

Rôle potentiel des haies vives pour la gestion des nématodes sur les bassins versants de la zone soudano-sahélienne au Sénégal

P. Cadet¹ & Diaminatou Sanogo^{2*}

Keywords: Nematodes- Planted hedges- Soudano-sahelian area- Runoff water- Senegal

Dédicace

Nous dédions cet article au Dr Roger Pontanier, Directeur de Recherche, Chef de programme Jachère, décédé dans l'exercice de ses fonctions et co-auteur de cet article.

Résumé

L'influence sur les peuplements de nématodes, de trois types de haies vives (Zizyphus mauritiana, Bauhinia rufescens et Acacia nilotica), a été étudiée à Sinthiou Kohel, dans la zone soudano-sahélienne du Sénégal. La présence d'une haie favorise l'établissement d'un peuplement de nématodes phytoparasites plus important que celui des champs voisins. Son effet se fait sentir jusqu'à plus de 40 cm de profondeur et sur environ 2 à 8 m de part et d'autre de la haie. A. nilotica est la plante la moins favorable à la multiplication des nématodes phytoparasites. L'accroissement de la taille du peuplement s'accompagne d'une augmentation de la diversité spécifique, notamment dans la rhizosphère de Z. mauritiana. La haie permet le développement d'espèces qui n'existent plus dans les parcelles cultivées situées en amont et en aval. Les nématodes saprophytes sont plus abondants au niveau de la haie, quelle que soit la profondeur. L'influence de la haie se manifeste sur environ 5 m en aval contre seulement 2 à 3 m en amont. L'intérêt de la présence des haies, implantées dans cette zone pour limiter l'érosion, est discuté par rapport à leurs potentialités pour la gestion spatiale des parasites telluriques et de la fertilité, en exploitant le bio-fonctionnement du sol et les capacités de dissémination des microorganismes par le ruissellement.

Summary

Potential Role of Live Fences for Nematode Management on Watersheds in the Senegalese Sudano-sahelian Area
The influence on the nematode communities of three type of live fences (Zizyphus mauritiana, Bauhinia rufescens and Acacia nilotica) was studied in Sinthiou Kohel, in the sudano-sahelian area of Senegal. Numbers of plant parasitic nematode were greater in the vicinity of the live hedge than in the adjacent fields. The effect was apparent to a depth of 40 cm and 2 to 8 m up and downhill. Fewer plant parasitic nematode were recovered from A. nilotica than from the two other plant species. The increase in size of the community was associated with an increase in species diversity, mainly in the Z. mauritiana rhizosphere. Live hedge supported nematode species that were not present in the adjacent fields. Free living nematodes were more abundant under the live fences, whatever the sampling depth. Live fences influenced these nematodes over almost 5 m downhill against only 2 to 3 m uphill. The importance of the live fences, established in this area to prevent erosion, is discussed in relation to their potential for the management of soil parasites and soil fertility factors, that can be transported in runoff water.

Introduction

Les jachères naturelles de très longues durées ont toujours joué un rôle essentiel pour le maintien de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de la zone soudano-sahélienne. Ces espaces servent également de zones de parcours pour le bétail et permettent aux populations de récolter le bois de chauffe et divers produits d'appoints (plantes médicinales, fruits, gibiers, bois de construction ...) (15). L'accroissement de la population humaine et des besoins en produits vivriers a entraîné un allongement des périodes de culture et par conséquent la quasi-disparition de ces jachères et de leurs fonctions de production primaire. L'absence d'adaptation du système de culture à cette intensification a entraîné parallèlement des problèmes de baisse de fertilité (22). Il apparaît donc de plus en plus indispensable d'aménager l'espace pour promouvoir d'une manière durable les ressources pastorale et forestière, mais avec les contraintes incontournables d'une production agricole qui doit nécessairement être en constante augmentation (5).

Dans ce contexte, les haies vives, qui n'immobilisent pas de surfaces importantes de sol, apparaissent comme un élément déterminant. Elles matérialisent des limites physiques entre les parcelles aménagées qui sont généralement bien acceptées (21) et elles assurent une

certaine protection des récoltes contre le bétail. Dans cette perspective d'intensification agricole et de pérennisation de nouveaux paysages agraires, les haies vives peuvent regrouper durablement un grand nombre d'espèces végétales, notamment ligneuses. Elles offriraient donc tous les avantages d'une jachère permanente de longue durée sans en présenter les inconvénients en terme d'occupation de l'espace, si l'on fait abstraction des opérations nécessaires à son entretien.

Cependant, la jachère est employée pour améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols (18), et même si elle favorise aussi la multiplication de parasites telluriques comme les nématodes, le bilan reste positif pendant un certain temps (7, 22).

À la différence d'une jachère, la haie reste en place, et par conséquent, la récupération, par la plante cultivée située à proximité, des nutriments abiotiques résultant de sa présence apparaît plus aléatoire, et forcément limité à la bordure. En revanche, pour les facteurs biologiques, susceptibles de se propager par eux-mêmes, la présence de la haie peut engendrer un problème (abris pour les prédateurs des cultures), par exemple en cas de contamination des cultures adjacentes par les nématodes phytoparasites (25). L'objectif de cette étude est donc de mesurer, au niveau des cultures

¹IRD, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Adresse actuelle: SASEX Private Bag X02, Mount Edgecombe, Afrique du Sud.

²ISRA/CNRF BP 2312, Dakar, Sénégal.

Tel: (221) 832 32 19 Fax: (221) 832 96 17 E-mail: sdiami@yahoo.fr

Reçu le 21.10.05 et accepté pour publication le 31.03.06.

vivrières extensives, l'influence d'une haie sur le transfert latéral des activités nématologiques et les conséquences au niveau du bassin versant en termes de fertilité potentielle.

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée à Sinthiou Kohel, situé à 13 km de Niore au sud du bassin arachidier du Sénégal. Le climat est de type soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle qui peut atteindre 650 mm. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés (12), fortement ferralitiques sur grès sablo-argileux, pauvres en matières organiques et en éléments nutritifs. Les principales cultures de la région sont le mil et l'arachide. La température varie entre 35 et 45 °C. La température minimale moyenne est de 28 °C.

Le choix du village a été guidé par une bonne représentativité des types de haies vives identifiés dans la zone d'étude et aussi par les conditions de sols et de climat, favorables aux cultures de mil et d'arachide. Les haies qui ont servi à cette étude ont été plantées en 1988, perpendiculairement à la pente. Elles ont un caractère mono spécifique, bien que divers ligneux secondaires et des herbacées, se soient développés en bordure. Les quatre espèces végétales dominantes dans chaque haie sont: *Zizyphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens* et *Acacia nilotica*.

Les prélèvements ont été effectués le long de transects perpendiculaires à la haie, au bord (0 m), puis à 1, 2, 5, 8 et 10 m, en amont et en aval. Les échantillons de sol (1 dm³) ont été collectés verticalement dans 3 horizons, indépendamment de la présence de racine: 0-15 cm, 15-40 cm et 40-60 cm, en novembre, c'est-à-dire en fin de saison des pluies. Les champs, de part et d'autre de la haie, étaient tous cultivés en arachide.

Les nématodes ont été extraits de chaque échantillon de sol par la technique de Seinhorst (28), puis identifiés et dénombrés sous le 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 nématodes libres, dénombrés globalement, dont une large majorité est représentée par les nématodes saprophages.

Résultats

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 entre 2 et 10 m de la haie, qu'à proximité immédiate de son pied ou encore à 10 m dans les parcelles cultivées avoisinantes (Figure 1A). Le même phénomène se reproduit dans l'horizon le plus profond (40 à 60 cm), mais avec une amplitude extrêmement faible. La zone d'influence de la haie se manifeste de manière plus évidente en aval qu'en amont et sur des distances de respectivement 5 et 2 à 3 m. C'est dans l'horizon de surface (0-15 cm) que les densités sont les plus élevées (18000 nématodes/dm³ de sol), mais un peuplement non négligeable apparaît entre 15 et 40 cm de profondeur (1300 nématodes/dm³ de sol), et à proximité de la haie (1 à 2 m).

Parmi les trois espèces végétales, *B. rufescens* et *Z. mauritiana* se comportent de la même manière dans l'horizon superficiel vis-à-vis des nématodes phytoparasites, par l'apparition d'un peuplement très important entre 1 et 2 m de la haie (Figures 1 B à D), alors qu'il est généralement plus faible au pied même de la haie. La situation inverse se produit pour *A. nilotica*. Les nématodes sont peu abondants entre 1 et 2 m de la haie et ils se multiplient fortement entre 5 et 8 m de distance. Mais cette situation particulière ne se reproduit pas dans les horizons plus profonds. En revanche, l'effet observé en surface se manifeste à nouveau en profondeur pour les deux autres espèces végétales.

2) Évolution de la composition spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites

Sept espèces de nématodes phytoparasites importants ont été dénombrées dans les échantillons prélevés le long des trois transects: *Scutellonema cavenessi*, *Helicotylenchus dihystra*, *Tylenchorhynchus avaricus*, *gladiolatus* et *mashhoodi*, *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 2). 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'en 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 sa 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* dans l'horizon 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 caractéristiques nématologiques très particulières: *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) Évolution de la richesse spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites

Le nombre d'espèces présentes dans le peuplement diminue lorsqu'on s'éloigne de la haie. À 10 m à l'intérieur du champ, on ne rencontre généralement que 1 à 3 espèces (Figure 3). 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 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 de *Z. mauritiana*. Pour *A. nilotica*, dans l'horizon le plus profond, les nématodes sont présents le plus souvent en population monospécifique.

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 4 A). 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 et 40 cm de profondeur et de manière très 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).

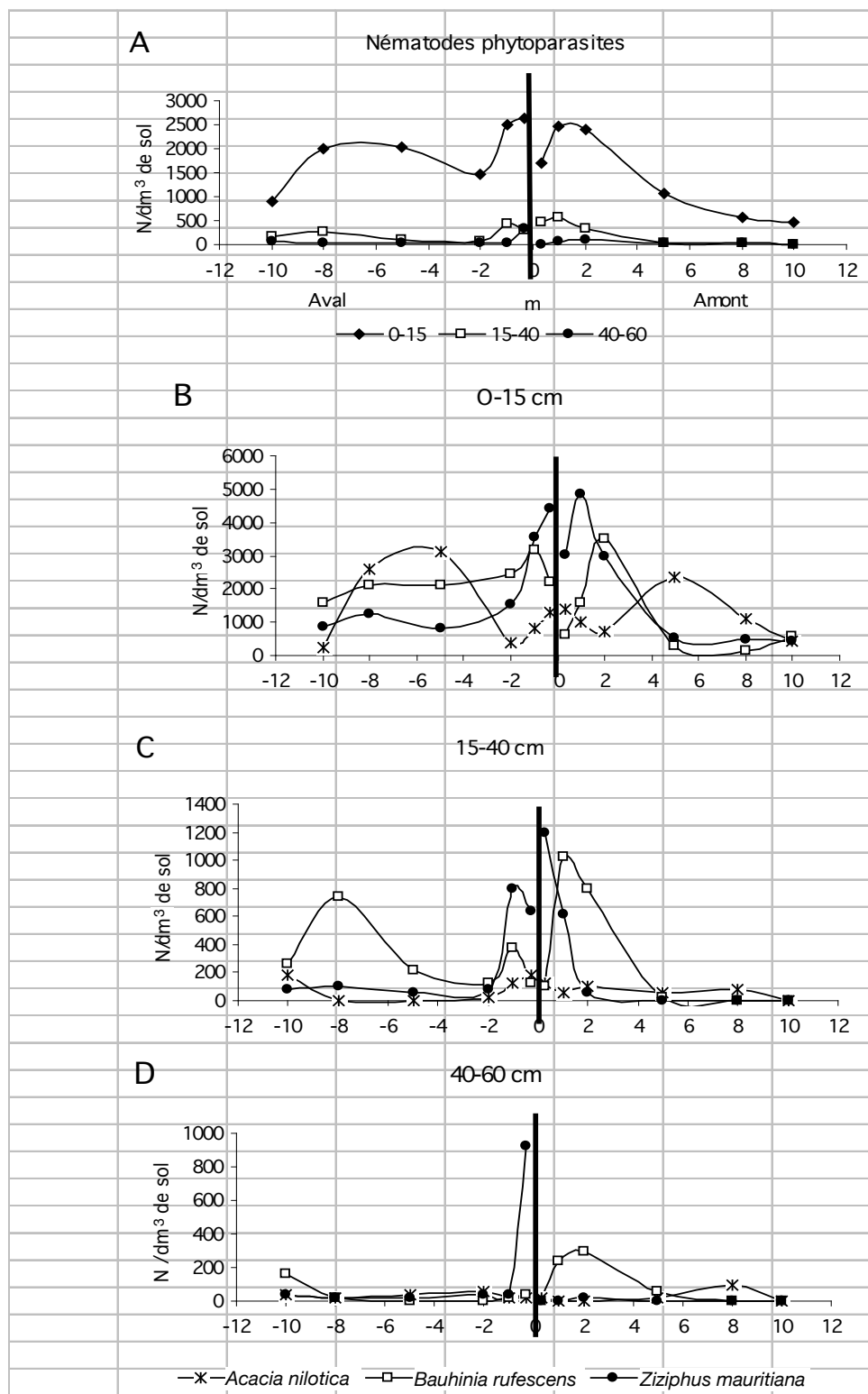


Figure 1: Evolution des densités d'infestation en nématodes phytoparasites (N/dm³) le long des transects, en fonction de la profondeur (cm), pour l'ensemble des haies (A) et pour chaque type de haie (B à D).

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 (Figure 1 B à D). *B. rufescens* apparaît plus favorable au développement des nématodes libres en profondeur et en amont, et *Z. mauritiana* en aval, en bordure de la haie.

Discussion

Incidence locale de la haie vive: effet de bordure

Le nématode phytoparasite se développe aux dépens des racines des plantes et leur 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 (23). Comme tous les organismes, les nématodes peuvent coloniser l'espace à la faveur de l'accroissement "en taches" des populations, même si leur propre autonomie est très limitée en raison de leur taille et de leur morphologie

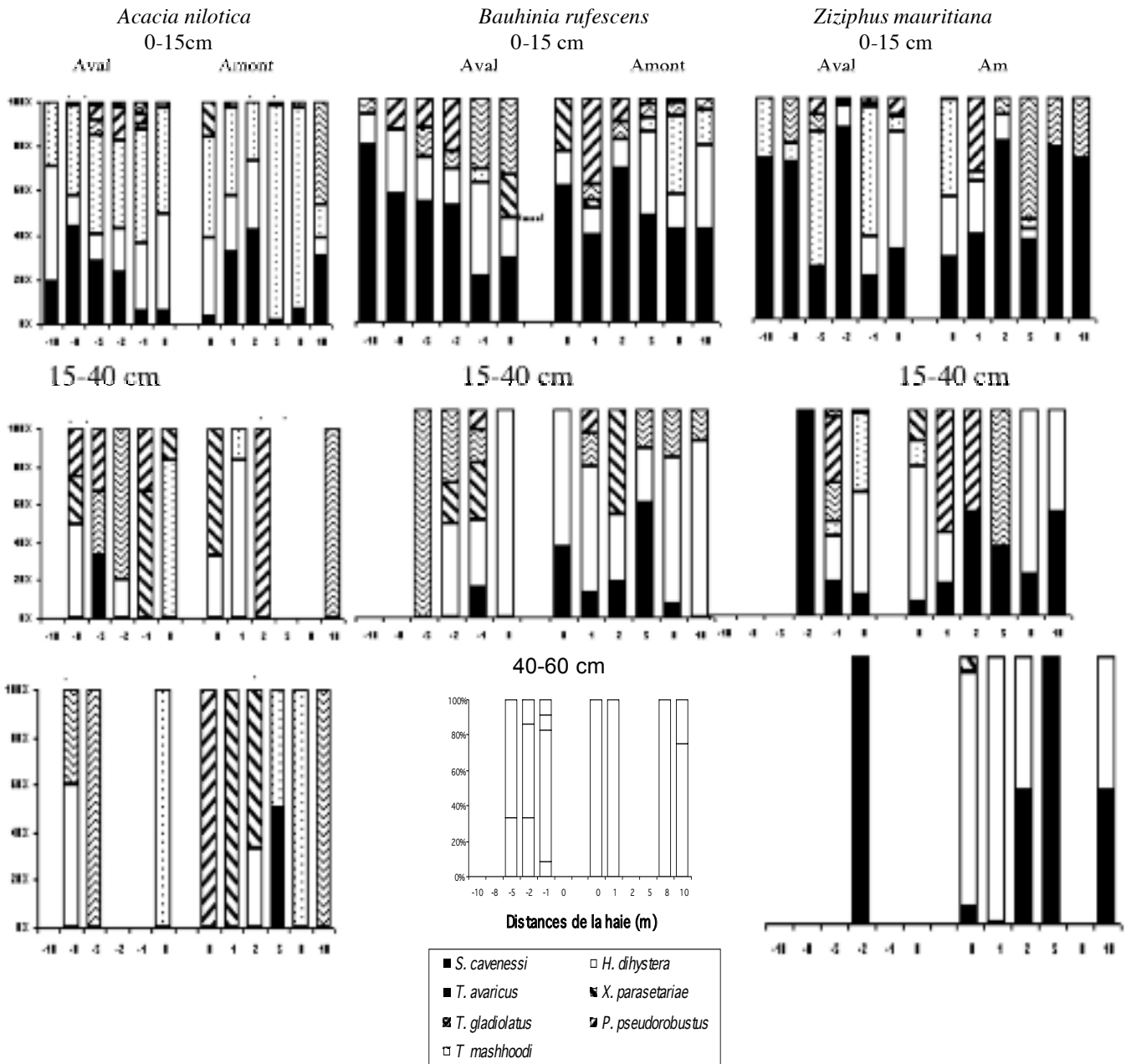


Figure 2: Evolution des proportions relatives des différentes espèces qui composent le peuplement de nématodes phytoparasites le long des transects pour chaque type de haie, en fonction de la profondeur.

(24, 26). Cette situation existe dans certains cas, comme pour les cultures maraîchères au Sénégal, lorsque des haies brise-vent ont été constituées avec *Prosopis juliflora* (27). Cette légumineuse favorise la pullulation des nématodes à galle du genre *Meloidogyne* qui attaquent et détruisent les cultures maraîchères.

Dans le cas des cultures vivrières du bassin arachidier (mil, arachide, haricot), la situation est différente. La présence de certaines espèces comme *T. avaricus* tend à montrer que les haies s'apparentent à des zones de jachère très anciennes, puisque dans cette région, cette espèce se développe essentiellement dans les forêts ou dans de telles jachères, c'est-à-dire des écosystèmes très stables (25). Cette observation est renforcée par la présence, en proportion importantes, des genres *Xiphinema* et *Helicotylenchus*, également indicateurs d'une restauration et d'une stabilisation du milieu sous l'effet de la jachère (32). La haie vive provoque un effet comparable à 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 mesurée par le nombre d'espèces présentes. Au plan de la nocuité, les résultats obtenus dans des expériences en serre montrent que la diversité spécifique du peuplement de la jachère semble atténuer son effet pathogène par rapport au peuplement, composé essentiellement de deux espèces, qui existe dans les champs cultivés, et qui est pathogène (15). Contrairement au cas évoqué précédemment pour les cultures intensives maraîchères, l'aptitude des haies d'*A. nilotica*, de *Z. mauritiana* ou de *B. rufescens* à maintenir dans la zone, non pas une seule, mais un grand nombre d'espèces de nématodes, est de nature à réduire l'effet pathogène du peuplement constitué par ces différentes espèces de nématodes, en cas de contamination des cultures. La présence de *H. dihystra* est extrêmement importante, car cette espèce semble avoir un effet modérateur sur la pathogénie du peuplement auquel elle appartient (31). Parmi les types de haies étudiés, celle constituée avec *A.*

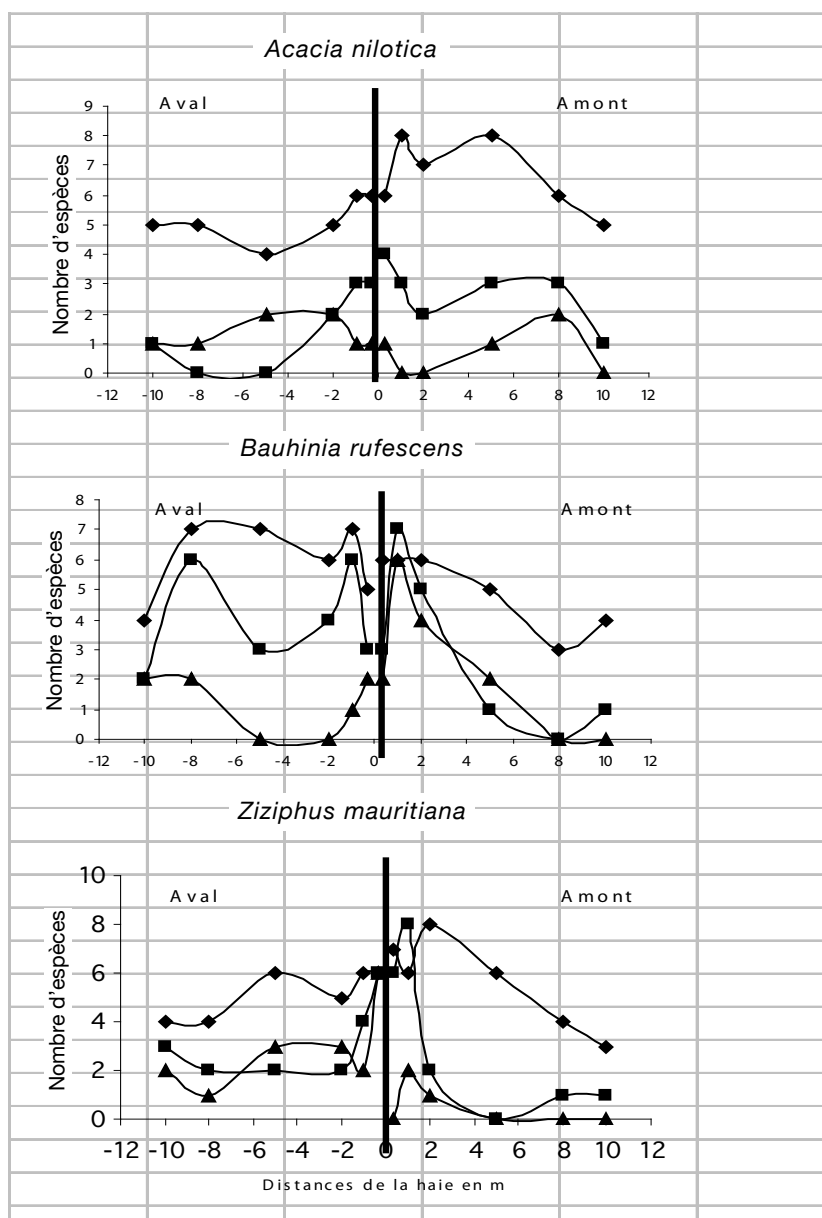


Figure 3: Evolution du nombre d'espèces de nématodes phytoparasites importantes au plan agronomique en fonction de la distance à la haie et de la profondeur (cm), pour les 3 espèces végétales.

nilotica apparaît la plus intéressante au plan nématologique puisqu'elle ne favorise pas la multiplication de *S. cavenessi* qui est l'une des espèces dominantes sur les cultures de la région (17). Enfin, la diversité nématologique peut être enrichie ou maintenue grâce à l'action brise-vent des haies qui entraîne l'accumulation des particules transportées par le vent (14, 20), sur lesquelles des nématodes peuvent être fixés sous forme anhydrobiotique (4).

Dans l'horizon superficiel, l'influence de *A. nilotica* est très différente de celle des deux autres espèces or, son système racinaire par pivot ne permet pas d'expliquer la multiplication des nématodes phytoparasites à 5 m de la haie par la présence de racines de cet arbre. Ce phénomène pourrait donc résulter d'un effet de bordure qui a favorisé la croissance des mauvaises herbes. Les nématodes phytoparasites ont pu ainsi disposer d'une masse importante de racines pour édifier un peuplement particulièrement abondant et *a priori* peu pathogène puisque très diversifié.

Cet effet "haie" se manifeste également en profondeur, mais généralement sous la haie ou à proximité immédiate. La présence des racines des ligneux, dans ces couches

qui restent longtemps humides, permet certainement une activité des nématodes pendant une bonne partie de la saison sèche (16), alors que ceux qui sont en surface (la majorité) sont sous formes de résistance anhydrobiotiques (11); or, dans le champ, il n'y a pas de racine en profondeur. Cette situation pourrait être exploitée favorablement dans la mesure où les organismes antagonistes, comme les champignons nématophages (13) et les bactéries, *Pasteuria* spp., par exemple (29), dont la présence dépend de celle d'hôtes actifs, pourraient y poursuivre leur multiplication pendant la période sèche. Dès le retour des pluies, ces organismes antagonistes actifs pourraient contaminer immédiatement les nématodes, alors que dans le champ, ils ont pratiquement disparu du fait du dessèchement rapide de l'horizon superficiel où se trouvent les nématodes-hôtes, dont le développement s'arrête chaque année avec celui de la plante cultivée dont ils se nourrissent.

Les nématodes libres, et en particulier les formes saprophytes, environ 7 fois plus nombreux que les nématodes phytoparasites, correspondent à des indicateurs de fertilité, dans la mesure où leur abondance est directement

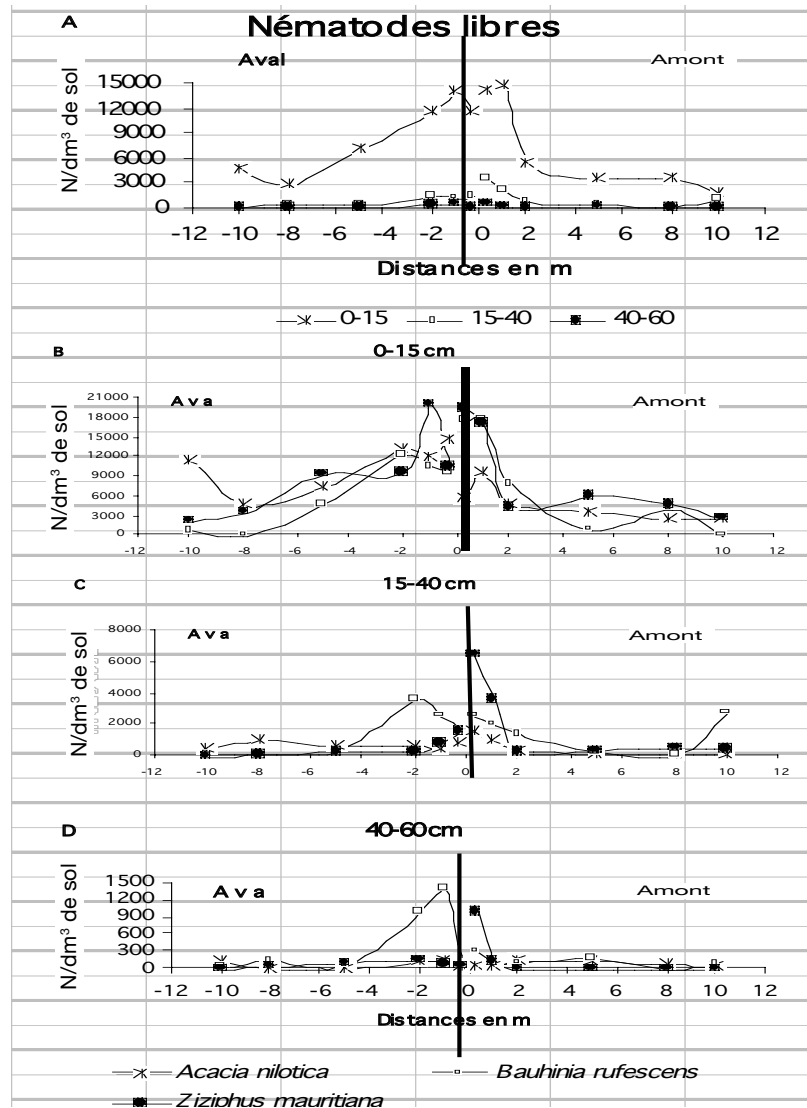


Figure 4: Evolution de la densité de nématodes libres en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (A) et pour chaque espèce végétale (B à D). (Nématodes/dm³ de sol).

liée à la présence de bactéries et donc indirectement à celle de 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 (19). Les haies constituent indiscutablement des lieux extrêmement favorables à leur prolifération, du fait de l'enrichissement en matière organique lié à la présence d'une biomasse 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 le renouvellement des racines des ligneux.

Que ce soit les nématodes phytoparasites ou les nématodes libres, leur double dépendance directe ou indirecte, du sol et de 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 influence est plus large en aval qu'en amont. Cette disparité pourrait s'expliquer par un dessèchement plus rapide du sol en amont, conformément aux résultats obtenus par Caubel-Forget et Grimaldi (10).

Le rôle potentiel de la haie à l'échelle du bassin versant

Dans la zone soudano-sahélienne, les haies ont été introduites pour protéger les plantations et les aménagements de parcelle, et aussi pour contrôler l'érosion du sol dans les zones déforestées (2). Leur présence permet de réduire de plus des deux tiers les coefficients de ruissellement et les transports de particules solides (1). Une étude réalisée à Thyssé Kaymor au Sénégal, sur un bassin aménagé de 58 ha a montré que les 14 événements pluvieux qui ont provoqué l'apparition de ruissellement ont mobilisé 6000 m³ d'eau qui ont transporté environ 19 t de particules de sol et 280 millions de nématodes phytoparasites; soit environ 3 fois plus que le nombre estimé dans 19 t de sol en place (8). Autrement dit, les nématodes seraient beaucoup plus sensibles au ruissellement que les particules de sol de même masse (sable fin), bien qu'ils soient plus gros (un demi à 1 mm de long). Ce résultat pourrait provenir de leur faible densité qui leur permet de flotter plus longtemps et de leur aptitude à effectuer des mouvements, donc probablement à se dégager des obstacles.

Si la dissémination de parasites sur un bassin versant est un processus extrêmement néfaste, il pourrait être exploité de deux manières:

- D'une part, en gérant l'occupation de la parcelle, non

plus uniquement par rapport à son état de fertilité, mais par rapport à la situation des parcelles environnantes et en fonction des chemins du ruissellement sur le bassin versant (qui pourraient d'ailleurs être identifiés en utilisant les nématodes comme marqueurs biologiques; Cadet, non publié). Il s'agit d'éviter qu'une parcelle mise en culture après jachère soit immédiatement ré-infestée par les nématodes parce qu'elle est située en aval d'un champ cultivé depuis longtemps et donc très infesté. La réintroduction des nématodes phytoparasites ne se traduira pas par un anéantissement immédiat des cultures vivrières qui profiteront de l'effet jachère sur les aspects physico-chimiques de la fertilité, mais leur présence est de nature à réduire la durabilité du système de culture à jachère et par conséquent, à remettre en cause sa justification (9).

- D'autre part, si l'eau de ruissellement transporte des nématodes, elle peut certainement transporter également des organismes antagonistes pour les combattre (bactéries ou champignons). Des mesures effectuées en simulation de pluie ont d'ailleurs mis en évidence le phénomène en ce qui concerne *Pasteuria penetrans*, fixés sur des juvéniles de *Meloidogyne* (Cadet, non publié). D'autres observations ont montré que ces eaux sont chargées de bactéries différentes selon leur origine: jachère, champs d'arachide ou de mil (Duponnois, comm. pers). De ce fait, les eaux de ruissellement pourraient être employées pour disperser des bactéries comme *Burkholderia*, dont certaines souches sont nématicides, ou *Azospirillum*, pour combattre le striga (6), avec deux avantages supplémentaires:
 - une action potentielle sur la fertilité du sol dans la mesure où ces souches peuvent également favoriser l'agrégation ou la fixation d'azote atmosphérique (3, 30);

- une dispersion au niveau du bassin versant, sans introduction de nouvelles pratiques culturales.

Dans ce cadre, les haies pourraient jouer un rôle fondamental, puisqu'elles constituent les dernières zones stables et les ultimes refuges, avec les barrages antiérosions, et les jachères résiduelles ou améliorées, que l'on peut envisager de manipuler. Cette manipulation passe par l'introduction de végétaux et de microorganismes, de façon à créer, au niveau des écotones, les conditions environnementales de leur survivance. Nos résultats montrent que ces écotones doivent être aménagées, par rapport au passage de l'eau de ruissellement, de manière à créer les conditions nécessaires à la manipulation de leur contenu biologique et à la dispersion des microorganismes sur les parcelles, et non plus uniquement par rapport à l'objectif de réduction de l'érosion physique.

Conclusion

À travers l'étude de l'impact des haies vives, par rapport à leur influence sur la faune nématologique, l'érosion et le ruissellement, il est possible d'élaborer un concept de gestion des nématodes et de la fertilité par aménagement du paysage, qui s'appuie sur une spatialisation du bio-fonctionnement du sol. Si les différents compartiments de ce concept ont fait l'objet d'études verticales parfois pluridisciplinaires en hydrologie, nématologie, bactériologie, sa validation en grandeur réelle, à l'échelle d'un bassin versant embocagé reste à faire.

Remerciements

Cette étude a été menée avec l'appui financier du réseau ANAFE du Centre International de Recherche en Agroforesterie (ICRAF).

Références bibliographiques

1. Albergel J., Diatta M., Pépin Y., 1999, Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal. La jachère en Afrique tropicale: Rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 741-750.
2. Albergel J., Perez P., Grouzis M. & Diatta M., 1997, Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. Part 1. Hillside scale experiments, Agriculture, Ecology and Environment, 65, 95-106.
3. Bally R., Miche L., Alexandre G., Kabir M.M., Jacoud C., Boullant M.-L., Ouedrago O. & Salle G., 1998, Inhibition de la germination de la plante parasite *Striga hermonthica* par *Azospirillum brasilense* L4, bactérie P.G.P.R. fixatrice d'azote, associée aux racines du sorgho, Agronomie Africaine, 11, 239-249.
4. Baujard P. & Martiny B., 1994, Transport of nematodes by wind in the peanut cropping area of Senegal, West Africa, Fundamental and applied Nematology, 17, 543-550.
5. Benoit-Cattin M. & Ruas J-F., 1995, Concept et instruments de prévisions alimentaires des pays d'Afrique sahélienne, économies et sociétés, série développement agroalimentaire, 22, 3-4, 269-280.
6. Boullant M.-L., Michel L., Ouedrago O., Alexandre G., Jacoud C., Salle G. & Bally R., 1997, Inhibition of *Striga* seed germination associated with sorghum growth promotion by soil bacteria. C. R. Acad. Sci. 320, 159-162.
7. Cadet P. & Floret C., 1995, An initial study of fallow periods on the nematode community in the sudanese-sahelian zone of Senegal, Acta Oecologica, 16, 77-88.
8. Cadet P. & Albergel J., 1998, Passive transport of phytoparasitic nematodes by runoff water in the sudano-sahelian climatic area, Journal of Hydrology, 214, 91-102.
9. Cadet P., Bois J-F., Pate E., N'diaye-Faye N. & Floret C., 1999, Diversité des nématodes parasites et durabilité du système culture-jachère au Sénégal. La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 268-276.
10. 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), VII^{ème} journée française de l'Association Internationale d'Ecologie du paysage, rôle fonctionnel des lisières et des écotones, 21-23 avril 1999, Besançon, France.
11. Demeure Y., 1975, Résistance à la sécheresse, en zone sahélienne du nématode phytoparasite *Scutellonema cavenessi* Sher, 1963, Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 10, 283-292.
12. Duchoufou P., 1977, Précis de pédologie. Pédogénèse et classification. Masson, Paris: 291 p.
13. Duponnois R., Matelle T. & Guèye M., 1995, Biological characteristics and effects of two strains of *Arthrobotrys oligospora* from Senegal on *Meloidogyne* species (with reference to *M. mayaguensis*) parasitizing tomato plants, Biocontrol Science & Technology, 5, 517-525.
14. Floret C. & Pontanier R., 1982, L'aridité en Tunisie présaharienne (climat, sol, végétation et aménagement). Travaux et documents de l'ORSTOM n°150, Paris. 544 p.
15. Floret C., Pontanier R. & Serpenté G., 1993, La jachère en Afrique intertropicale. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris: 86 p.
16. Germani G. & Luc M., 1982, Etudes sur la «chlorose voltaïque» des légumineuses due au nématode *Aphasmatylenchus straturatus* Germani. II, Revue Nématol. 5, 195-199.
17. Germani G., Baujard P. & Luc M., 1985, La lutte contre les nématodes dans le bassin arachidier sénégalais. ORSTOM, Paris: 16 p.
18. Greenland D.J. & Nye P.H., 1959, Increases in carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows, Journal of Soil Science, 10, 284-99.
19. Hassink J., Bouwman L.A., Zwart K., 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.

20. Le houero H.N., 1981, Long term dynamics in arid land vegetation and ecosystems of north Africa. IBP Synthesis, Cambridge Univ. Press. Goodall, Evenary and Noy-Meir (eds.), 357-384.
21. Louppe D., 1991, Réflexions sur les haies-vives et brise-vent en nord Côte d'Ivoire (Région de Korhogo). Congrès Forestier Mondial - Paris - Sept 1991 - Actes 3, RFF hors série n°3, 129-135.
22. Masse D., Cadet P., Chotte J-L., Diatta M., Floret C., N'diaye-Faye N., Pate E., Pontanier R., Thioulouse J. & Villenave C., 1998, L'exploitation des jachères naturelles compromet la restauration de la fertilité du milieu semi-aride au Sénégal, Agriculture et Développement, 18, 31-38.
23. Netscher C., 1981, Arbres résistants aux *Meloidogyne* spp.: utilisation comme brise-vent au Sénégal, Agronomie Tropicale, 26, 175-177.
24. Netscher C. & Sikora R.A., 1990, Nematode parasites of vegetables. Plant parasitic nematodes in subtropical agriculture. M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge (Eds). Wallingford, U.K., C.A.B. International, 237-283.
25. Pate E., 1997, Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes phytoparasites dans les systèmes de culture à jachère au Sénégal. Thèse de l'Université Claude Bernard, Lyon I, France: 208 p.
26. Prot J.C., 1975, Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne* spp. vers les racines, Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 10, 251-262.
27. Prot J.C., 1986, Sensibilité de sept légumineuses arborescentes aux nématodes *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Scutellonema cavenessi* et *Dolichorhynchus elegans*, Revue Nématol. 9, 416-418.
28. Seinhorst J.W., 1962, Modification of the elutriation method for extracting nematodes from soil, Nematologica, 8, 117-128.
29. Stirling G.R., Sharma R.D. & Perry J., 1990, Attachment of *Pasteuria penetrans* spores to the root knot nematode *M. javanica* in soil and its effects on infectivity, Nematologica, 36, 246-252.
30. Tran Van V., Berge O., Balandreau J., Ngo ke S. & Heulin T., 1996, Isolement et activité nitrogénasique de *Burkholderia vietnamiensis*, bactérie fixatrice d'azote associée au riz (*Oryza sativa* L.) cultivé sur un sol sulfaté acide du Viêt-nam, Agronomie, 16, 479-491.
31. 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, Nematologica, 28, 31-39.
32. Villenave C. & Cadet P., 1999, Rôle particulier de *Helicotylenchus dihystra* au sein des peuplements de nématodes phytoparasites (Sénégal). La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 291-299.

P. Cadet, Français, DEUG Chimie Biologie, Maîtrises de génétique et biochimie, DEA de Biologie générale et appliquée, Thèse en Biologie appliquée. Directeur de Recherche, IRD/Centre de Biologie et de Gestion des Populations CS30016, 34988 Montferrier-sur-lez Cedex. Responsable du laboratoire mixte SASRI/IRD de Nématologie et microbiologie du sol.

Diaminatu Sanogo, Sénégalaise, Ingénieur des Sciences Appliquées- Spécialité Eaux et Forêts, DEA de Biologie végétale, Doctorat 3^{ème} cycle option Biologie végétale. Coordonnatrice nationale du projet «Forging Links»: Nouer des liens entre la recherche en agroforesterie et le Développement au Sénégal. Coordonnatrice nationale du projet «Isang Bagsak», communication participative pour le développement. Projet ISRA/ICRAF/Université Laval; ISRA/CNRF, Dakar, Sénégal.