

Les Cahiers de l'Observatoire International "Homme-Milieus" Tessekere

Directeur de la publication: Gilles Boëtsch

Comité de rédaction: Gilles Boëtsch, Déborah Goffner, Lamine Gueye, Aliou Guissé

Comité de lecture:

Luc Abbadie, Lucie Alves, Abdoulaye Ba, René Bally, Gilles Boëtsch, Robert Chenorkian, Chantal Crenn, Ibrahima Deme, Malick Diouf, Ogobara Doumbo, Axel Ducourneau, Robin Duponnois, Didier Galop, Laurent Granjon, Antonio Guerci, Lamine Gueye, Mathieu Gueye, Aliou Guisse, Thierry Heulin, Abdoulaye Ndiaye, Jacques André Ndione, Jean-Noël Poda, Abdoulaye Samb, Mamadou Sarr, Pape Sarr, Mbacké Sembene, Mame Oureye Sy, Stéphanie Thiebault

Secrétariat de rédaction: Cyril Etlicher

Adresse de rédaction:

UMI 3189 "Environnement, Santé, Sociétés"
CNRS-CNRST-UBamako-UCAD
Université Cheikh Anta Diop
Faculté de Médecine
BP 5005 Dakar (Sénégal)

Photos: Forage de Widou ©Axel Ducourneau/CNRS



Ce premier cahier de l'OHMi Tessekere se propose de mettre à la disposition du plus grand nombre les résultats scientifiques concernant les impacts environnementaux et sociétaux de l'action anthropique autour du projet africain de Grande Muraille Verte. Ces résultats proviennent des travaux mis en place par les chercheurs travaillant sur ce programme initié par l'INEE du CNRS en collaboration avec l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar présentés lors du séminaire de restitution de l'OHMi Tessekere qui s'est tenu les 7 et 8 décembre 2011 à Dakar.

Ces travaux sont par définition, pluridisciplinaires. Ainsi ce cahier constitue une réelle opportunité de faire connaître les travaux des chercheurs (du Nord comme du Sud, jeunes chercheurs comme chercheurs confirmés) travaillant sur un objet scientifique partagé mais appartenant à des disciplines scientifiques différentes qui vont de la microbiologie du sol à la science politique et qui n'ont pas toujours l'opportunité d'échanger.

Sous cette forme, ces travaux constituent des étapes dans la mise en place d'une connaissance scientifique approfondie sur les impacts environnementaux, humains et sociétaux d'une action anthropique forte dans la zone sahélienne visant à restaurer un environnement dégradé et écologiquement toujours en équilibre instable. Ce suivi scientifique constituera une base de connaissance utile pour les autres chercheurs mais aussi pour les décideurs politiques et les ONG tant dans le domaine de la préservation de la biodiversité et de la régénération des écosystèmes, des politiques alimentaires, éducatives ou de santé publique.

Le comité de rédaction remercie la CASDEN pour son soutien à la réalisation de ces cahiers.

Le comité de rédaction

Sommaire

Robert Chenorkian	Editorial	p 7
Axel Ducourneau	Le rôle de l'OHMi Tessekere dans le suivi scientifique de la Grande Muraille Verte au Sénégal.	p 9
Camille Richebourg	Analyse d'un cas de gouvernance écologique aux confins du Sahel ouest africain. Enjeux et impact de l'édification de la Grande Muraille Verte en territoire sénégalais	p 17
Malick N'Diaye, Georges Bruno Manga Anicet, Malick Leye El Hadji, Abdoulaye Diop Tahir	Effet de l'inoculation mycorhizienne en pépinière sur la croissance du gommier (<i>Acacia senegal</i> L. Wild.)	p 29
Aly Diallo, Madiara Ngom Faye, Amath Thiaw, Aliou Guisse	Structure des populations d' <i>Acacia senegal</i> (L.) Willd dans la zone de Tessekere (Ferlo nord)	p 43
Mbacké Sembene, Awa Ndiaye, Toffène Diome, Assane Ndong	Structuration génétique des écotypes situés dans des zones traversées par la grande muraille verte du plus grand ravageur de l'arachide (<i>Caryedon serratus</i> Ol.)	p 53
Abdoulaye Ba Ndiaye, Samb Tambir	Les termites (isoptera) dans les parcelles de reboisement de la Grande Muraille Verte entre Widou Thiengoly et Tessekere (Sénégal)	p 65
Massamba Thiam, Khalilou Bâ, Arame Ndiaye, Malick Diouf, Raymond Ndour, Laurent Granjon	Evolution des communautés de petits Mammifères et de leurs parasites intestinaux dans le Sahel sénégalais dans le contexte de la mise en place de la Grande Muraille Verte	p 77
Celine Roux-Vollon	Impacts des périmètres protégés de la Grande Muraille Verte sur la diversité et la densité des oiseaux dans le Ferlo sénégalais : comparaison entre une parcelle protégée et un pâturage communautaire	p 89

EDITORIAL

Par Robert Chenorkian

*Professeur Aix-Marseille
Université; Directeur des
Observatoires "Homme-
Milieus" CNRS-INEE*

L'Homme impacte depuis bien longtemps de manière significative les milieux dans lesquels il vit. Mais depuis les premières artificialisations majeures de la néolithisation, sa capacité à agir est devenue planétaire, avec des forces et des effets qui peuvent être très considérables. Aujourd'hui le Changement Global (à la fois climatique avec le réchauffement et ses conséquences, mais aussi économique, social et politique, notamment avec la mondialisation) est susceptible de changer très profondément, le Globe, la Planète et l'Anthroposphère. Ce contexte à hautement complexifié les dynamiques des socio-écosystèmes, accentuant les phénomènes d'interscalarité, et construisant des relations il y a peu encore improbables (artificialisations massives, importation d'espèces allochtones parfois invasive, migrations spontanées produites par l'évolution des milieux, développement de pathologies nouvelles, interactions politiques et juridiques locales et mondiales, pour ne citer que quelques exemples). Comment apprécier ces effets, proposer des remédiations, évaluer leurs performances sont des questions essentielles aujourd'hui pour la Planète.

Pour faire face aux enjeux scientifiques que posent ces situations complexes, la mise en œuvre d'une

pluridisciplinarité, puis d'une interdisciplinarité est une nécessité absolue. Leur mise en œuvre est très loin d'être simple. Il faut, pour y parvenir, mettre en place les conditions de leur bon développement.

L'Institut Ecologie et Environnement du CNRS a construit dans ce but un outil spécifique : les Observatoires Hommes-Milieus. Ils sont conçus pour réunir toutes les sciences de l'environnement au sens le plus large qui vont travailler disciplinairement sur un même objet à l'importance socio-écologique majeure, pour promouvoir les échanges et dialogues entre les disciplines et favoriser ainsi l'apparition de problématiques éclairées par les disciplines présentes, puis hybrides, et enfin interdisciplinaires. Ces observatoires se déclinent aussi à l'international, en association avec les partenaires de recherches scientifiques de différents pays.

Au nombre des actions les plus vertueuses de l'homme sur son milieu se trouve certainement cette entreprise de la Grande Muraille Verte. Créée en 2005, portée par l'UA, elle a pour but de freiner le développement de l'aridification du Sahel en mettant en place une barrière phyto-climatique apte à modifier les conditions locales et favoriser tout à la fois les évolutions micro-climatiques et sociales favorables sur cette zone sahélienne, l'extension qui lui serait conférée d'environ 7500 Km de l'Atlantique à la Mer Rouge, ayant pour but de lui donner une force globale très importante.

Le suivi de cette action exceptionnelle, l'appréciation des effets induits sur le climat, sur la biosphère, de l'échelle microbiologique aux grands vertébrés, sur la biodiversité et sa dynamique, sur les comportements

sociaux, la santé des populations riveraines, les économies locales et nationales, sur les comportements politiques continentaux et internationaux face aux actions environnementales et à leur prise en compte et soutien constituent autant de questions essentielles auxquelles la recherche scientifique doit s'attacher pour permettre l'évaluation directe et en continue des effets des actions entreprises afin de pouvoir conduire au mieux le développement de ce projet.

L'Observatoire Hommes-Milieus International (OHMi) de Tessekere a été conçu par les efforts conjoints de chercheurs du CNRS et de l'Université Cheikh Anta Diop et créé conjointement par les deux institutions en Juin 2009. C'est le premier des OHMi du dispositif. Presque trois années se sont écoulées au cours desquels le dispositif s'est progressivement mis en place, des Appels à Projets ont été lancés et les premiers résultats commencent à apparaître, conformes aux objectifs

dans leur diversité scientifique et la qualité de leur production.

Chercher est essentiel. Mais dans un contexte aussi fort pour l'environnement et la société et face à ses demandes, le faire savoir est tout aussi important. Bien sûr, les grandes revues internationales sont des supports obligés pour conférer aux travaux entrepris la notoriété et la reconnaissance qu'ils méritent. Néanmoins, il est aussi essentiel de pouvoir communiquer en détail sur les travaux entrepris et les résultats obtenus à une échelle plus immédiate et accessible pour une diversité de publics pour qui, bien naturellement, l'accès à toutes sortes de supports de publication disciplinaires n'est pas aisé.

Les Cahiers de l'OHMi Tessekere ont été créés dans ce but. Je leur souhaite tout le succès qu'ils méritent car ils s'intègrent et participent pleinement au dispositif de promotion de l'interdisciplinarité évoqué ci-dessus.

Robert Chenorkian

Le rôle de l'OHMi Tessekere dans le suivi scientifique de la Grande Muraille Verte au Sénégal.

Axel Ducourneau⁽¹⁾

(1) Chargé de projet, OHMi Tessekere, INEE/CNRS

Le contexte environnemental mondial des 30 dernières années a amené une réflexion ontologique sur l'évolution de la représentation des liens entre les humains et leurs environnements comme l'ont montré les préoccupations et la vision holiste de l'écologie Humaine des années 70, reprises dans le programme Man And Biosphere (MAB) de l'Unesco¹, un des précurseurs de l'idéal social du développement durable. La logique est de réconcilier les thématiques de la conservation de la Nature (maintien de la biodiversité) avec celle du développement des sociétés humaines, en se basant sur le principe de la responsabilité transgénérationnelle. Le cadre théorique actuel du Millenium Ecosystem Assessment (MAE)² est l'un des fruits de cette réflexion à l'échelle internationale (Westley *et al*, 2011; Steffen *et al*, 2011; Folke *et al*, 2011).

L'initiative panafricaine de la Grande Muraille Verte initiée en 2006 va également dans ce sens. C'est un processus politique de développement local initialement mis en œuvre par l'Union Africaine et sur le point d'être financée en partie par des bailleurs internationaux, en première ligne desquels la Banque Mondiale, le FEM et le PNUE. Dans sa composante environnementale et dans la lignée des recommandations du MEA, cette initiative peut apporter des solutions concrètes à la fois dans les domaines de l'atténuation (en favorisant la séquestration naturelle du carbone par le sol et la biomasse) et de l'adaptation aux changements climatiques (par la gestion durable des terres, la protection de la biodiversité et la lutte contre la pauvreté).

Quel rôle pour la science dans la Grande Muraille Verte?

La connaissance scientifique, comme source d'informations sur le monde environnant a une place indéniable à prendre dans le processus de l'action publique de développement. Pour autant, elle ne doit pas en être réduite à un rôle dans l'évaluation de besoins techniques, de faisabilité, de risques ou de vulnérabilité, de tel ou tel projet. Cependant, d'un point de vue scientifique, Jean Pierre Olivier De Sardan (De sardan *et al*, 1995) a montré que jusqu'à présent, du moins en Afrique, la seule possibilité contractuelle qu'offrait un rapprochement entre la recherche et le développement était l'évaluation des impacts du second par la première, car elle permettait de lier entre elles des logiques de fonctionnement fondamentalement différentes, celle la connaissance et celle de l'action. Comment faire évoluer cette relation complexe et conflictuelle entre la recherche et le développement?

¹ <http://www.unesco.org/new/fr/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>

² <http://www.maweb.org/en/index.aspx>

Parallèlement, dans le domaine de la recherche scientifique, la prise de conscience de la complexité croissante et de l'intrication des processus écologiques dans la société a vu l'émergence de l'idée d'interdisciplinarité qui s'est heurtée à l'inadéquation des structures de fonctionnement et de financement de la recherche, mettant du temps à s'adapter à ce nouveau paradigme dominant. La recherche, segmentée en domaines de connaissance cloisonnés avait besoin de se doter d'outils adéquats dont les OHM fournis par l'INEE du CNRS constituent un des exemples.

Dans le contexte sociopolitique particulier de l'Afrique, la recherche scientifique liée à l'environnement a un rôle à jouer dès la conception des projets de développement. L'aspect organisationnel des liens entre connaissance et action prend de fait une dimension majeure puisque la connaissance, bien qu'ayant sa logique propre de production et sa liberté intellectuelle, est impliquée dans la nécessité de l'action politique, demandant des résultats rapides et visibles par la société civile et les bailleurs de fonds. Quelle organisation de la recherche adopter pour faire évoluer les liens entre connaissances et action? Pour répondre à des questions de société précises comme celle de la lutte contre la désertification, l'outil scientifique doit être adapté et doté de caractéristiques spécifiques : la flexibilité d'action (structure légère et réactive), la capacité d'autofinancement et d'ancrage dans la société civile (liens avec les ONG, associations, entreprises et fonds d'investissement) et l'aptitude à mettre en œuvre une interdisciplinarité pragmatique et locale fondée à l'heure actuelle sur le concept de système socio-écologique (SSE).

Les systèmes socio-écologiques (SSE) sont-ils des objets scientifiques ?

Les SSE sont des outils technico-scientifiques créés non pas dans un but de connaissance mais dans celui d'évaluer un environnement en vue de sa gestion. De manière théorique, certaines caractéristiques des systèmes socio-écologiques déterminent leur trajectoire dans le futur. Elles sont au nombre de 3: la résilience, l'adaptabilité et la transformabilité (Polasky *et al*, 2011; Liu *et al*, 2007).

La résilience définit la capacité d'un système à absorber les perturbations et se réorganiser en gardant les mêmes fonctions, la même structure, la même identité, les mêmes rétroactions. 4 points permettent de définir la résilience d'un système socio-écologique:

1. La latitude quantifie l'amplitude du changement possible avant que le système ne perde sa capacité de restauration.
2. La résistance mesure la facilité ou la difficulté d'un système à être changé.
3. La précarité évalue la distance de seuil au changement.
4. La panarchie décrit la contingence, principalement le rapport du global au local par la mise en évidence des influences et dynamiques inter-échelles pouvant modifier le système complexe considéré (pression politique, influence du marché, changement climatique).

L'adaptabilité mesure la capacité des acteurs d'un système à influencer la résilience (majoritairement par la gestion du milieu).

Enfin, la transformabilité est la capacité à créer un nouveau système quand les conditions écologiques, économiques ou la structure sociale rendent non viable le système actuel.

Cependant, malgré le formalisme consacré à sa description, le terme de système socio-écologique peut prêter à confusion. Les SSE ne sont pas des objets scientifiques. Ils n'ont pas de structure fondamentale pas plus qu'il n'y a de déterminisme dans les objectifs et fonctions qu'ils remplissent. Ce sont des concepts, des outils de modélisation en vue de comprendre et de gérer des phénomènes complexes à la frontière entre organisation sociale et gestion des écosystèmes.

Ce ne sont pas des systèmes comme le définit la cybernétique et aucune étude ne montre à l'heure actuelle, sinon par analogie, que les systèmes socio-écologiques soient régis par les principes des systèmes cybernétiques. Le terme système socio-écologique (pris d'un point de vue structuraliste) ne rend pas compte de la totalité des dimensions relationnelles entre les sociétés humaines et leurs environnements. Bien qu'on puisse effectivement parler d'écosystème, fondé sur des équilibres régulés, il est difficile de parler de système social au sens propre du terme, il faudrait plutôt employer le terme d'organisation sociale dans le sens où aucune organisation humaine n'est totalement rationnelle et fondée sur un mécanisme systémique. Par exemple, la notion de pouvoir, qui n'existe pas dans les écosystèmes, est centrale dans les organisations sociales. Dès lors, plusieurs configurations ou modèle conceptuel d'un même SSE coexistent, rendant difficile une quelconque modélisation globale alliant des écosystèmes à des organisations sociales.

Dès lors, la difficulté conceptuelle qu'on aurait à définir la régulation globale et un point zéro d'observation du système socio-écologique en question viendrait du fait qu'un tel point n'existe pas, ou uniquement de manière relative dans le but d'une évaluation (état de référence). L'équilibre qui devrait mener soit à la résilience (par adaptation), soit à la transformation (par dépassement des capacités d'adaptation) serait une vue de l'esprit, une manière de représenter et de justifier des choix de gestion politique pour l'avenir et non la réalité d'un phénomène empirique, scientifiquement identifiable.

Cependant, les multiples configurations que prend un même SSE peuvent être recensées en cartes heuristiques, identifiant des pistes de recherche concrètes.

Territorialité et développement participatif dans le Sahel sénégalais

Au delà du fait du développement et de la volonté politique de réduire la pauvreté des populations du Sahel, ce qui est légitime, il faut s'interroger sur l'évolution rapide des liens entre appropriation des terres, gestion durable de l'environnement et mode de vie des populations semi-nomades du Ferlo dans la mesure où c'est de l'évolution de ces questions foncières et du rôle des acteurs dans la résolution de ces conflits potentiels que se profilera l'avenir du mode de vie pastoral.

Au Sénégal, l'implication des populations rurales est encadrée par un texte de loi qui légitimise l'action des collectivités locales sur l'espace qu'elles occupent (Article 3 de la loi n° 96-06 du 22 mars 1996 portant sur le Code des Collectivités locales: « Les collectivités locales ont pour mission la conception, la programmation et la mise en œuvre des actions de développement économique, éducatif, social et culturel d'intérêt régional, communal ou rural ».)

Les populations locales ont donc un pouvoir légitime d'action, encadré par une loi, qui demande à être exercé mais qui reste encore sous tutelle non négligeable d'un pouvoir hiérarchique pyramidal issu de la colonisation et en partie coopté par les stratégies des bailleurs de fonds internationaux. Dans le cas de la Grande Muraille Verte, la question est complexe car les communautés rurales impliquées sont situées dans une aire sylvo-pastorale, administrée par le service des Eaux et Forêts, sous tutelle du ministère de l'environnement. C'est de cette tension entre le cadre législatif existant, la nécessité impérieuse de financements et l'action réelle en faveur des villageois qu'a émergé la rhétorique participative, notion ambiguë à plus d'un titre mais ayant le mérite de rendre compte de manière empirique du manque de cohésion entre les intérêts du pouvoir central et les réalités locales de gestion des terres, dus principalement à des flux d'informations inadéquats. Ainsi, la majorité des situations conflictuelles et difficultés rencontrées sur le terrain est de l'ordre de la sphère organisationnelle du pouvoir et de la circulation de l'information et non de la connaissance ou de la technicité à mettre en œuvre même si le manque de moyen sur le terrain est un fait incontestablement inhibiteur de l'action de développement. Le « participatif » serait actuellement la vision idéale et quasi incantatoire d'une gestion finalisée de l'environnement, l'idée que les intérêts globaux et locaux peuvent encore se réconcilier comme en témoigne le leitmotiv « Think global, act local ». Les méthodes de participation à employer restent donc la question cruciale au cœur de la rétroaction sociale et de la problématique de l'interdisciplinarité.

Dans cette sphère complexe d'interactions personnelles et institutionnelles, l'objectif de l'OHM est de mettre en place une interdisciplinarité pragmatique à l'échelle locale afin de rendre compte de l'évolution de la désertification et des moyens utilisés en conséquence pour la gestion durable de l'environnement.

OHMi Tessekere et interdisciplinarité pragmatique

L'interdisciplinarité pragmatique et le rôle de l'observatoire Homme-Milieu est d'analyser les flux d'informations nécessaires à la résolution d'un problème commun (la désertification), entre partenaires identifiés, de telle sorte que chaque niveau de connaissance soit adapté à la catégorie de personnes qui va y avoir accès.

Il s'agit de dépasser les cadres formels institutionnels de recherche fondamentale et recherche appliquée dans des contextes écologiques et économiques en crise ou la science doit répondre à une demande sociale comme celle de la lutte contre la désertification. Ceci doit se faire par exemple en prenant position dans le débat sur l'atténuation/adaptation au changement climatique par la mise en œuvre d'un système d'information local adapté (Fischer *et al*, 2009).

En 2009, l'INEE du CNRS a créé l'OHMi Tessekere (Lagadeuc *et al*, 2009) dans le but de suivre les impacts du projet panafricain de la Grande Muraille Verte au Sénégal. Après deux ans d'existence, l'OHMi devient inclus *ipso facto* dans le processus même du projet de la Grande Muraille Verte (figure 1), en amont et en aval de la planification des actions, en lien direct avec l'agence chargée par le gouvernement sénégalais de mettre en œuvre l'initiative de reforestation/développement (L'OHMi est lié à cette agence par communauté d'intérêt mais non de manière formelle et contractuelle). D'un point de vue scientifique, outre les équipes du CNRS impliquées, l'OHMi dépend aussi de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, fournissant un tissu

scientifique travaillant depuis plus de 20 ans dans le Ferlo sénégalais, zone d'implantation de la GMV. Depuis sa création, dans le cadre de la mise en place d'un système d'information dédié, l'OHMi conceptualise les liens entre organisation sociale et écosystèmes dans la région du Sénégal impliquée dans la Grande Muraille Verte. Dans une première phase, 4 thématiques de recherche ont été ouvertes autour de la désertification : Eaux et sols, Biodiversité, Systèmes sociaux et Santé. En 2012, ces 4 thématiques sont conservées et ont été complétées par 2 axes supplémentaires : gouvernance écologique et modélisation des systèmes socio écologiques.

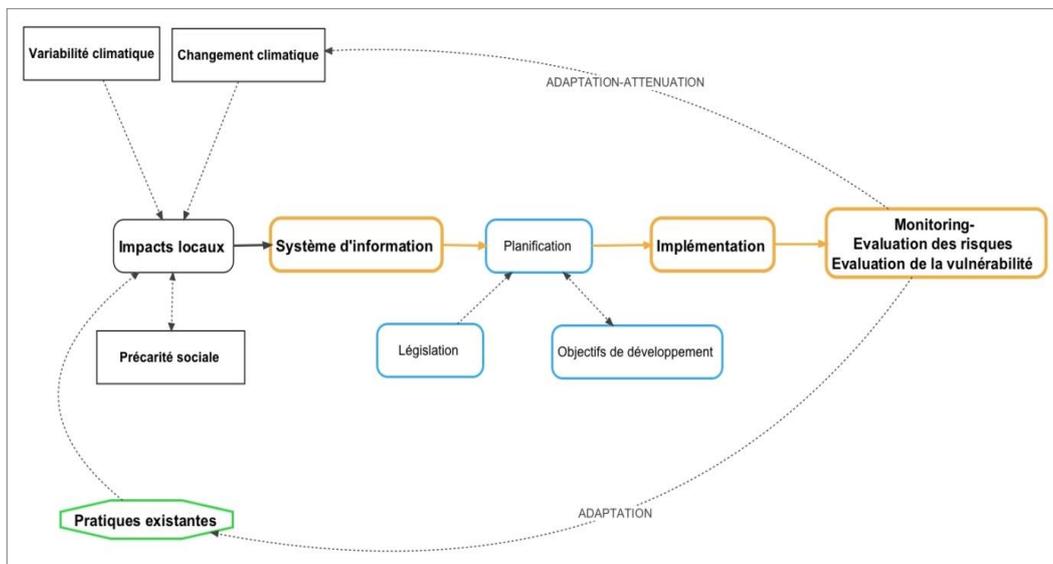


Figure 1 : positionnement de l'OHM (cadré en orange) dans le processus global du SSE de la Grande Muraille Verte.

Conclusion

L'OHMi Tessekere (ainsi que les autres OHM du réseau) est une innovation en terme d'architecture de la connaissance et la concrétisation d'une volonté encore embryonnaire de recherche scientifique post disciplinaire comme décrite par Barré (Barré *et al*, 2004) reprenant Scott et Gibbons qui « se réaliserait dans le cadre de la coexistence d'infrastructures de recherche et de réseaux hybrides mobilisant autour de processus d'innovation des enseignants, des chercheurs, des valorisateurs, des utilisateurs, des groupes concernés, des étudiants, tous coproducteurs de connaissances ». Le thème de la désertification dans le Sahel, phénomène complexe environnemental et anthropique, à la fois global et local est un objet idéal pour tester cette forme de Science à la frontière entre connaissance, évaluation et action au service d'une société civile impliquée dans un contexte planétaire où le risque écologique a été élevé au rang de paradigme sociétal. Le suivi scientifique de la Grande Muraille Verte par l'OHMi Téssekéré (CNRS/UCAD) est une chance de faire évoluer ces liens entre chercheurs de disciplines et d'institutions différentes et la société civile, dans un contexte africain en pleine évolution, tant au niveau sociétal qu'au niveau écologique.

Références Bibliographiques

- Biermann F., Abbott K., Andresen S., Backstrand K., Bernstein S., Betsill M.M., Bulkeley H., Cashore B., Clapp J., Folke C., Gupta A., Gupta J., Haas P.M., Jordan A., Kanie N., Kluvankova-Oravska T., Lebel L., Liverman D., Meadowcroft J., Mitchell R.B., Newell P., Oberthur S., Olsson L., Pattberg P., Sanchez-Rodriguez R., Schroeder H., Underdal A., Vieira S.C., Vogel C., Young O.R., Brock A., Zondervan R. 2012 Science and government. Navigating the anthropocene: improving Earth system governance. *Science* 335(6074), 1306-1307.
- Chapin F.S 3rd, Carpenter S.R., Kofinas G.P., Folke C., Abel N., Clark W.C., Olsson P., Smith D.M., Walker B., Young O.R., Berkes F., Biggs R., Grove J.M., Naylor R.L., Pinkerton E., Steffen W., Swanson F.J. 2010 Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends Ecol Evol.*, 25(4), 241-249.
- Daily G.C., Soderqvist T., Aniyar S., Arrow K., Dasgupta P., Ehrlich P.R., Folke C., Jansson A., Jansson B., Kautsky N., Levin S., Lubchenco J., Møller K.G., Simpson D., Starrett D., Tilman D., Walker B. 2000 Ecology. The value of nature and the nature of value. *Science*, 289(5478), 395-396.
- Fischer J., Peterson G.D., Gardner T.A., Gordon L.J., Fazey I., Elmqvist T., Felton A., Folke C., Dovers S. 2009 Integrating resilience thinking and optimisation for conservation. *Trends Ecol Evol.*, 24(10), 549-54.
- Folke C., Jansson A., Rockstrom J., Olsson P., Carpenter S.R., Chapin F.S. 3rd, Cropin A.S. Daily G., Danell K., Ebbesson J., Elmqvist T., Galaz V., Moberg F., Nilsson M., Osterblom H., Ostrom E., Persson A., Peterson G., Polasky S., Steffen W., Walker B., Westley F. 2011 Reconnecting to the biosphere. *Ambio*, 40(7), 719-738
- Lagadeuc Y., Chenorkian R. 2009 Les systèmes socio-écologiques : vers une approche spatiale et temporelle. *Natures Sciences Sociétés*, 17(2), 194-196
- Liu J., Dietz T., Carpenter S.R., Folke C., Alberti M., Redman C.L., Schneider S.H., Ostrom E., Pell A.N., Lubchenco J., Taylor W.W., Ouyang Z., Deadman P., Kratz T., Provencher W. 2007 Coupled human and natural systems. *Ambio.*, 36(8), 639-649.
- Liu J., Dietz T., Carpenter S.R., Alberti M., Folke C., Moran E., Pell A.N., Deadman P., Kratz T., Lubchenco J., Ostrom E., Ouyang Z., Provencher W., Redman C.L., Schneider S.H., Taylor W.W. 2007 Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516.
- Polasky S., Carpenter S.R., Folke C., Keeler B. 2011 Decision-making under great uncertainty: environmental management in an era of global change. *Trends Ecol Evol.*, 26(8), 398-404.
- Rockstrom J., Steffen W., Noone K., Persson A., Chapin F.S. 3rd, Lambin E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sorlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B.,

Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J.A. 2009 A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.

Steffen W., Persson A., Deutsch L., Zalasiewicz J., Williams M., Richardson K., Crumley C., Crutzen P., Folke C., Gordon L., Molina M., Ramanathan V., Rockstrom J., Scheffer M., Schellnhuber H.J., Svedin U. 2011 The anthropocene: from global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40(7), 739-761.

Westley F., Olsson P., Folke C., Homer-Dixon T., Vredenburg H., Loorbach D., Thompson J., Nilsson M., Lambin E., Sendzimir J., Banerjee B., Galaz V., van der Leeuw S. 2011 Tipping toward sustainability: emerging pathways of transformation. *Ambio*, 40(7), 762-780.

La Grande Muraille Verte Panafricaine au prisme des ambiguïtés de la gouvernance

Camille Richebourg⁽¹⁾

(1) Unite Mixte Internationale 3189 « Environnement, Santé, Société », CERAPS UMR 8026

Régulièrement depuis 1973, le Sahel défraie la chronique. La répétition des périodes de sécheresse suivies de terribles famines ne cesse de rappeler à l'opinion publique internationale la fragilité des conditions de survie des populations sahéliennes et leurs difficultés à se reproduire en tant que groupe social.

Les décideurs politiques ainsi que les associations d'aide et de développement ont alors entrepris tout au long de la seconde moitié du XXème siècle un nombre considérable d'interventions, tant ponctuelles que de long terme, visant à aider les hommes à s'adapter aux incertitudes des répercussions du climat sur leur milieu naturel (Raynaud, 1997).

Au regard de l'analyse des politiques publiques, le projet de la Grande Muraille Verte prend la forme d'une *politique de changement de l'action publique*³ au sens où l'entend Pierre Muller (2005). En effet, celle-ci vise à freiner la désertification du Sahel et à modifier l'organisation sociale et économique des populations résidant sur ces terres. Le changement de politique est observable tant du point de vue de l'objectif qu'elle vise à atteindre, qu'au regard des instruments déployés (Lascoumes, 2004) et des institutions qui en structurent l'action (Hall, 1997).

Le projet transcontinental africain de la GMV vise à «stopper l'avancée du désert», via de larges programmes de reforestation et de «développement locaux intégrés», le tout piloté par de nouvelles institutions, l'*Agence Panafricaine de la GMV* et onze *Agences Nationales de la GMV*.

D'autre part, face aux imprévisibilités des changements climatiques et aux vulnérabilités des éco-systèmes et des populations, l'action publique est présentée comme absolument nécessaire⁴.

³ «Du point de vue de la sciences politiques, écrit Pierre Muller (2005), c'est à dire du point de vue du gouvernement de la société à travers la relation entre un problème, une population et une politique, on peut considérer qu'une politique publique se définit comme un rapport au changement, soit que l'on cherche à freiner une évolution, soit que l'on cherche au contraire, à promouvoir la transformation du milieu concerné».

⁴ «Pour la survie de tous, chacun doit faire l'effort d'un comportement plus respectueux de l'environnement (...). L'Afrique en ce qui la concerne veut assumer sa part de responsabilité dans ce renouveau écologique nécessaire. C'est le sens du projet de la «Grande Muraille Verte», Allocution de Maître Abdoulaye Wade, 64ème session ordinaire de l'AG des NU, NY, 24 septembre 2009.

Dans la mesure où la politique peut aussi être considérée comme relevant d'une certaine interprétation du monde, il s'agit de comprendre comment cette nécessité d'intervention s'est imposée dans le discours politique, sur quel socle de références s'est-elle appuyé pour gagner en légitimité (Jobert, 1987) et qu'elles sont les institutions mises en place pour conduire cette proposition de changement.

Notre hypothèse est la suivante. Les instigateurs de la GMV ont effectué un important travail rhétorique portant sur le «sens» de l'action publique à entreprendre. En inscrivant leur volonté d'intervention dans le «champ» (Bourdieu, 2000) du réchauffement climatique, ils la présentent comme étant nécessaire et légitime et tentent, par la même occasion, d'interpeller les acteurs internationaux disposants des ressources suffisantes pour entreprendre l'action.

Dans les pays en développement, et plus particulièrement en Afrique Sub-saharienne, l'élaboration des politiques publiques environnementales est soumise aux enjeux de la «gouvernance politique multi-niveaux» (Gaudin, 2002). Celles-ci ne sont pas le fait du seul Etat central ; elles procèdent d'une co-production. Autrement dit, le processus de décision est décentralisé, il émane de négociations «multi-niveaux» (local, national, transnational, international), marquées par des situations de coopération et de concurrence entre acteurs de strates et d'horizons différents et incluant de manière croissante les partenariats publics-privé.

Le projet de la *Grande Muraille Verte* traduit la volonté des Etats Sahéliens de démontrer qu'ils ont intériorisé les principes de la «gouvernance» et qu'ils en acceptent les règles du jeu. L'élaboration de l'action publique de la GMV est donc soumise à une multitude d'acteurs, opérant dans des secteurs différents et rayonnant à des échelles variables.

Le Ferlo sénégalais : 50 ans de politiques de développement

La zone sylvo-pastorale, lieu d'implantation au Sénégal de la *Grande Muraille Verte*, a été l'objet, tout au long de la seconde moitié du XXème siècle d'au moins trois types de politiques publiques visant à institutionnaliser et administrer l'espace (Guibert, 2008).

Considérant ces différentes politiques d'aménagement territorial, il apparait que leur définition et leur mise en oeuvre sont intrinsèquement liées aux représentations (utilitaristes) que les gouvernements, quelque soit leur forme et leur structure, avaient de la région sahélienne du Sénégal. Ces conceptions sont elles mêmes révélatrices d'un contexte général dominant par lequel les politiques pensent le rapport à l'espace. Elles prennent la forme de «mythes» au sens où l'entend Raoul Girardet (1986) dans la mesure où elles constituent le creuset de l'imaginaire collectif sur lequel se fonde notre rapport au monde politique.

Les mythes

L'époque coloniale dominée par le mythe de la sécurisation du Kooya (1903-1960)

Les colonisateurs français n'ont émis que tardivement un intérêt pour cette zone enclavée du Sénégal qu'ils jugent inhospitalière et dépourvue d'intérêt économique. Néanmoins, au début du XX^{ème} siècle, ils entrevoient la possibilité d'accroître leur rente en exploitant la production animale des peuls (Guibert, 2008). Ils entreprennent alors la conquête militaire et affichent l'ambition de sédentariser les peuls semi-nomades dont le rapport à l'espace et la conception de la liberté (Riesman, 1974) effraient. Ils engagent alors une large politique hydraulique matérialisée par la construction de puits et de forages mécaniques. Dans le Ferlo, les premiers forages datent de 1948; celui de Widou Thiengoly verra le jour en 1952. Dorénavant présente en permanence, la quête de l'eau ne constitue plus une contrainte pour les pasteurs qui limitent leurs déplacements et réduisent leurs parcours de transhumances.

Cette politique hydraulique se double d'une administration de la zone et de la population qui y réside. L'acte juridique symbolisant cette volonté de sécuriser le Ferlo est l'imposition d'un statut foncier particulier. En 1953 est créée «la Réserve sylvo pastorale du Ferlo»⁵. «Ce statut a renforcé la présence de l'Etat et a positionné les éleveurs peuls dans une posture de soumission, contraire à une émancipation des sociétés pastorales en devenir, exploitant un territoire exclusivement voué à l'élevage extensif» (Guibert, 2008).

Le mythe de la rationalité du savoir technique : l'époque sénégallo-allemande (1975-2008).

Au lendemain de la sécheresse de 1973-1974, Léopold Sédar Senghor lance un appel à la Communauté Internationale pour répondre à la gravité de la situation humanitaire et compenser les pertes économiques⁶. S'en suivront trente ans d'interventions internationales marquées principalement par l'installation à Widou Thiengoly, au coeur de la zone dite des six forages, d'une équipe technique de la coopération allemande, la GTZ. Installée en 1975, les allemands se retirent en juin 2008 essuyant un échec relatif (Demante, 2006).

Face au constat de la désertification de la zone, les experts, agronomes et forestiers, sont jugés les mieux à même par les pouvoirs publics de résoudre les incertitudes et dépasser les situations de crise. C'est l'époque de la croyance en la panacée du modèle de la décision rationnelle technicienne (Lascoumes, 2002) au détriment des savoirs locaux.

⁵ Décret du 10/11/1953 portant création de la zone sylvo pastorale.

⁶ http://www.sossahel.org/qui_sommes_nous

Le mythe de la survie ou le spectre «réchauffement climatique»

Depuis les années 90 et avec d'autant plus de véhémence que les impacts se rapprochent, les conséquences des crises climatiques remettent la problématique de la survie au cœur du processus de définition des politiques publiques. Pour l'anthropologue Marc Abélès (2006), la gouvernance politique multi-niveaux, qui ouvre la voie à la définition transnationale des politiques, n'est pas la cause mais la résultante d'une mutation sans précédent de notre rapport à la politique. Il ne s'agirait plus d'organiser la vie en commun mais bien la survie de l'humanité.

Le président du Sénégal, Abdoulaye Wade, principal porte parole du projet de la Grande Muraille Verte auprès de l'Assemblée Générale des Nations Unies et des différentes conférences sur le climat (Copenhague, Durban), inscrit la GMV dans ce champ politique⁷.

La politique publique de la Grande Muraille Verte au Sénégal

La GMV ou comment faire le lien entre référentiel global et autonomie du «secteur peul»

De la construction progressive du discours portant sur la «nécessité d'intervention politique» dans le Sahel sénégalais s'est construit le programme de la Grande Muraille Verte.

Dans le domaine des politiques environnementales, le référentiel global «en fonction duquel les politiques sectorielles doivent s'ajuster»⁸ est «le réchauffement climatique».

Les responsables de l'ANGMV, partent du postulat selon lequel le Sahel est en proie à la désertification⁹ et que cette «avancée du désert» entraînerait des déplacements de populations massifs qui viendraient perturber la stabilité géopolitique du continent et entraînerait dans sa chute l'occident. A cet égard, le Colonel Pape Sarr¹⁰ se réfère aux estimations du Haut commissaire adjoint de l'ONU portant sur les réfugiés climatiques¹¹. Une politique de prévention des risques est jugée nécessaire. L'objectif

⁷ Cf. Allocutions Maître Abdoulaye Wade, NU.

⁸ Muller (2005), «le référentiel «est d'abord l'expression d'une nécessité incontournable de mettre en sens une société qui doit gérer son retournement sur elle même», p.173

⁹ Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification adoptée à Paris le 17 juin 1994

¹⁰ Le Colonel Pape Sarr, Directeur des Opérations de l'Agence Nationale de la Grande Muraille Verte sénégalaise

¹¹ L. Craig Johnson, responsable du HCR, à l'occasion de la Conférence des NU sur les changements climatiques de Poznan (2008) a interpellé la Communauté Internationale sur le déplacement forcé de 250 millions personnes d'ici 2050 du fait de la dégradation de leur environnement local et des difficultés d'accès aux ressources. Le Sahel est jugé est une zone à risque.

général de la GMV vise donc à «valoriser le désert» et «amener les populations à un changement durable pour qu'elles puissent se fixer sur ses terres»¹²

Au Sénégal, le secteur que cherchent à ajuster les instigateurs de la GMV est la zone sylvo-pastorale qui caractérise d'une part un milieu écologique spécifique, le Sahel,¹³ habité par une communauté particulière, les peuls, dont l'identité et le rôle social et économique est intrinsèquement lié à leurs activités d'éleveurs. En insufflant une «politique de protection de l'environnement» (mitigation) et «une politique de développement local intégré» (adaptation) le tout sous la bannière GMV, le gouvernement sénégalais cherche à modifier ces deux composantes du «secteur peul».

La Grande Muraille Verte du Ferlo ou comment négocier le changement

Comment insuffler ces politiques de changement ? Qui va les mettre en oeuvre ? Comment vont réagir les populations locales à des décisions venues d'en haut ?

Pierre Muller, souligne l'importance des «médiateurs du changement» dans ce processus d'ajustement entre contrainte de structure globale et autonomie du sectoriel.

Dans le cas de la Grande Muraille Verte, la médiation est double et se trouve à deux étages de la gouvernance. La première fait la jonction entre la pensée dominante des politiques environnementales internationales et la définition du programme GMV, alors que la seconde crée le lien entre les décisions politiques gouvernementales et leur mise en oeuvre sur le terrain local.

Chargés de faire le lien entre les deux univers de sens, «les praticiens opèrent en quelque sorte la fusion entre la dimension cognitive et la dimension des intérêts, qui fait que les intérêts des groupe qu'ils représentent ne sont pas séparables d'une lecture «vraie» des changements du monde» (Muller, 2005, p.185).

En vertu des lois de décentralisation¹⁴, et du statut particulier de la zone sylvo-pastorale, les ajustements définis dans le cadre GMV (programme de reforestation et création de jardins maraîchers) issue d'un décret présidentiel¹⁵ a du être négociée avec les pouvoirs locaux et plus largement avec la population par un agent que nous n'appelons non pas le «médiateur du changement», mais le «négociateur du

¹² Discours de présentation de la GMV par la Direction de l'Agence au village de Widou Thiengoly, le 7 mai 2011, en présence de journalistes français invités par le CNRS à se rendre sur les lieux de la GMV. Le même discours a été tenu un mois plus tard, le 17 juin 2011 à l'Hôtel Méridien de Dakar, à l'occasion du 1er Sommet des Terres Arides organisé par la FAO.

¹³ Muller (2005) : «on en vient finalement à ce qui constitue le coeur du mécanisme d'articulation entre contrainte de structures globales et la marge du jeu des acteurs d'une politique. Cette relation est incarnée dans le travail de sens accompli par des acteurs - individuels ou collectifs - qui élaborent la vision d'un domaine d'action publique, ce qui inclut la définition des objectifs d'une politique» p.183

¹⁴ La loi de 1996 consacre au Sénégal, le transfert des compétences de l'Etat aux collectivités locales dans dix domaines dont la gestion forestière

¹⁵ Décret n°2008-1521 portant création et fixant les règles d'organisation et de fonctionnement de l'Agence Nationale de la GMV du Sénégal

changement» dans la mesure où son rôle principal consiste à convaincre les populations d'adhérer à l'idée «grande muraille verte» et de prendre part aux activités.

Le gouvernement sénégalais a délégué la mise en oeuvre des activités de la Grande Muraille Verte à un expert technique des Eaux et Forêts. Les agents des Eaux et Forêts sont présents à Widou Thiengoly depuis la construction de la «base» par la coopération allemande en 1975. Ils sont chargés de faire appliquer la réglementation des différents codes environnementaux notamment le code forestier¹⁶ et le code de l'eau¹⁷. En mars 2008, un nouvel agent des Eaux et Forêts prend service à Widou Thiengoly suite à une affectation nationale. En plus des activités classiques liées à sa fonction, «le négociateur du changement» est chargé d'opérationnaliser l'action publique de la GMV¹⁸ sur le terrain.

De l'institutionnalisation du projet panafricain de la Grande Muraille Verte : un objectif commun, onze politiques nationales

Aux origines de la GMV

L'idée «d'une barrière de verdure» ayant pour ambition «d'arrêter la progression du désert» est attribuée à l'ancien Président Nigérian Olusegun Obasanjo. Il aurait fait part de son dessein à ses pairs africains lors du 7ème Sommet des Leaders et Chefs d'Etats la Communauté des Etats Sahélo-sahariens¹⁹ (CEN SAD) tenue à Ougadougou les 1er et 2 juin 2005. Il est tentant de s'interroger sur l'origine, le lieu ainsi que le contexte d'émergence de cette idée. En effet, le projet GMV tire son originalité non pas du problème auquel il entend apporter une réponse mais plutôt du cadre cognitif sur lequel il repose et sur la forme institutionnelle qu'il tend prendre.

Fin janvier 2005, Olusegun Obasanjo partageait²⁰ l'estrade de la conférence plaçant l'Afrique et son développement socio-économique au coeur des débats du 35ème Forum Économique de Davos, «*G8 and Africa : Rethoric or action ?*». Quatre semaines après le Tsunami provoquant la mort de 280 000 personnes et faisant basculer plus de 2 millions d'autres dans la pauvreté, le lien entre crise environnementale et lutte contre la pauvreté est souligné par les

¹⁶ Code forestier - Loi n°98/03 du 08 janvier 1998, Décret n°98/164 du 20 février 1998

¹⁷ Loi n° 81-13 du 4 mars 1981 portant Code de l'Eau

¹⁸ Une partie de notre travail de terrain porte sur la mise en place du projet et les processus de négociation menée par le médiateur. Cette étude fera l'objet d'un article plus détaillé.

¹⁹ La CEN SAD est une organisation internationale regroupant 28 Etats Africains, créée le 4 fév 98 à Tripoli, sa ligne directrice est de « créer une union économique globale basée sur une stratégie à travers un plan de développement complémentaire avec les plans nationaux de développement des pays concernés»

²⁰ Avec l'ancien Président américain Bill Clinton, le Premier Ministre britannique Tony Blair, le philanthrope Bill Gates ainsi que le second géant du continent, le sud africain Thabo Mbeki.

«global leaders»²¹ dont plus de la moitié d'entre eux placent la «lutte contre la pauvreté» en tête des priorités du partenariat mondial²².

Lancée au cours d'une rencontre de haut niveau de la CEN SAD, l'idée est approuvée par les chefs d'Etats Sahéliens et confiée à Abdoulaye Wade, Président sénégalais et responsable du volet environnement du NEPAD. Cette étape marque le lancement du processus de conceptualisation et d'institutionnalisation du projet.

L'institutionnalisation de la GMV vise plusieurs objectifs

Sceller les volontés politiques et marquer l'engagement transnational sur la scène internationale

L'institutionnalisation de l'APGMV cristallise alors les volontés des acteurs d'afficher une unité politique et scelle leur engagement à s'impliquer dans la réalisation de l'objectif commun, lutter contre «l'avancée du désert» étiquetant leurs programmes nationaux du logo GMV. Elle entérine en quelque sorte la signature d'un contrat entre les onze états sahéliens dont les termes sont tant moraux que politique.

Par ailleurs, en posant une structure normative contraignante, réglementant tant le cadre des discussions que celui des prises de décisions, l'organisation institutionnelle définit les règles du jeu entre les partis. En effet, «l'organisation régularise le déroulement des relations de pouvoir. Par son organigramme et par sa réglementation intérieure, elle contraint la liberté d'action des individus et des groupes en son sein, et de ce fait, conditionne profondément l'orientation et le contenu de leurs stratégies» (Crozier, 1977).

Enfin, nous pouvons ici considérer l'avènement de l'APGMV comme relevant d'une volonté des Etats de renforcer leur légitimité sur la scène internationale. En créant des organes tel que la Conférence des chefs d'Etats et de gouvernement ou un Comité d'experts, ils adoptent des formes d'organisations largement reconnues par les institutions internationales puisqu'elles s'organisent sur des modèles identiques (Hall, 1997). Pour reprendre ici les analyses de Campbell (1997), les concepteurs de l'agence suivent en quelque sorte une «logique de convenances sociales», visant la reconnaissance et l'adhésion de la communauté internationale à leur initiative.

Inscrire le développement de l'Afrique sur la scène internationale

Alors que l'avènement en 2001 de l'Union Africaine entérine la volonté des Etats Africains de créer une institution capable de représenter politiquement l'Afrique sur la scène internationale, le NEPAD se veut être l'agent intermédiaire du système de

²¹ Stern Babette, Tony Blair et Jacques Chirac mettent la lutte contre la pauvreté à l'ordre du jour de Davos, Le Monde 26 janvier 2005.

²² Stern Babette, Davos est exhorté à «un grand effort pour l'Afrique», Le Monde, 29 janvier 2005

l'aide internationale pour le continent et l'acteur majeur du développement de l'Afrique (Ould-Abdallah Ahmedou, 2002) Depuis 2005, les réflexions portant sur le cadre conceptuel et institutionnel de la GMV, ont été menées en référence aux orientations stratégiques des ces deux institutions majeures.

Le 17 juin 2010, les chefs d'Etats et de gouvernements des onze pays sahéliens, (Mauritanie, Senegal, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Tchad, Soudan, Ethiopie, Eyrthrée, Djibouti,) réunis en Sommet à N'Djamena, ratifient le projet transnational de la GMV en portant à création l'Agence Panafricaine de la GMV.

En bout de course du processus d'institutionnalisation de l'APGMV, celle-ci prend la forme d'un organisme inter-étatiques, largement indépendant des institutions africaines, telles que la CEN SAD et l'UA, dans le giron desquelles elle s'est pourtant construite. Elle dispose d'une part de «la capacité juridique internationale» et d'autre part de «l'autonomie de fonctionnement»²³. Le rôle conféré à l'APGMV est donc principalement politique dans la mesure ou la mise en oeuvre technique du projet est délégué aux Agences Nationales de chaque pays. Selon l'article 4 de la *Convention portant Création de l'APGMV*, celle-ci a pour mission de «cordonner, suivre et évaluer toutes les activités relatives à la GMV» et de «mobiliser les ressources nécessaires».

Aux prismes de l'institutionnalisation de l'APGMV, se dessine le fil de la gouvernance du projet. En effet, l'avènement de l'Agence Panafricaine de la GMV marque la volonté politique des onze Etats Africains concernés de créer une union régionale autour de ce projet et pose l'Agence comme principal interlocuteur de la «gouvernance» de la GMV. Celle-ci constitue le pivot politique et organisationnel autour duquel se soudent les orientations et se créent les partenariats. Autrement dit, elle est chargée de faire le lien entre les institutions internationales et les Etats nationaux mais également entre les Etats nationaux et les partenariats publics-privés. A ce titre, l'Agence a signé un partenariat scientifique avec l'AIRD le 3 mars 2011. Par ailleurs le *Premier Sommet des Terres Arides* consacré à la *Grande Muraille Verte* tenu à Dakar du 7 au 10 juin 2011 a débouché sur le positionnement des institutions internationales telles que la BM, le PNUD, la Commission Européenne, la FAO quant au financement de «l'initiative GMV» ainsi que des institutions scientifiques telles que Earth Institut.²⁴

International

La prise en compte de l'environnement comme objet de régulation politique est récente. Insufflée par la «société civile», le sommet de la Terre de Rio (1992) confirme l'entrée des questions environnementales sur les agendas politiques nationaux et internationaux vingt ans après la première Conférence des Nations Unies sur l'environnement (Stockholm, 1972).

²³ Article 3 de la Convention portant création de l'Agence Panafricaine de la GMV, N'Djamena, juin 2011.

²⁴ <http://drylandsforum.wordpress.com/>

Au regard des conclusions apportées par le GIEC²⁵, les pouvoirs politiques mondiaux se sont accordés sur la nécessité d'entreprendre deux types d'actions publiques, l'une visant à limiter l'augmentation des températures, l'autre à permettre aux hommes de s'adapter aux modifications de leur environnement. Le projet de la Grande Muraille Verte s'inscrit dans ce second volet.

Cette institutionnalisation des questions environnementales comme enjeu global pour la survie de l'Humanité s'est accompagné d'une demande croissante pour une «meilleure gouvernance» passant entre autre par un renforcement du rôle des Institutions de Bretton Woods et organismes des NU (Chavagneux, 1995). Décrédibilisé par les nombreuses critiques à l'égard des politiques d'ajustement structurels de type «top-down» prônant la privatisation dont celles des ressources naturelles, la Banque mondiale entreprend à la fin des années 90 une nouvelle politique d'attribution de l'aide censée redresser sa côte de popularité et classe au centre de ses priorités «la lutte contre la pauvreté»²⁶. Comme le souligne Bruno Lautier (2001), il est important de s'interroger sur le positionnement stratégique des Institutions de Bretton Woods. Ne se sont-elles pas saisies de la mouvance générale portant sur les questions environnementales pour inscrire spécifiquement celles ci au coeur de leurs activités de développement et par la même occasion, tenter de recouvrer un pan de leur légitimité ?

Par ailleurs, en prescrivant non plus une attribution de l'aide par projet spécifique, élaborés dans les laboratoires occidentaux du développement, mais en incitant les Etats du sud à définir eux même leurs stratégies de développement et à l'inclure dans leurs politiques publiques via une «responsabilisation» de leur appareil administratif, un recours à la «société civile» et au «processus participatif», la BM contraint les Etats à s'ériger en «porteur de projet», dont le cadre conceptuel de recevabilité est soumis aux conditionalités de la «bonne gouvernance» (Cling, 2002).

En effet, parallèlement aux nouvelles approches de la Banque Mondiale, la création du NEPAD, atteste l'alignement des Etats Africains aux ambiguïtés du discours politique amorcé par l'institution au tournant des années 90. En 2001, les déclarations officielles des leaders africains ont brusquement et totalement changé à l'égard du libéralisme. Jusqu'à présent largement critique des politiques d'ajustement structurel, ils affichent désormais une philosophie épousant les principes du Consensus de Washington. «*Le NEPAD s'est prononcé en faveur du libéralisation économique, du respect des équilibres macroéconomiques internes et externes, de la discipline des finances publiques, de l'attraction des investissements privés, des régionalisations «ouvertes» (à la mondialisation), de la surveillance des pairs etc.*». Comme le souligne Coussy (2006), ce revirement de situation est davantage inscrit dans l'ordre du discours que de la mise en pratique, néanmoins, il traduit en quelques sortes, l'intégration par les

²⁵ http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml

²⁶ Banque mondiale (2001a), Poverty Reduction Strategy Sourcebook: Chapters and Related Materials, disponible sur le site de la Banque mondiale [www.worldbank.org/poverty/strategies], version pour commentaires, avril.

États Africains des règles du jeu international. Stratégie ou réelle volonté politique, la question est posée mais comme l'évoque l'ancien président sénégalais Abdou Diouf (2006), ce revirement de position symbolisé par la création du NEPAD marque la volonté des Etats Africains de bénéficier des investissements étrangers pour financer le développement en prônant l'ouverture de l'Afrique au reste du monde.

La Grande Muraille Verte est en fait un appel a projet porté par onze chefs d'Etats Africains qui invitent aux partenariats publics-privés et revendiquent la co-production des politiques publiques nationales.

En intégrant le cadre cognitif relatif aux préoccupations sur l'environnement et à la politique de la «lutte contre la pauvreté», «nouvelle philosophie» de la Banque Mondiale, les Etats de la GMV acceptent de transférer une part non négligeable de leur souveraineté dans l'espoir d'attirer des capitaux étrangers (publics comme privés) au nom du développement économique de leurs pays.

Désireux d'approcher les conditions de vies occidentales, les Etats Africains élaborent des stratégies de captation de l'aide, à la mode des «courtiers en développement» étudié par Olivier de Sardan (Bierschenk, 2000), et entraînent le projet GMV au coeur des ambiguïtés de la «gouvernance mondiale». La «gouvernance», symbole ici de l'ouverture de la politique nationale aux partenariats publique/privé, conduit vers un certain effritement du rôle de l'Etat comme garant de l'intérêt général (Dufour, 2009). En effet et ainsi que le souligne Jean Pierre Gaudin, cette façon de percevoir notre rapport au politique instaure la concurrence des intérêts particuliers des «partenaires du développement» au sein même de l'appareil étatique.

Cette façon de «gouverner» re-conceptualise le rôle de l'Etat en démocratie (Crowley, 2003) et nous conduit à nous interroger sur la réelle prise en compte de l'intérêt des populations locales (pour ne pas parler de leur bien être) dans le processus de décisions des projets de développement. En ce sens, le référentiel global duquel découlerait le projet GMV ne serait pas «le réchauffement climatique» comme évoqué plus haut, mais plutôt la place conférée à l'environnement ainsi que les «conditionnalités» de «bonne gouvernance» par lesquels se décident l'implication des bailleurs de fonds (HCI, 2001).

Remerciements: Ce travail a bénéficié de l'appui financier de l'Observatoire "Homme-Milieux" Tessekere

Références Bibliographiques

- Abèlès M. 2006 *Politique de la survie*. Paris; Flammarion.
- Agence Panafricaine de la GMV, 1,2 et 3 mars 2011, Rapport du Conseil des Ministres, 1ère session ordinaire, N'Djamena, Tchad.
- Bierschenk T., Chuveau J.P., Olivier de Sardan J.P. 2000 *Courtiers en développement. Les villages africains en quête de projets*. Paris; Karthala.

- Bourdieu P. 1994 *Raisons Pratiques sur la théorie de l'Action*. Paris; Seuil.
- Bourdieu P. 2000 *Propos sur le champ politique*. Lyon; Presses Universitaires de Lyon
- Campbell J.L. 1997 Institutional Analysis and the Role of Ideas in Political Economy, cité par Peter A. Hall, Rosemary C.R Taylor, La science politique et les trios néo-institutionnalismes. *Revue Française de science politique*, 3-4, 469-496
- Chavagneux C. 1995 L'avenir des institutions de Bretton Woods : Halifax et après. *Économie Internationale*, 64.
- Chavagneux C. 2001 On n'échappe pas au politique quand on fait de l'aide au développement. *L'Économie politique*, 2 (10), 8-17
- Corzier M., Freidberg E. 2007 *L'acteur et le système*, Paris; Seuil.
- Coussy J. 2006 Etats africains, programmes d'ajustement et consensus de Washington, *L'Économie politique*, 4 (32), 29-40.
- Crowley J. 2003 Usages de la gouvernance et de la gouvernabilité, *Critique Internationale*, 21, 52-61
- Demante M.-J. 2006 Appui à la capitalisation des expériences du Projet d'Autopromotion Pastorale dans le Ferlo, Rapport PAPF-GTZ, IRAM, 48 p. + annexes.
- Diouf A. 2006 Afrique : l'intégration régionale face à la mondialisation. *Politique étrangère*, 4, 785-797.
- Dufour D.R. 2009 La gouvernance comme nouvelle forme de contrôle social. *Connexions*, 91, 41-54.
- Froger G., Andriamahefazafy F. 2003 Les stratégies environnementales des organisations internationales dans les pays en développement : continuité ou ruptures ? *Mondes en développement*, 124 (4), 49-76.
- Gaudin J. P. 2002 *Pourquoi la gouvernance ?* Paris; Presses de Sciences Po
- Girardet R. 1986 *Mythes et mythologies politiques*. Paris; Point.
- Guibert B., Müller Andréas, André Daniel, avril 2008, Quelques enseignements sur l'économie sociale et historique des pasteurs du Ferlo ..., Capitalisation du projet PAFP (Sénégal), ECO Consulting Group, Iram, Saint Louis, Sénégal,
- Guibert B. (IRAM), 12 juin 2008, Restrictions et reconstructions successives d'un espace vital (pastoral, social et politique) des Peuls du Ferlo Sénégalais durant la deuxième moitié du XXème siècle, Capitalisation du projet PAPF, Ecoconsulting Group.
- Hall Peter A., Taylor Rosemary C. R 1997 La science politique et les trois néo-institutionnalismes. *RFSP*, 3-4, 469-496.
- Haut Conseil de la Coopération Internationale 2001 *Les non-dits de la bonne gouvernance. Pour un débat politique sur la pauvreté et la gouvernance*. Paris; Karthala.
- Intervention de son Excellence Dr Cheikh Tidiane Gadio, Ministre d'Etat, Ministre des Affaires Etrangères de la République du Sénégal, 60ème session ordinaire de l'A.G des NU, le 22 septembre 2005, NY, EU.

- Igué J. 2002 Le NEPAD : initiative de la dernière chance ? *Revue internationale et stratégique*, 46 (2), 103-106.
- Jobert B. 2004 Une approche dialectique des politiques publiques. L'héritage de l'État en action, *Pôle Sud*, 21 (2), 43-54.
- Jobert B., Muller P. 1987 *L'Etat en action. Politiques publiques et corporatisme*. Paris; PUF.
- Lascoumes P. 2002 L'expertise, de la recherche d'une action rationnelle à la démocratisation des connaissances et des choix. *Revue française d'administration publique*, 103 (3), 369-377.
- Lascoumes P., Le Galès P. 2004 "L'action publique saisie par ses instruments" dans P. Lascoumes, P. Le Galès (Eds) *Gouverner par les instruments*. Paris, Presses de Sciences Po. 2004. pp. 4-8
- Lautier B. 2001 Sous la morale, la politique : la Banque mondiale et la lutte contre la pauvreté. *Politique africaine*, 82, 169-176
- Muller P. 2005 Esquisse d'une théorie du changement dans l'Action publique. Structures, acteurs et cadres cognitifs. *Revue Française de Science Politique*, 155-187
- Raynaud C. 1997 *Sahels. Diversité et dynamiques des relations sociétés natures*. Paris; Karthala.
- Riesman P. 1974 *Société et liberté chez les Peul Djelgôbé de Haute-Volta. Essai d'anthropologie introspective*. Cahiers de l'Homme, 14, Paris-La Haye; Mouton.
- Wade A., Président de la République du Sénégal, 62^{ème} session, 5^{ème} séance plénière, mercredi 24 septembre 2007, 9h, New York, EU.
- Wade A., Président de la République du Sénégal, 63^{ème} session, 7^{ème} séance plénière, mardi 25 septembre 2008, 15h, New York, EU.
- Wade A., Président de la République du Sénégal, 64^{ème} session, 5^{ème} séance plénière, mardi 24 septembre 2009, 15h, New York, EU.
- Wade A., Président de la République du Sénégal, Quinzième Conférence des Etats Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, 16 octobre 2009, Copenhague, Danemark.
- Wade A., Président de la République du Sénégal, 65^{ème} session, 5^{ème} séance plénière, 24 septembre 2010, New York, EU.

Effet de l'inoculation mycorhizienne en pépinière sur la croissance du gommier (*Acacia senegal* L. Wild.)

Ndiaye Malick^(1,*), Manga Anicet Georges Bruno⁽²⁾, Leye El Hadji Malick⁽³⁾, Diop Tahir Abdoulaye⁽⁴⁾

(1) Laboratoire de Biotechnologies des Champignons, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

(2) UFR Sciences Agronomiques, Aquaculture et de Technologie Alimentaire, Université Gaston Berger, Saint Louis Sénégal.

(3) Laboratoire National de Recherche sur les Productions Végétales/ Institut Sénégalais de Recherche Agricole, 'LNRPV/ISRA', Dakar, Sénégal.

(4) Laboratoire de Biotechnologies des Champignons, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

(*) Auteur correspondant: NDIAYE Malick, Tel: + 221 77 534 84 79; Fax: + (221) 33 864 66 58; E-mail: papmalic@yahoo.fr

Résumé

Au sahel, la régression des formations forestières et l'appauvrissement des sols en éléments minéraux et en microorganismes symbiotiques constituent des conséquences de la désertification. Face à cette situation, le Sénégal dans le cadre de sa politique forestière a entrepris depuis quelques années par le biais d'une approche participative, des actions de reboisement visant à promouvoir des espèces rustiques comme *Acacia senegal*.

Ainsi, pour une amélioration de la croissance de ces espèces sylvoles, l'exploitation des potentialités symbiotiques des microorganismes comme les champignons mycorhiziens arbusculaires (MA) peut être une alternative. Des travaux menés en serre, en pépinière et en milieu réel ont permis d'évaluer l'impact de l'inoculation mycorhizienne sur le gommier.

Les résultats ont révélé un potentiel en microorganismes symbiotiques faible dans les sols de Louga et de Linguère.

En pépinière, l'inoculation d'*A. senegal* et par des microorganismes symbiotiques a permis une amélioration du taux de survie et un bon développement végétatif des plants inoculés comparés aux témoins non inoculés. Les effets bénéfiques de l'inoculation sur la croissance des plants ont été maintenus au champ. Le couple symbiotique efficient *Glomus fasciculatum/Acacia senegal* a été proposé pour les programmes de reboisement dans le Ferlo.

Mots-clés: Champignon mycorhiziens arbusculaire, *Acacia senegal*, Gomme, Reboisement.

Introduction

Surtout connue pour la gomme arabique (*Acacia senegal*) produite par exsudation des troncs et des branches, le gommier contribue à l'équilibre des écosystèmes et des agrosystèmes. La gomme occupe une place de choix dans les produits forestiers. Elle améliore les moyens de subsistance des populations rurales des zones de production en générant des devises. Les arbres fournissant ce produit sont largement utilisés dans la pharmacopée traditionnelle, donnent du fourrage, du bois de feu ou d'œuvre (CCI, 1978 ; Sarr, 2005). Cependant, sous l'effet combiné de facteurs climatiques aléatoires et de l'action anthropique, cette espèce forestière a connu une dégradation compromettant la production de gomme ainsi que les revenus des exploitants du Sénégal. En fait, depuis plus de trois décennies, le Sénégal traverse une crise écologique profonde qui a entraîné une régression importante des formations forestières en général et des peuplements de gommiers en particulier.

L'utilisation de microorganismes symbiotiques tels que les champignons mycorhiziens arbusculaires pourrait permettre d'améliorer le développement des plants d'*A. senegal* en serre et en pépinière afin de les rendre plus aptes à faire face aux diverses contraintes environnementales. En effet, les champignons MA forment une symbiose avec les plantes leur permettant ainsi un meilleur apport en eau (Martin et Plassard, 1997 ; Smith et Read, 2008) et en éléments minéraux (Bucher, 2007) grâce à un réseau d'hyphes. Par ailleurs, ils jouent un rôle important dans la restauration des sols, l'alimentation hydrique et la tolérance à différents stress (Strullu et al. 1991; Manga, 2005 ; Bucher, 2007). Cette symbiose s'exprime mieux dans les sols pauvres en phosphore, caractéristique des pays sahéliens.

A travers cette étude, nous voulons contribuer à préciser l'effet de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance du gommier en pépinière et après transplantation. Ce travail pourrait s'avérer un modèle utile pour valider les couples symbiotiques (plantes /champignons) capables d'améliorer le taux de survie des plantes en zone Sahélienne.

Méthodologie

Sites d'étude

Les expériences ont été effectuées à Bélel DIOP (département de Louga) et Samaly (département de Linguère) et au niveau de la serre du Jardin Botanique de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop.

Département de Louga

Il se situe dans le Nord du Sénégal qui occupe une superficie de 5479 km². Le sol présente une texture à dominante limoneuse. La pluviométrie varie entre 200 et 250 mm caractéristique du domaine climatique semi-aride.

Département de Linguère

Le Département de Linguère se situe dans le Ferlo sablonneux du Sénégal qui occupe une superficie 6061 km². Il appartient à la zone Sylvo-pastorale. Le sol est de type sableux avec une pluviométrie variant entre 300 et 400 mm. Linguère présente un climat semi-aride.

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de graines d'*Acacia senegal* et de *Zea mays*. Elles ont été fournies par la Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols. A Louga un semis direct dans les gaines a été effectué. Au niveau de la pépinière de Linguère les graines ont été mises en terre avant transplantation dans des gaines. Au laboratoire les graines de maïs sont désinfectées dans de l'eau de javel (90%) diluée de moitié pendant trois à quatre minutes puis rincées abondamment avant d'être imbibées pendant trente minutes dans de l'eau stérile. Ensuite, elles sont mises à germer dans des boîtes de Petri contenant de la gélose (0,8%) et placées à l'obscurité à 30°C.

Caractérisation physico-chimique du substrat de culture

Les prélèvements de sol effectués dans les différents sites (Bélel DIOP et Samaly). Environ 5 kg de sol de chaque site ont été prélevés sur un horizon de 2 à 10 cm de profondeur.

La conductivité du substrat a été déterminée à partir de l'extrait filtré d'une suspension substrat-eau (1:20) à l'aide d'un conductivimètre. La granulométrie a été évaluée par la méthode de tamisage humide. Le pH-H₂O et pH-KCl des sols ont été mesurés par lecture directe au pH-mètre selon un rapport sol/eau distillée de 1: 2 et sol/KCl 1M de 1: 2 respectivement après un temps d'équilibre de 1 heure. Le Dosage du P a été effectué par spectrométrie d'absorption moléculaire (GANIMEDE P), l'azote a été dosé par volumétrie (Kjeldahl). Le carbone a été dosé par la méthode d'Anne.

Détermination du potentiel symbiotique des sols

Une partie de chaque échantillon de sol provenant des sites de Bélel DIOP et Samaly a été stérilisée à l'autoclave à 120°C pendant deux heures. Après la

germination, les plantules de maïs sont repiquées dans les multipots contenant le sol dilué à raison d'une par pot, transférées dans la chambre de culture avec une photopériode de 12 h et une température de 26°C et remises régulièrement à la capacité au champ pendant 6 semaines.

Inoculation en pépinière

L'inoculum fongique a été apporté sous forme de fragments de racines mycorhizées, de spores et d'hyphes. Chaque gaine a reçu une dose de 20 g avec une fréquence de mycorhization d'au moins de 85% et une densité sporale d'environ 40 pour chaque isolat fongique. Aucun apport de solution nutritive n'a été fait durant toute la durée de l'essai. Les plants ont été soumis à la température 30° C jour/25° C nuit $\pm 2^\circ\text{C}$ et à une humidité relative variant entre 55% et 65%. L'essai a duré 12 semaines.

Pépinière de Louga

L'inoculation a été réalisée en étroite collaboration avec les pépiniéristes des Eaux et Forêts, des Chasses et de la Conservation des Sols. Six cents plants âgés de 30 jours avec une hauteur moyenne de 5,5 cm répartis en 2 lots ont été traités selon le protocole suivant :

- 300 plants inoculés avec l'isolat fongique *Glomus fasciculatum*
- 300 plants n'ayant reçu aucun apport de microorganismes constituant le lot témoin

Pépinière de Linguère

La mise en terre des graines suivie d'une transplantation dans des gaines a permis d'obtenir des plants d'Acacia assez homogènes. Six cents plants âgés de 15 jours avec une hauteur moyenne de 1,9 cm répartis en 2 lots ont été traités selon le protocole suivant :

- 300 plants inoculés avec l'isolat fongique *Glomus fasciculatum*
- 300 plants n'ayant reçu aucun apport de microorganismes symbiotiques constituant le lot témoin

Transplantation au Champ

Après trois mois de culture en pépinière, les plants d'*A. senegal* inoculés à Louga ont été transplantés au niveau du village de Bélel Diop dans la communauté rurale de Koki. Les plants de gommier inoculés à Linguère ont été mis en terre au niveau du village de Samaly appartenant à la communauté rurale de Barkédji. Cette opération a été réalisée avec la participation active des populations locales.

- Site de BELEL DIOP

A Bélel Diop, un dispositif expérimental en blocs randomisés avec 2 répétitions a été adopté. Au total 384 plants ont été repartis en quatre 4 blocs renfermant chacun deux (2) traitements (Figure 1). Chaque traitement est constitué de 192 plants avec un écartement de 10 m et une interligne de 8 m. Ainsi à Bélel Diop, l'essai porte sur une superficie de 3,84 hectares.

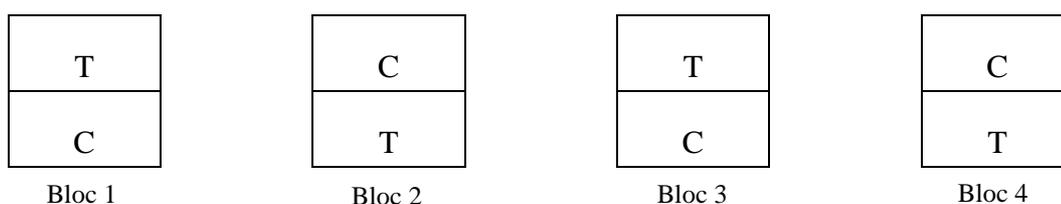


Figure 1: Dispositif expérimental réalisé à Bélel DIOP. C : Plants inoculés avec *G. fasciculatum* ; T : Plants témoins non inoculés

- Site de SAMALY

Au niveau du village de Samaly, 384 plants ont été aussi mis en terre selon le même protocole expérimental que celui utilisé au niveau du site de Bélel DIOP. Le dispositif couvre une superficie de 3,84 hectares (Figure 2). Le transport et la mise en terre des plants ont été facilités aussi par la participation active des populations locales.

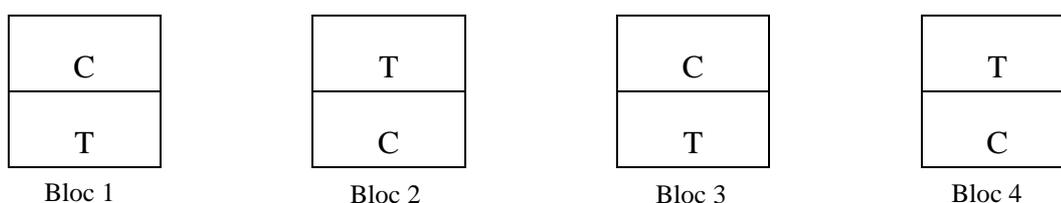


Figure 2: Dispositif expérimental réalisé à Samaly. C : Plants inoculés avec *G. fasciculatum*; T : Plants témoins non inoculés
Paramètres mesurés

Le potentiel mycorhizogène des sols a été établi suivant la méthode du «Most Probable Number».

Des mesures de la taille et du diamètre au collet des parties aériennes de la plante ont été effectuées à l'aide d'une règle graduée au millimètre et d'un pied de coulisse.

Le taux de survie (TS) estimé selon la formule suivante:

$$TS = \frac{\text{Nombre de plants vivants}}{\text{Nombre total de pieds}} \times 100$$

Statistiques

Les analyses statistiques entre les différents traitements appliqués lors de cette expérience ont été menées avec le logiciel R. Un ANOVA Two-way avec les tests de Khi^2 ou de Student-Neuyman-Keuls ont été réalisés. En cas de non normalité des données et de non homogénéité des variances, une transformation en log des données a été effectuée selon le cas.

Résultats

L'analyse physico-chimique du sol a révélé une texture sableuse à 90%; une pauvreté en matière organique et en phosphore assimilable caractéristiques des sols du Ferlo (Tableau 1).

Potentiel infectieux des sols des sites d'étude

L'évaluation du potentiel mycorhizogène des sols de Louga et de Linguère a révélé une variabilité de la richesse en propagules viables. Le sol de Louga a une densité de propagules plus importante que celui de Linguère (Tableau 2). Le potentiel mycorhizogène du sol de Louga est d'environ 8 propagules pour 50 g de sol alors que le sol Linguère présente un potentiel mycorhizogène d'environ 5 pour 50 g de sol.

Effet de l'inoculation en pépinière

Après trois mois de culture, des taux de survie d'environ 95 % et de 100 % ont été enregistrés respectivement au niveau des pépinières de Louga et de Linguère. Les résultats obtenus sur la croissance en hauteur des plants en fonction des traitements ont été représentés à la figure 3. Durant les trois mois de culture en pépinière après inoculation, les plants inoculés ont montré un développement végétatif satisfaisant comparativement aux témoins avec un accroissement en hauteur en moyenne de 51%. Les résultats obtenus en pépinière à Louga montrent d'une manière générale que le gommier a répondu positivement à l'apport de microorganismes symbiotiques. L'inoculation avec *G. fasciculatum* a donné des résultats significatifs avec un accroissement en hauteur de l'ordre de 51,15 % par rapport aux témoins.

Au niveau de la pépinière de Linguère, une meilleure stimulation de la croissance en hauteur des plants d'*A. senegal* a été enregistrée en présence du microorganisme fongique *G. fasciculatum*. Une augmentation de la taille d'environ 96 % des plants inoculés avec *G. fasciculatum* par rapport aux témoins a été obtenue.

Composants	Teneur
Sable fin	51%
Sable grossier	40,9%
Argile	3,6%
Limon fin	2,9%
Limon	1,6%
Matière organique	0,43%
Total C (mg g ⁻¹)	2,5
Total N (mg g ⁻¹)	0,21
C/N ratio	11,9
Total P (µg g ⁻¹)	40
P assimilable (µg g ⁻¹)	2
pH (sol/water ratio 1:2)	5,7
pH (sol/KCl ratio 1:2)	4,5

Tableau 1: caractéristiques physico-chimique du sol

Localités	MPN pour 50 g de sol	Intervalles de confiance
Louga	8	0,20 – 0,03
Linguère	5	0,11 – 0,01

Tableau 2: Valeurs de MPN pour les sols de Louga et Linguère

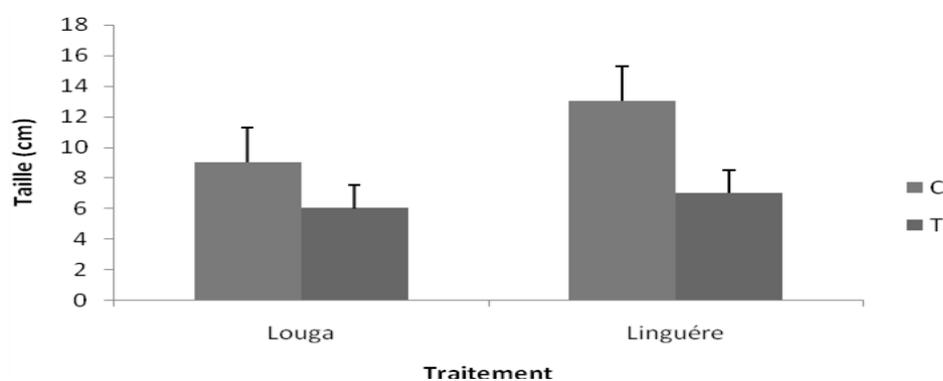


Figure 3: Croissance en hauteur des plants d'*Acacia senegal* après trois mois de culture en pépinière. C : Plants inoculés avec *G. fasciculatum* ; T : Plants témoins non inoculés

Comportement au champ des plants d'A. senegal

- Station de Bélel Diop

Environ 85 % des plantes d'*A. senegal* ont survécu après trois mois de transplantation. Les résultats obtenus sur la croissance en hauteur et le diamètre au collet ont été représentés au niveau du tableau 3.

S'agissant de la croissance en hauteur des plants, les résultats présentés dans le tableau 3 montrent que les valeurs obtenues chez les plantes inoculées sont significativement supérieures à celles des plantes non inoculées. Cependant, une variabilité de la réponse à l'inoculation a été notée suivant la taille et le diamètre au collet. Les effets de l'inoculation ont été plus significatifs sur la croissance en hauteur d'*A. senegal*.

Traitements	Taille (cm)	Diamètre au collet (mm)
Témoin	13.74 a	4.53 a
G. fasciculatum	18.87 b	6.17 b

Tableau 3: Effet de l'inoculation sur la croissance des plantes d'*A. senegal* 3 mois après transplantation à Bélel DIOP (Louga) Sur une même colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différences significatives à $P < 0,05$ au test de Newman-Keuls.

- Station de Samaly

Plus de 60 % des plants d'*A. senegal* ayant survécu, ont montré un bon développement végétatif après trois mois de transplantation. Les résultats obtenus sur la croissance en hauteur et le diamètre au collet ont été consignés au niveau du tableau 4. Cependant, les témoins ont globalement donné les valeurs les plus faibles. Les effets de l'inoculation ont été plus significatifs sur la croissance en hauteur d'*A. senegal* (Tableau 4). En effet, l'inoculation entraîne une augmentation de plus de 5 cm par rapport aux témoins. Des effets similaires de la biotisation ont été aussi notés sur le diamètre au collet des plantes d'*A. senegal* avec un diamètre au collet de plus de 8 mm.

Discussion

Potentiel Symbiotique (MPN) des sols

Le dénombrement des propagules viables des champignons MA par la technique MPN (Most Probable Number) a montré que les sols de Louga et de Linguère ont un potentiel en microorganismes symbiotiques très faible même si la densité de propagules

MA du sol de Louga est légèrement supérieure à celle enregistrée dans le sol de Linguère. Ce faible potentiel mycorrhizogène pourrait être lié à une dégradation de ces sols induite par une faible teneur en matière organique et en éléments minéraux. De plus, ces sols sont situés dans la zone semi-aride marquée par une faible pluviométrie. Ces résultats sont en accord avec ceux de Diop *et al.* (1994) qui ont montré que le potentiel infectieux des champignons mycorrhiziens arbusculaires est plus élevé dans les zones humides soudano-guinéennes que dans les zones sahéliennes du Sénégal.

Traitements	Taille (cm)	Diamètre au collet (mm)
Témoin	15.60 a	6.44 a
G. mosseae	20.57 b	8.14 b

Tableau 4: Effet de l'inoculation sur la croissance des plantes d'*Acacia senegal* 3 mois après transplantation à Samaly (Linguère) Sur une même colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différences significatives à $P < 0,05$ au test de Newman-Keuls.

Les pratiques culturales menées dans ces localités avec utilisation d'engins agricoles et de fertilisants même organiques ne favorisent pas le maintien et le développement des propagules mycorrhiziennes (Muligan *et al.* 1985; Dalpé et Monreal, 2004).

Effet de l'inoculation en pépinière

Les résultats de l'inoculation *A. senegal* / champignon MA obtenus en pépinière ont montré une amélioration du comportement végétatif des plants par rapport aux plants témoins confirmant les résultats obtenus par (Colonna *et al.* 1991; Räsänen *et al.* 2001; Kyllö *et al.* 2003 ; Querejeta *et al.* 2003). La stimulation de croissance observée par rapport aux témoins est conforme aux résultats obtenus par (Siquiera *et al.* 1998; Subramanian *et al.* 2006) qui ont montré que l'inoculation par les champignons MA améliore la croissance des plantes hôtes. Les résultats ont montré en effet que l'inoculation en pépinière favorisait une stimulation de la croissance des plants. De façon générale, l'inoculation des espèces sylvoles en plus de leur conférer une vigueur leur permettant de faire face à divers types de stress abiotiques au moment de la transplantation (Marschner, 1994 ; Bearden, 2001), augmente leur biomasse, réduit leur temps d'entretien en pépinière et par conséquent les coûts de production (Al-Karaki, 2001 ; Sow et Diop, 2004). L'intérêt de l'inoculation permet de favoriser une synergie permettant d'améliorer la croissance en stimulant la nutrition hydrominérale des plantes. Ce qui met la plante dans des conditions optimales de développement tout en la rendant plus apte à affronter les contraintes environnementales liées au transfert au champ.

La période d'inoculation des plants en pépinière joue un rôle très important dans leur développement. En effet, les plants de Linguère et de Louga ont été inoculés respectivement 15 jours et 30 jours après semis. Les résultats ont montré un meilleur développement au niveau des plants de la pépinière de Linguère inoculés plus précocement. L'ensemble des observations montre qu'un choix judicieux doit être effectué aussi bien pour le partenaire fongique que pour la période d'inoculation car favorisant un meilleur développement et une meilleure adaptation des plants.

Selon Sieverding (1991), la prolifération des champignons MA est particulièrement importante dans les agro systèmes tropicaux où la culture intensive de plantes à cycle court est dominante. Dans ces systèmes agricoles, la colonisation précoce des plantes par les champignons MA permettrait de mieux constater leurs effets positifs sur la croissance des cultures.

Un aspect non négligeable de la mise en place précoce des différentes structures symbiotiques dans le système racinaire des plantes se manifeste par une réduction sensible du taux de mortalité. En effet, un taux de survie 100% et 95% a été noté chez les plants inoculés en pépinière respectivement à Linguère et Louga. Ceci confirme les résultats de Giri et Mukerji (2004), Subramanian et al. (2006), St-Arnaud et Vujanovic (2007) selon lesquels les champignons MA augmentent la capacité des plantes à palier les stress environnementaux généralement rencontrés dans les écosystèmes dégradés.

Effet de l'inoculation en conditions naturelles

Même si l'interprétation des résultats au champ est souvent rendue difficile du fait de l'intervention de multiples variables environnementales, l'effet positif de l'inoculation des plants en pépinière a été confirmé au niveau des sites de Bélel Diop et Samaly. D'une manière générale, les plants inoculés ont présenté une vigueur plus importante. Cependant, un taux de mortalité plus élevé qu'en pépinière a été observé ; ce serait probablement lié aux conditions environnementales plus contraignantes. Selon Auge (2001) et Wu et Xia (2006), les microorganismes symbiotiques aident la plante à surmonter le choc de transplantation. Ces résultats révèlent la nécessité d'inoculer systématiquement les plants en pépinière avec des souches de microorganismes symbiotiques sélectionnées.

Conclusion

- Les sols de Louga et de Linguère ont montré un faible potentiel en microorganismes symbiotiques.
- L'apport de champignon mychorizien arbusculaire a permis une amélioration significative de la croissance chez *A. senegal*.

- Le choix de l'inoculum et la période d'inoculation en pépinière peuvent jouer un rôle déterminant dans la vigueur et la survie des plants au moment de la mise en terre.
- Le couple symbiotique *Glomus fasciculatum*/*Acacia senegal* peut être proposé aux forestiers pour les programmes de reboisement dans la zone du Ferlo.

Références Bibliographiques

- Al Karaki G. N., Hammad R. 2001 Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (8), 1311-1323.
- Auge R.M. 2001 Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11, 3-42.
- Bearden B.N. 2001 Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and soil water characteristics of vertisols. *Plant Soil*, 229, 245-58.
- Bucher M. 2007 Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytol*, 173, 11-26.
- Centre du Commerce International, CNUCED-GATT 1978 *Le marché de la gomme arabique* Genève; CNUCED.
- Colonna J.P., Ducouso M., Badji S. 1991 Peut-on améliorer le fonctionnement de l'*Acacia senegal* (L.) Wild. et du modèle symbiotique «*Acacia senegal-Rhizobium*»? Conférence sur la physiologie des Arbres et arbustes en Zones Arides. Nancy, avril 1990.
- Dalpe Y., Monreal M. 2004 Arbuscular mycorrhiza inoculum to support sustainable cropping systems. *Crop Management Network*.
- Diop T.A., Guèye M., Dreyfus B.L., Planchette C., Strullu D.G. 1994 Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia albida* Del. In different areas of Senegal. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 3433-3436.
- Giri B., Mukerji K.G. 2004 Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14, 307-312.
- Kyllo D.A., Velez V., Tyree M.T. 2003 Combined effects of arbuscular mycorrhizae and light on water uptake of neotropical understory shrubs, Piper and Psychotria. *New Phytol*, 160, 443-54.
- Manga A.G.B. 2005 Biodiversité des champignons mycorrhiziens arbusculaires d'*Acacia seyal* Del. et évaluation de leurs potentialités symbiotiques en milieu salé. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, pp.118.
- Marschner H., Dell B. 1994 Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, 165, 261-274.

- Martin F., Plassard C. 1997 Assimilation de l'azote par les symbioses ectomycorhiziennes. Dans J.F. Morot-Gaudry (Ed) *Assimilation de l'azote par les plantes*. Paris; INRA
- Muligan M.F., Smucker A.J.M., Safir G.F. 1985 Tillage modification of dry edible bean root colonization by VAM fungi. *Agro. J.*, 77, 140-144.
- Philips, Hayman 1970 Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Transactions British Mycological Society*, 55, 93-130.
- Querejeta J.I., Barea J.M., Allen M.F., Caravaca F., Roldan A. 2003 Differential response of $\delta^{13}C$ and water use efficiency to arbuscular mycorrhizal infection in two aridland woody plant species. *Oecologia*, 135, 510-515.
- Räsänen L.A., Sprent J.I., Lindström K. 2001 Symbiotic properties of rinorhizobia isolated from *Acacia* and *Prosopis* nodules in Sudan and Senegal. *Plant and Soil*, 235 (2), 193-210
- Sarr A. 2005 Amélioration symbiotique de la croissance d'*Acacia senegal* (L.) Wild et d'*Acacia nilotica* (L.) Wild Ex Del. au Sénégal et en Mauritanie. Thèse de 3^e Cycle, Université Cadi Ayyad.
- Sieverding E. 1991 Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany.
- Siquiera J.O., Saggin-Junior O.J., Flores-Aylas W.W., Guimaraes P.T.G. 1998 Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza*, 7, 293-300.
- Smith S.S., Read D.J. 2008 *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press.
- Sow H. A., Diop T. A. 2004 Mycorhize et agriculture : de la théorie à la pratique. Les champignons mycorhiziens, un potentiel pour un maraîchage rentable et adapté à la bourse des producteurs. *Info Agri.*, 3-4, 27-29.
- St-Arnaud M., Vujanovic V. 2007 Effect of the arbuscular mycorrhizal symbiosis on plant diseases and pests Dans C. Hamel, C. Plenchette (Eds) *Mycorrhizae in crop production*. Binghampton; Haworth Food & Agricultural Products Press. 2007. pp. 67-122
- Strullu D.G., Romand C., Plenchette C. 1991 Axenic culture and encapsulation of the intraradical forms of *Glomus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 7, 292-297.
- Subramanian K.S., Santhanakrishnan P., Balasubramanian P. 2006 Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Sci. Hort.*, 107, 245-253.
- Wu Q.S., Xia R.X. 2006 Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *J. Plant Physiol.*, 163, 417-425.

Structure des populations d'*Acacia senegal* (L.) Willd dans la zone de Tessekere (Ferlo nord).

Diallo Aly ^(1,*), Ngom Faye Madiara ⁽¹⁾, Thiaw Amath ⁽¹⁾, Guisse Aliou ^(1,2)

(1) Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005. Dakar-Fann, Sénégal

(2) Observatoire Homme Milieu Tessekéré (Ferlo)

(*)Auteur correspondant: E-mail: aly_diallofr@yahoo.fr

Résumé

Cette étude a pour but de déterminer l'état actuel des populations d'*Acacia senegal* (L.) Willd dans le Ferlo nord. Elle vise à déterminer la structure et la régénération des ces populations dans la zone de TessekereTessekere. Nous avons procédé à la caractérisation des populations par des relevés dendrométriques. Les résultats obtenus font ressortir une forte hétérogénéité des ces populations au sein d'un même site surtout à TessekereTessekere et entre les deux sites étudiés. Si les populations de *Acacia senegal* ont une structure arbustive dans cette zone, à Widou les individus de taille et de diamètre moyens sont les plus représentés par opposition à TessekereTessekere où l'état de dégradation est plus avancé. Ces populations sont distribuées en agrégats à Widou. Cette distribution est plus irrégulière à TessekereTessekere avec de très faibles densités. Le nombre élevé de pieds morts observé dans les deux sites traduit la forte pression anthropique que subit cette végétation à travers les coupes et l'effet néfaste du surpâturage. Le renouvellement de *Acacia senegal* à Widou est très faible voire inexistante. À Tessekere, malgré l'état de dégradation avancée de ces populations, *Acacia senegal* régénère relativement bien.

Mots-clés: *Acacia senegal* – structure – population - Ferlo

Introduction

Au Sénégal le domaine sahélien, correspondant à la zone sylvopastorale, est caractérisé par une végétation arbustive et arborée dominée par les épineux avec essentiellement des *Acacia*.

Ces ligneux jouent un rôle essentiel dans la vie des populations sahéliennes en constituant non seulement un fourrage de relais en saison sèche mais aussi une ressource fourragère stable pendant tout le cycle annuel car moins tributaire de la répartition des pluies de la saison précédente comme l'ont si bien souligné Rippsten et de Fabregues (1972). De plus ils apportent un complément alimentaire et sont utilisés

comme bois de service, bois d'œuvre, médicaments aux populations résidentes (Lykke *et al.*, 2004).

Mais ces ressources végétales subissent, depuis plusieurs décennies, une forte dégradation en raison de la péjoration climatique et de la forte anthropisation. Il en résulte une situation du milieu qui se traduit dans le paysage par la remise en activité des dunes autrefois fixées par la végétation (Ozer, 2002) et par un déboisement excessif (Ozer, 2004). Les changements notables induits dans ces écosystèmes entraînent une précarisation de plus en plus accentuée des conditions de vie des populations rurales qui sont les plus affectées par les effets de cette désertification. Cette situation est fort préjudiciable aux conditions de vie des populations et à l'économie de cette zone (Diouf *et al.*, 2002).

Une meilleure gestion des réserves sylvo-pastorales nécessiterait la restauration de ces écosystèmes dégradés (Akpo et Grouzis, 1996). Cette reconstitution doit reposer sur la connaissance de l'état actuel de ces ressources.

Nous avons mené ce travail dans le but de faire un état des lieux des ressources gommifères par la caractérisation des populations d'*Acacia senegal* de la zone de Tessekere. Cette caractérisation consistera à déterminer leur structure et leur régénération.

Matériel et Méthodes

Le site d'étude

L'étude a été réalisée dans la région naturelle du Ferlo, région du Nord du Sénégal. Cette vaste zone de transition bioclimatique, entre le domaine saharien au Nord et les savanes soudaniennes au Sud, est caractéristique du Sahel africain. Les inventaires floristiques et les relevés ligneux ont été réalisés dans les sites Widou Thiengoly et Tessekere.

Cette zone fait partie d'un ensemble dunaire fortement érodé, au relief très faible, où Valenza et Diallo (1972) distinguent sept formations pédologiques, treize groupements et quarante-huit parcours botaniques, constitués de plusieurs faciès. Ces formations de dunes de sables se caractérisent par un ensemble de rides asymétriques séparées par des dépressions longitudinales à sol sablo-argileux grisâtre localement calcaire et à sol hydromorphe à engorgement temporaire (Michel, 1969). Principalement, les sols suivants sont répertoriés : les sols ferrugineux tropicaux, les sols hydromorphes, les régosols et lithosols sur cuirasse (CSE, 2002). Le climat est de type sahélien ; la température moyenne annuelle est de 28,6° C et les températures moyennes mensuelles minimale et maximale sont respectivement de 24,4° C (janvier) et 32,3° C (mai). Depuis 1970, il y a une tendance à la hausse des températures de 0,1 à 1,8° C (CSE, 2002). Le régime pluviométrique se situe entre les isohyètes 100 et 500 mm.

D'après les enquêtes menées par Barral et *al.* (1983), la végétation du Ferlo aurait été constituée par une savane soudanienne fortement boisée où poussaient des herbes vivaces jusque dans les années 1970. La zone s'est sahélysée à cause des déficits pluviométriques successifs. En fin de saison des pluies, la végétation se présente sous la forme d'un tapis herbacé continu piqué d'arbres et d'arbustes, fréquemment épineux et ne formant jamais de strate continue. De nombreuses espèces ligneuses telles que *Terminalia avicennoides*, *Sterculia setigera*, *Sclerocarya birrea* ou *Combretum glutinosum* n'apparaissent plus que sous forme d'individus morts sur pied ou se sont raréfiées, par contre d'autres espèces sont restées stables ou sont en extension, il s'agit de *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Boscia senegalensis*.

Beaucoup d'espèces herbacées à affinité soudanienne ont nettement régressé tandis que d'autres plus saharo-sahéliennes ont profité de la sécheresse pour s'étendre. Le pâturage et l'ébranchage, pratiqués de manière excessive, ont en outre accentué les effets de la sécheresse.

Échantillon et relevés

Les données de la flore et de la végétation ont été collectées sur des placeaux d'inventaires et de relevés de végétation de 50 m x 50 m durant le mois d'août 2010. En tenant compte de la zone couverte par ces populations, nous avons utilisé 16 placeaux ainsi répartis: Widou (8) et Tessekere village (8).

La collecte et le traitement des données

Dans chaque placeau, un comptage exhaustif de tous les individus a été réalisé. Pour chaque individu, les mesures ont porté sur la hauteur pour établir la structure de la population, le diamètre du houppier pour évaluer le recouvrement, la distance entre deux individus par la méthode du plus proche individu (P.P.I.) pour décrire la distribution, et la circonférence du tronc à la base soit à 30 cm du sol pour estimer la surface terrière. Les données recueillies ont été gérées et traitées avec le tableur Excel afin de rechercher les paramètres de structure (densité, surface terrière, surface de couronne, distribution).

Deux types de densité ont été déterminés:

- La densité réelle qui correspond au nombre réel d'arbres sur la parcelle, ramené à l'hectare ;
- La densité théorique, la plus souvent utilisée, calculée en fonction de l'espacement entre les rangées d'arbres et l'espacement au sein des rangées d'arbres. Elle ne tient pas compte d'éventuelles irrégularités sur la parcelle, ni de la présence de zones sans arbres. Le calcul de la densité théorique se fait par le

rapport de la surface d'un hectare (en m²) sur le carré de la distance moyenne entre les arbres (Gning, 2008):

$$\text{Densité Théorique} = \frac{10000}{(\text{Dm})^2}$$

Dm = distance moyenne entre les arbres.

Lorsque la densité réelle est inférieure à la densité théorique, la parcelle est irrégulière et comporte des zones sans arbres.

La surface terrière, appelée aussi recouvrement basal, est la somme des surfaces des troncs des arbres à 0,30 m.

Selon Rondeux (1993), la surface terrière peut être estimée en considérant que les sections des tiges sont circulaires. Elle s'exprime par unité de surface (m²) et se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$St = \sum_{k=1}^n \frac{C^2}{4\pi}$$

St = surface terrière exprimée en m²/ha.

C = circonférence à 30 cm du sol des individus, mesurée en mètre.

Le recouvrement du peuplement est la somme des surfaces de la couronne de tous les individus du peuplement.

Cette surface est obtenue à l'aide du diamètre moyen du feuillage de l'arbre assimilé à un cercle par projection sur le sol. Elle est obtenue par la formule suivante (Rondeux, 1993):

$$Sc = \sum \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Sc = surface de la couronne en (m²/ha)

D = moyenne des diamètres Est/Ouest et Nord/Sud.

Le traitement des données de circonférence à 0,30 m du sol et de hauteur totale donne des histogrammes qui illustrent la répartition des individus en fonction de ces paramètres. Cela permet de voir les classes de circonférence et celles des hauteurs les plus fréquentes dans le but d'apprécier la nature de la population (arbustive ou arborée). Touffet (1982) appelle « arbustes » les individus adultes dont la hauteur ne dépasse pas 7 m et « arbres » ceux dont la hauteur dépasse cette mesure.

Pour évaluer le potentiel de régénération naturelle nous avons considéré les jeunes plants comme ceux dont le diamètre est inférieur à 3.5 cm soit 10 cm de circonférence.

Résultats

Caractéristiques structurales des populations

Les caractéristiques structurales des populations de *Acacia senegal* sont représentées dans le tableau I.

Sites	Widou	Tessekere
Paramètres		
Densité théorique (ind/ha)	101	42,6
Densité réelle (ind/ha)	53,3	24
Surface terrière (m ² /ha)	1,8	0,6
Recouvrement aérien (m ² /ha)	1541	428

Tableau I: Variation des variables des populations en fonction des sites

Densité

Dans les 16 placeaux d'inventaire, 155 individus de *Acacia senegal* ont été recensés dont 107 et 48 pieds respectivement à Widou et à Tessekere.

La densité réelle est de 24 individus à l'hectare à Tessekere tandis qu'à Widou elle est de 53,3 individus (Tab. I). La densité théorique varie aussi d'un site à un autre. La densité réelle est deux fois inférieure à la densité théorique ce qui traduit l'existence de zones sans *Acacia senegal*.

La distance moyenne entre deux arbres est de 11,3 m et 19,6 m respectivement à Widou et à Tessekere avec des coefficients de variation (Cv) supérieurs à 90 %. Ces coefficients de variation très élevés reflètent une agrégation des individus sous forme de bosquets.

Recouvrement

La surface terrière varie suivant les sites (Tab. I) : elle est trois (3) fois plus élevée à Widou qu'à Tessekere. Comme la surface terrière, l'aire de projection au sol de la couronne est plus importante à Widou qu'à Tessekere soit des recouvrements de 15 et 4 %.

Structure des populations

Distribution des circonférences

La figure 1 présente la distribution des individus en circonférence à Widou et à Tessekere. À Widou, la structure en circonférence présentée à la figure 1 s'apparente globalement à une distribution gaussienne. Les sujets dont la circonférence est comprise entre 30 cm et 90 m sont les plus nombreux à l'hectare. La classe modale est la classe des circonférences comprises entre 50 et 60 cm. On note de la figure 1 que la structure en circonférence des populations de *Acacia senegal* à Tessekere présente une forme en « J renversé ». Cette structure est régressive. Il est rare d'observer plus de 5 arbres à l'hectare pour des circonférences allant au delà de 40 cm.

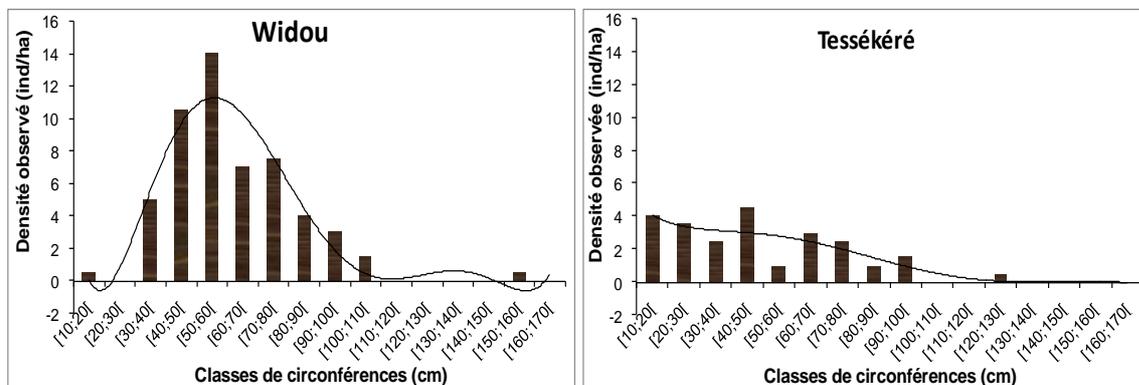


Figure 1: Répartition des populations d'*Acacia senegal* par classes de circonférence à Widou et à Tessekere selon les densités observées.

Distribution des circonférences

La distribution des individus en hauteur à Widou et à Tessekere est représentée par la figure 2. Comme pour la circonférence, la distribution en hauteur d'*Acacia senegal* dans ces deux sites suit la même tendance. En effet, On note de la figure 2 que la structure en hauteur à Tessekere présente une forme en « J renversé ». Il est rare d'observer plus de 5 arbres à l'hectare pour des hauteurs allant au delà de 5 m. À Widou, cette structure s'apparente globalement à une distribution gaussienne asymétrique négative. Les sujets dont la hauteur est comprise entre 3 m et 7 m sont les plus nombreux à l'hectare. La classe modale est la classe des hauteurs comprises entre 5 et 7 m.

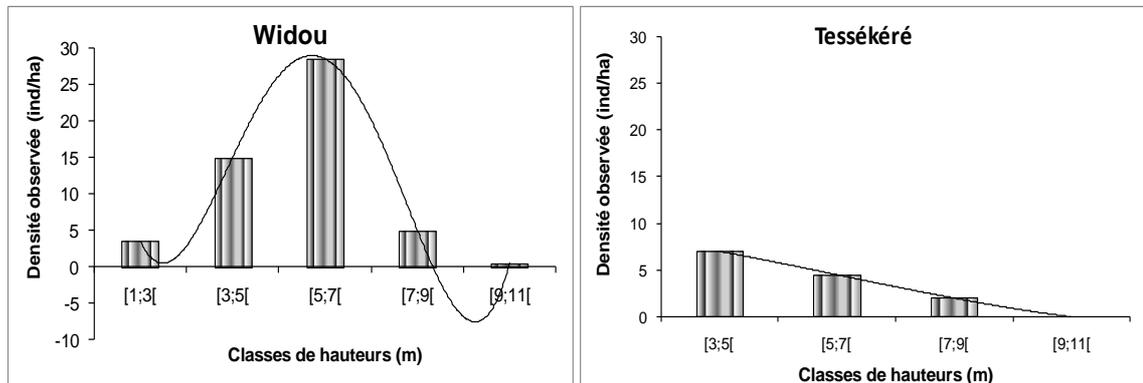


Figure 2: Répartition des populations d'*Acacia senegal* par classes de circonférence à Widou et à Tessekere selon les densités observées.

Capacité de régénération et mortalité

La capacité de régénération des populations d'*Acacia senegal* a été évaluée en fonction de la densité de jeunes plants mais aussi en fonction de celle des individus morts sur pieds (figure 3).

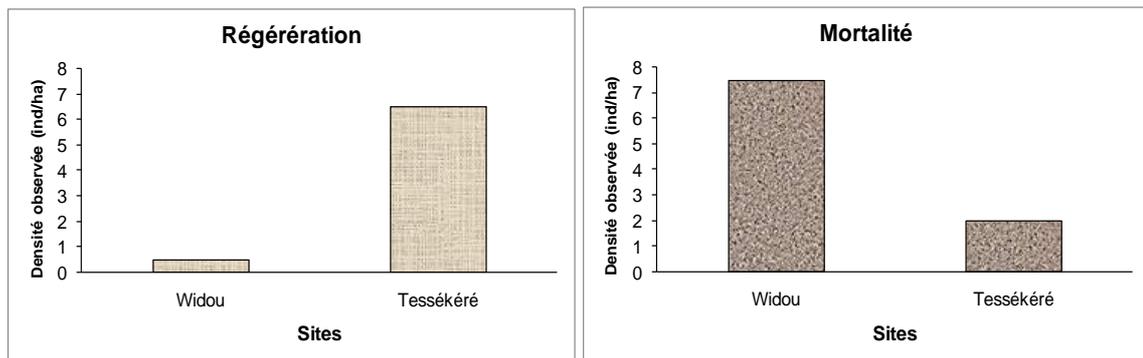


Figure 3: Densités de jeunes plants et de pieds morts d'*Acacia senegal* observées à Widou et à Tessekere.

Nous avons considéré comme jeunes plants les tiges dont la circonférence à la base du tronc est inférieure à 10. Au total 14 jeunes plants ont été répertoriés au sein des populations d'*Acacia senegal*. La capacité de régénération d'*Acacia senegal* est globalement très faible. Par ailleurs cette régénération semble relativement plus importante à Tessekere (6,5 ind/ha) qu'à Widou (0,5 ind/ha).

Quant à la mortalité dans ces populations, nous notons qu'elle plus élevée à Widou avec 7,5 ind/ha.

Discussion

Ce travail qui a porté sur l'étude de la structure des populations d'*Acacia senegal* au Ferlo dans le Nord-Sénégal a révélé une densité, une surface terrière et un

recouvrement élevés à Widou et faibles à Tessekere. La distance entre individus est très variable d'un site à l'autre. La présence d'individus épars ou disséminés montre que ces populations se développent dans des conditions climatiques difficiles, aggravées parfois par une action anthropique intense (Cornet & Poupon, 1978 ; Diallo *et al.*, 2011). La faible régénération d'*Acacia senegal* observée dans cette zone a été notée dans nos études antérieures (Diallo *et al.*, 2011). Tybirk (1991) avait déjà souligné que l'absence d'un nombre important de jeunes plants notée chez *Acacia senegal* serait liée à l'utilisation des graines et des fruits dans l'alimentation du bétail. À cela s'ajoute la sélection des jeunes plants par le pâturage et l'influence du broutage sur le taux de croissance des jeunes arbres (Miehe, 1990). Les résultats obtenus et nos observations sur le terrain montrent que la mortalité élevée observée dans cette zone pourrait être liée surtout à l'action anthropique intense à travers la pression croissante du bétail et les coupes abusives (Cornet & Poupon, 1978 ; Sharman, 1987 ; Miehe, 1990). Cette pression du bétail est fortement ressentie dans nos deux sites qui sont des zones de parcours. La distribution selon la grosseur (circonférence) montre que la population de Tessekere présente une structure en forme de « J » renversé traduisant l'importance des jeunes plants au sein cette population. En effet, elle est dominée par les individus appartenant aux premières classes. La population de Widou présente une structure gaussienne avec une faible proportion de jeunes plants et la présence d'individus dans les classes supérieures à 50 cm. Les classes de circonférence qui dominent les populations caractérisent les formations végétales sahéliennes. Les pieds d'*Acacia senegal* de grosses circonférences (supérieures à 100 cm) sont rares. Cette rareté traduit l'incapacité des arbres à croître normalement en épaisseur suite aux déficits hydriques cumulés (Diallo *et al.*, 2011).

La hauteur des sujets varie en général entre 1 et 11 m et atteint rarement les 7 m dans la zone de Tessekere. Cette hauteur caractérise la végétation sahélienne essentiellement arbustive. Mais, en certains endroits comme à Widou, la hauteur des individus dépasse les 7 m. Ces types de populations se rencontrent généralement dans les zones dépressives, bénéficiant d'un régime hydrique favorable comme c'est le cas à Widou. Sylla Gaye (1989) a souligné l'influence positive de l'humidité des sols sur la croissance des gommiers dans les dépressions interdunaires. Fontes et Guinko (1995) attestent que certains bas-fonds au Sahel supportent une végétation de type savanicole.

L'analyse de la structure de ces populations et les observations de terrain permettent d'indiquer que la distribution est unimodale dans la majeure partie des populations d'*Acacia senegal* de cette zone. Cette distribution unimodale est caractéristique des peuplements équiennes. En effet, ces populations ont été mises en place durant l'année 1987. Selon les circonstances (coupes, saignées), cette distribution est devenue dissymétrique et à la suite des actions de restauration (reboisements, remplacement des pieds morts par de jeunes plants), elle peut devenir bimodale (Rondeux, 1993). Cependant, force est de reconnaître que les populations de *Acacia*

senegal de cette zone sont très perturbées car faisant état d'une dégradation assez poussée surtout à Tessekere village.

Il urge d'intégrer dans les opérations d'aménagement de cette zone la protection et la restauration de ces populations afin de les préserver durablement.

Conclusion

Dans le cadre de la conservation et de la gestion de la biodiversité du Ferlo, cette étude apporte des informations complémentaires sur l'état actuel des populations d'*Acacia senegal* dans cette zone. La structure de ces populations de la zone de Tessekere est à dominante arbustive. Cette structure est fortement tributaire disponibilité de l'eau et surtout de la pression anthropique. En effet, le nombre élevé de pieds d'*Acacia senegal* morts et la faible régénération observés dans les deux sites traduit la forte pression anthropique que subit cette végétation à travers les coupes et l'effet néfaste du surpâturage. Il serait intéressant de poursuivre les investigations en étudiant la variabilité génétique des populations de *Acacia senegal* en relation avec les facteurs édaphologiques; son effet sur la production de gomme et ses caractéristiques physico-chimiques.

Remerciements: Nous adressons nos sincères remerciements à l'Observatoire Homme Milieu (OHM) qui a financé une partie de cette étude.

Références Bibliographiques

- Akpo L. E., Grouzis M. 1996 Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, 50 (2), 19, 247-263.
- Barral H., Bénéfice E., Boudet G. 1983 Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo:synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires. ACC – GRIZA (LAT).
- Cornet A., Poupon H. 1978 Description des facteurs du milieu et de la végétation dans cinq parcelles situées le long d'un gradient climatique en zone sahélienne du Sénégal. *Bull. IFAN*, 39 (2) 241-302.
- CSE (Centre de Suivi Ecologique) 2002 Synthèse des études diagnostiques des sites de l'observatoire du Ferlo. Projet ROSELT/OSS. Rapport Ministère de la jeunesse, de l'environnement et de l'hygiène publique. 10 pp.
- Diallo A., Faye M. N., Guissé A. 2011 Structure des peuplements ligneux dans les plantations d'*Acacia senegal* (L.) Wild dans la zone de Dahra (Ferlo, Sénégal). *Rev. Écol.*, 66 415-427.

- Diouf M., Akpo L. E., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V., Diagne A. L. 2002 Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au Nord-Sénégal (Afrique de l'ouest). *Journal des sciences, IFAN-CAD*, 2 (1) 1-9.
- Fontes J., Guinko S. 1995 Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse, Institut de la Carte Internationale de la Végétation; Ouagadougou, Institut du Développement Rural - Faculté des Sciences et Techniques. pp.67
- Gning O. N. 2008 Caractéristiques des ligneux fourragers dans les parcours communautaires de Khossanto (Kédougou, Sénégal oriental): importance des espèces menacées. Mémoire DEA, FST, UCAD (Sénégal).
- Lykke A. M., Kristensen M. K., Ganaba S. 2004 Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodiversity and Conservation*, 13 (10), 1961-1990.
- Michel P. 1969 Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Doctorat ès sc., Strasbourg. pp.1167
- Miehe S. 1990 Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles pastorales de Wendou Tiengoly: Résultats de recherches effectuées de 1988 à 1990 et évaluation globale provisoire de l'essai de pâturage contrôlé après une période de 10 ans. Rapport GTZ. pp.108
- Ozer P. 2002 Dust variability and land degradation in the Sahel. *BELGEO*, 2, 195-209.
- Ozer P. 2004 Bois de feu et déboisement au Sahel: mise au point. *Sécheresse*, 15, 243-251.
- Rippsten G., Peyre de Fabregues B. 1972 Modernisation de la zone pastorale du Niger. *IEMVT, Etude agrostologique*, 33
- Rondeux J. 1993 *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Gembloux; Presses agronomiques.
- Sharman M. J. 1987 Végétation ligneuse sahélienne. Dans *The Global Environment Monitoring System, GEMS, série Sahel, n° 7*. PNUE, FAO (Eds.), Nairobi, 85 p.
- Sylla Gaye C. 1989 Comportement d'Acacia senegal en plantation et dans la nature au Sahel sénégalais - Perspectives d'avenir des reboisements gommiers. *Troisième Symposium sur le Gommier et la Gomme Arabique*, 25 - 28 octobre 1988, St Louis, Sénégal. SYGGA III: 139-169 - Publ. ISRA, Dakar.
- Touffet J. 1982 *Dictionnaire essentiel d'écologie*. Rennes; Ouest France.
- Tybirk K 1991. Regeneration des legumineuses ligneuses au Sahel. (Report n° 28). Botanical Institute, Aarhus University, 86 p.
- Valenza J., Diallo A. K. 1972 Etude des pâturages naturels du Nord Sénégal, Etudes agrostologiques. Maisons-Alfort, France, Iemvt, 311 p. + 3 cartes

Structuration génétique des écotypes situés dans des zones traversées par la grande muraille verte du plus grand ravageur de l'arachide (*Caryedon serratus* Ol.)

Mbacké Sembène⁽¹⁾, Awa Ndiaye^(1,2), Toffène Diome⁽¹⁾, Assane Ndong⁽¹⁾

(1) Faculté des Sciences and Technologique, University Cheikh Anta Diop, Box 5005 Dakar, Sénégal.

(2) Centre de Développement Horticole CDH/ ISRA, Cambérène Dakar Sénégal Box 3120

Résumé

Caryedon serratus, est un ravageur majeur de l'arachide (*Arachis hypogaea*). Sa structuration en biotypes en fonction de la plante hôte est déjà établie. L'objectif de ce travail est d'identifier les haplotypes différents circulant dans la sous-région ouest africaine (en particulier dans les pays traversés par la grande muraille verte) et d'évaluer les affinités phylogénétiques entre les populations écologiques de *C. serratus*. Des marqueurs moléculaires de l'ADN ont été utilisés pour évaluer la diversité génétique et la structuration des populations échantillonnées. L'analyse des séquences de l'ADN mitochondrial (Cytb) et ribosomique (28S) et les reconstructions phylogénétiques par parcimonie, maximum de vraisemblance révèlent la présence de plusieurs haplogroupes avec des flux de gènes maintenus entre les populations. La distance génétique entre populations n'est pas significative même s'il apparaît une très forte variabilité intra et inter population. Le test de mantel confirme que la distance géographique ne structure pas les populations échantillonnées

Mots-clés: *Caryedon serratus*, séquences d'ADN Cyt b, 28S, haplotypes, arachide

Introduction

Les représentants de la famille des Bruchidae sont surtout connus par leur dénomination anglo-saxonne de *seed-beetle*. En effet, les larves de ces insectes sont séminivores et se développent principalement dans des graines de Fabaceae (Johnson, 1981). Au regard des 135 000 espèces de Coléoptères phytophages décrites à ce jour (Lawrence, 1982), le nombre d'espèces connues de Bruchidae peut sembler marginal, avec des estimations qui varient entre 1 300 espèces (Borowiec, 1987) et près de 3 500 espèces (Jolivet *et al.*, 1988). Néanmoins, cette famille est importante sur un plan économique, car elle compte plusieurs espèces qui causent d'importants dégâts aux denrées stockées (Borowiec, 1987 ; Delobel & Tran, 1993). Cette étude s'intéresse à la

bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* (Ol.), coléoptère d'origine africaine (Delobel, 1995), inféodée aux gousses d'un certain nombre de légumineuses. Elle s'est secondairement adaptée par allopatricité à l'arachide *Arachis hypogaea* L. au début du XX^{ème} siècle (Delobel, 1995). Les larves, cléthrophages infligent de lourdes pertes aux graines stockées. Elles atteignent 70% en 6 mois de stockage au Burkina Faso (Ouedraogo *et al.*, 2010), 83% pour 4 mois d'exposition au Sénégal (Ndiaye, 1991) et Plus de 60% au Congo après 10 mois (Delobel, 1988). Les populations de cette bruche se structurent en biotype (*host-races*) en fonction de la plante-hôte (Sembene et Delobel 1998, Sembene 2000). *C. serratus* vit dans des écosystèmes très différents et largement distribué dans toute l'Afrique de l'Ouest, du Sénégal à l'Afrique du Sud et en Asie du Sud (Johnson, 1966). En outre cette bruche fait partie des ravageurs ayant une large aire de répartition suite à des introductions involontaires liés au transport des graines qu'ils infestent. En raison de cette distribution discontinue de l'espèce, des populations géographiquement isolées existent en Afrique et ailleurs dans le monde (Delobel, 1992).

Dans le cas où des populations occupent des aires géographiques différentes éventuellement disjointes, le courant de gène qui circule normalement à l'intérieur de l'espèce n'est-il pas alors plus ou moins interrompu entre une ou plusieurs populations la composant? Des paramètres tels que le polymorphisme et la variabilité permettent de décrire la population, ils sont utilisés pour évaluer les différences génétiques existant entre populations dont les individus qui les composent, par définition, appartiennent à la même espèce. Cette étude tente d'identifier les différents haplotypes circulant dans la sous région ouest-africaine par le polymorphisme nucléotidique. Les analyses vont porter sur des données de séquences de deux marqueurs moléculaires, le gène codant pour la protéine cytochrome b (Cytb) et celui du domaine D2 de la sous unité de l'ARN ribosomique nucléaire (28S). L'hypothèse d'un éventuel rôle de la variation géographique dans la structuration génétique de *C. serratus* à l'échelle de la sous région ouest africaine sera testée par le test corrélation de Mantel. Différentes méthodes d'inférences phylogénétiques seront effectuées et les résultats seront aussi discutés au vu des données préalables sur la phylogénie de cette bruche au Sénégal et des apports des données de séquences.

Matériel et Méthodes

Echantillonnage

L'étude a porté sur dix populations de *C. serratus*, soit 142 individus provenant de quatre pays de l'Afrique de l'ouest: Sénégal, Mali, Burkina Faso et Niger. L'échantillonnage est exclusivement fait sur des biotypes inféodés à l'arachide et à *Piliostigma reticulatum* pendant la période de l'année où les bruches sont abondantes dans la nature (Janvier- Avril). Les bruches ont été observées à la loupe et

l'identification, basée sur les élytres et les clés de détermination de Delobel et Tran 1993.

Les échantillons sont codés comme suit: Cs (pour *Caryedon serratus*) suivi des initiales de la localité d'origine, exemple Samba Dia Sd donc CsSd.

L'ADN de *C. serratus* a été extrait à partir d'individus préservés dans l'éthanol. La tête, le thorax et les pattes de l'insecte serviront à l'extraction à l'aide du kit d'extraction Quiagen DNAeasy tissue kit. La densité optique (concentration) de l'ADN est mesurée grâce un nanodrop et tous les extraits ont été ramené à une concentration de 25ng/µl.

L'amplification par PCR a été réalisée, pour 1 individu, dans un volume réactionnel de 25 µl contenant 18,525 µl d'eau ultra pure, 2,5 µl de tampon (10x), 1 µl de MgCl₂ (25 mM), 0,5 µl de dNTP (2,5 mM), 0,175 µl de chaque amorce (100 µM), 0,125 µl de Taq (5U/µl) et 2 µl d'extrait d'ADN (25ng/µl). Les conditions de la PCR sont les suivantes: dénaturation initiale à 94°C (3 min), répétition de 35 cycles avec dénaturation à 92°C (30 s), hybridation à 55°C (30 s) et d'élongation à 72°C (1 min), une phase d'extension finale à 72°C (10 min). Les amorces utilisées ont pour enchainements nucléotidiques: Cyt b, **CB1** (5'-TAT GTA CTA CCA TGA GGA CAA ATA TC-3') et **CB2** (5'-ATT ACA CCT CCT AAT TTA TTA GGA AT-3'); 28S, **D2CF D45F** (5'-TAC CGT GAG GGA AAG TTG AAA-3') et **D2CR D45R** (5'-AGA CTC CTT GGT CCG TGT TT-3')

La purification des produits PCR et le séquençage des gènes Cyt b et 28 S a été réalisée par la compagnie Macrogen (South Korea).

Pays	Localités	Plantes hôtes	Code de l'échantillon
Sénégal	Samba Dia	<i>Piliostigma reticulatum</i>	CsSd
	Karang	<i>Arachis hypogea</i>	CsKg
	Kawil	<i>Piliostigma reticulatum</i>	CsKw
	Keur Ayip	<i>Arachis hypogea</i>	CsKa
	Dahra	<i>Arachis hypogea</i>	CsDh
	Widou	<i>Arachis hypogea</i>	CSWi
Burkina Faso	Tenkodogo	<i>Arachis hypogea</i>	CsBT
Mali	Piama	<i>Piliostigma reticulatum</i>	CsMP
	Bawérékoro (Segou)	<i>Piliostigma reticulatum</i>	CsMB
Niger	Niamey	<i>Piliostigma reticulatum</i>	CsN

Tableau 1: Récapitulatif de l'échantillonnage

Extraction d'ADN, PCR polymerase chain reaction et séquençage

Alignement des séquences et reconstitutions phylogénétiques

Les séquences obtenues sont minutieusement vérifiées, corrigées et alignées avec le logiciel CLUSTALW (sous BioEdit v. 7.0.5.3) pour déterminer les homologies des sites et définir des haplotypes. Les indices standards de variations génétiques (distance génétique intra/inter haplotypes, nombre de sites polymorphes, nombre de sites informatifs, la nature et la position des mutations) sont explicités avec le logiciel MEGA4 v. 4.0.0.162. Les écotypes sont regroupés en haplo-groupes en fonction des mutations partagées et spécifiques. Il s'agit donc de différencier les populations en identifiant les haplotypes propres ou partagés entre populations. Ici la notion d'haplotype désigne les individus partageant des séquences d'ADN identiques.

Les méthodes de Parcimonie et de Maximum de Vraisemblance ont été utilisées pour tester les affinités phylogénétiques des écotypes de *C. serratus* et obtenir des hypothèses phylogénétiques de notre échantillon. Le Maximum de Parcimonie (MP, Fitch, 1971) conduite avec MEGA4 considère qu'un arbre est optimal lorsque sa longueur totale (nombre de pas nécessaire pour expliquer le jeu de données analysées) est minimale. La méthode du Maximum de Vraisemblance (MV, Felsenstein, 1981) permet de tester toutes les histoires ayant pu engendrer le jeu de données actuelles analysées. L'analyse de la vraisemblance est faite par soumission des données à l'interface PHYML (<http://www.atgc-montpellier.fr/phyml/>).

La robustesse des branches a été évaluée pour 1000 répétitions de bootstrap. Les reconstructions ont été enracinées avec une séquence *Callosobrochus maculatus* (Bruchidae) de la localité de Fouta-Sénégal, utilisé comme extra-groupe. La corrélation entre la distance génétique et le distance géographique est évaluée par un test de Mantel avec XLSTAT 2011 dont l'hypothèse nulle suppose que la pente de régression distances génétiques (Kimura 2-parameter)/ distance géographique en log (km) est nulle.

Résultats

Séquences cytochrome b

Le nombre total de nucléotides alignés sans ambiguïté est de 427 pb pour le Cyt b. 37 haplotypes ont été définis en raison de 64 sites polymorphes dont 32 sont des haplotypes individuels. Entre haplotypes, le pourcentage de transition est de 90,32% contre 9,68% de transversions ; l'alignement n'a comporté ni insertion ni délétion. Les séquences obtenues du Cyt. b révèlent que le jeu de séquence contient 37 sites informatifs en parcimonie et 27 sites singletons. La fréquence nucléotidique est de 0,293 pour l'Adénine A; 0,113 Guanine G; 0,221 Cytosine C et 0,374 Thymines T/ Uracine U. La transcription en acides aminés révèle que nous avons toujours les mêmes

acides aminés (Alanine, Cystéine, Glycine et Thréonine), sur l'ensemble de séquences, avec des proportions différentes entre haplotypes. L'haplotype H3 est majoritaire et compte 6 individus (CsKa1, CsKa3, CsKg5, CsKg13, CsKw2, CsKw5), issus de la localité de keur Ayip, Karang et de Kawil, tous du Sénégal, c'est à du cœur du bassin arachidier sénégalais à la frontière avec la Gambie. L'haplotype H4 est constitué que d'individus de la localité de Samba Dia (CsSD3, CsSD1). Les haplotypes H7, H12, et H34 sont représentés respectivement par les couples d'individus (CsMB11, CsSD5), (Cskg15, CsN7) et (Cska5, CsN6).

Séquences du 28S

Les séquences du 28S mettent en jeu 7 haplotypes dont 5 individuels (H3 à H7) pour 60 sites variables sur une portion de séquences de 465 pb. Sur ces sites polymorphes 42 sont portés par un individu du Niger appartenant à l'haplotype H4 qui s'aligne à 91,80%. Cette séquence admet 4 sites informatifs en parcimonie, 53 sites singletons et 408 sites conservés. Les délétions étant considérées comme un cinquième état de caractère pour le 28S nous en décomptons 3 sites (9pb, 375pb et 376pb). On peut noter 80,95% de mutations de type transition et 18,41% de type transversion contre seulement 0,64% de délétion. La fréquence nucléotidique dans les 465pb est la suivante: Adénine A (0,161); Guanine G (0,315) ; Cytosine C (0,294) et Thymines T (0,23).

L'haplotype H1 est largement majoritaire et rassemble tous les points d'échantillonnage. Un regroupement de 2 séquences d'individus provenant de localités proches bien que se situant dans 2 pays différents Kédougou (CsSK4), Bawérékoro (CsMB6) forme l'haplotype H2. Les haplotypes individuels H3 (CsN1), H4 (CsN6), H5 (CsN5) et H6 (CsN11) sont très polymorphes et proviennent du Niger, l'haplotype H7 est constitué d'un individu CsMP6 du Mali (Piama).

Reconstitutions phylogénétiques et distances génétiques

Les phylogénies reposant sur le Cyt b reconstruites en utilisant la méthode du Maximum de Parcimonie et du Maximum de Vraisemblance, figure 2, sont congruentes et confirment deux groupes HG1 et HG2, majoritaires, et un clade basal individuel constitué de l'haplotype H37 (Mali CsMP6). HG1 et HG2 sont robustes (100% de valeur de bootstrap) et très hétérogènes renfermant chacun des individus issus des 4 pays échantillonnés.

Le premier haplo-groupe HG1 de l'arbre consensus de maximum de parcimonie, renferme les haplotypes H1 à H20, et le second, HG2, les haplotypes H21 à H37. La même distribution est obtenue avec la méthode du Maximum de Vraisemblance qui révèle 2 haplo-groupes composés des mêmes haplotypes avec comme seule différence les individus CsMP6 (H37) permuté avec l'individu CsMB10 (H19) qui se trouve isolé et formant cette fois-ci le clade basal. H37 se trouve intégrer dans l'haplo-groupe HG1.

Les deux groupes refferment chacun des haplotypes provenant de tous points de notre échantillonnage.

La distance génétique, basée sur la matrice d'ADN (kimura 2-parameter), à l'intérieur de HG2 est égale à 0,017 et est supérieure à celle à l'intérieur de HG1 (0,015). Entre les 2 haplo-groupes la distance génétique est de 0,057. Les 2 haplo-groupes sont soutenus par des valeurs de boostrap satisfaisants (71% en MP et de 75 en MV pour HG1et, 100% MP et 91% MV pour HG2).

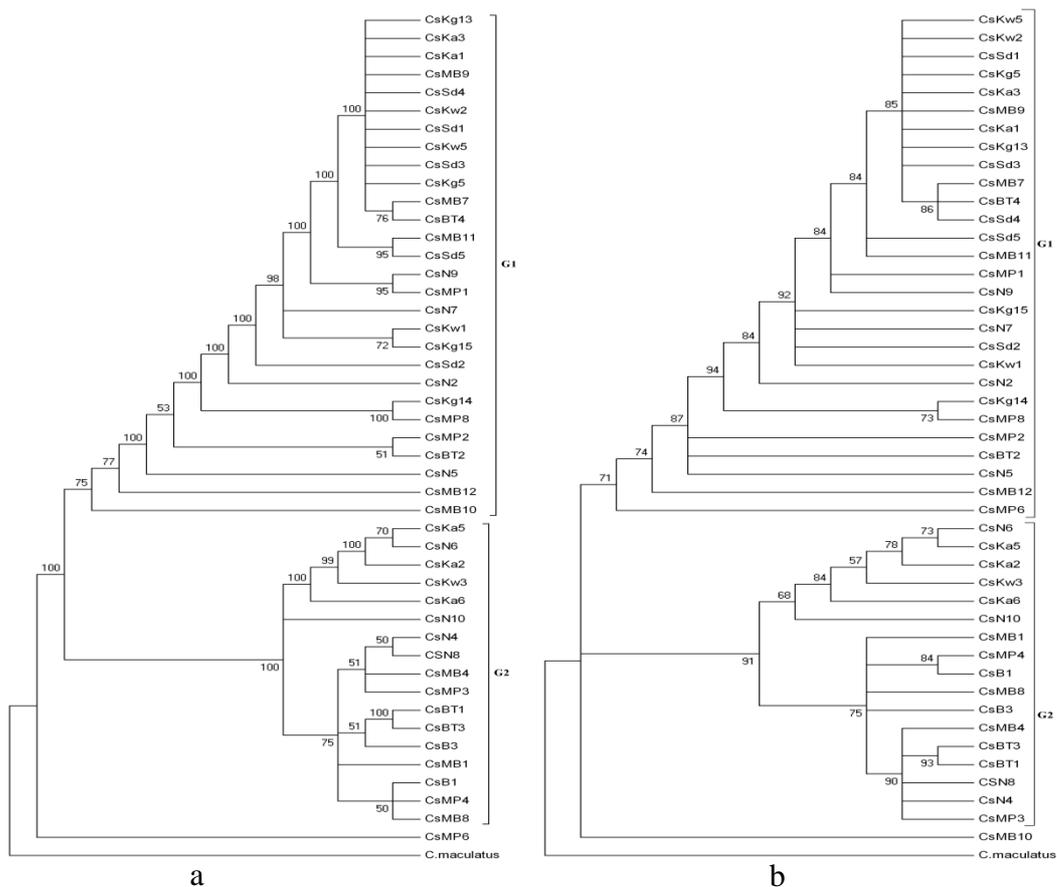


Figure 2: Arbres phylogénétiques construites pour le gène mitochondrial cytochrome b enraciné avec *Callosobrochus maculatus*. (a): arbre consensus du maximum de parcimonie. (b): arbre du maximum de vraisemblance

L'assemblage des séquences des deux gènes (Cyt.b + 28S) a pu être réalisé pour certains individus (27) et nous donne une séquence de 915 pb. L'arbre consensus de Parcimonie (figure 3a) montre une grande solidité des affinités phylogénétiques, l'essentiel des individus de l'échantillon se regroupent en un clade de valeur de bootstrap maximum (100%) et forment l'haplo-groupe HG1. Seulement des individus de la frontière Sénégal-Gambie, Keur Ayip se particularisent (CsKa2 et CsKa5) et s'associent à un individu du Niger (CSN6) pour donner l'haplo-groupe HG2, clade en position basale de l'arbre. Entre ces 2 groupes obtenus pour les 2 gènes réunis, la

distance génétique est de 0,026. La distance génétique à l'intérieur de HG1 est de 0,018 et celle à l'intérieur de HG2 est très faible et est de 0,003.

Le Maximum de vraisemblance (figure 3b) montre une topologie différente avec 2 haplo-groupes qui forment des clades avec l'essentiel de haplotypes, et un clade individuel basal constitué de CsMP3 du Piama, du Mali. Cependant le constat reste le même, l'ensemble des inférences suggère une distribution qui semble non dépendant de la distance géographique. Ceci est évalué par le test de Mantel pour les deux gènes pris séparément et pour le jeu de données de gènes combiné. Dans chacun des cas, la corrélation donne une p-value non significative ($p > 0,05$), et donc l'hypothèse nulle (H_0 = les matrices de distances ne sont pas corrélées) ne peut être rejetée. Il n'y pas donc pas de corrélation entre le distances génétiques et les distances géographiques séparant notre zone d'échantillonnage

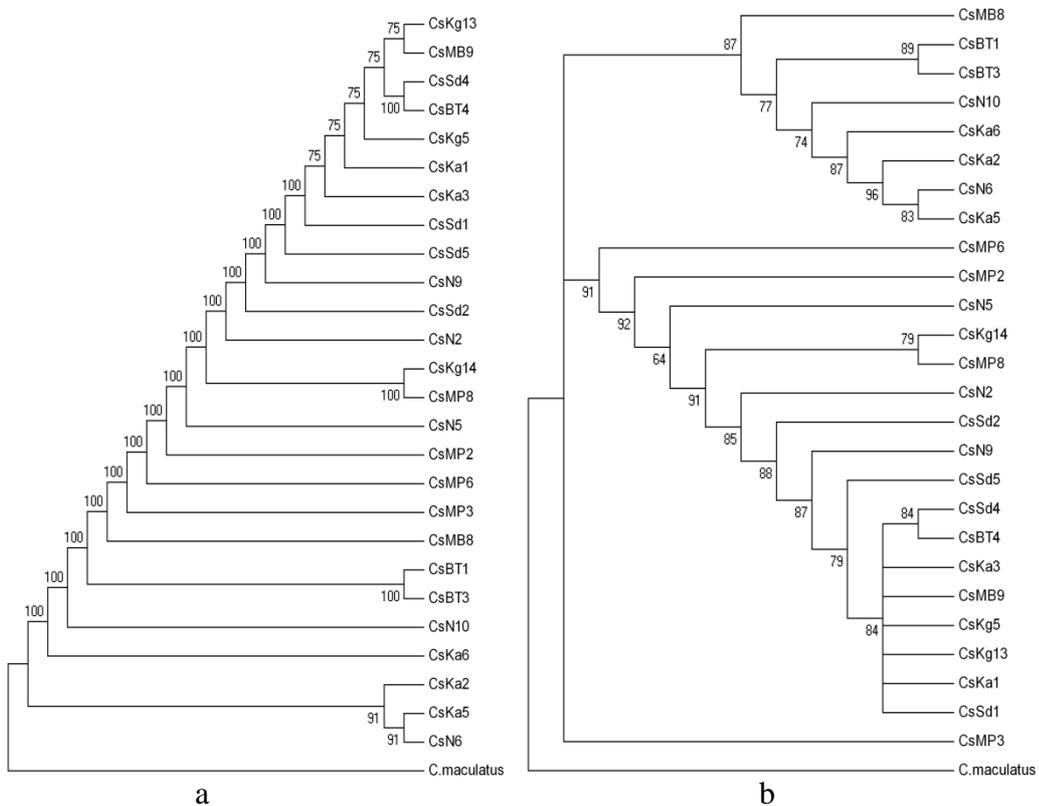


Figure 3: (a) arbre consensus du maximum de parcimonie; (b) arbre du maximum de vraisemblance.

Discussion

L'objectif visé dans ce travail était d'identifier les différents haplotypes circulant dans la sous région d'une part et d'autre part d'évaluer les affinités phylogénétiques entre populations allopatriques chez l'espèce *C. serratus*. Différentes méthodes d'inférences phylogénétiques ont été réalisées pour non pas pour faire, de la phylogénie

au sens propre (entre espèces) mais pour a priori déduire les affinités génétiques entre les populations de la bruche de l'arachide au niveau de l'Afrique de l'Ouest. Les affinités phylogénétiques des haplotypes inférés avec les fractions mitochondriales (Cyt b) et ribosomales du gène nucléaire 28S assignent la présence d'haplo-groupes et/ou de sous haplo-groupes par regroupement entre haplotypes.

Les bruches inféodées à l'arachide et celles qui infestent *Piliostigma reticulatum* présentent les mêmes enchainements nucléotidiques dans leurs séquences et s'alignent parfaitement. L'identité génétique entre les bruches infestant l'arachide et celles, inféodées à *Piliostigma* a été déjà prouvée dans des études morphométriques, allozymiques (Sembène & Delobel, 1996; 1998; Sembène *et al.*, 1998), pour le Cytochrome B (Delobel *et al.*, 2003; Sembène *et al.*, 2003) et géniques de l'ITS1 (Sembène, 2004, Sembène *et al* 2010, Sembène *et al* 2011) de la bruche de l'arachide. Ceci justifie que notre analyse se soit faite indifféremment de la plante hôte (*Piliostigma reticulatum* ou Arachide).

Le nombre d'haplotype trouvé pour le Cyt b (37) est largement supérieur à celui du 28S (7). Cette différence s'expliquerait par le fait que le cytochrome B est un gène mitochondrial hautement mutationnel et à évolution rapide, ses mutations se conservent contrairement au 28S qui est non seulement moins mutationnel mais ne conserve pas ses mutations et présente en plus des délétions. A ce niveau de la variabilité intraspécifique, la question est de savoir si le gène nucléaire 28S est un assez bon marqueur qui permet de caractériser les souches de *Caryedon serratus*? Ce gène est connu comme un marqueur à évolution très lente. Toujours est-il que, nous avons noté 18 sites variables sur une portion de 465 paires de bases pour 39 séquences.

Les inférences phylogénétiques utilisées donne la même topologie pour le Cyt b avec 2 groupes HG1 et HG2 chacun renfermant des haplotypes différents, avec des individus provenant de tous les pays échantillonnés à savoir le Sénégal, la frontière Gambienne, le Mali, le Burkina Faso et le Niger. Il n'en ressort pas de groupement par localités. Les haplotypes peuvent se retrouver dans deux localités éloignées. Les distances génétiques entre groupe, est égale à 0,057. Les valeurs des distances génétiques intragroupes varient de 0,015 à 0,017.

L'haplo-groupe HG1, numériquement majoritaire du gène 28S, regroupent également des individus parfaitement identiques en tout point, provenant de tous les points d'échantillonnage. La distance génétique intrahaplotype est nulle. Les distances génétiques entre haplotypes varient de 0,002 à 0,038. L'on suppose aussi que H1, dans l'histoire de «l'association Bruche-arachide» s'est dispersé dans la zone ouest-africaine à partir du point originel sénégalais de l'infestation au XX^{ème} siècle et qui a donné plus tard au Mali et au Niger des haplotypes divergents en fonction des paramètres agroécologiques.

Les distances génétiques intra et inter haplotype pour tous les jeux de données montrent qu'on reste dans un intervalle intraspécifique et aucune n'excede la distance génétique typique de la sympatrie (Kerdelhule, 2002) et de populations

géographiques (Klein et Seitz, 1994). Ce résultat semble entrer dans la même logique que ceux obtenus par Sembène *et al.* (2010) dans la mesure où les distances génétiques issues de la combinaison des données des gènes mitochondrial Cytochrome B et ITS1 pour *C. serratus* inféodé à l'arachide varient de zéro à 0,037. Une exception est la particularité de l'haplotype H6 présent au Niger (du gene 28S) où les distances génétiques obtenues par rapport autres haplotypes vont de 0,090 à 0,127. La distance entre biotypes infestant *Cassia sieberiana* d'après Sembène (2010) va de 0,186 à 0,195. Ainsi H6 serait presque à égale distance entre les autres haplotypes et les individus inféodés à *Cassia sieberiana* ce qui renforce la particularité de la population nigérienne. Les caractéristiques des haplotypes nigériens H3, H4, H5 et H6 peuvent être homologuées dans un contexte de flux de gènes important qui existeraient, avec les bruches du tamarinier ou *C. gonagra* venant de l'Inde, dans cette zone nigérienne, carrefour des échanges entre l'Afrique occidentale, du Nord et l'Asie. La frontière Sénégal-gambienne tend également à se distinguer du lot par des mutations qui leur sont propres. Par exemple, l'haplotype H3 du gène *cyt b* est exclusivement constitué d'individus (CsKa1, CsKa3, CsKg5, CsKg13, CsKw2, CsKw5), issus Sénégal (keur Ayip, Karang et Kawil). Karang et keur Ayip se trouvent à la frontière avec la Gambie, pays entretenant des échanges commerciaux avec des contrées plus éloignées telles que le Nigéria et la Sierra Léone. La spécificité génétique de ces individus du Sénégal pourrait s'expliquer alors par l'introduction d'haplotypes provenant d'autres régions ouest africaines non encore échantillonnées. Ceci est appuyé par la topologie obtenue après assemblage et analyse du jeu unique car keur Ayip se distingue de nouveau avec une association avec l'individu provenant du Niger ; Ceci pourrait conforter l'hypothèse d'une introduction par le transport des graines infestées. Pour ce qui est de Kawil, une remarque a attiré notre attention lors de l'échantillonnage (Mars 2010) sur ce site, des gousses murissantes ont été trouvées sur le *Piliostigma* à une période où il ne devrait persister les gousses en fin de maturation. Ceci pourrait confirmer l'infestation par le *Piliostigma* déjà explicité par Sembène et Delobel, 1998, Sembène *et al.*, 2008 et 2010. Les adultes résiduels dans la nature, subiraient un goulot d'étranglement mais favoriserait l'émergence de la génération suivante. Il en résulte une sélection de gènes rendant la population de cette zone particulière.

Malgré le nombre important de mutations aussi bien pour le cytochrome b que le 28S et la particularisation des populations de certaines zones, un transfert de gène peut être retenu entre les localités échantillonnées. En effet dans toutes nos analyses les haplotypes se regroupent en fonction de leur similarité nucléotidique sans forcément prendre compte de provenance géographique.

L'hypothèse d'un isolement par la distance géographique est évaluée par le test de corrélation de Mantel et donne pour les gènes pris séparément et combinés des *p*-value non significatives. L'hypothèse nulle supposant une absence de régression entre distances génétiques et distances géographiques n'a pu être rejetée dans aucun de nos

tests. En d'autres termes, il n'y a pas de corrélations entre matrices de distances génétiques et matrices de distances géographiques.

Il existe une variabilité entre les populations de notre échantillonnage révélée par le polymorphisme nucléotidique. Les individus d'une espèce ne sont pas tous semblables, l'accumulation de variabilité devrait conduire à leur différenciation et sous certaines conditions à de nouvelles espèces ou sous-espèces. Pour l'heure, il y a un flux de gène qui est maintenu entre les espèces de *Caryedon serratus* au niveau de l'Afrique de l'Ouest. Le rôle majeur de la dispersion anthropique, par le commerce par exemple, est encore à signaler puisque une identité génétique est trouvée entre individu provenant de localités dont la capacité de distribution naturelle de la bruche ne permet pas de rallier. De plus certains ravageurs ont une large aire de répartition suite à des introductions involontaires liés au transport des graines qu'ils infestent (Kergoat, 2004).

A cette étape on peut certainement pas parler d'isolement allopatrique dans les populations de *C. serratus* infestant l'arachide dans la sous-région. Ces résultats étaient prévisibles et sont en accord avec ceux de Sembène *et al.* (1998) qui ont démontré que les bruches se regroupaient en fonction de la plante hôte et non de la distance géographique. L'influence de flux génique dans homogénéisation des caractères génétiques ou comme facteur de diversification reste sujette à controverse, Mayr (1974), Dobzansky (1977) et Sembene (1998).

L'absence d'isolement par la distance pourrait suggérer une structuration des populations par la nourriture larvaire déjà démontrée dans les travaux de Sembene *et al.* (1998 ; 2010). Pouvons nous dire que les haplotypes échantillonnés constituent un groupe monophylétique? La particularisation de certains écotypes pourrait elle pas provenir d'une spécialisation écologique?

Remerciements: Ce travail a bénéficié de l'appui financier de l'Observatoire "Homme-Milieu" Tessekere

Références bibliographiques

- Borowiec L., 1987 The genera of seed-beetles (Coleoptera, Bruchidae). *Polskie Pismo Entomol.*, 57, 203-207.
- Davey P.M. 1958 The groundnut bruchid, *Caryedon gonagra* (F.). *Bulletin. Entomol. Res.*, 49, 385-404.
- Delobel A. 1988 Comment résoudre le problème des pertes en cours de stockage: l'exemple de la bruche de l'arachide au Congo. Brazzaville; Rapport ORSTOM. pp 3.
- Delobel A., 1992, La bruche de l'arachide: un exemple contemporain de déplacement du spectre alimentaire. Rapport Orstom/Muséum National d'Histoire Naturelle, 14p

- Delobel A. 1995 The shift of *Caryedon serratus* (Ol.) from wild Caesalpiniaceae to groundnuts took place in West Africa (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored. Prod. Res.*, 31, 101-102.
- Delobel A., Tran M. 1993 Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. *Faune tropicale*. Monographie XXXII. Paris; Orstom/CTA
- Delobel A., Sembène M., Fédière G., Roguet D. 2003 Identity of groundnut and tamarind seed-beetles (Coleoptera: Bruchidae Pachymerinae), with the restoration of *Caryedon gonagra* (F.). *Annales de la Société Entomologiques de France*, 39, 197-206.
- Dobzansky T.H. 1977 *Génétique du processus évolutif*. Paris; Flammarion
- Felsenstein J. 1981 Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. *J. Mol. Evol.*, 17, 368-376.
- Fitch W.M. 1971 Toward defining the course of evolution: minimum change for a specific tree topology. *Syst. Zool.*, 20, 406-416
- Johnson, C.D. 1966 *Caryedon gonagra* (Fab.) established in Mexico. *Pan-Pacific Entomology*, 42, 162-166.
- Kerdelhué C., Roux-Morabito G., Forichon J. 2002 Population genetic structure of *Tomicus piniperda* L. (Curculionidae: Scolytinae) on different pine species and validation of *T. destruens* (Woll.). *Molecular Ecology*, 14, 483-494
- Klein, M., Seitz, A., 1994, Geographic differentiation between populations of *Rhinocyllus conicus* Frölich (Coleoptera: Curculionidae): concordance of allozyme and morphometric analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 110, 181-191.
- Mayr E. 1974 *Populations, espèces et évolution*. Paris; Hermann.
- Ndiaye S. 1991 La bruche de l'arachide dans un agrosystème du centre-ouest du Sénégal : contribution à l'étude de la contamination en plein champ et dans les stocks de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera-Bruchidae); rôle des légumineuses hôtes sauvages dans le cycle de cette bruche. Thèse Université de Pau et des Pays de l'Adour.
- Ouedraogo L., Traore N.S., Guenda W., Dabire L.C.B. 2010 Influence des plantes hôtes sur la fécondité et le développement larvaire de la bruche de l'arachide *Caryedon serratus* Olivier (Coleoptera : Bruchidae) au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 31, 1906-1915.
- Sembène M., Delobel A. 1996 Morphometric identification of populations of Sudan-Sahelian groundnut bruchid, *Caryedon serratus* (Olivier) (Coleoptera Bruchidae). *J. Afr. Zool.*, 110, 357-366.
- Sembène M., Delobel A. 1998 Genetic differentiation of groundnut seed-beetle populations in Senegal. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 87, 171-180.
- Sembène M., Brizard J.P., Delobel A. 1998 Allozyme variation among populations of groundnut seed-beetle *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera: Bruchidae), Senegal. *Insect Sci. Appl.*, 18, 77-86.

- Sembène M., Vautrin D., Silvain J.F., Rasplus J.Y., Delobel A. 2003 Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in the groundnut seed beetle, *Caryedon serratus* (Coleoptera, Bruchidae). *Mol. Ecol. Notes*, 3, 299-301.
- Sembène M. 2004 Inter-strain fecundity and larval mortality in the groundnut beetle *Caryedon serratus* (Coleoptera: Bruchidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 24, 319-322.
- Sembène M., Rasplus J.Y., Silvain J.F., Delobel A. 2008 Genetic differentiation in sympatric populations of the groundnut seed beetle, *C. serratus* (Coleoptera: Chrysomelidae): new insights from molecular and ecological data. *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 28(3), 168-177.
- Sembène M., Kébé K., Delobel A., Rasplus J.Y. 2010 (a) Phylogenetic information reveals the peculiarity of *Caryedon serratus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) feeding on *Cassia sieberiana* DC (Caesalpinioideae). *Afr. J. Biotechnol.*, 9 (10), 1470-1480.
- Sembène M., Ndiaye A., Kébé K., Doumma A., Sanon A., Kétoh K.G, Granjon L., Rasplus J.Y., 2010 (b) When DNA sequences and microsatellites loci tell the story of field groundnut infestation by *Caryedon serratus* Ol. (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). *Journal of Cell and Animal Biology*, 4(10), 143-150.
- Thompson L.G., Mosley-Thompson E., Davis M., Lin P.N., Yao T., Dyurgerov M., Dai J. 1994 Recent warming: ice core evidence from tropical ice cores with emphasis on central Asia. *Global Planetary Change*, 7, 145-156.

Les termites (isoptera) dans les parcelles de reboisement de la Grande Muraille Verte entre Widou Thiengoly et Tessekere (Sénégal)

Ba Ndiaye Abdoulaye ⁽¹⁾, Samb Tambir. ⁽²⁾

(1) Institut fondamental d'Afrique noire Cheikh Anta Diop,

(2) Département de Biologie animale, FST, Université Cheikh Anta Diop de Dakar

Résumé

Dans une savane sahélienne semi-aride du Ferlo Nord, il a été réalisé un inventaire des Termites dans 5 parcelles de reboisements de la *Grande Muraille Verte*. Dans chaque parcelle, des prospections ont été réalisées dans des transects de 100 m x 20 m. La diversité spécifique observée est de 16 espèces. *Psammotermes hybostoma* Desneux, Terme psammophile le mieux adapté au sol à l'aridité du milieu domine largement les autres espèces. L'étude a permis la confirmation de la présence d'*Amitermes messinae* Fuller en Afrique de l'Ouest. Elle a également permis la découverte d'un *Microceortermes*, proche de *M. edentatus*, qui pourrait être une nouvelle espèce pour la science. Une diversité de peuplement entre les dunes et les dépressions est observée.

Mot clés : Termites, Ferlo Nord, Savane sahélienne, Sénégal.

Introduction

Pour faire face à la dégradation des ressources naturelles, à la baisse des productions agricoles et aux problèmes d'insécurité alimentaire dans la zone sahélo-saharienne, l'Union africaine a adopté lors de son 8^{ème} sommet en janvier 2007 l'initiative de la *Grande Muraille Verte du Sahara*. L'objectif de la *Grande Muraille Verte*, qui ira du Sénégal à Djibouti, est de freiner l'avancée du désert. Les activités de reboisement et les aménagements d'infrastructures pour contribuer au développement intégré des zones rurales traversées ont commencé dans la partie sénégalaise de la zone ciblée. Les différentes interventions dans la région ciblée s'accompagneront nécessairement de perturbations du milieu.

Les Termites, un des groupes d'Invertébrés terrestres les plus importants sous les tropiques Wood (1975), constituent un des modèles les plus intéressants pour la compréhension des changements attendus dans le milieu. Okullo & Moe (2012) notent dans une savane du Sud ouest de l'Ouganda que l'effet des Termites sur la strate herbacée est beaucoup plus important que celui des grands herbivores pourtant dominant en termes de biomasse. Pringle *et al.* (2010) montrent le rôle essentiel des

Termites dans le fonctionnement d'un écosystème de savane semi-aride au Kenya. D'après ces auteurs, les Termites agissent à la fois sur la productivité primaire et sur de nombreux niveaux trophiques secondaires. Pour illustrer l'importance du rôle des Termites dans la modulation de la disponibilité des ressources pour les autres espèces, Jones *et al.* (1994) les rangent parmi les ingénieurs de l'écosystème.

Pour comprendre le fonctionnement des milieux ciblés, pour amplifier ou mitiger les perturbations selon qu'elles sont positives ou négatives, une bonne connaissance des espèces clé, dont les Termites, est essentielle. Les premiers travaux sur les Termites dans le Ferlo Nord ont été réalisés par Lepage (1974) à Fété Olé au Nord-ouest de Widou Thiengoly. Plus récemment, Guèye (2011) et Samb *et al.* (2010) ont étudié la faune de Termites respectivement à Katané (Réserve de Faune du Ferlo Nord) et à Danthiady (Matam).

Dans ce travail préliminaire, nous avons procédé à l'inventaire des espèces dans des parcelles de reboisements de la *Grande Muraille Verte* entre Widou Thiengoly et Tessekere.

Méthodologie

Site de l'étude

L'étude est réalisée dans une savane sahélienne semi aride dans le Nord Ferlo entre Widou Thiengoly et Tessekere. Cette partie nord du Sahel sénégalais est présentée comme étant la plus aride du pays (Anonyme, 2002). Le type de végétation est, selon Michel *et al.* (1969), une savane arbustive caractérisée par une strate herbacée piquetée d'arbustes résultant de l'action combinée de l'homme et de l'aridité du climat.

Le cumul annuel des pluies, faible, varie de 100 à 500 mm. La saison des pluies dure 3 à 4 mois (juin à septembre). Les températures moyennes (Linguère) sont comprises entre 24° en janvier et 33° en juin. L'humidité relative est faible en saison sèche. De novembre à mai elle est au plus bas avec une moyenne mensuelle variant de 30 à 38%. Elle est plus élevée en saison des pluies avec une pointe en août où sa moyenne mensuelle atteint 74%.

Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage des Termites a été réalisé en février 2010 et en novembre-décembre 2011. L'échantillonnage de 2010 a concerné 5 parcelles reboisées et clôturées (sauf la parcelle 2), situées entre Widou Thiengoly et Tessekere (Fig. 1).

Dans chaque parcelle, l'échantillonnage a porté sur 5 transects. Pour 2011, l'échantillonnage a concerné les parcelles 1 à 4. Dans chaque parcelle, 3 transects ont été prospectés. Au total, 32 transects ont été étudiés.

Au niveau de chaque transect, après le relevé des coordonnées géographiques, une aire d'échantillonnage de 100 m x 20 m est délimitée. Dans cette aire, les Termites sont recherchés dans le sol, la litière, sur les arbres (écorces, tronc, branches, racines), sur le bois mort, les souches et les termitières. Les soldats et les ouvriers de termites sont prélevés ainsi que les individus des autres castes (roi, reine et essaimants) s'ils sont rencontrés. Les Termites sont récoltés dans des tubes contenant de l'éthanol 70° avec une étiquette portant une référence (Lieu, date, station, et l'endroit de récolte).

Fréquence

La fréquence d'une espèce (F_i), un des indices écologiques permettant de caractériser le peuplement, est calculée par la formule :

$$F_i = \frac{N_i}{N_s} \times 100$$

N_i le nombre de stations contenant l'espèce et N_s le nombre total de stations échantillonnées. D'après Dajoz (1985), les espèces peuvent être constantes (50%), accessoires ($25 \leq F < 50\%$) ou accidentelles ($F < 25\%$).

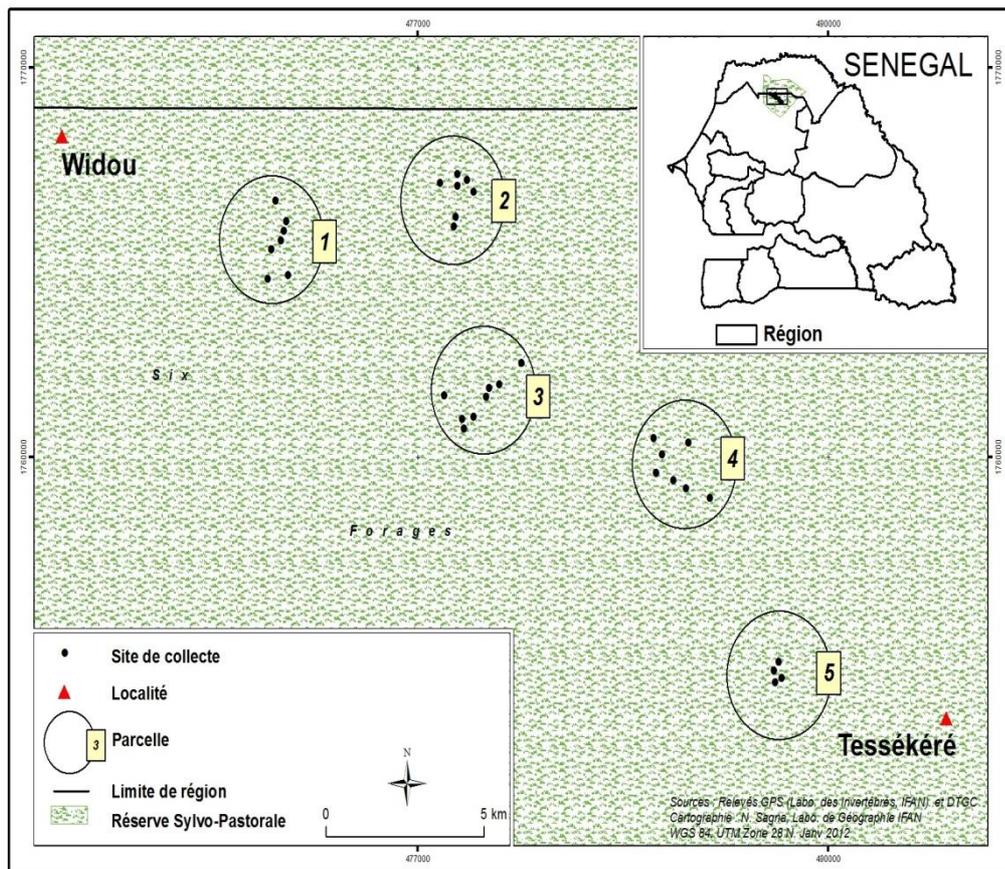


Figure 1: Localisation des parcelles étudiées

Indice d'abondance

L'indice d'abondance d'une espèce est obtenu en combinant le nombre total d'observations ou d'occurrences de l'espèce et sa répartition spatiale (nombre de parcelles où l'espèce est rencontrée). Elle est calculée par la formule:

$$Li = \frac{Ni}{Ns} \times Pi$$

Li est l'indice d'abondance de l'espèce et *Pi* le nombre total d'observations de l'espèce.

Résultats

Inventaire des espèces

RHINOTERMITIDAE Light, 1912

Coptotermes intermedius Silvestri, 1912

Psammotermes hybostoma Desneux, 1902

TERMITIDAE Westwood, 1804

Termitinae Sjöstedt, 1926

Amitermes evuncifer Silvestri, 1912

Amitermes messinae Fuller, 1922

Amitermes spinifer Silvestri, 1914-15

Angulitermes nilensis Harris, 1962

Microcerotermes sp. A (Fig. 2)

Promirotermes holmgreni Silvestri, 1912

Macrotermitinae Kemner, 1934

Macrotermes subhyalinus (Smeathman, 1781)

Microtermes grassei Ghidini, 1955

Microtermes lepidus Sjöstedt, 1924

Microtermes subhyalinus Silvestri, 1914

Odontotermes sp. I

Odontotermes sp. II

Odontotermes sp. III

Nasutitermitinae

Trinervitermes oeconomus Trägårdh, 1904

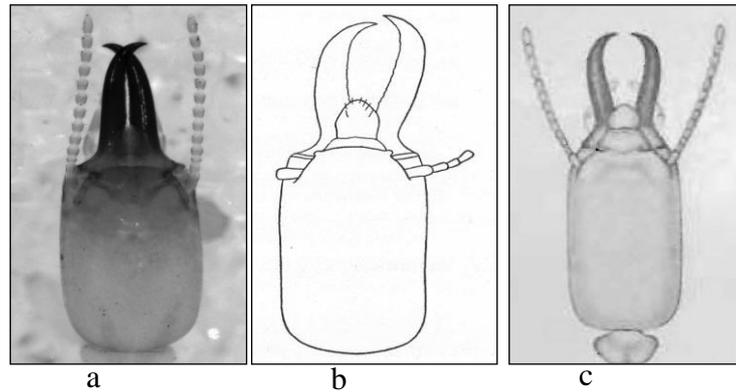


Figure 2: (a) *Microcerotermes* sp. A, (b) *Microcerotermes edentatus* d'après Emerson 1928 et (c) Sjöstedt 1925

La diversité spécifique est de 16 espèces. Le caractère asymptotique de la courbe de regression du cumul du nombre d'espèces en fonction du nombre de stations (Fig. 2) montre que l'échantillonnage est exhaustif et donne une bonne image de la diversité spécifique des Termites dans la zone étudiée.

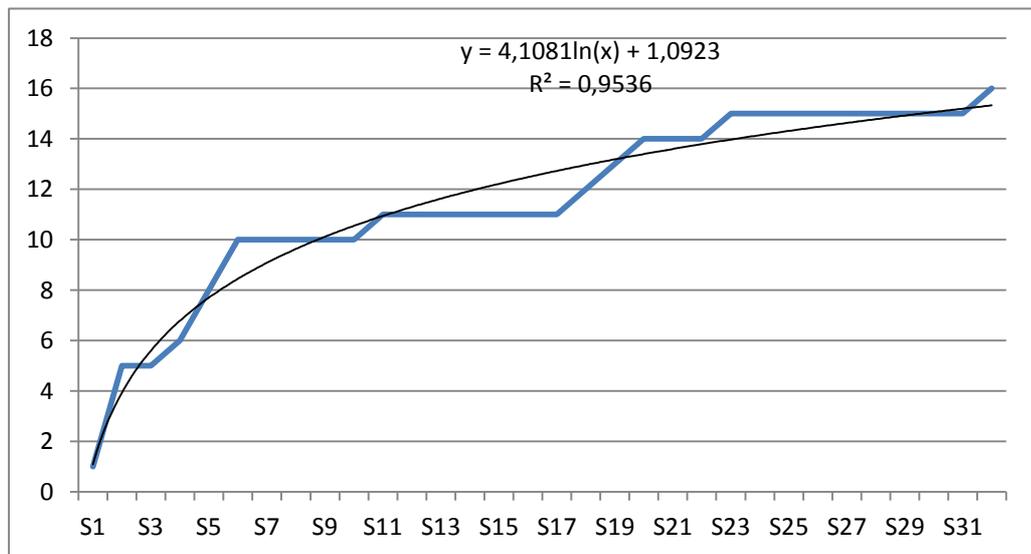


Figure 3: Regression du nombre d'espèces en fonction du nombre de stations *Répartition des espèces selon le régime trophique*

En fonction du régime trophique, les espèces de Termites rencontrées se répartissent entre lingivores, humivores, champignonnistes et fourrageurs.

Les Lignivores, 7 espèces au total, appartiennent aux genres *Coptotermes*, *Psammotermes*, *Amitermes* et *Microcerotermes*. Les humivores sont représentés par deux espèces, *Angulitermes nilenis* et *Promirotermes holmgreni*. Les champignonnistes, 7 espèces, appartiennent aux genres *Odontotermes*, *Macrotermes* et *Microtermes*. Les fourrageurs sont représentés par une seule espèce, *Trinervitermes oeconomus*.

Eléments de biologie

Psammotermes hybostoma se nourrit de bois vivant ou mort. Elle a été récoltée sur de la litière, sur des arbres morts (*Balanites aegyptica*, *Calotropis procera*) et vivants (*B. aegyptiaca*, *Combretum glutinosum*, *Sclerocarya birrea*), dans des souches, sur du bois mort au sol, sur de l'herbe et dans de la bouse de vache. Elle nidifie dans le sol, en profondeur.

Coptotermes intermedius est trouvé pour l'essentiel dans les collets de *C. procera* mort, dans du bois mort (*C. procera*, *C. glutinosum*, *S. birrea*) et sur des arbres vivants (*C. glutinosum* et *S. birrea*). Elle nidifie dans les arbres qu'elle attaque. *Amitermes messinae* est récoltée sur des arbres morts (*B. aegyptiaca* essentiellement) et dans des souches (*B. aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*). Elle établit son nid dans les arbres morts ou vivants. *Amitermes evuncifer* a été récolté pour l'essentiel dans des souches. Quelques échantillons ont été prélevés sur du bois mort au sol et sur un arbre vivant (*Guiera senegalensis*). *Amitermes spinifer* a été récolté dans une souche d'arbre. *Microcerotermes* sp. A est retrouvé sur des arbres morts (*B. aegyptiaca* et *S. birrea*), dans du bois mort, dans des herbes non graminéennes (*Cassia* sp.).

Angulitermes nilensis a été trouvé dans des débris végétaux dégradés relativement humides au fond d'un creux dans le tronc d'un *Combretum glutinosum* vivant. *Promirotermes holmgreni* est trouvé dans une branche morte de *Combretum glutinosum* au sol.

Odontotermes sp. I est récoltée sur du bois mort, sur de la bouse de vache, sous des placages sur des arbres et sur de l'herbe. *Odontotermes* sp. II et *Odontotermes* sp. III sont trouvés sur du bois, sur des arbres (*C. procera*, *G. senegalensis*). *Macrotermes subhyalinus* est récolté dans des termitières (nids épigés), sur bois mort, sur des herbes et sur de la bouse de vache. *Microtermes grassei* est trouvé sur du bois mort. *Microtermes lepidus* est trouvé sur bois mort, dans des souches, sur des arbres morts (*C. procera*, *S. birrea*) et dans la muraille d'une termitière de *Macrotermes subhyalinus*. *Microtermes subhyalinus* est récolté sur du bois mort au sol et dans une tige de cassia.

Trinervitermes oeconomus est trouvé dans une calie surmontée d'un petit monticule de terre.

Par rapport au paysage, on observe une distribution agrégative et différente selon les espèces. *Psammotermes hybostoma* montre une affinité très nette pour les dunes. Dans certaines stations localisées sur le sommet des dunes, elle est la seule espèce rencontrée. Elle est également rencontrée dans les dépressions mais avec une occurrence beaucoup plus faible. Les espèces des genres *Coptotermes*, *Amitermes* et *Microcerotermes* sont liées à la présence des ligneux. Les Macrotermitinae *Odontotermes*, *Microtermes* et *Macrotermes* sont surtout présents dans les dépressions. Le fourrageur *Trinervitermes* est rencontré dans une station de la parcelle 1, dans une dépression. Un nid mort d'une espèce du genre a été trouvé dans une autre station de la même parcelle 1, toujours dans une dépression.

Fréquence des espèces

En fonction de la fréquence d'occurrence (Fig. 4), les espèces de Termites se répartissent entre les 3 classes définies par Dajoz (1985).

Les espèces accidentelles, au nombre de 10, sont *Amitermes messinae*, *A. evuncifer*, *A. spinifer*, *Angulitermes nilenis*, *Microcerotermes* sp. A, *Microtermes grassei*, *Microtermes subhyalinus*, *Odontotermes* sp. III, *Promirotermes holmgreni* et *Trinervitermes oeconomus*.

Les espèces accessoires sont *Coptotermes intermedius*, *Macrotermes subhyalinus*, *Microtermes lepidus*, *Odontotermes* sp. I et *Odontotermes* sp. II. *Psammotermes hybostoma*, rencontré dans toutes les parcelles et dans toutes les stations, est la seule espèce constante.

L'impact le plus visible des Termites dans cet écosystème sahélien est lié à l'action des espèces accessoires et, surtout, de *Psammotermes hybostoma*, qui domine largement les autres espèces.

Indice d'abondance

D'après l'indice d'abondance (Fig. 5), on note que la plupart des espèces ont une faible occurrence (indice inférieur 25). Deux espèces, *Odontotermes* sp. II et *Microtermes lepidus* ont des indices d'abondance compris entre 25 et 50. Quant à *Psammotermes hybostoma*, de loin l'espèce la plus abondante, elle a un indice d'abondance de 241.

Discussion

Au total, 16 espèces de Termites ont été recensées dans les parcelles de reboisement entre Widou Thiengoly et Tessekere. A Fété Olé, un plus au nord et dans la même zone climatique, Lepage (1974) a recensé 23 espèces. La différence dans les diversités spécifiques réside essentiellement dans la plus grande diversité d'habitats échantillonnés par Lepage. En effet, cet auteur a travaillé dans 3 milieux qu'il a désignés sous les appellations de petit système dunaire, grand système dunaire et cuirasse. Notre site d'étude répond à la description du petit système dunaire de Lepage constitué de dunes de faible amplitude et d'interdune plus ou moins fermées (dépressions). C'est ce qui explique l'absence des *Cubitermes* uniquement signalés sur cuirasse. Il faut noter également que les *Trinervitermes* sont plus présents sur cuirasse de même que les Macrotermitinae. Les nids épigés de ces Termites qui abritent souvent d'autres espèces inquilines contribuent à la diversification de la faune de Termites. Au sud de Tessekere, à Katané (Réserve de Faune du Ferlo Nord) et à Dantiady (département de Matam), Gueye (2011) et Samb *et al.* (2010) ont respectivement recensé 14 et 16 espèces.

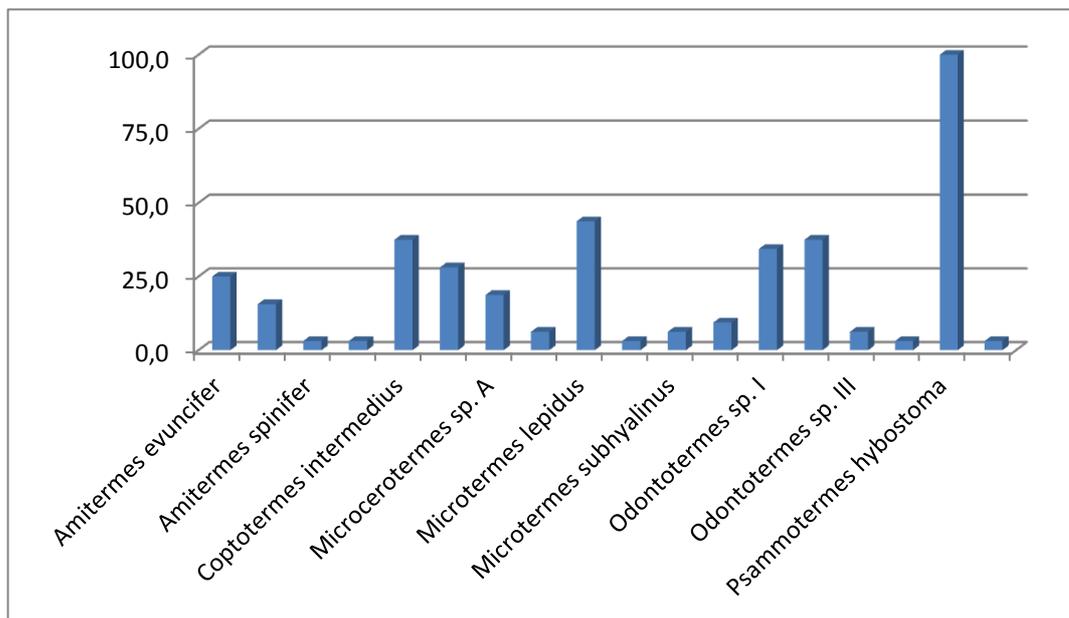


Figure 4: Fréquence des espèces de Termites

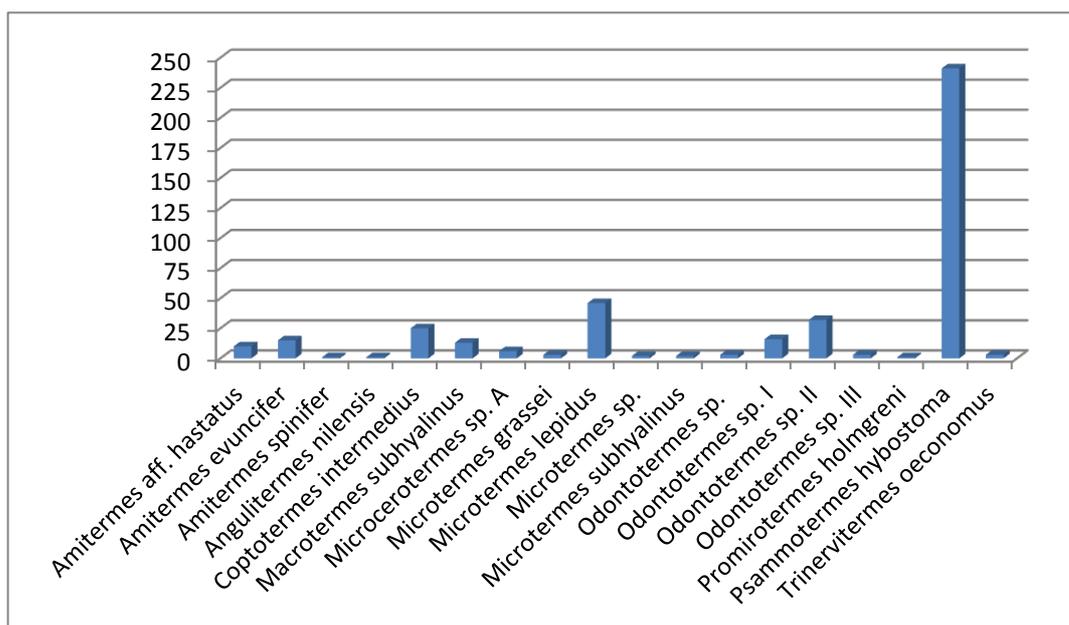


Figure 5: Indice d'abondance des espèces de Termites

Au niveau qualitatif, nous notons la présence d'une seule espèce de *Trinervitermes*, *T. oeconomus*, rencontrée dans une seule station située dans une dépression. Dans une autre station, de la même parcelle et toujours dans une dépression, un nid mort de *Trinervitermes* avait été noté. Pourtant, d'après les études précédentes (Lepage 1974, Samb *et al.* 2010), les *Trinervitermes* font partie des espèces les plus diversifiées et les plus banales de cet écosystème sahélien. A katané, dans une parcelle mise en défens, ils constituent le groupe dominant de la faune termitologique avec une

fréquence supérieure à 35% d'après Guèye (2011). La prédominance des *Trinervitermes* dans les savanes africaines est également soulignée par Wood & Ohiagu (1977). La rareté inattendue des *Trinervitermes*, présentés comme étant très résistants aux perturbations (Eggleton *et al.* 2002), serait liée à une action, sur une longue période, de facteurs combinés tels que de la sécheresse, les feux de brousse et le surpâturage. Lepage (1974) note que les *Trinervitermes* se développent dans les dépressions, plus humides. Lorsque les conditions sont favorables, ils peuvent coloniser le sommet des dunes à partir des dépressions.

La présence d'*Amitermes messinae* dans le Ferlo Nord entre Widou Thiengoly et Tessekere indique que cette espèce, malgré sa faible fréquence, est une espèce typique de la savane sahélienne semi-aride. Elle avait été signalée, sous le nom d'*Amitermes* aff. *hastatus* pour la première fois par Samb *et al.* (2010) à Danthiady (Matam) et puis par Guèye (2011) à Katané (Réserve de Faune du Ferlo Nord). D'après Johnson & Wood (1980), *A. messinae* se rencontre en zone semi-aride le long de la vallée du Nil au Soudan et dans la Péninsule arabique. Sands (1959), note que la limite méridionale de son aire de répartition se situe aux environs de Messina, sa localité type, sur le fleuve Limpopo. *A. hastatus*, une espèce qui était parfois confondue avec *A. messinae*, n'est connue jusque là que de l'Afrique australe (Johnson & Wood 1980).

Microcerotermes sp. A est différente de toutes les autres espèces du genre signalées au Sénégal jusque là. Par les mandibules (droites, recourbées au bout, bord interne lisse) et les antennes (13 articles, le III^e étant le plus court), elle se rapproche de *M. edentatus* d'après la description originale de Wasmann (1911-1912) qui n'en a pas donné d'illustration. En se référant aux figures de Sjöstedt (1925) et d'Emerson (1928), *Microcerotermes* sp. A montre des différences morphologiques d'avec *M. edentatus*. De plus, jusque là, *M. edentatus*, qui fut considérée comme une variété de *M. fuscotibialis*, une espèce à affinité forestière bien marquée, n'est connue que de la zone soudano-guinéenne du Libéria, du Congo et du Cameroun. Nous considérons donc ce *Microcerotermes*, rencontré exclusivement dans le Nord et jamais dans le Centre Ouest (Sarr, 1995), l'Est (Ndiaye 2010, Roy-Noël 1969) et le dans Sud du Sénégal plus humide (Ndiaye *et al.* 2005, Ndiaye & Han 2002) comme une espèce nouvelle pour la science. Il faut également noter l'absence entre Widou Thiengoly et Tessekere des *Microcerotermes* du complexe *parvus/solidus* communs partout ailleurs au Sénégal.

La distribution agrégative des espèces, malgré le très grand nombre d'essaimage (reproducteurs fondateurs de nouvelles colonies) produits annuellement, s'explique, comme l'a souligné Bouillon (1969) par un complexe de conditions physiques (sol, humidité) et biologiques (prédation, compétition intra et interspécifique, végétation). Lepage (1974) avait noté à Fété Olé que *Psammotermes hybostoma*, espèce psammophile et déserticole, était plus fréquent sur les dunes (sommet et versant) que les autres espèces plus abondantes au niveau des replats et des dépressions plus boisés et moins sableux.

Remerciements: Ce travail a bénéficié de l'appui financier de l'Observatoire "Homme-Milieus" Tessekere

Références Bibliographiques

- Anonyme 2002 Synthèse des études diagnostiques des sites de l'observatoire du Ferlo. Projet ROSELT/OSS. Dakar; Centre de Suivi Ecologique.
- Bille J. C., Lepage M., Morel G. Poupon H. 1972 Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrionale, Sénégal : Présentation de la région. *La Terre et la Vie*, 26, 332-350.
- Bouillon A. 1969 Les études de populations des Termites éthiopiens. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 6 (4), 469-482.
- Dajoz R. 1985, *Précis d'écologie*. Paris; Bordas.
- Eggleton P., Bignell P., Hauser D. E., Dibog L., Norgrove L., Madong B. 2002 Termite diversity across an anthropogenic disturbance gradient in the humid forest zone of West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 189-202.
- Emerson A. E. 1928 Termites of the Belgian Congo and the Cameroon. *Bulletin American Museum of Natural History (Entomology)*, 57, 403-593.
- Guèye S. 2011 Contribution à l'étude de la faune de Termites (Isoptera) dans la Réserve de Faune du Ferlo Nord (Sénégal) : cas de l'enclos d'acclimatation de Katane. Mémoire de Master II, Université Ch. A. Diop de Dakar, pp. 28.
- Han S. H., Ndiaye A. B. 2002 Attaque des arbres fruitiers par les Termites en Casamance (Sénégal). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 107, 193-199.
- Johnson R. A., Wood T. G. 1980 Termites of the Arid Zones of Africa and the Arabian Peninsula. *Sociobiology*, 5 (3), 279-293.
- Jones C. G., Lawton J. H., Shachak M. 1994 Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69, 373-86.
- Lepage M. 1974 Les Termites d'une savane sahélienne (Ferlo septentrionale, Sénégal) : peuplement, populations, consommation, rôle dans l'écosystème. Thèse doctorat ès Science, Université de Dijon, pp. 356p.
- Michel P., Naegele A., Toupet C. 1969 Contribution à l'étude du Sénégal septentrional. *Bulletin de l'IFAN*, 16 (3), 756-839.
- Ndiaye A. B. 2010 Etude de la faune entomologique de la concession Oromin à Sabodola (Sénégal). Rapport final, pp. 24.
- Ndiaye A. B., Guèye M. T., Sarr M. 2005 Les Termites (Isoptera) de la zone de Sédhiou (Kolda, Sénégal). The 16th Conference of the African Association of Insect and the Entomological Society of Ghana, Legon, Accra, 6-10 June 2005.
- Okullo P., Moe S. R. 2012 Termite activity, not grazing, is the main determinant of spatial variation in savanna herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, 100, 232-241.

- Pringle R. M., Doak D. F., Brody A. K., Jocqué R., Palmer T. M. 2010 Spatial Pattern Enhances Ecosystem Functioning in an African Savanna. *PLoS Biol* 8 (5).
<http://www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.1000377>.
- Roy-Noël J. 1969 Le parc national de Niokolo-Koba (Sénégal). Fascicule III. VIII Isoptera. *Mémoire de l'IFAN*, 84, 114-167.
- Samb T., Ndiaye A. B., Diarra K. 2010 Biodiversity of Termites in relation to human activity: impact on the environment in Matam (Senegal). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2 (1), 313-323.
- Sands W. A. 1959 A revision of the Termites of the genus *Amitermes* from Ethiopian region (Isoptera, Termitidae, Amitermitinae). *Bulletin of the British Museum (Natural history) Entomology*, 8 (4), 129-156.
- Sarr M. 1999 Etude écologique des peuplements de Termites dans les jachères et dans les cultures en zone soudano-sahélienne, au Sénégal, Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université Ch. Diop de Dakar, pp. 117.
- Sjöstedt Y. 1925 Revision des Termiten Afrikas. 3. Monographie. *Kungl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar*, 3, 411-419.
- Wasmann E. 1911-12 Zur Kenntnis der Termiten und Termitengäste vom Belgischen Congo. *Revue Zoologique Africaine*, 1, 91-117.
- Wood T. G. 1975 The effects of clearing and grazing on the Termite Fauna (Isoptera) of Tropical Savannas and Woodlands Dans *Progress in soil zoology*, Publishing House of Czechoslovak Academy of sciences, Prague (Ed), 409-418.
- Wood T. G., Ohiagu C. E. 1976 A preliminary assessment of the significance of grass eating Termites (Isoptera) in pastures in northern Nigeria. *Samaru Agric. Newsletter*, 18, 22-30.

Evolution des communautés de petits Mammifères et de leurs parasites intestinaux dans le Sahel sénégalais dans le contexte de la mise en place de la Grande Muraille Verte

Massamba Thiam⁽¹⁾, Khalilou Bâ⁽²⁾, Arame Ndiaye^(2,3), Malick Diouf⁽³⁾, Raymond Ndour^(2,3), Laurent Granjon⁽²⁾

(1) Laboratoire de Zoologie des Vertébrés Terrestres, Département de Biologie Animale, Institut Fondamental d'Afrique Noire, Cheikh Anta Diop (IFAN-CAD), BP 206, Dakar, Sénégal

(2) IRD, UMR 022 CBGP (INRA/IRD/CIRAD/MontpellierSupAgro), Campus de Bel-Air, BP 1386, Dakar, CP 18524, Sénégal

(3) Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Sénégal

Résumé

Dans le cadre de la mise en place de la grande muraille verte (GMV) au cœur du Ferlo sénégalais, nous avons étudié les micromammifères et leurs parasites intestinaux comme indicateurs écologiques des changements environnementaux en cours. Dans ce but, nous avons effectué un inventaire exhaustif dans les sites de Tessekere et de Labgar, suivi de l'analyse des déterminants de la diversité spécifique des rongeurs afin de tester diverses hypothèses liées à l'influence des modifications d'habitat.

Durant trois missions effectuées entre 2010 et 2011, 1964 nuit-pièges nous ont permis de capturer près de 300 rongeurs appartenant à 4 espèces. Les prospections de nuit nous ont permis de capturer des rongeurs non piégeables et d'observer plusieurs autres espèces d'Oiseaux et de Mammifères. La communauté de Rongeurs présente semble montrer les premiers effets de la mise en place de la GMV, tant au niveau de sa diversité qu'au niveau des abondances observées par type d'habitat.

L'analyse parasitaire a montré dans cette étude que les Cestodes parasitent environ 12% des rongeurs et spécialement les Gerbillinés et les Nématodes environ 14% et toutes les espèces de rongeurs rencontrées dans la zone.

Mots clés: micromammifères, parasites, indicateurs écologiques,

Introduction

Le Ferlo est la zone sylvo-pastorale la plus importante du Sénégal, située au cœur de la zone sahéenne ouest-africaine, entre le désert saharien au nord et la savane arborée soudanienne au sud. Comme d'autres zones de contact entre milieux de natures différentes, cette région est caractérisée par une forte instabilité écologique (Popov

1996). Cette dernière a été amplifiée ces dernières décennies par la conjonction des effets du réchauffement et de l'assèchement climatique avec ceux associés à une dégradation environnementale liée aux activités humaines, agro-pastorales en particulier (Lebel & Ali 2009; Miehle et al. 2010). Dans ce contexte, la mise en place de la Grande Muraille Verte (GMV), bande forestière d'une quinzaine de kilomètres de large, traversant le Sahel sénégalais et à terme l'ensemble de l'Afrique de l'Atlantique (Sénégal) à la Mer Rouge (Djibouti), doit permettre la réhabilitation des habitats naturels de cette zone bioclimatique (Dia & Duponnois 2010).

Le Sahel sénégalais (Ferlo) apparaît très approprié pour la mise en évidence de tels processus associés aux changements anthropiques et/ou climatiques: données biologiques (en particulier sur les rongeurs) nombreuses dans le temps et dans l'espace, réseau météorologique relativement fiable, climats variés sur une courte distance, sécheresse marquée et bien documentée (Nicholson 1978, Poulet 1984, Duplantier et al. 1997, Thiam 2007, Granjon & Duplantier 2009). Dans le but de suivre les conséquences de l'installation de la GMV sur la diversité biologique de cette région, nous avons effectué une étude au niveau de deux sites situés dans la zone considérée (Tessekere et Labgar), avec un inventaire aussi exhaustif que possible des petits mammifères terrestres (en particulier les Rongeurs) et de leur cortège de parasites intestinaux (vers Nématodes et Cestodes en particulier). Les Rongeurs sont en effet d'une part très sensibles aux changements des milieux et d'autre part relativement faciles à échantillonner. A ces titres, ce sont de bons candidats à un suivi à moyen terme des effets des changements environnementaux induits par la GMV (voir Duplantier 1998, Duplantier et al. 1991, Thiam 2007 pour des exemples concernant le nord Sénégal). De même, l'analyse de la diversité des parasites peut renseigner non seulement sur l'identité, mais également sur les traits de vie et les exigences écologiques de leurs hôtes (Poulin & Morand 2000).

L'analyse préliminaire des déterminants de la diversité spécifique dans ces groupes (rôle de l'habitat chez les rongeurs, rôle de l'hôte chez les parasites) permet d'aborder quelques hypothèses liées à l'influence des modifications environnementales associées à la mise en place de la GMV dans le Ferlo du Sénégal. Cette étude vise également à apporter les bases d'un suivi à plus long terme de ces groupes d'intérêt, puisque constitués d'organismes à interactions potentielles avec l'homme et les animaux domestiques (agronomie et santé).

Méthodologie

Nous avons effectué trois missions de 8-10 jours chacune en 2010 et 2011, sur les sites de Tessekere (15°49'N, 15°04'O) et Labgar (15°50'N, 14°49'O), aux périodes suivantes: milieu de saison des pluies (août 2010 et août 2011) et début de saison sèche (novembre 2010).

L'échantillonnage des petits mammifères a été réalisé selon des méthodes maintenant éprouvées (piégeage, observation et capture manuelle lors de sorties nocturnes, récolte de traces, études des restes osseux etc., Cosson et al. 1997, Bâ 2002). Le piégeage a été réalisé selon des lignes de 20 à 40 pièges (espacés de 10m) installées dans divers habitats : à l'intérieur des parcelles clôturées (zones en défens), hors des parcelles et à l'écotone (lisière) entre ces 2 habitats. Les chasses de nuit effectuées en voiture, en roulant à vitesse réduite pendant 2 à 3h environ, ont permis des observations ainsi que des captures réalisées à la main lorsqu'un petit mammifère était localisé. La majorité des spécimens capturés a été sacrifiée afin de récolter un ensemble de données biologiques (mensurations, état reproducteur...) et de réaliser des prélèvements divers (organes en éthanol pour analyses moléculaires, tubes digestifs...). Des informations sur l'habitat ont également été récoltées, et tous les sites d'échantillonnage ont été géoréférencés. Quelques spécimens ont été ramenés vivants au laboratoire IRD de Dakar Bel-Air pour analyses caryologiques. La détermination spécifique de l'ensemble des spécimens s'est basée sur les critères présentés par Granjon & Duplantier (2009).

Il convient de noter que les deux sites retenus devaient représenter des répliquats où les mêmes habitats devaient être échantillonnés. Toutefois, les différences suivantes ont été notées entre les deux localités: Les parcelles en défens sont entièrement clôturées à Tessekere et sont donc bien protégées contre le pâturage, contrairement à Labgar, où la clôture est réalisée seulement à moitié et permet la divagation du bétail. De ce fait le tapis herbacé est très dense et haut à Tessekere alors qu'il est bas et éparé à Labgar dans ces zones de défens. En revanche, les champs sont plutôt mieux entretenus à Labgar qu'à Tessekere (voir ci-dessous).

Résultats

Piégeage

A partir d'un effort de piégeage de 1964 nuit-pièges, soit 910 en août 2010, 673 en novembre 2010 et 381 en août 2011 (voir annexe 1), nous avons capturé lors de ces trois missions et grâce au protocole standardisé de piégeage en lignes 295 rongeurs soit un rendement global de 15%. Ce rendement est variable en 2010 avec 7,8% en août contre 23,1% en novembre. En août 2011, il est similaire à celui de novembre 2010, avec 23,2%. Les rongeurs capturés lors de ces trois missions de piégeages appartiennent à 4 espèces : Les Murinae *Arvicanthis niloticus* (N = 128, soit 43,4% des captures) et *Mastomys erythroleucus* (N = 2, soit 0,7%) et les Gerbillinae *Gerbillus nigeriae* (N = 103, soit 34,9%) et *Taterillus pygargus* (N = 62, soit 21% ; Fig.1).

Vingt et un spécimens de *Taterillus* ont été caryotypés. Ils ont tous montré le nombre diploïde de $2n = 22$ (femelles) / 23 (mâles) caractéristiques de *T. pygargus* (Ndour 2011). A partir de là, nous avons fait l'hypothèse que tous les *Taterillus* capturés lors de cette étude appartenaient à cette espèce.

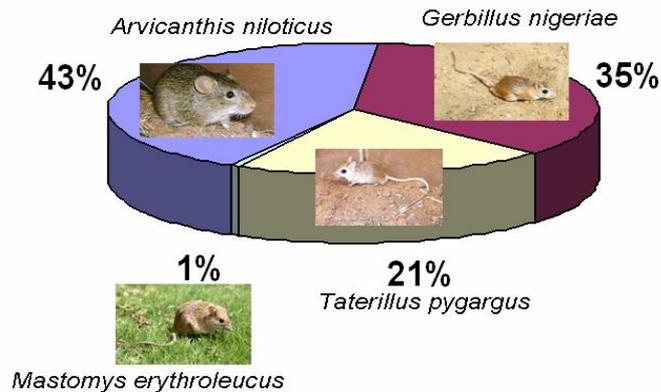


Figure 1: Répartition des captures de Rongeurs sur lignes de piégeage standardisées à Tessekere et Labgar en 2010-2011.

L'analyse des variations d'abondances saisonnières des rongeurs montre qu'en dehors des parcelles clôturées de la GMV (figure 2a), les rongeurs sont plus abondants en novembre 2010 (rendements de plus de 30%) qu'en août 2010 et 2011 aussi bien à Tessekere qu'à Labgar. Dans la première localité, les abondances d'août avoisinent 20 % tandis que dans la deuxième localité, elles n'excèdent pas 5%.

Au niveau de l'écotone, et à l'intérieur des parcelles clôturées de la GMV (figure 2b), les abondances sont beaucoup plus importantes en août 2011 à Tessekere où elles avoisinent 80% à l'écotone. Ceci pourrait être lié au tapis herbacé très dense dans les parcelles clôturées de cette localité, qui constituerait un véritable refuge pour les rongeurs en y limitant en particulier la prédation. En revanche, les abondances de Rongeurs sont très faibles à Labgar, où la plus forte abondance (écotone, août 2011) ne dépasse pas 20%. Ceci peut s'expliquer par le simple fait qu'à Labgar, la clôture est imparfaite et du fait du pâturage, les trois habitats (hors clôture, écotone et parcelles clôturées) présentent un aspect très semblable.

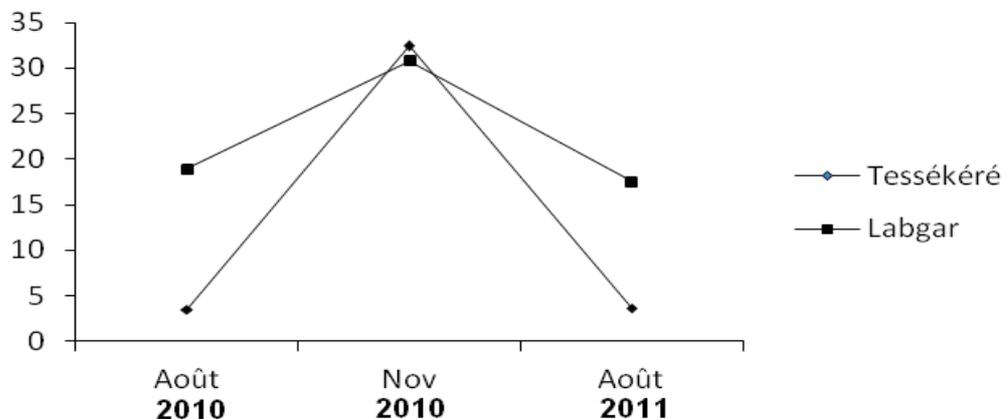


Figure 2a: Variations d'abondances saisonnières des rongeurs hors parcelles clôturées à Tessekere et Labgar en août et novembre 2010, et en août 2011.

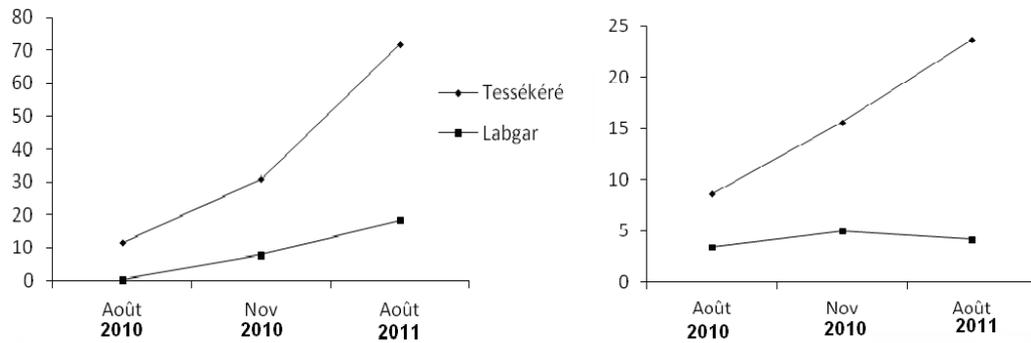


Figure 2b: Variations d’abondances saisonnières des rongeurs à Tessekere et Labgar en août et novembre 2010, et en août 2011 à l’écotone (gauche) et à l’intérieur (droite) des parcelles clôturées de la GMV.

Concernant les préférences d’habitats spécifiques, les résultats montrent qu’à Tessekere (Figure 3a) les espèces *Arvicanthis niloticus*, Rongeur à activité essentiellement diurne et *Gerbillus nigeriae*, Rongeur à activité nocturne, sont capturées globalement au niveau de la lisière. L’espèce *Taterillus pygargus* est capturée uniquement au niveau de la lisière et dans les parcelles clôturées. Elle n’a jamais été capturée à l’extérieur des zones clôturées.

A Labgar (figure 3b), et contrairement à ce qui a été observé à Tessekere, *Arvicanthis niloticus* et *Gerbillus nigeriae* sont surtout capturées en dehors des parcelles clôturées. Ici, *G. nigeriae* n’a jamais fait l’objet d’une capture ni au niveau de l’écotone, ni à l’intérieur des parcelles clôturées. *Taterillus pygargus*, surtout capturée à l’intérieur des parcelles clôturées, ne l’est presque jamais au niveau de la lisière.

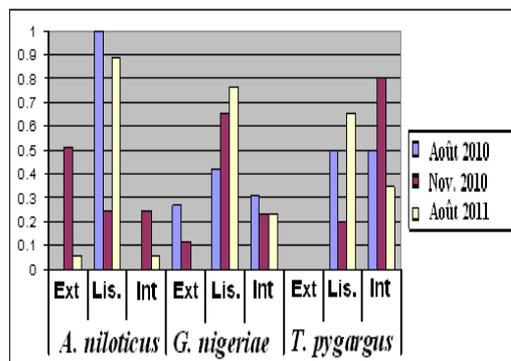


Figure 3a: Préférences d’habitat spécifiques des Rongeurs à Tessekere, entre l’extérieur (Ext), l’intérieur (Int) et la lisière (Lis.) des zones clôturées de la GMV.

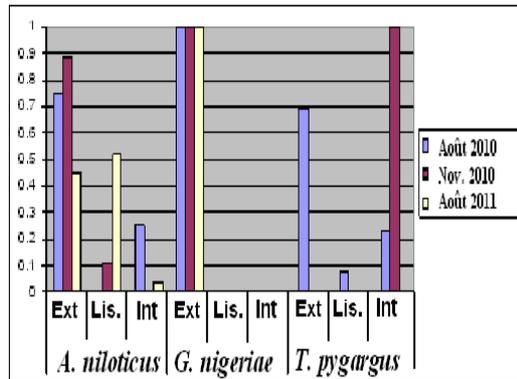


Figure 3b: Préférences d’habitat spécifiques des Rongeurs à Labgar, entre l’extérieur (Ext), l’intérieur (Int) et la lisière (Lis.) des zones clôturées de la GMV.

Chasse de nuit

En dix sorties totalisant plus de 50km parcourus, ces prospections nocturnes réalisées dans l’environnement immédiat des sites de piégeage ont mis en exergue l’importance de l’activité des Gerbillinae, et en particulier les gerbilles (genre *Gerbillus*) dans cette zone. Elles ont permis d’attraper à la main plusieurs spécimens, incluant ceux de deux espèces non capturées avec les pièges, à savoir *Gerbillus henleyi* et *Desmodilliscus braueri*. Elles nous ont permis d’observer également d’autres mammifères, incluant un certain nombre d’espèces prédatrices de rongeurs (tableau 1).

Il est à noter que, contrairement aux données de piégeage, les résultats de chasse de nuit font apparaître un moindre « rendement » en novembre 2010 qu’en août (à effort d’échantillonnage équivalent). Ce résultat, classique pour la région, est lié à l’importance du couvert herbacé après l’hivernage, qui limite la repérabilité des animaux par les observateurs.

Parasitologie

En ce qui concerne le cortège parasitaire qui accompagne les rongeurs, les résultats suivants ont été obtenus : En août et novembre 2010, sur les 196 Rongeurs analysés, 12 individus (soit 6%) sont parasités par les cestodes. Ces individus sont essentiellement des Gerbillinés dont 8 sont de Tessekere et 4 de Labgar. Parallèlement 29 Rongeurs (soit 14%) sont parasités par des nématodes, dont 7 de Tessekere et 22 de Labgar. Les nématodes sont retrouvés chez toutes les espèces de Rongeurs identifiées dans ces deux localités (5 *Taterillus pygargus*, 8 *Gerbillus* spp, 14 *Arvicanthis niloticus*, 1 *Mastomys erythroleucus* et 1 *Desmodillicus braueri*).

En août 2011, sur 99 Rongeurs analysés, 12 individus (soit 12%) sont parasités par des cestodes. Comme en 2010, ces individus sont tous des Gerbillinés et sont tous de Tessekere. Concernant les nématodes, 13 rongeurs sont parasités (soit 13%) dont 7

de Labgar et 6 de Tessekere. Ces vers ronds sont retrouvés chez 8 *Arvicanthis niloticus*, 4 *Taterillus pygargus* et 1 *Gerbillus nigeriae*.

Discussion

Le peuplement de petits mammifères apparaît donc, pour les Rongeurs, dominé par les espèces de la sous-famille des Gerbillinae (genres *Gerbillus*, *Taterillus* et *Desmodilliscus*), les Murinae n'étant représentés durant les deux sessions de 2010 que par la seule espèce *Arvicanthis niloticus*, et en août 2011 par 2 individus de *Mastomys erythroleucus*. Le fait que les Gerbillinae dominent le peuplement des rongeurs est un résultat logique dans cette région sahélienne. Cette sous-famille est en effet majoritairement associée aux milieux secs à arides (Granjon & Duplantier 2009). Parmi les Murinés, *Arvicanthis niloticus* est également une espèce typique des milieux sahéliens, où elle est généralement abondante lorsque le couvert herbacé est fourni (Poulet 1982, Granjon & Duplantier 2009). *Arvicanthis niloticus* et *Gerbillus nigeriae* co-dominent le peuplement, devant *Taterillus pygargus* et *Mastomys erythroleucus*. Ces résultats confortent ceux obtenus en 2008 à Widou Thiengoli, localité située non loin de Tessekere (Poulet 1982, Thiam et coll., donnée non publiées). De façon importante, ces deux espèces dominantes sont toutes deux régulièrement impliquées dans des dégâts aux cultures, *G. nigeriae* étant quant à elle une espèce considérée comme invasive au Sénégal où elle n'est arrivée que dans les années 80 (Duplantier et al. 1991, Bâ et al. 2006, Thiam 2007, Thiam et al. 2008). Elle est réputée au Niger comme un grand ravageur de cultures de mil (Nomao 2001). Ces deux espèces devraient donc être suivies prioritairement dans l'avenir.

La présence minoritaire de *Mastomys erythroleucus* à Tessekere durant la session d'août 2011 pourrait toutefois représenter une conséquence du début de changement de milieu occasionné par la mise en place de la GMV. Cette espèce est un véritable indicateur de modification de milieu (Duplantier, 1998), rarement présente dans le Ferlo, en particulier pendant les périodes sèches (Poulet 1972, 1974). Son installation pérenne pourrait représenter un bon indice de l'impact de la revégétalisation dans la zone sous l'influence de la GMV, en permettant la mise en place de conditions localement plus humides.

La relativement forte abondance des rongeurs au mois de novembre en dehors des zones en défens est conforme avec l'aspect saisonnier de la reproduction des rongeurs tropicaux sahélo-soudaniens qui est étroitement liée aux précipitations (Granjon & Duplantier 2009). Toutefois, les différences observées entre Tessekere et Labgar, tant au niveau des abondances enregistrées dans les différents habitats que dans les préférences écologiques des principales espèces, indiquent clairement que les situations sont assez différentes dans les 2 sites. A Tessekere, les champs que nous avons trouvés étaient asséchés et abandonnés pour la plupart, leurs clôtures défaits, tandis qu'à Labgar, les champs, avec des cultures en floraison, étaient bien labourés,

avec une dominance de *G. nigeriae* dans la partie cultivée, d'*A. niloticus* et *T. pygargus* dans les haies. En revanche, il semble qu'à Tessekere, une mise en défens plus efficace (clôtures « GMV ») ait permis aux abondances de Rongeurs d'augmenter régulièrement pendant la période d'étude, jusqu'à atteindre de très hauts niveaux au mois d'août 2011. Le couvert herbacé plus que la densité d'arbres, encore faible actuellement, joue probablement un rôle dans la protection assurée aux rongeurs dans des surface clôturées, qui représenteraient des refuges pour leurs populations.

		SITES	TESSEKERE			LABGAR			Total
		PERIODES	Août 2010	Nov.2010	Août 2011	Août 2010	Nov.2010	Août 2011	
CAPTURES	RONGEURS	<i>Gerbillus nigeriae</i>	7	6	7	10	1	8	39
		<i>Gerbillus cf henleyi</i>	6	3	2			2	13
		<i>Desmodilliscus braueri</i>	1	1		5	1	1	9
OBSERVATIONS	AUTRES MAMMIFERES	Hérisson				4			4
		Chat sauvage	1	1	2			2	6
		Genette		1		1		1	3
		Renard pâle			1				1
		Lièvre	1		1				2
		Ratel		1				1	2
	OISEAUX	Outarde	1	1	1			1	4
		Edicnème			1				1
		Vanneau						2	2

Tableau 1: Résultats des chasses nocturnes (captures et observations) dans les sites de Tessekere et Labgar durant les sessions d'août et novembre 2010, et d'août 2011.

L'abondance relative globale semble toutefois régulièrement plus faible à l'intérieur de la clôture, ce qui pourrait éventuellement être lié à une pression de prédation sur les rongeurs plus forte dans cet espace relativement protégé et favorisant les prédateurs (clôture + couverture herbacée persistante). Cette hypothèse serait à tester par une évaluation plus précise de la prédation dans et hors clôture.

Conclusion

En conclusion, nous pouvons dire que la mise en place de la GMV dans les zones de Tessekere et Labgar a modifié localement les biotopes, mais de façon variable selon l'état des clôtures, du reboisement, et de la protection contre le pâturage. L'arrivée de *Mastomys erythroleucus* pourrait être un véritable indicateur de changement de milieu. Les genres *Taterillus* et *Arvicanthis* semblent favorisés par les habitats à hautes herbes (zones clôturées de la GMV et leurs écotones), tandis que le genre *Gerbillus* préférerait plutôt les zones plus dégradées (par le pâturage en particulier) ou cultivées hors parcelles clôturées.

Remerciements: Ce travail a bénéficié de l'appui financier de l'Observatoire "Homme-Milieus" Tessekere

Références Bibliographiques

- Bâ K. 2002 Systématique, écologie et dynamique de populations de petits rongeurs potentiellement réservoirs ou hôtes de virus au Sénégal. Mémoire de diplôme EPHE, 126 p.
- Bâ K., Thiam M., Dobigny G., Granjon L., Mané Y., Volobouev V., Duplantier J.-M. 2006 Hypotheses on the origin of the invasion of Senegal by *Gerbillus nigeriae* based on chromosomal data. *Mammalia*. 72, 303-305.
- Cosson, J. F., Granjon L., Cuisin J., Tranier M., Colas F. 1997 Les Mammifères du littoral mauritanien 1. Aspects méthodologiques. Dans *Environnement et littoral mauritanien*. F. Colas (Ed). Montpellier; CIRAD p. 65-72.
- Dia, A. & Duponnois, R. 2010 *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte*. Marseille; IRD Editions.
- Duplantier, J.-M. 1998. Les petits rongeurs indicateurs des modifications du climat, des milieux et des pratiques agricoles dans la vallée du fleuve Sénégal. Dans J. P Hervé, J Brengues (Eds) *Aménagements hydro-agricoles et santé* Paris; Orstom, p. 53-65.
- Duplantier, J.-M., Granjon, L., Ba, K. 1991 Découverte de trois espèces de rongeurs nouvelles pour le Sénégal: un indicateur supplémentaire de la désertification dans le nord du pays. *Mammalia* 55(2): 313-315.
- Duplantier, J.-M, Granjon, L. & Bâ, K. 1997 Répartition biogéographique des petits rongeurs au Sénégal. *Revue de Zoologie Africaine*, 111, 17-26

- Granjon, L., Duplantier, J.M. 2009 *Les Rongeurs de l'Afrique sahélo-soudanienne: systématique, écologie, biogéographie et relations avec l'homme*. Paris; IRD (Collection Faune et Flore tropicales), p. 216.
- Lebel, T., Ali, A. 2009 Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007), *Journal of Hydrology*, 375(1-2), 52-64.
- Miehe, S., Kluge, J., von Wehrden, H., Retzer, V. 2010 Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of field study in Senegal. *Journal of Applied Ecology*, 47, 692-700.
- Ndour, R. 2011 Essai de mise au point d'un test moléculaire diagnostique des espèces jumelles de Rongeurs du genre *Taterillus*. Mémoire de Master 2, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- Nicholson S. E. 1978 Climatic variations in the Sahel and other African regions during the past five centuries. *Journal of Arid Environments*, 1, 3-24.
- Nomao, A. 2001 Contribution à la connaissance des rongeurs du Niger. Caractéristiques biologiques et écologiques d'une population de *Gerbillus nigeriae* (Rodentia, Gerbillinae), dans la ferme de Kolo (Niger). Thèse de 3^o cycle, Université de Niamey, 215 p.
- Popov, G.B. 1996 Quelques effets de la sécheresse sahélienne sur la dynamique des populations acridiennes. *Sécheresse*, 7, 91-97.
- Poulet, A. R. 1972 Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal : les Mammifères. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 26, 440-472.
- Poulet, A. R. 1974 Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal: quelques effets de la sécheresse sur le peuplement mammalien. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 28, 124-130.
- Poulet, A. R. 1982 Pullulation de rongeurs dans le Sahel : mécanismes et déterminisme du cycle d'abondance de *Taterillus pygargus* et d'*Arvicanthis niloticus* (Rongeurs, Gerbillidés et Muridés) Dans *le Sahel du Sénégal de 1975 à 1977*. Paris; Orstom, pp. 367
- Poulet A. R. 1984 Quelques observations sur la biologie de *Desmodilliscus braueri* Wettstein (Rodentia, Gerbillidae) dans le Sahel du Sénégal. *Mammalia*, 48, 59-64.
- Poulin R., Morand S. 2000 The diversity of parasites. *The Quarterly Review of Biology*, 75, 277-293.
- Thiam, M. 2007. Changements climatiques et invasion des gerbilles : importance et causes du phénomène, compétition avec les espèces résidentes. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 184p.
- Thiam, M., Bâ, K., Duplantier, J.M. 2008 Consequences of climatic changes on rodent communities in the Sahel (West Africa) as evidenced by owl pellet analysis. *African Zoology*, 43, 135-143

Annexe

		TESSEKERE			LABGAR			TOTAL
		Hors parcelles	Ecotone	Parcelles clôturées	Hors parcelles	Ecotone	Parcelles clôturées	
AOÛT 2010	Nbre Nuit-Pièges	201	224	163	185	223	116	1112
	<i>Arvicanthis niloticus</i>	0	9	0	3	0	1	13
	<i>Gerbillus nigeriae</i>	7	12	8	23	0	0	50
	<i>Taterillus pygargus</i>	0	6	6	9	1	3	25
	Total août 2010	7	27	14	35	1	4	88
NOVEMBRE 2010	Nbre Nuit-Pièges	74	94	154	91	38	20	471
	<i>Arvicanthis niloticus</i>	21	9	10	24	3	0	67
	<i>Gerbillus nigeriae</i>	3	17	6	4	0	0	30
	<i>Taterillus pygargus</i>	0	2	8	0	0	1	11
	Total novembre 2010	24	28	24	28	3	1	108
AOÛT 2011	Nbre Nuit-Pièges	76	51	65	85	75	29	381
	<i>Arvicanthis niloticus</i>	2	15	2	11	15	2	47
	<i>Gerbillus nigeriae</i>	0	14	4	7	0	0	25
	<i>Taterillus pygargus</i>	0	17	9	0	0	0	26
	<i>Mastomys erythroleucus</i>	0	0	0	1	0	0	1
	Total août 2011	2	46	15	19	15	2	99
Total capture		33	101	53	82	19	7	295

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des résultats de piégeage par habitat dans les sites de Tessekere et Labgar durant les sessions d'août et novembre 2010, et d'août 2011.

Impacts des périmètres protégés de la Grande Muraille Verte sur la diversité et la densité des oiseaux dans le Ferlo sénégalais: comparaison entre une parcelle protégée et un pâturage communautaire

Roux-Vollon Céline^(1,2)

(1) Observatoire Homme-Milieus Tessekere, CNRS, Dakar

(2) Unité Mixte Internationale 3189 « Environnement, Santé, Société », CNRS, Dakar

Résumé

La dégradation des habitats du sahel est prononcée, en raison d'effets anthropiques et de changements climatiques notamment la baisse de la pluviométrie. Dans ce contexte, la Grande Muraille Verte, programme de reboisement parcellaire a été mis en place en 2005 afin de conserver et de valoriser ces habitats. Les changements dans la structure des habitats végétaux peuvent être à l'origine de changements dans la structure des communautés aviennes. Pour cela, nous avons comparé la végétation ligneuse ainsi que la diversité et la densité des oiseaux d'une parcelle protégée de la Grande Muraille Verte et d'un pâturage communautaire. La densité et la diversité des ligneux ont augmenté de manière significative dans la parcelle protégée et la composition en espèces change. Concernant l'avifaune, la richesse spécifique n'est pas significativement différente entre les deux parcelles. Le nombre d'oiseaux par transect est significativement inférieur dans la parcelle protégée menant à un indice de diversité plus élevé du fait d'une meilleure répartition des effectifs à travers les espèces. La composition en espèces change également avec une diminution de la densité de six espèces dont quatre espèces granivores et l'augmentation de la densité de trois espèces principalement insectivores et de deux rapaces dans la parcelle protégée

Introduction

Le Ferlo sénégalais appartient au domaine sahélien. La désertification, phénomène de « dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines » affecte cette région (Nations-Unies, 1992). L'écologie du Ferlo est dominée par deux facteurs essentiels : la faible pluviométrie, entre 100 et 400 mm par an et la longueur et la sévérité de la saison sèche, de 8 à 9 mois. Bien que les précipitations varient d'une année à l'autre, cette zone subit depuis 30 ans, des périodes de sécheresse qui ont contribué à la dégradation des ressources naturelles (Miehe,

2002). Le Ferlo est une zone d'élevage extensif de bovins, ovins et caprins par des pasteurs peuhls. Les modifications des pratiques pastorales, particulièrement de la transhumance du fait notamment de l'implantation de forages dans les années 1950, a entraîné du surpâturage (Thébaud, 1994). La dégradation de la végétation de la zone doit donc être vue comme la combinaison de facteurs climatiques de plus en plus défavorables et d'une surexploitation, essentiellement de la composante ligneuse (Miehe, 2002). La perte des habitats naturels contribue directement à l'érosion de la biodiversité. Dans ce contexte, le projet de la Grande Muraille Verte a été mis en place en 2005 (Dia & Duponnois, 2010). Il s'agit d'un programme de reboisement traversant 11 pays, de Dakar à Djibouti dont l'un des objectifs est la conservation et la valorisation de la biodiversité. Au Sénégal, le projet traverse la réserve sylvo-pastorale des six forages dans le Ferlo. Les changements dans la structure de la végétation peuvent être à l'origine des changements dans la composition des communautés d'oiseaux (Skowno & Bond, 2003). Ainsi, une étude de suivi de l'avifaune a été mise en place en 2011 afin de mesurer les effets de la mise en protection sur la restauration des écosystèmes. Elle a pour but de comparer la communauté avienne d'une parcelle protégée de la Grande Muraille Verte et d'un pâturage communautaire. Les hypothèses sont que:

1. La protection change la structure de la végétation
2. La protection augmente le nombre d'espèce d'oiseaux et l'indice de diversité
3. La protection change la composition en espèces

Aire d'étude et Méthode

Aire d'étude

La zone d'étude se localise dans la réserve sylvo-pastorale des six forages dans la communauté rurale de Tessekere, à environ 70 km au sud de Richard Toll, près du village de Widou Thiengoly (15°59'34 N ; 15°19'15 W). La pluviométrie est faible (isohyètes 100 à 400 mm) et subit de grandes variations annuelles. En 2011, les pluies ont atteint 343 mm avec un maximum au mois d'août. L'unité de végétation est la « steppe sahélienne ». Elle est composée de fourrés épineux à *Acacia senegal* et *Balanites aegyptiaca* abritant des espèces telles qu'*Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritania*, *Combretum aculeatum*, *Grewia bicolor*. (Laweson, 1995). La végétation herbacée se présente sous la forme d'un tapis plus ou moins continu de 60 cm à 1 m de hauteur avec des espèces annuelles (Trecu, 1997), dominée par des graminées (*Cenchrus biflorus*, *Chloris prieurii*, *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida mutabilis*) et certaines légumineuses (*Zornia glochidiata*, *Borreria raddiata* (Thébaud, 1995). Aucun point d'eau naturel permanent n'est présent. Les pluies remplissent les bas fonds inter dunaires formant des mares temporaires qui peuvent perdurer pendant 6 mois (Morel and Morel, 1978). Les feux constituent un facteur sub-naturel qui affecte la zone de novembre à mars détruisant partiellement ou totalement le tapis herbacé, le feuillage des

arbustes et de la partie inférieure du feuillage des arbres (Morel and Morel, 1978). La réserve sylvo-pastorale des 6 forages est dédiée à un élevage extensif qui affecte la composition et la structure de la végétation (Miehe, 2002).

L'étude de l'avifaune est menée sur deux parcelles de 600 hectares chacune. La première a été reboisée et mise en défens en 2007 par l'initiative de la Grande Muraille Verte et la seconde est située dans le pâturage communautaire.

Inventaire de l'avifaune et de la végétation ligneuse

Les missions ont été menées au mois d'avril, juillet, septembre, octobre et novembre 2011. Les comptages sont effectués par la méthode « line transect » choisie en raison de la nature ouverte des habitats (Thomas et al., 2001). Sept transects d'une distance d'un kilomètre ont été définis dans chaque parcelle de 600 ha à l'aide d'un GPS de manière à couvrir la superficie. Ils sont parcourus le matin (entre 7 h et 11 h) par un observateur, marchant seul, en un temps fixé à 45 minutes et notant toute rencontre avec une espèce, le nombre d'individus dans le groupe et la distance perpendiculaire par rapport au transect.

La richesse observée correspond au nombre d'espèces présente dans l'espace considéré. Elle est évaluée pour chaque transect et la moyenne des 5 missions est calculée. La diversité est donnée par l'indice de Simpson : $I_s = 1 / \sum_1^S [P_i]^2$ avec S, le nombre d'espèces et P_i , la fréquence de l'espèce i . Il varie de 1 (une seule espèce présente) à S (toutes les espèces présentes ont la même abondance). L'indice est donné pour chaque transect et la moyenne des 5 missions est calculée.

Les densités des espèces dominantes sont calculées avec le programme Distance 5.0 (Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, 2006). Le nombre d'observations nécessaires par espèce est de 40 (Buckland et al. 1993). Les distances enregistrées lors des cinq missions de prospection permettent de générer une fonction de détection dans le but d'obtenir les densités pour chaque espèce. 5% des enregistrements de distance sont tronqués et la plupart des oiseaux observés sont traités comme des groupes d'objets. L'AIC (Critère d'Information d'Akaike) permet de sélectionner pour chaque espèce le meilleur modèle.

L'inventaire des ligneux est effectué le long de chaque transect des deux parcelles d'étude. Les arbres et arbustes d'une hauteur de 1,5 mètre sont comptés et les espèces sont identifiées sur une section de 100 mètres de longueur et de 20 mètres de largeur (Hulme, 2007).

Les paramètres calculés pour les deux parcelles sont ensuite comparés par un test de Student avec le logiciel R (R development Core Team, 2006).

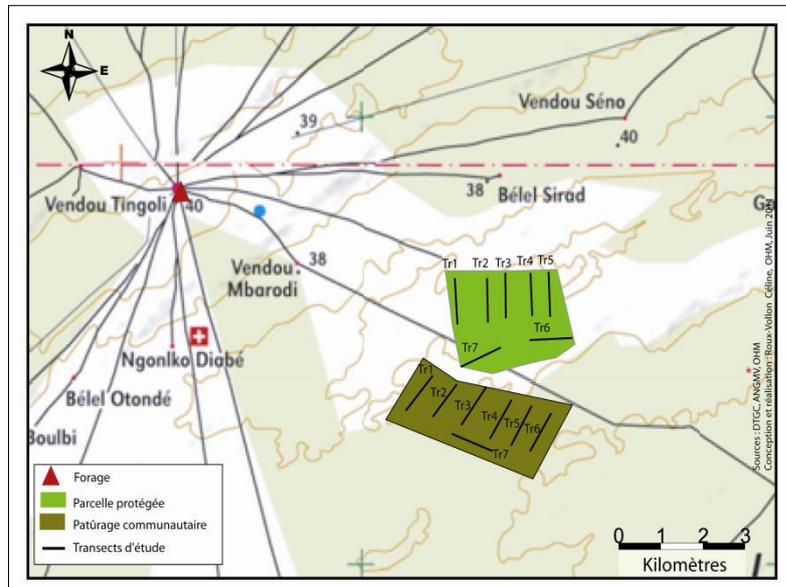


Figure 1: Cartographie des parcelles d'étude

Résultats et discussion

Composition de la végétation

La parcelle protégée présente une densité moyenne de ligneux de 98 individus/ha significativement supérieure ($t=5,8$; $p<0,001$) à celle du pâturage communautaire qui est de 35 individus/ha. Il en est de même pour le nombre d'espèces moyen par relevé qui est de 5,1 espèces dans la parcelle protégée contre 3,4 espèces dans le pâturage communautaire ($t=3,8$; $p<0,001$).

Boscia senegalensis, *Caleotropis procera* et *Acacia senegal* sont majoritaires dans la parcelle protégée alors que dans le pâturage communautaire *Balanites aegyptiaca* est dominant suivi de *Caleotropis procera* puis de *Sclerocarya birrea* et *Boscia senegalensis*.

La mise en protection augmente la densité et la diversité des ligneux. De plus, la composition de la parcelle change avec *Boscia senegalensis* qui domine dans la parcelle protégée alors que sa proportion est faible dans le pâturage communautaire. Le pourcentage d'*Acacia senegal* est également important dans la parcelle protégée avec essentiellement des individus issus du reboisement. Le pâturage communautaire est dominé par *Balanites aegyptiaca*. Cette tendance a déjà été observée par Miehle (2002) qui assistait à l'établissement de *Boscia senegalensis*, *Acacia radianna* et *Acacia senegal* dans les parcelles de mise en défens alors que *Balanites aegyptiaca* dominait dans le pâturage communautaire.

Nom d'espèce	Parcelle protégée	Patûrage communautaire
<i>Acacia raddiana</i>	-	3%
<i>Acacia senegal</i>	12%	-
<i>Adansonia digitata</i>	0%	1%
<i>Balanites aegyptiaca</i>	5%	56%
<i>Boscia senegalensis</i>	62%	9%
<i>Caleotropis procera</i>	13%	16%
<i>Combretum glutinosum</i>	-	2%
<i>Grewia bicolor</i>	1%	-
<i>Guiera senegalensis</i>	1%	-
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	1%	3%
<i>Sclerocarya birrea</i>	4%	9%

Figure 2: Fréquences des espèces ligneuses répertoriées le long des transects dans le pâturage communautaire et dans la parcelle protégée.

Richesse spécifique et indice de diversité

Le nombre moyen d'espèce par transect n'est pas significativement différent entre le pâturage communautaire et la parcelle protégée ($t=0,12$; $p>0,05$). A l'inverse, le nombre moyen d'oiseaux par transect est significativement supérieur dans le pâturage communautaire ($t=-5,48$; $p<0,001$). Ainsi, l'indice de Simpson moyen est significativement supérieur dans la parcelle protégée ($t= 4,51$; $p < 0,001$).

La plus grande diversité de la parcelle protégée est due à une meilleure répartition des effectifs à travers alors que certaines espèces dominent en termes d'effectifs dans le pâturage communautaire. Cette tendance avait été observée lors de l'étude de la communauté avienne de Fété Olé, dans le Ferlo sableux sénégalais, où l'indice de Simpson n'était pas influencé par le nombre d'espèce mais par la fluctuation des effectifs entre les espèces (Morel, 1978).

Composition de la communauté aviaire

Le nombre total d'espèces observé sur les transects des deux parcelles est de 98 avec 78 espèces dans la parcelle protégée et de 74 espèces dans le pâturage communautaire. Les densités des 13 principales espèces répertoriées sont présentées dans le tableau ci-dessous.

La mise en protection a pour effet l'augmentation de la densité de cinq espèces. Le Calao à bec noir passe d'une densité de 0,27 oiseaux/ha dans le pâturage communautaire à 2,39 oiseaux/ha dans la parcelle protégée et la Pie-grièche à tête rousse de 0,66 oiseaux/ha à 1,56 oiseaux/ha. Les densités de l'Agrobate podobé, du Faucon crécerelle et de l'Elanion blanc sont aussi significativement supérieures dans la parcelle protégée.

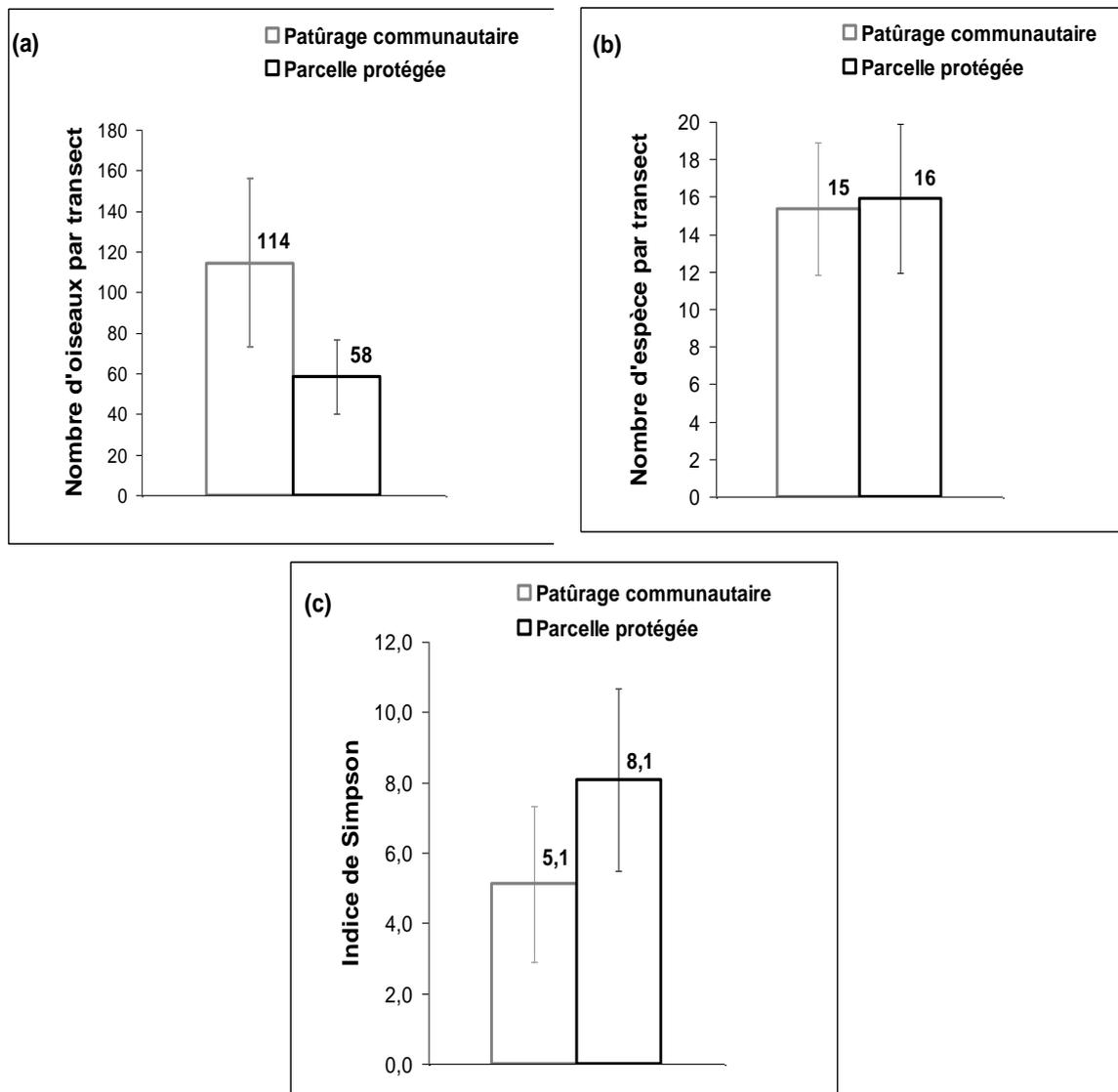


Figure 3: (a) Nombre moyen d'oiseaux par transect ; (b) Nombre moyen d'espèces par transect ; (c) Indice de Simpson moyen, du pâturage communautaire et de la parcelle protégée.

La population de Calao à bec noir est importante dans la parcelle protégée pendant la saison des pluies qui correspond à sa période de reproduction. Il recherche des cavités adéquates pour sa nidification et les endroits où les ressources alimentaires, notamment les insectes à larges ailes sont disponibles (Diop, 1999). La Pie-grièche à tête rousse, migrateur paléarctique se nourrit principalement de coléoptères et utilise les arbustes comme poste de guet et de chasse (Isenmann & Fradet, 1998). L'Agrobate podobé est souvent observé dans les dépressions, zone où la densité des ligneux est importante et passe la majorité de son temps à faible hauteur dans les buissons (Barlow & Wachter, 1997). L'Elanion blanc, sédentaire utilise la parcelle comme zone de chasse et de nidification et le Faucon crécerelle, migrateur paléarctique s'en sert comme dortoir

et zone de chasse. L'augmentation de la densité de ces espèces est probablement due aux changements dans la structure de la végétation et à l'augmentation de la disponibilité des proies (insectes et rongeurs). Morel constatait déjà sur le quadrat mis en défens de Fété Olé qu'après la multiplication des rongeurs, le nombre de rapaces avait augmenté (Morel & Morel, 1978).

Nom d'espèce	Pâturage communautaire		Parcelle protégée		t
	Densité (oiseaux/ha)	Densité (int.conf.95%)	Densité (oiseaux/ha)	Densité (int.conf.95%)	
Agrobate podobé	0,43	0,30-0,64	0,89	0,67-1,18	3,10 *
Alecto à bec blanc	2,44	1,31-4,54	-	-	-
Alouette chanteuse	2,83	2,15-3,73	1,78	1,11-2,83	- 1,81 ns
Calao à bec noir	0,27	0,19-0,38	2,39	1,81-3,20	6,27 *
Choucador à ventre roux	3,74	2,90-4,82	1,09	0,59-2,50	4,48 *
Elanion blanc	-	-	0,11	0,08-0,14	-
Faucon crécerelle	-	-	0,26	0,13-0,50	-
Guêpier à gorge blanche	1,63	1,11-2,40	0,76	0,50-1,10	2,45 *
Moineau doré	12,23	7,99-18,79	1,48	0,94-2,30	4,07 *
Pie-grièche à tête rousse	0,66	0,48-0,90	1,56	1,17-2,07	4,68 *
Rollier d'Abyssinie	0,62	0,45-0,84	0,61	0,45-0,82	- 0,07 ns
Sporopipe quadrillé	4,17	2,94-5,90	-	-	-
Tourterelle masquée	1,17	0,79-1,73	0,47	0,32-0,68	- 2,82 *

Figure 4: Densités des 13 principales espèces recensées dans la parcelle protégée et dans le pâturage communautaire. Les cases vides correspondent aux densités qui ne sont pas calculables du fait du nombre d'observations inférieur à 40. t= T.test, ns : non significatif, * : significatif $p < 0,05$.

Cependant six espèces voient leurs densités diminuer dans la parcelle protégée : le Guêpier à gorge blanche, migrateur intra-africain qui vient nicher dans le Ferlo pendant la saison des pluies et cinq espèces sédentaires, le Moineau doré, le Sporopipe quadrillé, le Choucador à ventre roux, l'Alecto à bec blanc et la Tourterelle masquée. Ces dernières cherchent toutes leur nourriture au sol et hormis le Choucador à ventre roux qui est principalement insectivore, les quatre autres ont un régime alimentaire majoritairement granivore (Barlow & Wachter, 1997 ; Morel, 1968). Les guêpiers nichent dans des terriers creusés dans le sol sableux et se nourrissent principalement de fourmis (35 à 90%) et d'insectes volants (Morel, 1968). Les habitats ouverts du pâturage communautaire semblent être plus favorables à ces espèces tant pour la nidification que pour l'accessibilité à la nourriture. Le Moineau doré, espèce dominante du pâturage avec des densités huit fois plus élevées que dans la parcelle protégée niche préférentiellement sur les arbres épineux et particulièrement sur *Balanites aegyptiaca*, arbre dominant du pâturage et évite presque systématiquement les arbres inermes comme *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Boscia senegalensis* en peuplement purs ou mélangés (Morel & Morel, 1976).

Conclusion

La mise en protection de la Grande Muraille Verte change la structure de la végétation en augmentant la densité et la richesse des ligneux et en changeant la composition végétale. Ainsi, des changements dans la communauté avienne sont observés. La richesse spécifique n'est pas significativement supérieure dans la parcelle protégée mais la diversité augmente du fait d'une meilleure répartition des effectifs à travers les espèces. Le calcul des densités des principales espèces répertoriées nous montre que la mise protection induit des changements dans la composition de l'avifaune. Six espèces voient leurs densités diminuer avec la mise en protection, dont quatre espèces majoritairement granivores. A l'inverse, le changement de la structure de la végétation dans la parcelle protégée et probablement l'augmentation de la disponibilité en nourriture (insectes volants et rongeurs) semble profiter à trois espèces principalement insectivores, le Calao à bec noir, l'Agrobate podobé, de la Pie-grièche à tête Rousse et à deux espèces carnivores, l'Elanion blanc et le Faucon Crécerelle.

Remerciements: Ce travail a bénéficié de l'appui financier de l'Observatoire "Homme-Milieus" Tessekere

Références Bibliographiques

- Barlow C., Wacher T. 1997 *Birds of Gambia and Senegal*. London; Christopher Helm.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K. P., Laake J. L. 1993 *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. London; Chapman and Hall.
- Dia A., Duponnois R. 2010 *Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte : Concepts et mise en Œuvre*. Paris; IRD.
- Diop M.S. 1999 Diversité aviaire et comportement reproducteur des Petits Calaos à bec rouge (*Tockus erythrorhynchus*) et à bec noir (*Tockus nasutus*) dans les aires protégées de la Petite-Côte du Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, pp.175.
- Hulme M.F. 2007 The density and diversity of birds on Farmland in West Africa, Ph.D. Thesis, University of St Andrews.
- Isenmann P., Fradet G. 1998 Nest site, laying period, and breeding succes of the Woodchat Shrike (*Lanius senator*) in Mediterranean France. *Journal of ornithology*, 139, 49-54
- Laweson J.E. 1995 Studies of woody flora and vegetation in Senegal (Council for Nordic Publications in Botany).
- Miehe S. 2002 Inventaire et suivi de la végétation dans le périmètre expérimental à Widou Thiengoly dans le cadre du Projet Sénégal-Allemand Autpromotion Pastorale dans le Ferlo (PAPF), Rapport Final.

- Morel G. 1968 *Contribution à la synécologie des oiseaux du sahel sénégalais*. Mémoire Orstom.
- Morel G., Morel M-Y. 1978 Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Ferlo septentrional, Sénégal. Etude d'une communauté avienne. *Cahier Orstom*, 13, 3-34.
- Morel G., Morel M-Y. 1976 Nouvelles observations sur la reproduction du Moineau doré *Passer Luteus* en zone semi-aride de l'Ouest Africain. *La Terre et la Vie*, 30, 493-520.
- Nations-Unies 1992 Chapitre 12 de l'Agenda 21 : Gestion des écosystèmes fragiles: lutte contre la désertification et la sécheresse. Rapport de la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement
- Skowno A.L., Bond W.J. 2003 Bird community composition in an actively managed savanna reserve, importance of vegetation structure and vegetation composition. *Biodiversity and conservation*, 12, 2279-2294.
- Thébaud B. 1995 Land tenure, environmental degradation and desertification in Africa: some thoughts based on the Sahelian example (IIED).
- Treca B., Seynabou Tamba. 1997 Rôle des oiseaux sur la régénération du ligneux *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam en savane sahélienne au nord Sénégal. *Revue d'écologie*, 52, 239-260.

