucune aller à la question 19

. Si oui décrire les champs ayant une ou plusieurs haies vives

N° parcelle	Superficie	Type de champ ¹	Année implantation haie	longueur de la haie	Espèces présentes	culture pratiquée	propriétaire ou locataire

¹ Champ de case = 1 champ intermédiaire = 2 champ de brousse = 3

8. Décrivez la structure des haies vives selon la disposition des espèces

N° Parcelle	Description	/ / / /
_____	_____	/ / / /
_____	_____	/ / / /
_____	_____	/ / / /
_____	_____	/ / / /

9. Pour quelles raisons vous avez adopté la haie vive ?

10. Citez selon les espèces de haie vives les avantages et les inconvénients de ces dernières

Espèces	Avantages	Inconvénients	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /
_____	_____	_____	/ / / /

11. Avez-vous participé au choix des espèces pour la haie vive? 1 = Oui 2 = Non / /

12. Citez les nouvelles espèces introduites dans votre terroir :

13. Quelles sont par ordre de priorité les espèces que vous aimeriez avoir dans vos haies ?

a) _____ justifiez votre choix : _____

b) _____ Justifiez votre choix : _____

_____ Justifiez votre choix : _____

14. Quelle structure de la haie (disposition des espèces) auriez vous préférée

a) _____ justifiez votre choix : _____

b) _____ justifiez votre choix : _____

c) _____ justifiez votre choix : _____

15. Savez-vous comment mettre en place une haie vive ? 1 = oui 2 = non / ___/

Si oui, précisez le temps qu'elle vous prend _____

16. Avez-vous des difficultés pour mettre en place une haie vive ? 1 = oui 2 = non / ___/

Si oui, précisez : _____

16.1. Avez-vous des stratégies (ou solutions) pour contourner ces difficultés ?

1 = oui 2 = non / ___/

Si oui, lesquelles : _____

17 Gérez-vous votre haie ? :

1 = oui 2 = non / ___/

Si oui précisez :

17.1. Comment vous la gérez ? _____

Combien de temps la gestion vous prend ? _____

17.2. Y a t - il des avantages dans la gestion des haies vives ? 1 = oui 2 = non / ___/

Si oui, lesquelles : _____

17.3. Y a t - il des inconvénients dans la gestion des haies vives ? 1 = oui 2 = non / ___/

Si oui, lesquelles : _____

17.4 . Quelles sont les difficultés que vous rencontrez dans la gestion des haies vives ?

17.5. Précisez la nature des difficultés selon les espèces :

Espèces	Difficultés
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /

17.6. Avez-vous des stratégies (ou solutions) pour contourner les difficultés de la gestion ?

1 = oui 2 = non / ____ /

Si oui, lesquelles : _____

18. Quelle utilisation faites-vous des produits de la haie ?

Nature produits	Utilisation
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /

18.1. Indiquez la quantité des produits auto - consommés

Nature produits	Quantité par an (fagot, sceau,...)
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /

18.2. Pour les produits vendus, indiquez le revenu annuel

Nature produits	Revenu annuel
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /
_____	_____ / ____ / ____ /

19. La haie vive fait-elle l'objet d'une appropriation ? 1 = oui 2 = non / ____ /

20. la mise en place des haies vives est-elle une source de conflit dans votre localité ?

1 = oui 2 = non / ____ /

Si oui spécifiez

