

La barrière mécanique anti-érosive influence la colonisation des dunes par les espèces végétales

O. Laminou Manzo^{1*}, M. Zaman Allah², P. Ozer³, R. Paul⁴ & A. Mahamane²

Keywords : Silting up- Wind erosion- Anti-erosive barrier- Dune fixation- Plant species- Niger

Résumé

*Le Sud-est du Niger est soumis au phénomène d'érosion éolienne. Dans la zone de Gouré, les cuvettes oasiennes, principales sources de productions agricoles et de revenus, sont menacées de disparition à cause de l'ensablement. Plusieurs méthodes de fixation des dunes ont été testées mais les résultats restent mitigés. Dans cette étude, une barrière mécanique, à base des palissades confectionnées avec des branchages de *Leptadenia pyrotechnica* est utilisée pour évaluer son efficacité dans la lutte contre l'érosion du sol et dans la restauration de la végétation. Trois années après la mise en place de cette barrière anti-érosive, une végétation spontanée de 58 espèces appartenant à 20 familles dont 17 pérennes, s'était installée à l'intérieur du clayonnage, soit 42 espèces de plus que dans les zones non traitées. Au fil des ans, la composition floristique s'est progressivement stabilisée, témoignant ainsi d'une réduction notable des perturbations du milieu engendrées par le vent.*

Summary

Mechanical Anti-erosive Barrier increases Colonization of Fixed Sand Dune by Plant Species

*South-Eastern Niger is subject to wind erosion. In the region of Gouré, the oasis basins are the main source of agricultural production and incomes. But these are threatened to disappear because of the phenomenon of sanding up. Many sand dune fixation methods were tested without any substantial results. In this work, a mechanical anti-erosive barrier, made of *Leptadenia pyrotechnica* branches, was used to test its effectiveness for soil erosion control and plant restoration. Three years after the implementation of this barrier, the treated areas were colonised by spontaneous vegetation made up of 58 plant species belonging to 20 families including 17 perennials, i.e. 42 additional species more than in the untreated areas. Over the years, the floristic composition has gradually stabilised, reflecting a significant reduction of environmental disturbances caused by wind.*

Introduction

A l'instar de toute la bande sahélienne, le Sud-est du Niger est une zone aride qui connaît une baisse considérable de la pluviométrie depuis plusieurs décennies (6, 14). Cette détérioration climatique est accompagnée par une augmentation drastique de la pression anthropique sur l'environnement. En effet, durant les 50 dernières années (1961-2010), le rythme de la croissance démographique (+3,2% par an) dépasse largement celui de la croissance de la production agricole (+2,3 %) au Niger (2). Ce taux élevé de la croissance démographique entraîne une expansion rapide des zones cultivées sur les terres marginales, une forte demande en

bois de feu, une utilisation extensive des ressources foncières et hydriques, le surpâturage, les migrations des populations vers le Sud ou les centres urbains et une sédentarisation massive des populations nomades (15). Il en résulte une dégradation du milieu illustrée par la diminution du rendement des cultures (15), la remobilisation des dunes de sable (10) et un déboisement excessif (12). Les ressources naturelles disponibles, notamment foncières et végétales, s'amenuisent continuellement au fil du temps contribuant ainsi à la perturbation des écosystèmes.

Cette remobilisation de dunes de sable a surtout conduit à l'ensablement des terres agricoles,

1 Université de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Maradi, Niger

2 Université de Maradi, Faculté des Sciences, Maradi, Niger

3 Université de Liège, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Arlon, Belgique

4 Université de Liège, Campus de Gembloux, Unité de Biologie Végétale, Laboratoire de Toxicologie végétale, Gembloux, Belgique

* Auteur correspondant: lamine_ous@yahoo.fr

Reçu le 15.01.2013 et accepté pour publication le 16.07.2013

particulièrement dans le Sud-est du pays (11). Les risques d'érosion éolienne et le transport de particules vers les zones dépressionnaires, à savoir cuvettes et bas-fonds, sont amplifiés (21, 22). Les potentialités spatiales et de haute productivité de ces terres ont considérablement réduit à cause de l'érosion éolienne (3). De nombreuses forêts sont remplacées par des steppes arbustives et herbacées avec la présence d'arbres dispersés.

Dans le département de Gouré, l'ensablement des cuvettes constitue un véritable problème écologique et économique avec 110 000 ha de terres sur les 126 000 ha affectés (18). La part des cultures de cuvettes est estimée à hauteur de 51,3% du revenu agricole global contre 15,3% seulement pour les cultures pluviales; le reste est reparti entre l'élevage (25,3%) et la vente de natron et de produits artisanaux (8,1%) (3).

Pour contenir ce problème humain et écologique, des initiatives de fixation mécanique et biologique de dunes de sable ont été entreprises. Cependant l'impact de ces initiatives dans la stabilisation des dunes de sable est très peu élucidé. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la barrière mécanique érigée comme brise-vent dans la colonisation des parcelles de dunes par la végétation herbacée.

Matériel et méthodes

Site expérimental

Cette étude a été réalisée dans le village de Tchago (Département de Gouré) localisé dans le Sahel continental entre les longitudes 9°20' et 12°00' Est et les latitudes 13°00' et 17°30' Nord. Cette zone sahélienne est caractérisée par une pluviométrie annuelle variant de 100 à 300 mm et déclinant de 3,7% par décennie pendant la période 1940-2007 (13, 14), par deux types de vents: l'Harmattan avec 48,9% et la Mousson avec 18,7% de la totalité des vents dont 40% sont considérées comme érosifs (vitesse \geq 6 m/s) (10, 13). Les températures mensuelles moyennes varient de 22 à 36 °C et les températures annuelles sont relativement stables dans le temps (4, 13).

Le site expérimental est une dune de sable mobile et dénudée située au Nord-est du village, menaçant la principale cuvette agricole de Tchago directement exposée aux vents érosifs.

Dispositif expérimental

La barrière mécanique (Figure 1) a été implantée sur la dune vive et disposée face aux vents dominants (direction Nord-Nord-Est – Sud-Sud-

Ouest). Il s'agissait d'un clayonnage rectangulaire, un réseau de palissades à base de tiges de l'espèce *Leptadenia pyrotechnica* (Asclepiadaceae). Il est de 200 m de long sur 40 m de large et d'environ 1,20 m de hauteur. La porosité originelle moyenne, estimée à partir de 30 mesures était de 9%. Elle a été calculée à l'aide du logiciel Photoshop, sur base de 30 images de la palissade prises aléatoirement à partir d'une même distance. Ce logiciel donne le pourcentage de l'espace qu'occupe le vide par rapport à celui occupé par le matériau végétal. Le clayonnage est composé d'une série de 20 parcelles adjacentes le long de la dune de sable. Ces parcelles ont chacune 10 m de large sur 40 m de profondeur et sont divisées en deux parties égales par une claie interne à base du même matériau.

Collecte des données

Le dispositif de collecte des données (Figure 1) comprenait trois bandes principales, parallèles à la longueur de la dune, et une bande témoin T utilisée comme référence. Deux bandes, A et C, soumises respectivement aux vents d'Harmattan et de Mousson, sont définies des deux côtés extérieurs du clayonnage et la troisième bande B, à l'intérieur, entre A et C. La bande témoin T était constituée d'une double parcelle à l'extrémité Sud-Sud-Est des palissades. C'est une zone non dégradée, clayonnée, où la végétation pousse naturellement.

Le paramètre mesuré est le nombre d'espèces végétales ayant émergé dans les bandes.

Un inventaire systématique annuel des espèces végétales a été réalisé dans chacune des quatre bandes, en 2005, 2006 et 2007. L'inventaire floristique a été répété cinq fois par an au cours de la saison des pluies (17 et 24 Juillet, 7, 17 et 28 Août). Ces dates illustrent respectivement la progression de la dynamique d'émergence des espèces végétales. La première date coïncide avec les premières pluies, l'émergence des premières herbacées et la dernière avec leur optimum vers la fin de la saison des pluies dans cette zone. Le but de l'inventaire était d'évaluer l'enrichissement ou l'appauvrissement de la diversité floristique dans les bandes.

Analyse des données

Les espèces recensées dans leurs appellations vernaculaires ont été transcrites en noms latins (1) avant d'être regroupés en familles. Une analyse de la diversité floristique a été réalisée en utilisant l'indice de similitude de Sørensen (7) pour comparer les compositions floristiques et leur évolution dans et entre les bandes.

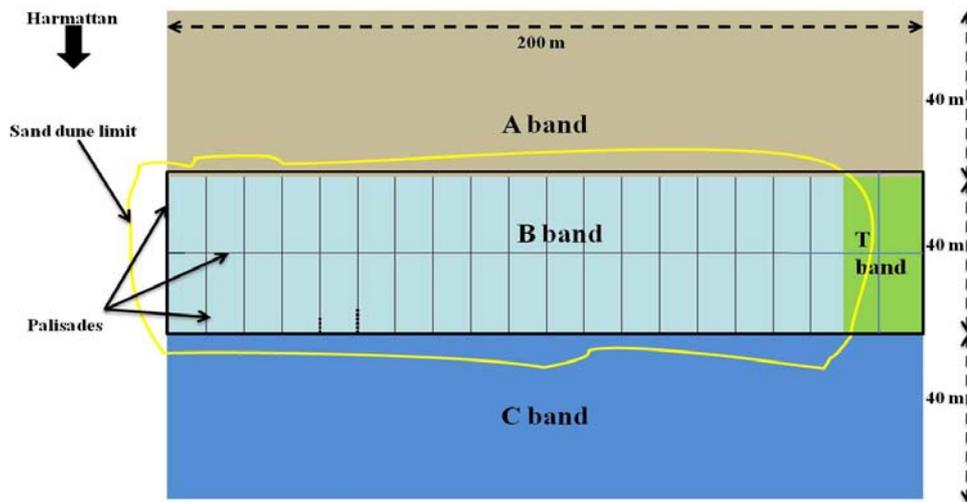


Figure 1: Dispositif expérimental et de collecte des données.

L'indice de similitude de Sørensen (β) est calculé par la formule :

$$\beta = \frac{2c}{(S_1 + S_2)}$$

Où c est le nombre d'espèces communes aux deux bandes; S_1 est le nombre des espèces inventoriées dans la première bande et S_2 est le nombre d'espèces présentes dans la deuxième bande. L'indice β varie de 0, quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux bandes, à 100%, lorsque les mêmes espèces existent dans les deux bandes.

Résultats

En 2004, à la pose du dispositif de clayonnage, la dune de sable était nue, mobile et soumise à l'ensablement (Photo 1).

Dès 2005, les espèces d'herbacées ont commencé à apparaître au sein des parcelles du dispositif pendant la saison des pluies (Photo 2) (Annexe I). Avec un cumul pluviométrique de 317 mm, il a été répertorié 18 espèces d'herbacées appartenant à 8 familles dans la bande B (au sein du clayonnage) et 11 espèces appartenant à 8 familles dans la bande T (Tableau 1).

Les bandes A et C restaient toujours sans végétation. Cependant, à partir de la deuxième année 2006, la végétation apparaissait dans toutes les bandes (Tableau 2) (Annexe II). Cela se reflétait dans l'année 3. Il y a eu une augmentation du nombre d'espèces végétales et de familles, en majorité des annuelles dans la bande B.

En 2006, 40 espèces végétales ont été identifiées,

dont 12 plantes pérennes (soit 30%), appartenant à 17 familles, et en 2007, 58 espèces végétales dont 17 pérennes (soit 29%) ont été recensées et réparties en 20 familles (Tableau 2).

A l'instar de la bande B, la bande témoin T clayonnée a montré un enrichissement en espèces végétales et familles apparentées. En 2006, 42 espèces végétales (dont 13 pérennes, soit 31%) appartenant à 18 familles et, en 2007, 71 espèces (dont 20 pérennes, soit 28%) appartenant à 22 familles ont été enregistrées.

Par contre, les bandes extérieures et non clayonnées A et C ont connu une baisse du nombre d'espèces et de familles entre 2006 et 2007 avec respectivement 19 espèces (dont 7 pérennes), représentant 11 familles et 20 espèces (dont 5 pérennes), représentant 11 familles.

Mais l'augmentation observée des espèces végétales au fil des ans montre quelques fluctuations. Certaines espèces apparaissent ou disparaissent au cours de l'année ou sont remplacées par de nouvelles. Dans le clayonnage, en 2007 par exemple, l'on notait l'émergence de 25 nouvelles espèces dont 4 nouvelles familles (Menispermaceae, Liliaceae, Caesalpinaceae et Capparidaceae) et la disparition de 7 espèces dont 2 familles (Boraginaceae, Amarantaceae).

L'apparition de ces 4 nouvelles familles a également été observée dans la bande témoin T en 2007, alors que les autres nouvelles espèces apparues en 2007 dans la bande B, ont déjà été identifiées en 2006 dans cette bande T. L'analyse de la diversité β (Figure 2) montre que la bande B et le témoin T ont évolué, vers des listes floristiques quasiment comparables entre 2006 et 2007. Dans

ces deux bandes, on observe une stabilisation dans la composition floristique. En effet, celle-ci a très peu variée dans ces bandes au cours des deux dernières années dans le remplacement des espèces avec respectivement 1 espèce disparue contre 31 nouvelles espèces apparues pour la bande T et 11 disparues contre 29 nouvelles apparues pour la bande B. Par contre, au niveau des bandes A et C non clayonnées, on a observé un remplacement assez important des espèces végétales par d'autres avec respectivement 25 espèces disparues contre 7 nouvelles apparues pour la bande A et 25 espèces disparues aussi pour seulement 4 nouvelles apparues pour la bande C (Annexe I).

Cette stabilité dans la composition floristique est aussi illustrée par l'évolution de la diversité β entre les bandes. En effet, la Figure 3 montre que les bandes clayonnées (B et T) ont un taux de similitude de composition floristique très élevé et quasi stable sur les deux dernières années (90% en 2006 et 87% en 2007), alors que ce taux est en forte baisse dans le cas des bandes non clayonnées (79% en 2006 et 58% en 2007 pour A et C) sur la même période (Annexe I).

Entre le début et la fin de la saison de pluies de 2006, 45 espèces d'herbacées appartenant à 18 familles ont été identifiées sur l'ensemble du dispositif expérimental. L'essentiel de ces espèces était réparti entre les familles des Poaceae (40%), des Convolvulaceae (10) et des Cucurbitaceae



Photo1: La surface de la dune de sable dénudée de végétation au moment de la pose de la barrière mécanique anti-érosive.



Photo 2: Colonisation des parcelles de la dune par des espèces d'herbacées une année après l'installation du dispositif anti-érosif alors la bande C adjacente demeure nue.

Tableau 1
Nombre d'espèces végétales recensées dans les bandes A, B, C et T entre 2005 et 2007.

Famille	Nombre d'espèces floristiques rencontrées	Bande A			Bande B			Bande C			Bande T (témoin de référence)		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Poaceae	27		11	11	8	11	23		11	8	3	14	27
Papilionaceae	5	-	2	-	2	3	5	-	2	-	2	3	5
Boraginaceae	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	1
Convolvulaceae	5	-	2	1	-	4	-	-	3	-	-	-	3
Asclepiadaceae	3	-	1	-	1	2	3	-	2	-	1	3	3
Acanthaceae	3	-	-	-	-	1	2	-	1	-	-	1	3
Amaranthaceae	5	-	2	-	-	2	-	-	1	-	1	3	5
Cyperaceae	3	-	2	-	1	2	2	-	2	-	1	2	2
Rosaceae	1		1	1		1	1	-	1	1	-	1	1
Commelinaceae	2	-	2	-	-	2	2	-	2	-	1	2	2
Capparidaceae	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
Tiliaceae	1	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-	1	1
Combretaceae	2	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	1	2
Cucurbitaceae	5	-	4	-	3	4	3	-	4	3	1	2	4
Aizoaseae	1	-	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	1
Liliaceae	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1
Zygophyllaceae	1	-	1	-	-	1	1	-	1	-	-	1	1
Menispermaceae	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Salpiniaceae	1	-	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1
Molluginaceae	1	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1	-
Caesalpiniaceae	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2
Euphorbiaceae	3	-	2	-	-	2	3	-	-	-	1	-	3
Cyperadeae	2	-	-	-	-	-	2	-	2	2	-	2	2
Polygalaceae	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedaliaceae	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	79	0	35	16	18	40	58	0	35	15	11	42	71

Tableau 2

Evolution annuelle du nombre des espèces végétales dans les bandes.

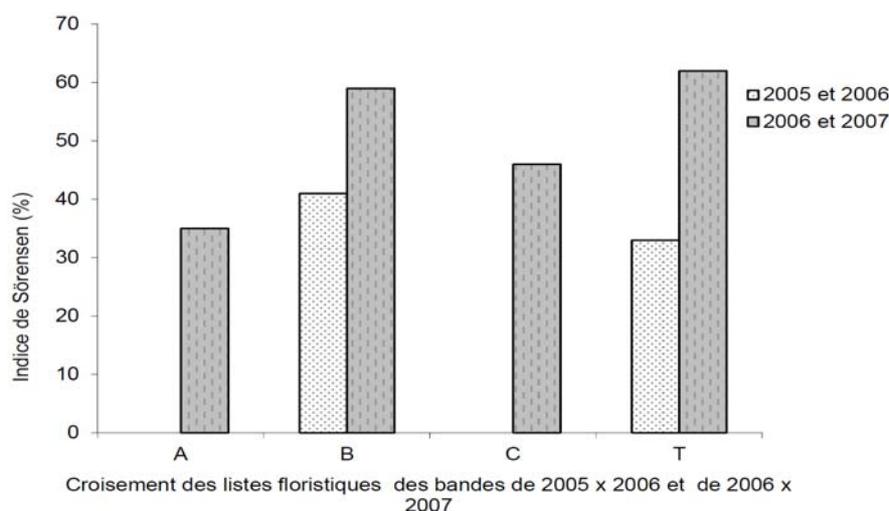
	2005	2006	2007
Pluviométrie annuelle (mm)	317	299	254
Bande A	0	35	16
Bande B	18	40	58
Bande C	0	35	15
Bande T	11	42	71

NB: Les nombres contenus dans ce tableau représentent la somme des espèces végétales enregistrées au niveau des bandes pour les cinq relevés annuels (17 et 24 Juillet, 7, 17 et 28 Août).

(10%) (Annexe II). La famille des Poaceae domine en nombre d'espèces tout le long de la saison des

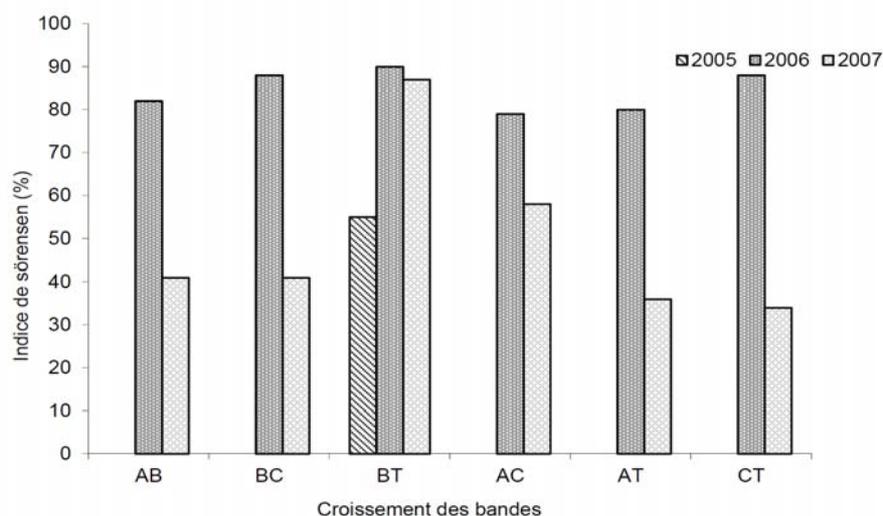
pluies (Tableau 3) (Annexe I). Les espèces des familles des Molluginaceae et des Acanthaceae ne sont apparues qu'au dernier relevé. Celles des Tiliaceae ne sont apparues qu'au troisième relevé et celles des Salpiniaceae et Polygalaceae, qui apparaissent au premier relevé, disparaissent pour ne réapparaître respectivement qu'aux quatrième et dernier relevés.

Chez les espèces secondaires, on n'observe pas une grande variation du nombre d'espèces entre le premier et le dernier relevé floristique. Durant cette étude, les familles les plus abondantes en nombre d'espèces recensées au sein du dispositif étaient, dans l'ordre décroissant, les Poaceae, les Cucurbitaceae et les Convolvulaceae, indépendamment des bandes.



NB : Chaque diagramme représente la valeur calculée de l'indice de similitude de Sørensen entre les listes floristiques de la bande pour les années correspondantes.

Figure 2 : Evolution de la diversité bêta dans les bandes de 2005 à 2007.



NB : Les diagrammes représentent les valeurs calculées de l'indice de similitude de Sørensen entre les bandes pour l'année correspondante. Les couples de lettres représentent deux différentes bandes dont les listes floristiques sont comparées.

Figure 3 : Evolution de la diversité bêta entre les bandes de 2005 à 2007.

Table 3

Evolution du nombre des espèces végétales recensées par famille dominante le long de la saison des pluies de l'année 2006.

Dates des relevés floristiques	17-juil.	24-juil.	7-août	17-août	28-août	% du total du nombre des espèces
Famille						
Poaceae	7	9	11	12	12	40
Convolvulaceae	3	4	3	4	4	10
Cucurbitaceae	1	2	3	3	4	10

Les espèces dominantes dans toutes les bandes, étaient *Cenchrus biflorus* Roxb. et *Aristida adscensionis* L., types biologiques caractéristiques de la zone sahélienne.

Les espèces recensées étaient aussi inégalement réparties au sein du dispositif. Celles-ci étaient plus concentrées aux abords des palissades.

Discussion

Les valeurs des principaux paramètres (hauteur, porosité, longueur) du dispositif anti-érosif, installé sur la dune vive de Tchago, répondent aux normes d'efficacité de brise-vent illustrées par plusieurs études (9, 17, 19, 24).

L'installation de la végétation dans les bandes clayonnées B et T, et son absence dans les non clayonnées A et C, dès les premières pluies après la pose du clayonnage, pourrait s'expliquer par la présence de ce dispositif anti-érosif notamment de par son rôle de brise-vents pour ces bandes B et T. En effet, selon les résultats d'une étude (23), les brise-vents réduisent l'érosion, affaiblissent le vent et améliorent le microclimat pour une bonne germination des graines. Aussi, d'autres auteurs (9, 22) ont observé que les palissades d'un dispositif antiérosif réduisent considérablement les flux éoliens qui sont accompagnés de dépôts de sable et d'un piégeage des semences de diverses espèces végétales. Ainsi, l'installation de la végétation observée dans ces deux bandes clayonnées serait liée aux conditions de l'environnement devenues plus favorables. Les graines piégées auraient donc profité des pluies tombées et du microclimat créé pour germer et se développer à l'abri du clayonnage. Les conclusions d'une étude (16) confirment que la mise en défens d'une parcelle clôturée favoriserait l'augmentation de la richesse floristique et ce, même avec une faible pluviométrie. Aussi, ces conditions favorables seraient dues à une sédimentation des limons fins mais aussi d'éléments nutritifs contenus dans les flux de sable piégés par les palissades.

Par contre, les bandes extérieures A et C, non clayonnées, demeurent toujours nues. Les graines des herbacées n'ont pas germé car les conditions du milieu nécessaires à cette germination n'étaient pas encore réunies. La présence partielle des palissades, sur un seul des quatre côtés, n'a pas eu les mêmes effets sur les conditions du milieu que dans les bandes B et T entièrement clayonnées sur la même période.

L'établissement progressif du tapis herbacé sur la dune observé pendant la première année aurait contribué à l'augmentation de la rugosité du sol et à sa protection contre l'érosion éolienne (5). Aussi, l'important développement racinaire des herbacées favorise l'agrégation des particules de sol dunaire. Tous ces facteurs, associés à l'effet partiel des palissades du dispositif, auraient favorisé l'émergence des espèces végétales dans les bandes A et C non clayonnées mais adjacentes au clayonnage. Ceci est vérifié par la présence de ces

herbacées essentiellement aux abords des palissades qu'elles partagent avec les bandes clayonnées.

La similarité dans l'enrichissement et la composition floristique, de et entre l'intérieur du clayonnage et la bande témoin T, quasi-stable sur les dernières années de l'expérimentation, illustre la stabilisation de ce milieu dunaire. En effet, l'évolution de l'indice de similitude de Sørensen (β) de la bande B indique que la diversité floristique au sein du clayonnage a connu, sur ces années successives, un enrichissement en termes du nombre d'espèces végétales. Aussi, les valeurs successives de cet indice indiquent une stabilisation progressive, au fil des ans, dans la composition floristique de la surface du clayonnage en termes d'espèces végétales. Celle-ci a connu très peu de remplacement d'espèces, elle s'est plutôt enrichie davantage avec des nouvelles. Mieux, l'évolution de l'indice de similitude de Sørensen (β) entre le clayonnage et le témoin (bandes B et T) confirme l'enrichissement progressif de la surface des claies. Au fil des ans, une végétation quasi identique et stable que celle de la bande témoin s'est installée au sein du clayonnage. Par contre, les bandes non clayonnées A et C ont connu une évolution moindre de leur diversité floristique qui reste surtout très fluctuante. En témoigne la chute exponentielle de l'indice de similitude de diversité floristique entre ces bandes et le témoin sur les deux dernières années de l'expérimentation. Tout ceci permettrait d'avancer que les effets du dispositif auraient conféré au sol dunaire du clayonnage des caractéristiques agro-écologiques semblables à celles de la bande témoin T stable, utilisée comme bande de référence dans cette étude. La colonisation de la bande T, par des nouvelles espèces d'herbacées, montre que l'absence de perturbation permet également à un milieu écologique, moins dégradé au départ, d'évoluer positivement en termes de nombre d'espèces.

Ainsi, le dispositif anti-érosif contribue à l'amélioration des conditions agro-écologiques favorables à la germination et au développement des plantes ainsi qu'à la stabilisation et à la restructuration du sol dégradé, donc, in fine, à la restauration écologique du milieu.

Ces résultats sont confortés par des travaux menés dans la même zone en même temps que cette étude (22). Sur la base d'observations expérimentales de champ, cet auteur a montré que les palissades (quadrillages) anti-érosives peuvent contribuer à une augmentation de piégeage des flux de sédiments éoliens dans les systèmes

dunaires ; un développement de la rugosité de l'horizon de surface du sol dunaire; une amélioration des conditions écologiques du sol dunaire pour l'invasion et l'établissement de la végétation et celle de la teneur en éléments minéraux du sol notamment N, P, K et C dans les dix premiers centimètres du sol au niveau du clayonnage. Ce qui pourrait être interprété comme une amélioration dans la formation des croûtes biologiques de sol, dans la réduction de l'érosion éolienne et dans le développement des conditions écologiques favorables pour la végétation.

Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la barrière mécanique anti-érosive dans la colonisation d'un milieu dunaire par la végétation. L'installation du dispositif anti-érosif, le clayonnage, sur la dune vive et dénudée de Tchago a enclenché des modifications agro-écologiques et microclimatiques importantes au niveau de ce milieu. Ainsi, les palissades du clayonnage ont favorisé l'installation progressive des espèces végétales. Cette restauration de la végétation, sur ce milieu dégradé, s'est surtout illustrée par l'évolution rapide de la composition et de la diversité de celle-ci. En effet, les résultats de cette

étude ont montré que, trois ans seulement après son installation sur la dune, le clayonnage a permis l'installation d'une végétation quasi identique à celle d'une parcelle non dégradée de ce milieu naturel notamment dans sa composition et sa diversité floristique.

Ces résultats permettent d'avancer que le clayonnage, en favorisant la revégétalisation du milieu dunaire, augmenterait la rugosité du sol de celui-ci. Ce qui lui conférerait une plus grande résistance à l'érosion éolienne.

Cependant, la pérennité de ces résultats reste discutable. En effet, la majorité des espèces observées au sein du clayonnage est constituée d'annuelles, notamment les thérophytes, très sensibles à la sécheresse et aux vents d'Harmattan. De plus, la décomposition progressive des branchages de *Leptadenia pyrotechnica* provoque l'affaissement du clayonnage, ce qui annulerait les effets brise-vent de celui-ci. D'où la nécessité de mener des études complémentaires pour rendre effective l'efficacité du clayonnage dans la restauration végétale d'un milieu dunaire dégradé.

Références bibliographiques

- De Fabregues B. P., 1979, Institut national de recherche agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger, 156 pages.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations], 2013, "FAOSTAT," 2013, site web visité le 20 Mars.
- Jahiel M., 1998, Rôle du palmier dattier dans la sécurisation foncière et alimentaire au Sud-est du Niger. *Sécheresse*, **9**, 167-174.
- Karimoun S., 1994, *Contribution à l'étude géomorphologique de la région de Zinder (Niger) et analyse par télédétection de l'évolution de la désertification*. Thèse de doctorat en Sciences géographiques, Université de Liège, Liège.
- Kok J.F., Parteli E.J.R., Michaels T.I. & Karam, D.B., 2012, *The physics of wind-blown sand and dust*, Reports on progress in Physics, Vol. **75**, Art ID 106901, 72 pages.
- Lebel T. & Ali A., 2009, Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007), *J. Hydrol.*, **375**, 52-64.
- Legendre P. & Legendre L., 1998, Numerical ecology. Developments. *Environ. Modell.*, **20**, 235-245.
- Li X.R., Xiao H.L., He M.Z. & Zhang, J.G., 2006, Sand barriers of straw checkerboards for habitat restoration in extremely arid desert regions. *Ecol. Eng.*, **28**, 149-157.
- Michels K., Lamers J. P. A., & Buerkert, A., 1998, Effects of Windbreak Species and Mulching on Wind Erosion and Millet Yield in the Sahel. *Exp. Agric.*, **34**, 449-464.
- Ozer P., 2000, Les lithométéores en région sahélienne. *Geo-Eco-Trop.*, **24**, 1-317.
- Ozer P., 2002, Les lithométéores au Niger: mise au point. *Würzburger Geographische Arbeiten*, **97**, 7-32.
- Ozer P., 2004, Bois de feu et déboisement au Sahel: mise au point. *Sécheresse*, **15**, 3, 243-251.
- Ozer P., Bodart C. & Tychon B., 2005, Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental: récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeo: Rev. Eur. Geogr.*, **308**, 1-24.
- Ozer P., Hountondji Y.C., & Laminou Manzo O., 2009, "Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007," *Geo-Eco-Trop.* **33**, 11-30.
- Ozer P., Hountondji Y.C., Niang A.J., Karimoune S., Laminou Manzo, O. et Salmon M., 2010, "Désertification au Sahel: historique et perspectives," *Bull. Soc. Geogr. Liège*, **54**, 69-84.
- Pontanier R., Diouf M. & Zaafouri M., 2003, *Ecologie et régime hydrique de deux formations à Acacia raddiana au Nord et au Sud du Sahara (Tunisie, Sénégal)*, in : Grouzis, M. and Floc'H, L. (eds.), Un arbre au désert, Acacia raddiana. Paris : IRD Editions, 79-101.
- Roose E., 1994, *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols*. FAO N° 70.
- SAA/Gouré, 2000, *Inventaire et utilisations agro-pastorales des cuvettes de l'arrondissement de Gouré, Service d'Arrondissement de l'Agriculture de Gouré, République du Niger*, 21 pp.
- Skidmore E.L. & Hagen J.L., 1977, Reducing wind erosion with barriers. trans. ASAE, **20**, 911-915.
- Thomas D.S.G. & Middleton N.J., 1994, *Desertification: Exploding the Myth*. Wiley, Chichester: 194 pp.
- Tidjani A.A., Ozer A. & Karimoun S., 2009, "Apports de la télédétection dans l'étude de la dynamique environnementale de la région de Tchago (nord-ouest de Gouré, Niger)," *Geo-Eco-Trop.* **33**, 69-80.
- Tidjani A.D., 2008, *Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-est du Niger): Paramétrisation, quantification et*

- Louvain, Louvain-La-Neuve. 169 pp.
23. Van Aarde R.J., Ferreira S.M., Kritzinger J.J., Van Dyk P.J., Vogt M. & Wassenaar T. D., 1996, *An evaluation of habitat rehabilitation on coastal dune forests in northern KwaZulu-*
24. Vezina A., 2001, *Les haies brise-vent. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, Institut de technologie agricole de La Pocatière, Cours N° 19, Formation continue: 18 pp.

O. Laminou Manzo, Nigérien, PhD, Enseignant chercheur, Université de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Maradi, Niger.

M. Zaman Allah, Nigérien, PhD, Enseignant chercheur, Enseignant chercheur, Université de Maradi, Faculté des Sciences, Maradi, Niger.

P. Ozer, Belge, PhD, Enseignant chercheur, Université de Liège, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Arlon, Belgique.

R. Paul, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Campus de Gembloux, Unité de Biologie Végétale, Laboratoire de Toxicologie végétale, Gembloux, Belgique.

A. Mahamane, Nigérien, PhD, Professeur, Université de Maradi, Faculté des Sciences, Maradi, Niger.

Annexe I : Espèces floristiques recensées dans les bandes A, B, C et T en 2005, 2006 et 2007.

Familles	Noms scientifiques	Bande A			Bande B			Bande C			Bande T témoin de référence		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
	<i>Andropogon gayanus</i> var. tridentatus Hack.						x						x
	<i>Aristida adscensionis</i> L.	x	x	x		x		x	x		x	x	x
	<i>Aristida funiculata</i> Trim. et Rupr.	x	x	x	x	x		x	x			x	x
	<i>Aristida stipoides</i> Lam.						x						x
	<i>Aristida mutabilis</i> Trim. et Rupr.	x	x		x	x		x	x			x	x
	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x
	<i>Cenchrus prieurii</i> (Kunth.) Maire.	x			x	x		x				x	x
	<i>Chloris prieurii</i> Kunth.	x			x	x		x				x	x
	<i>Chloris virgata</i> Sw.				x	x		x				x	x
	<i>Crotalaria arenaria</i> Benth.						x						x
	<i>Crotalaria atrorubens</i> Hochst. ex Benth.						x						x
	<i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth.						x						x
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	x	x	x	x			x	x			x	x
	<i>Digitaria gayana</i> (Kunth.) A. Chev.			x			x						x
	<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.			x			x		x				x
	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.				x								x
	<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.	x			x	x		x				x	x
	<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	x			x	x	x	x			x	x	x
	<i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Steud.						x						x
	<i>Hyparrhenia dissolata</i> (Ness. ex Steud) W. O. Clayton						x						x
	<i>Psammophiles saheliensis</i> Benth.	x	x		x	x		x				x	x
	<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.			x			x					x	x
	<i>Schiwachyrium exile</i> (Hochst.) Pilger.						x						x
	<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth.			x			x		x			x	x
	<i>Sporobolus festivus</i> Hochst. ex A. Rich.												x
	<i>Tripogon minimus</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud.			x			x						x
	<i>Vetiveria nigriflora</i> (Benth.) Stapf.	x			x	x		x				x	x

	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Shum. Et Thonn.) J. Léonard.	x	x	x	x	x	x	x	x
Papilionaceae	<i>Indigofera astragalina</i> DC.				x				x
	<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	x	x	x	x		x	x	x
	<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.			x	x	x		x	x
	<i>Tephrosia obcordata</i> (Lam.ex Poir.) Baker.				x				x
Boraginaceae	<i>Cordia sinensis</i> Lam.	x		x		x		x	x
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	x		x		x			x
	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.		x	x					
	<i>Ipomoea kotschyana</i> Hochst.ex. Choisy	x		x		x			x
	<i>Ipomoea involucreta</i> P.Beauv.			x		x			x
	<i>Leptadenia arborea</i> (Forssk.) Schw einf.			x	x	x		x	x
Asclepiadaceae	<i>Leptadenia hastate</i> (Pers.) Decne.				x			x	x
	<i>Pergularia tomentosa</i> L.	x	x	x	x	x	x	x	x
Acanthaceae	<i>Barleria hochstetteri</i> Ness.				x				x
	<i>Peristrophe paniculata</i> (Forssk.) Brum mitt			x		x		x	x
	<i>Ruellia patula</i> Jacq. et Vars.				x				x
Amaranthaceae	<i>Aerva javanica</i> (Burm.) Juss.ex Schult.								x
	<i>Amaranthus graecizans</i> L.	x						x	x
	<i>Amaranthus spinosus</i> L.			x		x		x	x
	<i>Pandiaka involucreta</i> (Moq.) B.D. Jacqueson	x		x			x	x	x
	<i>Pupalia lappacea</i> (L.) Juss.								x
Cyperaceae	<i>Cyperus alopecuroides</i> Rottb.	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Cyperus rotundus</i> L.				x				x
	<i>Fimbristylis cynosa</i> R.Br.	x		x		x		x	
Rosaceae	<i>Neurada procumbens</i> L.	x	x	x	x	x	x	x	x
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.	x		x	x	x	x	x	x
	<i>Commelina forskoalaei</i> Vahl.	x		x	x	x		x	x
Capparidaceae	<i>Capparis decidua</i> (Forsk.) Edgew.				x			x	x
Tiliaceae	<i>Corchorus tridens</i> L.	x	x	x	x	x		x	x
Combretaceae	<i>Triumfetta pendandra</i> A. Rich.				x				x
	<i>Combretum micranthum</i> G. Don	x		x	x			x	x
Cucurbitaceae	<i>Citrillus colocynthis</i> (L.) Schrad.	x		x		x	x		x
	<i>Citrillus lanatus</i> (Thunb.) Matsumara et Nakai	x		x	x	x	x	x	x
	<i>Coccinea grandis</i> (L.) Voigt.	x		x	x	x		x	x
	<i>Cucumis melo</i> Naud.	x		x	x	x	x	x	x
	<i>Mukia maderaspatana</i> (L.) Roem.			x					

Aizoaseae	<i>Trianthema postulacastrum</i> (L.) L.	x	x		x	x		x					x	
Liliaceae	<i>Dipcadi viride</i> (L.) Moench.					x							x	x
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	x			x	x		x					x	x
Menispermaceae	<i>Tinospora bakis</i> (A. Rich.) Miers.					x								x
Salpiniaceae	<i>Cassia italica</i> (Mill.) F.W. Anders.	x		x	x	x								x
Molluginaceae	<i>Mollugo cerviana</i> (L.) Ser.ex DC.				x	x		x					x	
Caesalpinaceae	<i>Cassia singueana</i> Delle					x							x	x
	<i>Cassia obtusifolia</i> L.					x							x	x
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i> Vis.	x			x	x								x
	<i>Euphorbia forskaii</i> J. Gay.	x			x	x				x				x
	<i>Ricinus communis</i> L.					x								x
Cyperadeae	<i>Cyperus rotundus</i> L.					x		x	x				x	x
	<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.					x		x	x				x	x
Polygalaceae	<i>Polygala erioptera</i> DC.		x											
Pedaliaceae	<i>Sesamum alatum</i> Thon.				x									
Total		0	35	16	18	40	58	0	35	15	11	42	71	

NB : La lettre 'x' exprime la présence l'espèce florale dans la bande.

Annexe II : Nombre d'espèces végétales recensées au cours de la saison pluvieuse 2006 au sein du dispositif anti-érosif.

Familles	Noms scientifiques	Dates des relevés (en 2006)				
		17-juil.	24-juil.	7-août	17-août	28-août
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i> L.	x	x	x	x	x
	<i>Aristida funiculata</i> Trim. et Rupr.			x	x	x
	<i>Aristida mutabilis</i> Trim. et Rupr.			x	x	x
	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	x	x	x	x	x
	<i>Cenchrus prieurii</i> (Kunth.) Maire.	x	x	x	x	x
	<i>Chloris prieurii</i> Kunth.	x	x	x	x	x
	<i>Chloris virgata</i> Sw.	x	x	x	x	x
	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.		x	x	x	x
	<i>Eragrostis pilosa</i> (L.) P. Beauv.			x		
	<i>Eragrostis tremula</i> Steud.	x	x		x	x
Papilionaceae	<i>Psammophilea sahelensis</i> Benth.		x	x	x	x
	<i>Vetiveria nigritana</i> (Benth.) Stapf.	x	x	x	x	x
	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Shum. et Thonn.) J. Léonard.		x	x	x	x
Boraginaceae	<i>Indigofera microcarpa</i> Desv.	x	x	x	x	x
	<i>Indigofera secundiflora</i> Poir.					x
Convolvulaceae	<i>Cordia sinensis</i> Lam.		x	x	x	x
	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	x				x
	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.		x	x	x	x
	<i>Ipomoea kotschyana</i> Hochst.ex.Choisy			x	x	x
Asclepiadaceae	<i>Ipomoea involucreta</i> P. Beauv.		x	x	x	x
	<i>Leptadenia arborea</i> (Forssk.) Schw. einf.			x	x	x
	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.		x			x
Acanthaceae	<i>Pergularia tomentosa</i> L.			x	x	x
	<i>Peristrophe paniculata</i> (Forssk.) Brum. mitt					x
Amaranthaceae	<i>Amaranthus graecizans</i> L.			x	x	x
	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	x				
	<i>Pandaniopsis involucreta</i> (Moq.) B.D. Jacqueson	x		x	x	x
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.		x	x	x	x
	<i>Fimbristylis cynosa</i> R. Br.	x	x	x	x	x
Rosaceae	<i>Neurada procumbens</i> L.			x	x	x
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> L.		x	x	x	x
	<i>Commelina forskalaei</i> Vahl.		x	x	x	x
Tiliaceae	<i>Corchorus tridens</i> L.				x	x
Combretaceae	<i>Combretum micranthum</i> G. Don			x	x	x
Cucurbitaceae	<i>Citrillus colocynthis</i> (L.) Schrad.	x	x	x	x	x
	<i>Citrillus lanatus</i> (Thunb.) Matsumara et Nakai		x	x	x	x
	<i>Coccinea grandis</i> (L.) Voigt.	x	x	x	x	x
	<i>Cucumis melo</i> Naud.	x	x		x	x
Aizoaceae	<i>Trianthema postulacastrum</i> (L.) L.	x	x	x	x	x
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	x	x	x	x	x
Salpiniaceae	<i>Cassia italica</i> (Mill.) F.W. Anders.	x			x	x
Molluginaceae	<i>Mollugo cerviana</i> (L.) Ser.ex DC.					x
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora brocchiana</i> Vis.	x			x	x
	<i>Euphorbia forskalii</i> J. Gay.		x	x	x	x
Polygalaceae	<i>Polygala erioptera</i> DC.	x				x
Total		20	26	33	37	40