

# TROPICULTURA

2013 Vol. 31 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)  
Driemaandelijks (oktober- november- december)  
Trimestral (octubre- noviembre- diciembre)



Larvae and adults of *Calidea paneathiopica* Kirkaldy on a capsule of *Jatropha curcas* L.

Crédit: M.Terren, 2012

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruyse  
Avenue Louise 231 Louizalaan  
1050 Bruxelles/ Brussel

Avec le soutien  
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer ARSOM, [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be)  
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van  
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen [www.kaowarsom.be](http://www.kaowarsom.be)  
en van het Brussels Gewest



## SOMMAIRE / INHOUD/ SUMARIO

### ARTICLES ORIGINAUX/ OORSPROKENLIJKE ARTIKELS/ ARTICULOS ORIGINALES

- Croissance de *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) dans le Delta Central du Niger (Mali, Afrique de l'ouest)  
Groei van *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) in de centrale delta van Niger (Mali, West Afrika)  
Crecimiento de *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) en el Delta Central del río Níger (Mali, África del oeste)  
**T. Niaré, O. Samassékou, A. Kodio & C.K. Tiénou** 217
- Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso  
Het herstel van de potentialiteiten van gronden met behulp van de zaï en van rijen rots in het westen van Burkina Faso  
Restauración de las potencialidades de suelos degradados con la ayuda del zaï y de los cordones pedregosos al oeste de Burkina Faso  
**J.T. Yaméogo, A.N. Somé, A. M. Lykke, M. Hien & H.B. Nacro** 224
- Apports génétiques potentiels de variétés de cotonniers du Brésil à l'amélioration des variétés cultivés des pays du C4:  
2. Analyse des caractéristiques technologiques de la fibre  
Mogelijke genetische bijdrage van katoenrassen van Brazilië in de verbetering van de variëteiten geteeld door de C4 landen:  
2. Analyse van de technologische kenmerken van de vezel  
Contribuciones genéticas potenciales de variedades de algodonereros de Brasil al mejoramiento de las variedades cultivados por los países del C4: 2. Análisis de los características tecnológicas de la fibra  
**L. Bourgou, D. Sanfo & K.S. Diané** 231
- Le sésame dans le département d'Aguié au Niger: analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentialité  
Sesamzaad in het Aguié Departement in Niger: analyse van een cultuur met niet te verwaarlozen troeven in een agrarische zone met sterk potentieel  
El sésamo en el departamento de Aguié en Níger: análisis de una cultura con ventajas no despreciables en una zona agrícola a potencialidad fuerte  
**L. Andres & P. Lebailly** 238
- La fertilisation azotée du blé en Tunisie: évolution et principaux déterminants  
Stikstof bemesting van tarwe in Tunesië: evolutie en belangrijkste determinanten  
La fertilización nitrogenada del trigo en Túnez: evolución y principales determinantes  
**M. Annabi, H. Bahri, O. Béhir, D. Sfayhi & H. Cheikh Mhame** 247
- Evaluation des performances de la production de graines par tamisage manuel du sol chez trois variétés de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz, dans les conditions du Plateau des Batéké (RDC)  
Beoordeling van de productie van zaden van drie soorten *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz met zeven van de bodem onder de omstandigheden van het Batéké Plateau (DRC)  
Evaluación del rendimiento de la producción de semillas por tamizado del suelo en tres variedades de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz parte, bajo en las condiciones de la meseta Batéké (RDC)  
**B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai** 253
- La barrière mécanique anti-érosive influence la colonisation des dunes par les espèces végétales  
De antierosieve mechanische barrière beïnvloedt de kolonisatie van duinen door de plantensoorten  
La barrera mecánica contra la erosión afecta a la colonización de las dunas por las especies de plantasvegetales  
**O. Laminou Manzo, M. Zaman Allah, P. Ozer, R. Paul & A. Mahamane** 260
- Climate Change and Cassava Processing in Southeast Nigeria  
Changement climatique et traitement du manioc dans le sud-Nigeria  
Klimaatverandering en bewerking van de maniok in Zuidoost Nigeria  
El cambio climático y el procesamiento de la yuca en el sudeste de Nigeria  
**A.A. Enete, T.A. Amusa & C.E. Nwobodo** 272

The opinions expressed, and the form adopted are the sole responsibility of the author(s) concerned  
Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs  
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)  
Las opiniones emitidas y la forma utilizada son de la exclusiva responsabilidad de sus autores

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

## Croissance de *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) dans le Delta Central du Niger (Mali)

T. Niaré<sup>1</sup>, O. Samassékou<sup>2</sup>, A. Kodio<sup>3</sup> & C.K. Tiéno<sup>2</sup>Keywords : *Auchenoglanis occidentalis*- Flood plain- Squelettechronology- Growth- Age classes- Mali

### Résumé

La croissance d'*Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes, 1840) est étudiée à partir d'individus échantillonnés mensuellement sur deux cycles annuels (1991 et 1997) au port de débarquement de Mopti. L'âge individuel des poissons a été déterminé par squelettechronologie. Le suivi chronologique de la marge relative du diamètre (dr) de la coupe des rayons épineux a été utilisé pour la validation de la périodicité de la formation des marques de croissance. Il se forme annuellement un seul annulus. La période de reprise de croissance présente une variabilité individuelle avec un démarrage précoce dès l'étiage, en mai. Le cycle saisonnier de croissance de *A. occidentalis* dépend plus de la disponibilité des ressources trophiques que des facteurs abiotiques. Toutefois, la période optimale de croissance demeure toujours les hautes eaux dans ce milieu fluvial avec plaine inondable adjacente. L'indice de condition varie de  $1,97 \pm 0,27$  à  $2,57 \pm 0,41$ . L'interaction saison  $x$  année a une influence significative sur l'état d'embonpoint. La croissance réalisée au cours de la première année ( $189,17 \pm 4,57$  et  $261,25 \pm 12,19$  mm) ainsi que les croissances ultérieures dépendent principalement des conditions hydrologiques. La présence de poissons de classe d'âge 3+ témoigne d'une structure démographique stable malgré les changements survenus dans le Delta.

### Summary

#### Growth of *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) in the Central Delta of Niger River Flood Plain (Mali, West Africa)

Growth biology of *Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes, 1840) is studied from individuals monthly sampled on two different annual cycles (1991 and 1997) in the fishing port of Mopti. Individual age of fishes was determined by skelettechronology. Chronological follow-up of relative margin diameter (dr) of spine ray section was used for validation of the periodicity of annulus formation. Only one annulus is formed annually. Period of growth recovery shows an individual variability with an early starting up from the low-water level, in May. The seasonal cycle of growth of this benthic fish, *A. occidentalis*, depends more on the availability of the trophic resources than of abiotic factors. However, the optimal period of growth always remains the high-water one in this river with flood plain. Fishes condition factor's varies between  $1.97 \pm 0.27$  à  $2.57 \pm 0.41$ . Year  $x$  season interaction affects this parameter. Growth realized during the first year ( $189.17 \pm 4.57$  and  $261.25 \pm 12.19$  mm) as well as the later growths depend on hydrological conditions and are influenced by fishing pressure. Presence of 3+ age class fishes shows that demographic structure is not qualitatively modified despite changes arisen in the Delta.

### Introduction

*Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes, 1840) est l'une des nombreuses espèces de Claroteidae répertoriées aussi bien dans les eaux continentales

des grandes provinces ichtyologiques d'Afrique que d'Asie (19). Ce Siluriforme appartient également aux groupes des poissons dits «primaires» qui ont une intolérance stricte à l'eau salée et donc inféodés aux eaux douces.

1 Université de Ségou, Faculté d'Agronomie et de Médecine Animale, Ségou, Mali.

2 Direction Régionale de la Conservation de la Nature, Sikasso, Mali.

3 Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali.

\* Auteur correspondant : Email: tiemaniare@sfr.fr

Reçu le 08.01.13 et accepté pour publication le 19.01.13.

Le Delta Central du Niger, principal domaine de pêche, est situé au cœur du Mali. Le port de débarquement de poissons de Mopti draine la plus grande partie des captures de poissons d'intérêt commercial. Cette zone écologique est une vaste plaine inondable de la zone soudano-sahélienne caractérisée par une alternance saisonnière très marquée entre la crue et l'étiage (12). La superficie inondée dépend du volume de crue qui présente de fortes variations inter-annuelles correspondant à celles des précipitations sur la partie amont du bassin, offrant ainsi aux poissons plus d'espace vital durant une période relativement brève du cycle hydrologique (Figure 1).

Dans cette plaine inondable d'intérêt halieutique, *A. occidentalis* représente, selon l'intensité de la crue,

entre 6,3 et 12,5% des captures totales variant entre 60 000 tonnes (en 1984) et 90 000 tonnes (en 2002) d'après les statistiques de débarquement tenues par l'Opération Pêche de Mopti (OPM) au cours de cette période. Ce Claroteidae d'intérêt halieutique est aussi très apprécié des consommateurs pour le goût et la qualité de sa chair. En effet, son prix au kilogramme sur le marché est passé de 295 FCFA en 1991 à 760 FCA en 2002 soit une fulgurante augmentation de près de 150 % en 10 ans (2)

L'écologie de ce Siluriforme a été étudiée dans le lac Kainji au Nigéria (1). Sa reproduction a été caractérisée en Côte d'Ivoire (3) et au Mali (4). Froese et Pauly (6) ont estimé les paramètres de sa croissance en milieux lacustre et fluvial d'Afrique

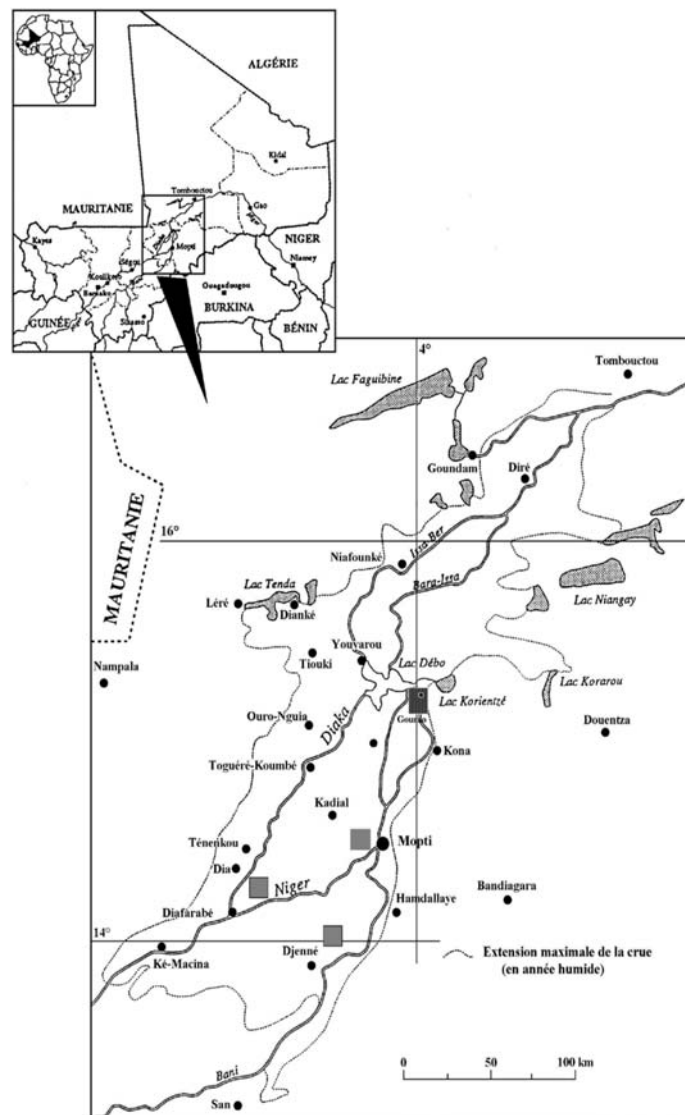


Figure 1: Carte du Mali avec sa principale pêcherie, le Delta Central du Niger (DCN).

de l'Ouest. En revanche, les données sur sa croissance dans un système fleuve-plaine inondable sont rares voire inexistantes. Pour cela, l'exploitation des tissus durs calcifiés est une étape importante.

Les tissus calcifiés sont utilisés pour estimer l'âge et la croissance d'une grande diversité d'espèces de poissons (18). Chez les poissons tropicaux, les marques sur les structures osseuses paraissent plus difficiles à lire et à interpréter que chez les poissons des régions tempérées (7, 11). Néanmoins, des travaux ont démontré l'utilisation des tissus durs des poissons tropicaux pour l'étude de la croissance dans divers bassins (11, 15, 16, 17, 18).

L'objectif de cette étude est (i) d'estimer l'âge et la croissance de *A. occidentalis* dans le Delta Central du Niger au Mali à l'aide de la squelettochronologie et (ii) de préciser les variations des paramètres démographiques dans le Delta Central du Niger.

## Matériels et méthodes

### Données

Les poissons de cette étude proviennent de diverses pêcheries des environs de Mopti. L'échantillonnage mensuel s'est déroulé sur deux cycles annuels décalés: février 1990 à mars 1991 puis de février 1997 à janvier 1998, afin d'étoffer la taille de l'échantillon. Au total, 411 poissons, de longueur standard ( $L_s$ ) comprise entre 75 et 405 mm, ont été collectés. Le premier rayon épineux de la nageoire dorsale de chaque poisson a été récolté pour l'étude squelettochronologique. Outre le prélèvement de tissus squelettiques, chaque poisson a été mesuré ( $L_s$  au mm près), pesé (poids vif total et éviscéré au gramme près) et le stade de maturation des gonades ainsi que son sexe déterminés.

La conservation, la préparation et la réalisation des coupes transversales des épines ont été identiques à celles mises en œuvre chez *Clarias anguillaris* (Linnaeus, 1758) (16). L'épaisseur des tranches réalisées était en moyenne de 100  $\mu$ m. Les lectures et mensurations (en unité du micromètre) ont été effectuées selon la même approche que celle développée pour le clariidae (16). Les mesures ont porté sur les diamètres aux annuli ( $D_i$ ,  $i$  variant de 1 à 3) et le diamètre total de la coupe ( $D_t$ ).

Des mesures hebdomadaires réalisées à heure fixe (8h du matin) de paramètres environnementaux (température en surface et la conductivité de l'eau du Niger à Mopti) ont eu lieu sur un cycle annuel de

mars 1997 à janvier 1998. Les données hydrologiques ont été fournies par la Direction Régionale de l'Hydraulique.

### Méthodes de traitement des données

La validation semi-indirecte du rythme de formation de l'annulus a été réalisée par le suivi chronologique de la marge relative du diamètre de la coupe transversale du rayon épineux.

Elle traduit l'accroissement relatif du tissu dur par rapport au dernier cycle croissance et est déterminée comme suit :

$$d_i = (D_t - D_i) / (D_t - D_i - 1), \text{ si } i \neq 1, D_t - 1 = 0 \text{ où } D_t \text{ est le diamètre total (en unités du micromètre au grossissement } \times 10 \text{ et oculaire } \times 10) \text{ et } D_i \text{ le diamètre au dernier annulus (16).}$$

Les variations mensuelles de ce paramètre ont été testées par analyse de variance à un facteur (mois) (ANOVA) avec les données agrégées car l'année n'avait aucune influence sur la variable analysée ( $p < 0,05$ ).

Les relations taille-poids ont été établies au moyen de la formule classique  $W = aL_s^b$  où  $W$  est le poids en g et  $L_s$  la longueur standard en mm. La signification écologique de ces coefficients a été précisée par Lalèyé (9). Les variations selon le sexe et l'année ont été appréhendées par analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5%.

L'indice de condition, paramètre intégrateur de l'état d'engraissement et de l'importance relative du poids des viscères et des gonades dans le poids corporel, a été calculé à l'aide de la formule classique suivante:  $K_t = (W * 10^5) / L_s^3$ . Les variations de cet indice ont été appréciées suivant les facteurs (sexe, mois ou saison et année) par analyse de variance (ANOVA).

Les tailles moyennes atteintes à l'issue des trois premières années de croissance (i.e. poissons de classes d'âge 0+, 1+ et 2+) ont été estimées pour les années 1990, 1997 et 1998 en ne retenant que les poissons qui sont en arrêt de croissance ( $dr \geq 70\%$  de janvier à juin).

## Résultats

### Caractéristiques des coupes

La figure 2 montre une coupe de forme triangulaire à l'image de toutes celles réalisées avec au sommet un apex, à la base deux lobes aux croissances quasi isométriques et au centre une cavité médullaire. En lumière transmise, l'anneau d'arrêt (ou de ralentissement) de croissance se

présente sous forme d'une bande hyaline translucide. Une vascularisation riche et dense, indice d'une croissance osseuse relativement importante, est observée. On note également un élargissement de la cavité médullaire.

### Cycle annuel de croissance

La figure 3 présente les variations mensuelles de la marge relative ainsi que la proportion d'individus en reprise de croissance. La marge relative d'avril, de  $78,21 \pm 5,24\%$ , est significativement plus élevée que les autres valeurs observées au cours de l'année. Elle baisse immédiatement ensuite en mai à  $55,06 \pm 3,76\%$ . La plus faible valeur de  $dr$  est notée en août avec  $37,08 \pm 3,7\%$ . L'ANOVA a révélé une influence très significative du mois sur cette variable. ( $F_{10,203}=4,02$ ,  $p<0,01$ ).

La reprise de croissance individuelle présente une forte hétérogénéité. En effet, la proportion d'individus en reprise de croissance s'étale de février à novembre et est très forte en mai (80%) et en septembre (100%). Elle concerne à la fois les poissons de l'année qui représentent plus des 80% des individus de mai à août ainsi que ceux qui ont déjà une marque d'arrêt de croissance pour les reprises en septembre et en novembre.

### Relations Taille - Poids

Le tableau 1 donne les paramètres de l'équation allométrique établie par sexe entre le poids et la taille ainsi que les coefficients de détermination ( $R^2$ ) respectifs en 1990 et en 1997. Bien que la relation allométrique établie pour les deux années soit très forte, la pente diffère entre les sexes suivant les années. Pour les mâles, avec une allométrie « positive », la croissance pondérale semble meilleure en 1990 qu'en 1997. La croissance des femelles en 1990 est isométrique alors qu'en 1997 la croissance linéaire semble prédominer. Entre mâle et femelle, les écarts de pente sont plus significatifs en 1990 qu'en 1997.

### Indice de condition

Les plus faibles valeurs moyennes de l'indice de condition sont notées en avril ( $2,04 \pm 0,32$ ) et en juin ( $1,97 \pm 0,27$ ), pendant l'étiage. Globalement, il baisse durant l'étiage de janvier à juin et remonte au cours des hautes eaux, de juin à décembre avec un maximum en novembre ( $2,57 \pm 0,41$ ). L'ANOVA avec un modèle croisé sexe et mois révèle un effet non significatif du facteur sexe. En revanche, les variations mensuelles de l'indice de condition ( $K_t$ ) sont statistiquement très significatives ( $F_{10,389}=23,99$   $p<0,01$ ).

L'interaction saison x année est aussi significative ( $F_{2,338}=3,25$ ,  $p<0,05$ ). L'état d'embonpoint des poissons est nettement meilleur à la décrue (octobre à décembre) que pendant les autres saisons quelle que soit l'année. Si l'écart entre les  $K_t$  de décrue de 1990 et de 1997 n'est que de 3%, il est de 11% entre les indices de condition de la période d'étiage (janvier à mai) en faveur des poissons échantillonnés en 1997.

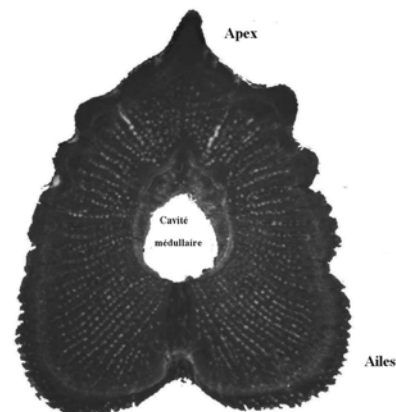


Figure 2: Coupe transversale d'épine d'un *A. Occidentalis* de 267 mm de  $L_s$ .

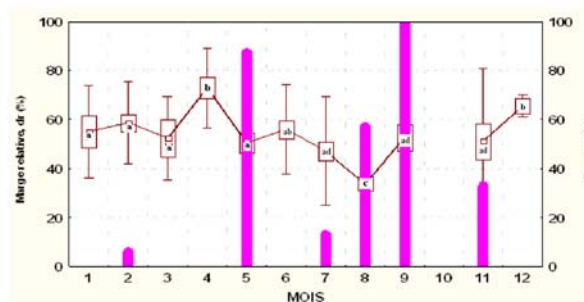


Figure 3: Variations mensuelles de la marge relative,  $dr$ , moyenne ( $\pm$  erreur standard) des coupes de rayons épineux de *A. occidentalis* et pourcentage de poissons en reprise de croissance (en bâton) dans le Delta central du Niger.

**Tableau 1**  
Paramètres a, b et coefficient de détermination, R<sup>2</sup>, de la régression non linéaire du poids sur la taille chez *A. occidentalis* dans le Delta Central du Niger (DCN) (Mali).

Sexe	1990				1997			
	n	a	b	R <sup>2</sup>	N	a	b	R <sup>2</sup>
Mâles	111	3 10 <sup>-6</sup>	3,38	0,98	68	53 10 <sup>-6</sup>	2,85	0,97
Femelles	67	14 10 <sup>-6</sup>	3,07	0,97	98	61 10 <sup>-6</sup>	2,83	0,96

**Tableau 2**  
Longueur standard moyenne (mm) ± erreur standard des poissons 0+, 1+ et 2+ en arrêt de croissance pêchés en 1990, 1997 et 1998 chez *A. occidentalis* dans le DCN.

Age	1990		1997		1998	
	n	L <sub>s</sub>	n	L <sub>s</sub>	n	L <sub>s</sub>
0+	80	189,17±4,57	12	261,25±12,19		
1+	39	240,03±6,79	27	217,23±13,73	3	272,33± 6,69
2+	3	22,33±9,70	14	284,85±18,55	2	315,50±7,50

### Structure démographique

La population étudiée est majoritairement constituée de jeunes poissons de l'année. En effet, les poissons 0+ et 1+ représentent plus de 80% de la population échantillonnée. Les poissons 2+ et 3+ font moins de 15% avec une infime partie (<2%) de poissons 3+ qui étaient à leur 4<sup>ème</sup> année de croissance. La taille moyenne de ces poissons 3+ est de 325,33±22,64 mm de L<sub>s</sub>.

### Croissances linéaires réalisées

Pour une même classe d'âge, les croissances réalisées sont hétérogènes suivant les années (Tableau 2). Ainsi, les poissons 0+ ont réalisé une meilleure croissance en 1996 qu'en 1989. Les poissons nés en 1996 ont atteint une plus grande taille à l'issue de leur 2<sup>ème</sup> année de croissance (272,33±6,69) que ceux nés en 1995 (217,23±13,73) ou en 1988 (240,03±6,79). L'accroissement annuel de la taille réalisé entre deux vagues de croissance successives est variable selon les cohortes: 11 mm entre les 1<sup>ère</sup> et 2<sup>e</sup> croissances pour la cohorte de 1996 contre 98 mm entre les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> vagues pour celle de 1998.

### Discussion

Les coupes transversales d'épines de *A. occidentalis* présentent en lumière transmise de fines bandes hyalines succédant à des zones opaques. La formation de cette bande hyaline traduit généralement un ralentissement de croissance voire une reprise de la maturation ovarienne à partir des réserves corporelles (13, 18). La littérature sur les facteurs déterminant la formation des bandes de croissance sur les tissus durs des poissons tropicaux d'eau douce est peu concluante (7). La formation des anneaux peut

coïncider avec la diminution de la température de l'eau, la réduction des ressources trophiques et d'une réduction de la croissance somatique comme elle peut également traduire la période de transition, l'étiage, entre deux saisons hydrologiques dans les hydro systèmes avec plaine inondable adjacente (13). En définitive, La formation des marques sur les tissus durs en général est le résultat de diverses perturbations physiologiques liées à celles des conditions écologiques. L'élargissement de la cavité médullaire chez cette espèce reste toutefois un phénomène moins marqué que chez *Clarias anguillaris* (16). Toutefois, chez cette espèce à gros œufs, il peut entraîner une résorption de la ligne naissance voire aussi de l'annulus.

Chez *A. occidentalis*, l'accroissement relatif de la marge dr en avril et sa baisse immédiate en mai témoigne de l'effet direct des lâchers d'eau du barrage de Sélingué situé en amont. Ces lâchers perturbent le régime hydrologique en simulant une crue artificielle à laquelle les poissons réagissent par une reprise de croissance. Ce phénomène a déjà été observé chez des espèces écologiquement différentes du delta central du Niger comme *Brycinus leuciscus* (Gunther, 1867) (15), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (14) et *Clarias anguillaris* (16).

La plus faible valeur de la marge relative observée en août témoigne d'une reprise de la croissance aux hautes eaux. Cette phase hydrologique est signalée par de nombreux auteurs (13) comme la période de formation de l'annulus mais aussi la période optimale de croissance des poissons tropicaux.

En comparant les températures des années 1952

et 1991 (15) avec celles de la présente étude, on constate que le profil des variations saisonnières de la température de l'eau du Niger paraît stable d'une année sur l'autre. L'influence de la température de l'eau comme facteur à la fois stimulant de la reprise de croissance et de l'arrêt de croissance a déjà été évoquée chez d'autres espèces dans la zone sahélienne (15). L'écart de température de 8 °C entre octobre et décembre est suffisant pour être une cause d'arrêt de croissance. Cet arrêt observé en décembre semble être un phénomène assez général dans la zone sahélo-soudanienne.

Le cycle saisonnier de croissance chez *A. occidentalis* présente une grande variabilité individuelle. Cette caractéristique semble commune aux espèces du delta central du Niger qui ont connu au cours des trente dernières années un bouleversement du régime hydrologique avec la construction du barrage de Sélingué. Bien que le démarrage de la croissance en étiage ne concerne qu'une faible fraction de la population, dans ce milieu fluvial avec plaine inondable adjacente, la période de croissance maximale demeure toujours la période des hautes eaux.

Froese et Pauly (6) rapportent des estimations de la pente de la relation taille-poids chez *A. occidentalis* dans divers habitats au Ghana et en Zambie. Les valeurs estimées tous sexes confondus sont variables d'un milieu à un autre. La croissance pondérale des poissons est meilleure dans la rivière Volta tandis que la croissance en longueur prédomine dans le lac Bangweulu en Zambie. Les résultats de cette étude, bien qu'ils confirment cette source de variation, révèle en plus l'importance de la crue. En période de crue faible (comme en 1990), l'accumulation de réserve apparaît faible par rapport à la croissance en longueur. En revanche, avec des crues moyennes (comme celle de 1997) on assiste à une meilleure croissance linéaire associée à une accumulation de réserves. Par contre, chez d'autres Clariidae comme *Chrysichthys auratus* (Geoffroy Saint-Hilaire, 1809) ou *C. nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), la variation du coefficient d'allométrie n'est pas lié à la saison chez des sujets matures (9).

Les variations mensuelles du coefficient de condition sont indépendantes du sexe du poisson. Chez *Chrysichthys nigrodigitatus* et *C. auratus*, un résultat semblable avait été observé (9). Ces variations mensuelles correspondent à celles de ressources trophiques. Pendant les hautes eaux, les ressources sont abondantes aussi bien quantitativement que qualitativement compte tenu de l'extension spatiale des surfaces en eau dans le Delta au Mali. En revanche, durant l'étiage, les

poissons sont confinés dans un espace en réduction, exacerbant ainsi la compétition pour les ressources. Il est donc très important pour les poissons d'exploiter avec efficacité l'abondante ressource trophique disponible durant seulement une période limitée de l'année afin de survivre aux conditions défavorables ultérieurement. L'interaction significative saison x année dans cette étude révèle toute l'importance de la crue dans la caractérisation de l'état d'embonpoint des poissons à l'étiage suivant : plus la crue est importante, meilleur est le coefficient de condition des poissons à la fin de l'étiage suivant. C'est ce qui explique le meilleur état d'engraissement des poissons en 1997 qu'en 1990.

L'allongement de la phase de croissance saisonnière chez *A. occidentalis* (au moins pour une partie de la population) ne se traduit pas par une augmentation de la taille maximale des individus. Elle reste au contraire comparable à celle observée en 1950 qui était de 420 mm (5). L'âge maximum observé, 3+, ne peut être considéré comme une estimation de la longévité au sein de cette population. La longévité des poissons n'a donc pas été modifiée malgré l'augmentation de la pression de pêche et les changements hydro-climatiques constatés au cours de ces quarante dernières années dans le delta central du Niger (8).

Il existe une variabilité des tailles pour une même classe d'âge. Les tailles atteintes à l'issue de la première croissance (poissons 0+) augmentent avec l'importance de la crue. Ce phénomène est assez bien connu pour les hydrosystèmes avec plaine inondable (10). Cette variation inter annuelle de la croissance est en relation avec l'intensité et la durée de la crue. Cette variabilité serait aussi due à l'hétérogénéité du milieu deltaïque couplée à une forte pression de pêche qui explique la faiblesse constatée des effectifs des poissons 1+ et 2+. Les croissances ultérieures réalisées par le reste de la même cohorte ne peuvent être une indication de leur croissance intrinsèque mais témoigne probablement de l'impact de l'intensité des prélèvements ou des possibilités de refuge des poissons pour échapper aux captures. En l'absence de données de pêche précises, on peut émettre l'hypothèse que la pression de pêche sur les poissons de grande taille de la cohorte 95 ait été plus forte qu'en 97. A contrario, des poissons de la cohorte 95 auraient échappé à une série de pression de pêche ou devaient avoir réalisé une faible croissance.

## Conclusion

Les coupes transversales d'épines dorsales de *A. occidentalis* sont exploitables en squeletto-



chronologie pour estimer l'âge individuel des poissons et étudier leur croissance. La sécheresse sahéenne et les perturbations d'origine anthropique du régime hydrologique du fleuve Niger au cours des quarante dernières années paraissent être à l'origine du cycle annuel de croissance caractérisé par une reprise précoce dès l'étiage chez cette espèce benthique. Toutefois, la crue demeure la principale période d'accumulation de réserves adipeuses par les poissons. L'allongement de la période de croissance active, au moins pour une partie de la population, ne semble pas affecter la taille maximale observée dans les captures.

Malgré la forte pression de pêche qui écrème surtout les individus de grande taille, la structure démographique n'a pas été qualitativement modifiée. Cette forte prédation par la pêche influe

considérablement sur l'abondance des poissons âgés. En revanche, elle permet d'atteindre à l'étiage une meilleure adéquation importance du stock/capacité trophique du milieu qui favorise le maintien et la reproduction du stock de survivants. Enfin, en raison de la grande variabilité des tailles atteintes à l'issue de la première croissance en milieu naturel, des recherches aquacoles peuvent être envisagées en vue de mieux préciser ces potentialités d'élevage.

### Remerciements

Nos remerciements vont à la Fondation Internationale pour la Science (IFS) qui, grâce à son financement (Bourse B/1416-2), a permis la réalisation de cette recherche et surtout l'acquisition d'équipements indispensables à son aboutissement.

### Références bibliographiques

- Ajayi T.O., 1987, The food and feeding habits and the predation on the family Claroteidae (Pisces, Siluroidea) in lake Kainji, Nigeria. *Arch. Hydrobiol.*, **109**(4), 583-600.
- Anonyme, 2003, *Rapports annuels d'activités 1985, 1991, 2000, 2002 et 2003 de l'Opération Pêche Mopti*.
- Albaret J.J., 1982, Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **15**, 347-371.
- Bénech V. & Dansoko F.D., 1994, *La reproduction des espèces d'intérêt halieutique*. Pp 213-228, in: J. Quensièrre (Editeur), *La pêche dans le Delta Central du Niger: approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique*. IER/ORSTOM/KARTHALA, Paris, 495 p.
- Daget J., 1954, *Les poissons du Niger supérieur. Mémoire de l'Institut Français d'Afrique Noire*, **36**, 391 p.
- Froese R. & Pauly D., 2011, *FishBase. World Wide Web electronic publication*. www.fishbase.org, version (10/2011).
- Jepsen D.B., Winemiller K.O., Taphorn D.C. & Rodriguez Olarte D., 1999, Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *J. Fish Biol.*, **55**, 433-450.
- Laë R., 1992, Impacts des barrages sur les pêcheries artisanales du delta central du Niger. *Cahiers Agric.* **1** (4) 256-263.
- Lalèye P., 1995, *Ecologie comparée de deux espèces de Chrysichthys, poissons Siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué - lagune de Porto-Novo au Bénin*. Thèse de Docteur en Sciences, Université de Liège (Belgique), 120 p.
- Lévêque C., 1997, *Biodiversity, dynamics and conservation: the freshwater fish of tropical Africa*. Cambridge University Press, Cambridge, 438 p.
- Merona B. de, Hetch T. & Moreau J., 1988, *Croissance des poissons d'eau douce*. pp. 191-219, in: Lévêque C., Bruton M.N. & Ssentongo G.W. (Editeurs), *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains*. Orstom, Travaux et documents, 216, Paris, 508 p.
- Morand P., Kodio A. & Niaré T., 2002, *Vers un Observatoire de la pêche dans le Delta Intérieur du Niger : Méthodes, résultats et enseignements d'un dispositif expérimental*. pp. 685-716, in: Orange D., Arfi R., Kuper M., Morand P. & Poncet Y., (Editeurs), *Gestion intégrée des ressources naturelles en zones inondables tropicales. Colloques et Séminaires*, IRD-éd. France, 995 p.
- Niaré T., 1994, *La croissance des poissons*. pp. 229-236, in: Quensièrre J. (Editeur), *La pêche dans le Delta Central du Niger: approche pluridisciplinaire d'un système de production*. IER/ORSTOM/KARTHALA, Paris 495 p.
- Niaré T., 1995, *Modifications anthropique et hydro climatique dans le Delta Central du Niger : adaptation du cycle annuel de croissance et structure démographique de Oreochromis niloticus (Linné, 1757)*. 1<sup>st</sup> Pan African Fisheries Congress, 31 juillet-4 août, Nairobi, Kenya, 21 p.
- Niaré T. & Bénech V., 1993, Modification de la croissance de *Brycinus leuciscus* (Characidae) suite aux changements hydroclimatiques et halieutiques dans la plaine inondée du Delta Central du Niger. *Ichthyol. Explor. Freshwater*, **4**(1), 65-78.
- Niaré T., Tiéno C.K., Kodio A. & Samassékou O., 2012, Structure d'âge et croissance de *Clarias anguillaris* (Pisces, Clariidae) dans le Delta Central du Niger au Mali (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem.*, **6** (1), 150-165.
- Panfili J., 1993, *Estimation de l'âge individuel des poissons : méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées*. Travaux et Documents microfichés, ORSTOM, Paris, 456 p.
- Panfili J., De Pontual H., Troadec H. & Wright P.J., (Editeurs), 2002, *Manuel de sclérochronologie des poissons*. Co-Editions IRD/IFREMER, 464 p.
- Paugy D. & Lévêque C., 1999, *Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie et utilisation par l'homme*. IRD, Paris, 521 p.

T. Niaré, Malien, Docteur-Ingénieur, Doyen de la Faculté.

O. Samassékou, Malien, Ingénieur des Eaux et Forêts, Chef du Cantonement Forestier de Kadiolo.

A. Kodio, Malien, Docteur en Ecologie des Pêches, Chef du Programme Ressources halieutiques.

C.K. Tiéno, Malien, Ingénieur des Eaux et Forêts, Cadre à la Direction Régionale des Eaux et Forêts de Sikasso.

# Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso

J.T. Yaméogo<sup>1\*</sup>, A.N. Somé<sup>1</sup>, A. Mette Lykke<sup>2</sup>, M. Hien<sup>1</sup> & H.B. Nacro<sup>3</sup>

Keywords : Zaï- Stone-rows- *Sorghum bicolor*- Fertility- Infiltration- Burkina Faso

## Résumé

La zone sud-soudanienne du Burkina Faso est soumise comme l'ensemble du pays à une péjoration du climat et une dégradation accélérée de ses ressources naturelles, surtout du sol et de la végétation. Des technologies de conservation des eaux et des sols comme le zaï et les cordons pierreux ont été éprouvées et adoptées dans les zones plus sèches du Nord. Dans cette étude, il s'est agi de tester les dispositifs expérimentés en vue de restaurer les potentialités d'un sol ferrugineux tropical lessivé induré situé entre les isohyètes 900 mm et 1100 mm. Un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisé a été installé. Les observations ont porté sur la croissance et l'évaluation du rendement du sorgho (*Sorghum bicolor*). Des échantillons de sol ont été prélevés, puis quelques paramètres chimiques ont été déterminés au laboratoire. Des mesures d'infiltration ont été faites à l'aide de l'infiltromètre à double anneaux. Les résultats montrent que les traitements « zaï » et « zaï plus cordons pierreux » sont transférables en zone sud-soudanienne. Ils ont permis un meilleur développement du sorgho et une augmentation des rendements en grains de 6 et 4 fois respectivement par rapport au témoin. Les propriétés chimiques du sol ont connu des améliorations sensibles et le pH a atteint une valeur avoisinant 6,5 dans les poquets de zaï. Les deux techniques ont contribué de manière significative à améliorer le coefficient d'infiltration de l'eau dans le sol.

## Summary

### Restoring Soil Potential Using Zaï and Stone-Rows in West-Burkina Faso

The South-Sudanian zone of Burkina Faso experienced as other agro-climatic zones of the country problems of environmental degradation, particularly soil and natural vegetation, due high climatic variability. Soil and water conservation techniques like zaï and stone-rows were tested and adopted in the driest zones of the North. The aim of this study is to investigate the possibilities of transferring these technologies in the South-Sudanian area, located between isohyets 900 and 1100 mm to restore a ferruginous degraded soil. A completely randomized Fisher block design was used. Growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*) were measured. Soil samples were taken and analyzed. Infiltration rate was measured with a two double ring infiltrometer. The results show that "zaï" and "zaï combined with stone-rows" are transferable in the South-Sudanian zone. They allowed a better development of the sorghum and grain yield increased by 6 and 4, respectively, compared to the control. Chemical properties of the soil were significantly improved, and the pH reached a value of approximately 6.5 in the holes of zaï. "Zaï" and "zaï combined with stone-rows" contributed to significantly improve infiltration rate of water in the soil.

## Introduction

La zone sud soudanienne connaît une dégradation rapide de ses ressources naturelles. Cette dégradation s'accélère sous l'effet de diverses actions anthropiques telles que l'agriculture

itinérante, la coupe abusive du bois, les feux de brousse, l'élevage extensif, etc. Elle subit par ailleurs, les aléas climatiques qui se manifestent essentiellement par des pluies intensives et brèves; ce qui provoque le ruissellement et l'érosion du sol (6). A cela s'ajoutent les poches de sécheresse de

<sup>1</sup> Université polytechnique de Bobo- Dioulasso (UPB), Laboratoire des systèmes naturels, des agro-systèmes et de l'ingénierie de l'environnement (Sy.N.A.I.E), Institut du développement rural (IDR), Bobo- Dioulasso, Burkina Faso.

<sup>2</sup> Aarhus University, Department of Bioscience, Silkeborg, Denmark.

<sup>3</sup> Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des Sols (LERF), Bobo- Dioulasso, Burkina Faso.

\* Auteur correspondant : jerotega@yahoo.fr, [ansome30@hotmail.com](mailto:ansome30@hotmail.com)

Reçu le 01.06.12 et accepté pour publication le 03.04.13.

plus en plus fréquentes et l'élévation des températures (12). Dans une telle situation, la production agricole est aléatoire car la baisse de la fertilité des sols consécutive à la dégradation de leurs paramètres bio-physico-chimiques, affecte la productivité des terres (9, 15). Cette dégradation des ressources naturelles accentue l'état de pauvreté des populations rurales. Stopper la dégradation des ressources naturelles et inverser les tendances actuelles sont une nécessité vitale pour les populations de la zone sud soudanienne du Burkina Faso. Faiblement peuplée, cette zone a connu la pratique de la jachère. De nos jours, cette pratique n'est plus d'usage à cause de l'augmentation de la population (flux migratoires) et des superficies cultivées. Actuellement la gestion de la fertilité des terres repose essentiellement sur l'utilisation des engrais chimiques associée au travail du sol, principalement le labour en début de saison de pluie. Mais l'utilisation des engrais chimiques entraîne des problèmes environnementaux (11) et leur coût limite leur accessibilité par les producteurs. Sur les terrains fortement dégradés, les engrais seuls ne sont pas la solution. Aussi, l'introduction et l'adoption d'autres méthodes et techniques biologiques ou physiques comme le zaï, les cordons pierreux et leur association paraissent nécessaire pour restaurer les terres et relever leur productivité. Il a été montré que ces technologies sont efficaces dans la zone nord du pays (16). Mais du fait de la péjoration climatique observée ces dernières années dans la zone sud soudanienne, et la dégradation continue des ressources naturelles, il est nécessaire d'y tester l'efficacité de ces technologies en vue de leur transfert. C'est dans ce

cadre que s'inscrit la présente étude.

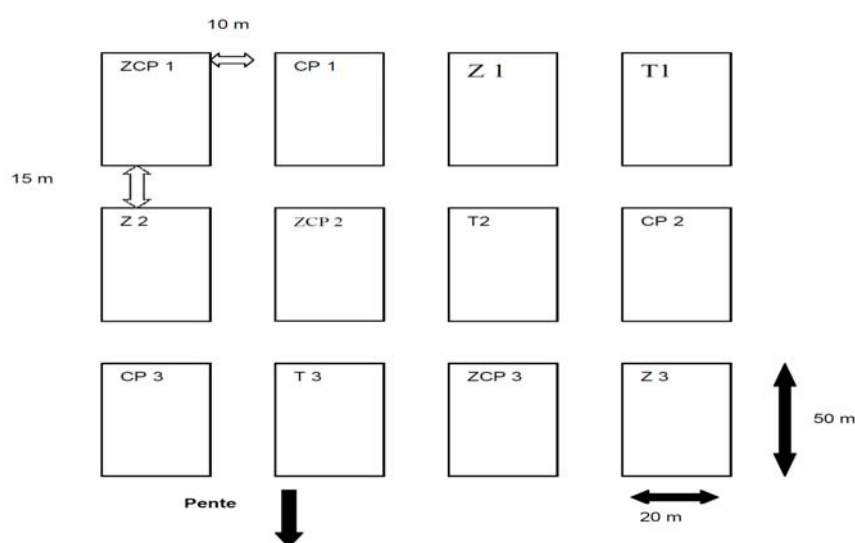
## Matériel et méthode

### Milieu d'étude

Le site de l'étude est implanté à Kuinima au sud de la ville de Bobo Dioulasso au Burkina Faso, entre 11° 03' et 11° 07' de latitude nord et 04° 19' et 04° 36' de longitude ouest. Le milieu d'étude appartient au domaine sud soudanien (4). La zone est située entre les isohyètes 900 mm et 1100 mm. La pluviométrie est irrégulièrement répartie dans le temps, et des poches de sécheresse sont souvent observées.

### Dispositif expérimental

Le dispositif a été installé sur un sol ferrugineux tropical lessivé induré avec une forte représentation des surfaces érodées et une pente comprise entre 3 et 4%. L'une des spécificités de ce sol est qu'il est pratiquement dénudé et encroûté en surface. C'est un dispositif en bloc Fisher à trois blocs et quatre traitements complètement randomisé (Figure 1). Les traitements sont composés de cordons pierreux (CP), de zaï (Z), d'une combinaison de zaï et de cordons pierreux (ZCP) et d'un témoin (T). Les cordons pierreux sont des ouvrages anti-érosifs constitués par un arrangement judicieux de pierres sur les courbes de niveau. Les zaï sont des poquets de 15 cm de profondeur en moyenne et un diamètre d'environ 20 cm. Ces poquets ont reçu environ 160 grammes de matière organique (fumure, compost). Le sorgho, *Sorghum bicolor* L. (Sariasso 01) a été utilisé à la densité de 80 cm x 40 cm pour évaluer l'efficacité des traitements sur les rendements.



CP= cordons pierreux, T= témoin, ZCP= zaï + cordons pierreux, Z= zaï

Figure 1: Schéma du dispositif expérimental.

## Collecte de données

Pour le suivi des composantes du rendement du sorgho, des carrés de rendement de 1 m<sup>2</sup> ont été piquetés à raison de cinq par parcelle élémentaire. La récolte a été effectuée sur l'ensemble des épis de chaque carré de rendement. Des échantillons de sol ont été prélevés dans la profondeur 0 à 20 cm, à l'intérieur des carrés de rendement, après la récolte. Pour les parcelles de zaï et de zaï + cordons pierreux, les prélèvements ont été faits dans les poquets et dans les inter-poquets. Les échantillons ont été analysés au laboratoire du Bureau National des Sols (BUNASOLS) au Burkina Faso en 2007 et 2009. Les analyses ont porté sur le pH eau, la matière organique (MO), l'azote total (N), la capacité d'échange cationique (CEC), le phosphore assimilable (Pa), le potassium disponible (Kd) et les bases échangeables (BE). La perméabilité du sol au niveau des différents traitements a été évaluée avec un infiltromètre double anneau (1). Cet appareil donne directement une lecture de la hauteur d'eau (H) dans la cellule de mesure en fonction du temps (T). Le coefficient d'infiltration verticale (Kv), est obtenu comme suit :

$$Kv = (\Delta H \text{ final} - \Delta H \text{ initial}) / \Delta T$$

avec  $\Delta H$  exprimé en millimètres et  $\Delta T$  en seconde le résultat s'exprime en 10<sup>-3</sup> m/s

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel XLSTAT. Nous avons effectué une analyse de variance (ANOVA) suivi du post hoc tests de Fisher au seuil de 5%. Le test de Spearman (14), a été utilisé pour l'étude de corrélation des rangs et les résultats significatifs (P<5%) ont été illustrés.

## Résultats

### Paramètres de fertilité du sol

Les caractéristiques chimiques des échantillons de sol analysés avant l'aménagement du site et deux ans après aménagement sont consignées dans le tableau 1. Le pH du sol au départ variait entre 4,29 et 4,82 et les paramètres chimiques comme la MO, le N, le Pa et le Kd avaient des valeurs variant respectivement entre 1,38 et 1,64%; 0,07 et 0,08%; 1,69 et 1,89 ppm, 13,70 et 17,80 ppm. Avec l'aménagement, notamment avec l'apport du fumier dans les poquets de Z, les teneurs des différents éléments chimiques ont connu des hausses significatives. Par rapport au T (1,38%), la MO est significativement différente dans les poquets de Z (1,7%) et du ZCP (1,62%), et au niveau des CP (1,55%). Le Pa est significativement élevé dans les poquets de Z et de ZCP. Comparativement au T, la teneur du Pa est 3 à 4 fois plus élevée dans les poquets de Z. Les améliorations du Kd sont de 5 ppm, 5,93 ppm, 145,60 ppm, 11 ppm et 85,33 ppm pour respectivement le CP, le ZCP-HP, le ZCP-P, le Z-HP et le Z-P par rapport au T. Les traitements ont permis des hausses significatives de la CEC de 0,95 méq/100g (CP), 2,99 méq/100g (ZCP-P), 1,05 méq/100g (ZCP-HP), 5,2 méq/100g (Z-P) par rapport au T. Il est observé également un relèvement du pH dans tous les traitements. Particulièrement dans les poquets des traitements Z et ZCP, les valeurs du pH varient entre 6,52 et 6,58. Il en résulte une amélioration nette des paramètres de fertilité dans tous les traitements à Z.

**Tableau 1**  
Les résultats des analyses des échantillons de sol.

Traitements	MO (%)		N (%)		C/N		Pa (ppm)		Kd (ppm)		CEC (méq/C)		BE (méq/C)		pH eau	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009	2007	2009
CP	1,45	1,55 <sup>a</sup>	0,08	0,08 <sup>a</sup>	13	11,67 <sup>b</sup>	1,73	3,82 <sup>b</sup>	16,63	52,7 <sup>b</sup>	3,28	5,49 <sup>b</sup>	1,96	3,2 <sup>b</sup>	4,82	5,45 <sup>b</sup>
T	1,38	1,09 <sup>b</sup>	0,07	0,06 <sup>b</sup>	12	13,67 <sup>ba</sup>	1,84	4,08 <sup>b</sup>	14,33	47,7 <sup>b</sup>	4,17	4,54 <sup>bc</sup>	2,16	2,94 <sup>b</sup>	4,31	5,42 <sup>b</sup>
ZCP-HP		1,08 <sup>b</sup>		0,05 <sup>c</sup>		12,67 <sup>ab</sup>		3,56 <sup>b</sup>		53,63 <sup>b</sup>		3,24 <sup>c</sup>		2,48 <sup>b</sup>		5,59 <sup>b</sup>
ZCP-P	1,64	1,62 <sup>a</sup>	0,08	0,08 <sup>a</sup>	13	12 <sup>ab</sup>	1,89	12,03 <sup>a</sup>	17,8	193,3 <sup>a</sup>	3,22	7,53 <sup>a</sup>	1,69	5,07 <sup>a</sup>	4,79	6,58 <sup>a</sup>
Z-HP		1,54 <sup>a</sup>		0,07 <sup>ab</sup>		12 <sup>ab</sup>		3,52 <sup>b</sup>		58,7 <sup>b</sup>		5,59 <sup>b</sup>		3,48 <sup>b</sup>		5,69 <sup>b</sup>
Z-P	1,39	1,7 <sup>a</sup>	0,07	0,07 <sup>ab</sup>	12	14 <sup>a</sup>	1,69	15,1 <sup>a</sup>	13,7	133,03 <sup>a</sup>	3,16	9,74 <sup>a</sup>	1,57	6,2 <sup>a</sup>	4,29	6,52 <sup>a</sup>
Probabilité	0,37	0,00	0,11	0,00	0,12	0,01	0,91	0,00	0,35	0,04	0,22	0,00	0,19	0,00	0,14	0,00
Signification	NS	HS	NS	HS	NS	S	NS	HS	NS	S	NS	HS	NS	HS	NS	HS

MO= matière organique totale, N= teneur en azote totale, Pa= phosphore assimilable, Kd= potassium disponible, CE = capacité d'échange cationique, BE= somme des bases échangeables.

CP= cordons pierreux, T= témoin, ZCP-HP= espace inter poquet du traitement zaï + cordons pierreux, ZCP-P= poquet du traitement zaï + cordons pierreux, Z-HP= espace inter poquet du traitement zaï Z-P= poquets du traitement zaï. HS= hautement significatif (p<0,01), S= significatif (p<0,05), NS= non significatif (p>0,05).

Dans la même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.

## Croissance et développement du sorgho

Les plants sont restés chétifs dans les traitements CP et T, beaucoup sont morts sans boucler leur cycle de développement. Par contre dans les traitements Z et ZCP, les plants ont bouclé leur cycle (Figure 2). De la 5<sup>ème</sup> semaine après semis (SAS) jusqu'à la 15<sup>ème</sup> SAS, trois phases distinctes se différencient dans le cycle de développement du sorgho à des vitesses différentes dans les traitements :

-la 1<sup>ère</sup> phase va de la 5<sup>ème</sup> SAS à la 10<sup>ème</sup> SAS pendant laquelle, les plantes ont une croissance lente. Au cours de cette phase, la vitesse moyenne de croissance en hauteur est de 0,69 cm/jour; 0,59 cm/jour; 1,51 cm/jour et de 1,67 cm/jour respectivement pour les plants des traitements T, CP, Z et ZCP.

-la 2<sup>ème</sup> phase va de la 10<sup>ème</sup> SAS à la 14<sup>ème</sup> SAS. Pendant cette phase, la croissance des plantes est accélérée. Pour cette 2<sup>ème</sup> phase, les plants ont une

vitesse de croissance de 2,27 cm/jour; 1,65 cm/jour; 3,74 cm/jour; 3,36 cm/jour respectivement sur les parcelles T, CP, Z et ZCP. Cette croissance accélérée se traduit par un développement végétatif intense et une élongation maximale. Cette phase se termine avec la floraison. Les plants à la fin de ce stade atteignent leur hauteur maximale.

-la troisième phase commence à partir de la 14<sup>ème</sup> SAS jusqu'à la récolte. Durant cette phase, les plantes ne croissent plus et ont tendance à se courber sous le poids des grains qui se remplissent.

## Composantes du rendement du sorgho

Tous les paramètres des composantes du rendement varient significativement des parcelles traitées par rapport au T et d'un traitement à l'autre (Tableau 2). Pour le nombre de plants à l'hectare, le Z et le ZCP ont permis de l'améliorer significativement de 6510 plants et de 4123 de plants par rapport au T. Après la phase d'épiaison,

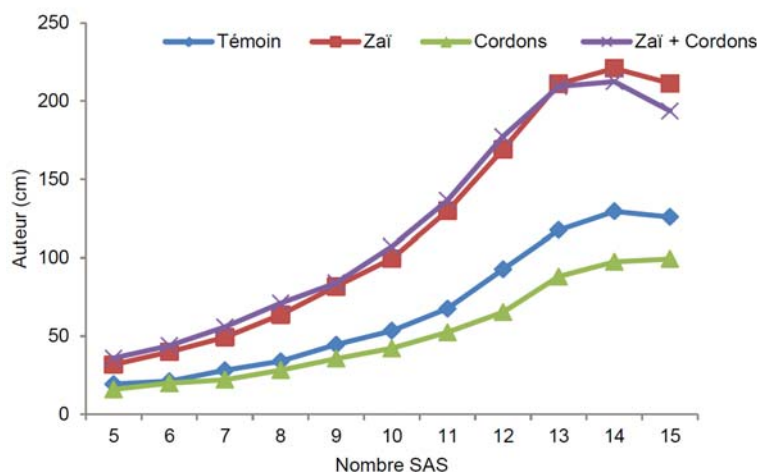


Figure 2: Développement du sorgho.

Tableau 2  
L'évaluation des composantes du rendement.

Traitements	Nombre de plants/ha	Nombre d'épis totale/ha	Nombre d'épis utiles/ha	Nombre de grains/épi	Poids de 1000 grains (g)
Z	85069 <sup>a</sup>	75347 <sup>a</sup>	70833 <sup>a</sup>	917 <sup>a</sup>	26,19 <sup>a</sup>
ZCP	82682 <sup>a</sup>	63585 <sup>a</sup>	59244 <sup>a</sup>	689 <sup>a</sup>	26,18 <sup>a</sup>
CP	78038 <sup>b</sup>	17578 <sup>c</sup>	10850 <sup>b</sup>	205 <sup>b</sup>	6,28 <sup>c</sup>
T	78559 <sup>b</sup>	42447 <sup>b</sup>	18229 <sup>b</sup>	228 <sup>b</sup>	8,89 <sup>b</sup>
Probabilités	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00
Signification	S	HS	HS	S	HS

HS= hautement significatif ( $p < 0,01$ ), S= significatif ( $p < 0,05$ ), NS= non significatif ( $p > 0,05$ ). Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls.  
CP= cordons pierreux, T= témoin, ZCP= zaï + cordons pierreux, Z= zaï

le nombre d'épis dénombrés sur le Z et le ZCP sont de 32900 et de 21138 supérieur à celui du T. Le nombre d'épis ayant porté de grains est aussi plus important dans le Z et le ZCP. Ils enregistrent 52604 et 41015 épis utiles de plus que le T. On constate par ailleurs que, 20833 épis ne se sont pas remplis dans le T. Les épis du Z et du ZCP sont ceux qui contiennent le plus de grains. Le nombre moyen de grains par épis est de 689 et 460 plus élevé respectivement dans le Z et le ZCP par rapport au T. Et il en est de même pour le poids de 1000g du Z et du ZCP qui est 3 fois supérieur à celui du T. Pour tous les paramètres des composantes du rendement, le CP a eu des valeurs inférieures à celles du T et les Z et ZCP des valeurs supérieures.

### Evolution du rendement grains en fonction des traitements entre 2008, 2009 et 2010

Le tableau 3 présente les rendements en grains du sorgho au cours des trois campagnes agricoles. Comme on peut le remarquer, les rendements du sorgho ont été largement influencés par les différents traitements. Dès la première année de test en 2008, les traitements Z et ZCP ont eu des rendements 5 et 4 fois plus élevés que le T. A la deuxième année (2009), l'impact des mêmes traitements sur la production a été plus significatif ( $p < 0,000$ ). En effet, les rendements ont été 6 fois supérieurs pour le Z et 4 fois pour le ZCP. En troisième année, on observe une légère baisse des rendements dans tous les traitements par rapport à la deuxième année. Les rendements sont passés de 2316,77 kg/ha à 2126,78 kg/ha pour le Z. Les pertes ont été de 16,67 kg et 123,71 kg

respectivement pour le CP et le ZCP. Toutefois, les valeurs sont restées supérieures à celles de la première année. Le T seul a eu un gain de 3,13 kg. Durant ces trois ans, à l'instar des composantes du rendement, le traitement CP a eu des rendements en grains inférieurs au T. Le rendement en grains et la teneur du sol en Pa sont significativement corrélés ( $P=0,01$  et  $r=0,68$ ).

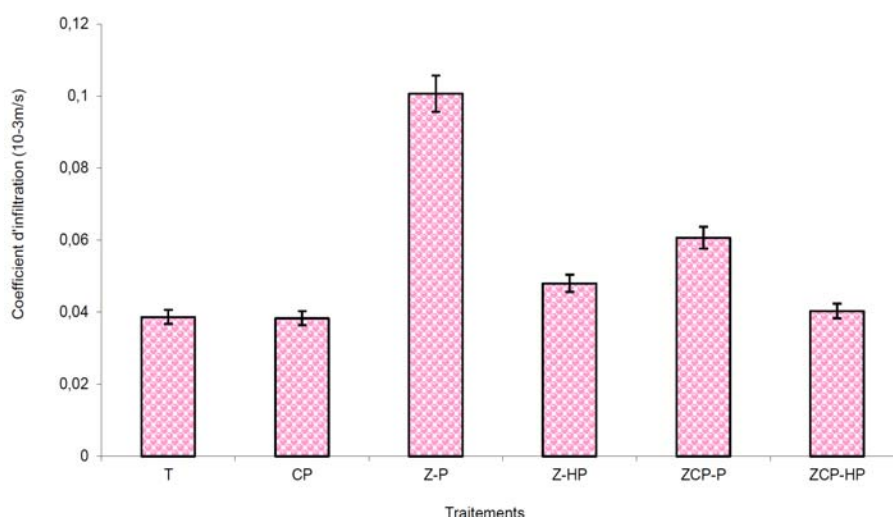
### Perméabilité des sols

L'évolution du coefficient d'infiltration est représentée par la figure 3. On remarque que les traitements ont impacté le coefficient d'infiltration de l'eau dans le sol. Les plus grandes valeurs ont été obtenues avec respectivement le Z-P ( $0,1 \cdot 10^{-3}$  m/s) et le ZCP-P ( $0,06 \cdot 10^{-3}$  m/s). Le Z-HP et le ZCP-HP conservent néanmoins des coefficients d'infiltration plus élevés que le T et le CP. Par rapport au T, le Z-

**Tableau 3**  
Variation de la production (kg/ha) de 2008 à 2010.

Traitements	Période		
	2008	2009	2010
T	209,45 <sup>b</sup>	360,30 <sup>b</sup>	363,43 <sup>b</sup>
CP	175,54 <sup>b</sup>	231,01 <sup>b</sup>	214,34 <sup>b</sup>
ZCP	864,65 <sup>a</sup>	1511,73 <sup>a</sup>	1388,02 <sup>a</sup>
Z	1035,22 <sup>a</sup>	2316,77 <sup>a</sup>	2126,78 <sup>a</sup>
Probabilité	0,001	0,000	0,000
Signification	HS	HS	HS

HS= hautement significatif ( $p < 0,01$ ), S= significatif ( $p < 0,05$ ). Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre alphabétique ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon le test de Newman Keuls. CP= cordons pierreux, T= témoin, ZCP= zaï + cordons pierreux, Z= zaï



CP= cordons pierreux, T= témoin, ZCP-HP= espace inter poquet du traitement zaï + cordons pierreux, ZCP-P= poquet du traitement zaï + cordons pierreux, Z-HP= espace inter poquet du traitement zaï, Z-P= poquets du traitement zaï.

**Figure 3** : Evolution du coefficient d'infiltration en fonction des traitements.

P et le ZCP-P ont permis une hausse de l'infiltration de 156,41% ( $0,06 \cdot 10^{-3}$  m/s) et de 53,85% ( $0,02 \cdot 10^{-3}$  m/s). L'analyse de variance montre que le Z-P a permis une amélioration significative de la perméabilité du sol par rapport au T ( $p=0,03$ ), CP ( $p=0,03$ ) et au ZCP-HP ( $p=0,04$ ).

## Discussion

Par rapport au T (1,09%), la MO est significativement différente dans les poquets de Z (1,7%) et de ZCP (1,62%), et au niveau des CP (1,55%). Selon Zougmore (16), la sédimentation des particules solides contenues dans l'eau de ruissellement explique dans une large mesure cette augmentation. Pour les traitements Z et ZCP, la teneur en MO serait liée aussi à l'apport du fumier dans les poquets (12). La teneur en N a varié dans le même sens que la MO. L'augmentation de MO entraîne aussi celle de N puisque la MO constitue le stock de l'azote. D'où les valeurs plus élevées de N, par rapport au T, au niveau des poquets du Z, ZCP dans le CP. La MO favorise la formation du complexe absorbant, capable de fixer des cations du sol. Ce qui permettrait d'augmenter la CEC. L'apport du fumier a permis l'augmentation de Pa, de Kd et des BE dans les poquets de Z (10). L'apport de la fumure organique est une source d'énergie et d'aliments pour les communautés microbiennes du sol; ce qui favorise la disponibilité en éléments nutritifs. En outre, pour Lahmar et Ruellan (8) l'agrégation des éléments du sol, la décomposition et la stabilisation de la matière organique du sol et l'activité biologique du sol sont liées. Le Z et le ZCP ont entraîné un relèvement du pH par rapport au T. Cette élévation est beaucoup plus importante dans les poquets puisque le pH varie en fonction de la somme des BE. Le Z et le ZCP ont permis d'améliorer les propriétés chimiques du sol, surtout dans les poquets. Pour les espaces inter poquets, cette amélioration résulterait de la décomposition des végétaux (herbes, résidu de récolte) et de l'effet résiduel de la fumure organique appliquée pendant la campagne précédente (5).

Les mesures antiérosives ont eu un impact très positif sur le développement du sorgho. Les courbes de croissance sont sigmoïdales (Figure 3) pour les traitements Z et ZCP où la croissance a été plus rapide par rapport au T. Cette différence de croissance s'explique par les valeurs plus élevées des différents paramètres chimiques pour ces traitements; notamment le Pa et le Kd dont les valeurs dans les poquets sont respectivement de 15,10 et 133,03 ppm pour le Z et 12,03 et 193,30 ppm pour le ZCP. Selon Compaoré et al. (2), le phosphore est l'un des éléments nutritif essentiel

pour la croissance et le développement des végétaux. Et des plantes déficientes en phosphore montrent un retard de croissance. Ainsi, pour que les plantes absorbent les quantités de phosphore nécessaires afin de donner de bons rendements, la concentration en phosphore de la solution du sol en contact avec les racines doit être maintenue pendant tout le cycle de croissance. Les techniques de conservation des eaux et des sols comme le zaï permettent de relever le niveau des rendements des cultures et de valoriser les terres abandonnées par suite de l'érosion avec l'apport localisé de fumure organique (13). Les apports organiques améliorent la structure et la porosité du sol, ce qui favorise l'infiltration (6).

L'apport du fumier a induit une augmentation du rendement en grains 6 à 4 fois plus élevés dans les traitements Z et ZCP par rapport au T. Le principal élément chimique qui explique ces performances serait le Pa. En effet, le rendement en grains et la teneur du sol en Pa sont significativement corrélés ( $P=0,01$  et  $r=0,68$ ). Koulibaly *et al.* (7) indiquent que l'apport de MO entraîne une amélioration du nombre d'épis total à l'hectare et l'augmentation du poids de 1000 grains. Sawadogo *et al.* (13) dans le nord, ont obtenu dans leur expérimentation un rendement 9 fois supérieurs avec le Z. Les écarts de gain avec nos résultats sont probablement liés au fait que le déficit hydrique n'est pas le même dans les deux zones climatiques. Comparativement au T, le CP ne s'est pas distingué positivement et a eu parfois des valeurs inférieures au T. Dans les deux traitements un grand nombre de plans sont morts sans avoir bouclé leur cycle de développement. Ceci est en accord avec les résultats de Zougmore (16) obtenus dans la zone sahéenne semi-aride. Ceci a également été mentionné par Doamba *et al.* (3) qui disaient que le CP pourrait entraîner un appauvrissement du sol en composés organiques, si la technique n'est pas accompagnée d'un apport de fumier ou de compost.

L'eau de la pluie n'est utile à la plante que lorsqu'elle est disponible dans la rhizosphère. Cependant l'étude des états de surface avait révélé que seulement 40,7% des surfaces du site étaient favorables à l'infiltration (17). Après trois années d'aménagements, les résultats sur le coefficient d'infiltration montrent que le zaï permet de lever les contraintes liées à l'infiltration de l'eau dans le sol. La technique du zaï permettrait donc l'amélioration de la porosité du sol. Or, la porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement.

## Conclusion

Cette étude à l'Ouest du Burkina Faso a prouvé que le zaï et les cordons pierreux déjà expérimentés en zone aride et semi-aride sont transférables en zone sud soudanienne où la pluviosité moyenne est de 1000 mm par an. Cependant, l'apport de la fumure organique est la clef déterminante du succès de ces mesures de conservation des eaux et des sols. Sur le plan de la fertilité, le Z et le ZCP ont contribué de manière significative à rehausser les teneurs de la MO, de l'azote, du phosphore assimilable, du potassium disponible et à relever le niveau du pH du sol. Sur le plan de la production, les deux traitements (Z, ZCP) ont permis un développement plus rapide du sorgho et des augmentations des rendements grains 6 fois (Z) et 4 fois (ZCP) supérieurs au T. Ces résultats démontrent qu'un apport localisé de

la fumure organique avec la technique du Z peut être un instrument d'intensification de la production agricole à l'Ouest du Burkina Faso. La fertilité du sol a donc été déterminante pour la production du sorgho. Les deux techniques (Z et ZCP) ont contribué de manière significative à améliorer la porosité du sol et par conséquent à lever les contraintes liées à l'infiltration de l'eau dans le sol. Dans un bref avenir, il serait intéressant d'investiguer sur l'impact de ces différents traitements sur l'activité biologique du sol.

## Remerciements

Nos remerciements s'adressent au projet SUN (FP6 INCO-dev 031685) qui a entièrement financé ces travaux et à M.K.S. Diane pour sa contribution à la collecte des données.

## Références bibliographiques

1. Cerdan O., Desprats J.F., Bourguignon A. & Isac J.L., 2004, Modélisation hydrologique du bassin versant de la Boyne (Hérault). *Apport de la très haute résolution pour la gestion du risque inondation*. Rapport final, Bureau de Recherche Géographique et Minière (RGM), 49 p.
2. Compaoré E., Fardeau C.F., Morel J.L. & Sédogo M.P., 2001, Le phosphore biodisponible des sols : une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. *Cah. Agric.*, **10**, 81-85.
3. Doamba S.M.F., Nacro H.B., Sanon A. & Sedogo P.M., 2011, Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem.* **5**(1) 304-313.
4. Fontès J. & Guinko S., 1995, *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso/Notice explicative*. Laboratoire d'Ecologie Terrestre, Institut de la Carte Internationale de la Végétation. Université de Toulouse III (France)/Institut du Développement Rural, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 67 p.
5. Fosu M., Kühne R.F. & Vlek P.L.G., 2003, Recovery of cover-crop-N in the soil-plant system in the Guinea savannah zone of Ghana. *Biol. Fertil. Soils*, **39**, 117-122.
6. Kiema A., Nianogo A.J. & Ouedraogo T., 2008, Effets des cordons pierreux sur la régénération d'un pâturage naturel de glaciis au Sahel. *Cah. Agric.*, **17**, 281-288.
7. Koulibaly B., Traoré T., Dakio D. & Zombré P.N., 2009, Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'Ouest du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**, 103-111.
8. Lahmar R. & Ruellan A., 2007, Dégradation des sols et stratégies coopératives en Méditerranée: la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. *Cah. Agric.*, **16**, 318-323.
9. Olina Bassala J.-P., M'Biandoun M., Ekorong J.A. & Asfom P., 2008, Evolution de la fertilité des sols dans un système cotonnier-céréales au Nord Cameroun: diagnostic et perspectives. *Tropicultura*, **26**(4) 240-245.
10. Pallo F.J.P., Sawadogo N., Sawadogo L. et al., 2008, Statut de la matière organique des sols dans la zone sudsoudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **12**, 291-301.
11. Pichot J., Sédogo M.P., Poulain J.F. & Arrivets J., 1981, Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agro. Trop.*, **36**, 122-33.
12. Roose E., 1989, Méthodes traditionnelles de gestion de l'eau et des sols en Afrique occidentale soudano-sahélienne. Définitions, fonctionnements, limites et améliorations possibles. *Érosion*, **10**, 98-107.
13. Sawadogo H., Bock L., Lacroix D. & Zombré N.P., 2008, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **12**, 279-290.
14. Spearman C., 1904, The proof and measurement of association between two things. *Am. J. psych.* **15**, 72-101.
15. Traoré M., Belo H., Barry O., Tamani S. & Ouattara T.G., 2012, Community soil resources management for Sub-Saharan West Africa: case study of the gourma region in Burkina Faso. *J. Agric. Sci. Technol.*, **2**, 24-39.
16. Zougmore R., Guillobez S., Kambou N.F. & Son G., 2000, Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid Sahelian zone. *Soil Tillage Res.*, **56**, 175-183.
17. Yaméogo T.J., Somé N.A. & Hien M., 2009, Etude préliminaire à une restauration de sols dégradés en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, **20**(1), 32-8.

J.T. Yaméogo, Burkinabè, titulaire d'un Doctorat unique en développement rural.

A.N. Somé, Burkinabè, Maître de Conférences, Directeur Général de l'Institut du Sahel.

A. Mette Lykke, Danoise, Doctoresse (PhD), Chercheuse à NERI (National Environmental Research Institute).

M. Hien, Burkinabè, Maître assistant, Enseignant-chercheur à l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

H.B. Nacro, Burkinabè, Maître de Conférences, Vice-président de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.



# Apports génétiques potentiels de variétés de cotonniers du Brésil à l'amélioration des variétés cultivées des pays du C4: 2. Analyse des caractéristiques technologiques de la fibre

L. Bourgou<sup>1</sup>, D. Sanfo<sup>1</sup> & K.S. Diané<sup>1</sup>

Keywords: African cotton- Technological characteristics- Cotton fiber- C4 project- Brazilian cotton varieties- Burkina Faso

## Résumé

*L'amélioration de la compétitivité du secteur cotonnier africain doit prendre en compte le double objectif d'accroître les rendements et d'améliorer la technologie de la fibre. Dans l'espoir de profiter des acquis du Brésil dans ce domaine, à travers le projet C4, la présente étude a comparé les caractéristiques des fibres de variétés du Brésil et des pays du C4 plus le Togo. Les caractéristiques ont été mesurées sur une chaîne de mesures intégrées de la SOFITEX à Bobo-Dioulasso. Les résultats montrent que les variétés africaines (FK37 et A 51 en tête) apparaissent meilleures que celles du Brésil pour la longueur et la ténacité, quels que soient le site et l'année. Ces dernières se montrent plutôt intéressantes pour la maturité (BURITI et CEDRO), l'indice de fibres courtes (toutes les variétés brésiliennes), la colorimétrie (BURITI, BRS 286, ARACA). Il ressort des comparaisons effectuées que, par rapport aux caractéristiques technologiques de la fibre des variétés brésiliennes, les variétés africaines peuvent être encore améliorées en ce qui concerne la colorimétrie, un déterminant majeur du prix de la fibre. Il est cependant très important que cette amélioration ne soit pas obtenue au détriment de la longueur et de la ténacité de la fibre des variétés africaines.*

## Summary

**Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: 2. Analyze of the Technological Characteristics of the Fiber**

*Improving the competitiveness of African cotton sector must take into account both yield increase and fiber technology enhancement. In order to profit from Brazil experience in this field, through the C4 project, the current study compared fiber characteristics of some varieties from Brazil and the C4 countries plus Togo. The characteristics were measured on an integrated measuring chain of SOFITEX in Bobo-Dioulasso. The results show that African varieties (mainly FK37 and A 51) appear to be better than those from Brazil for the fiber length and fiber tenacity, regardless of the site and the year. The Brazilian ones are rather interesting for the maturity (BURITI and CEDRO), short fiber index (all the Brazilian varieties), and colorimetry (BURITI, BRS 286, ARACA). Compared to Brazilian cotton varieties, African ones can be enhanced in terms of colorimetry, one of the major attribute influencing the price of cotton fiber. However, it is essential that this improvement is not obtained to the detriment of the length and the fiber tenacity of African varieties.*

## Introduction

Au plan mondial, le coton est la 3e culture la plus importante après les céréales et le soja. Il est surtout cultivé pour sa fibre dont les transactions impliquent plus de 150 pays (1). Dans un passé plus ou moins récent, la fibre de coton a été la plus utilisée dans l'habillement et les tissus d'ameublement, et son exploitation a contribué à la

révolution industrielle à travers un essor formidable de l'industrie textile (10).

De nos jours, la fibre de coton conserve toute son importance. Par exemple, en 2004-2005, année record, 26,3 millions de tonnes de coton ont été produites pour une valeur monétaire de 30 milliards de dollars U.S (1, 8). Mais, elle est désormais fortement concurrencée par les fibres artificielles,

<sup>1</sup> Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA), Programme coton. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

\* Auteur correspondant : Email : diallabourgou@yahoo.fr

Reçu le 01.02.13 et accepté pour publication le 19.04.13.

surtout le polyester. Ces dernières, très homogènes, propres, très résistantes, de traitement généralement plus aisé, etc. semblent même devenues une référence pour les filateurs qui jugent le coton (9). En d'autres termes, en plus des paramètres traditionnels (la longueur de la soie, le grade, la couleur et l'indice micronaire) qui déterminaient en grande partie le prix du coton, les transformateurs exigent que le coton remplisse des caractéristiques de propreté, d'homogénéité, de résistance, d'uniformité, de maturité, de finesse, de pourcentage de fibres courtes, d'élasticité, de capacité de teinture, etc. tels que le processus de filature sera facilité et les produits finis seront de qualité irréprochable (9).

Le coton africain, exporté dans presque sa totalité, paye au plus fort ces exigences strictes des acheteurs internationaux. En dépit de sa propreté et de sa qualité intrinsèque au dessus des moyennes de référence (12), les améliorations générales de sa qualité au cours des dix dernières années ont été plus lentes que celle des cotons d'autres origines concurrentes. Il est surtout soupçonné voire constaté que les cotons d'Afrique sont fortement contaminés par des corps étrangers (non végétaux) très nuisibles pour les transformateurs (9).

Les filières cotonnières, les producteurs, les Etats voire les organisations sous régionales africaines se mobilisent fortement pour résoudre l'ensemble de ces problèmes. De nombreuses initiatives de valorisation du coton africain (coton équitable, *Better cotton initiative*, *cotton made in Africa*, ...) ont vu le jour (7). Depuis 2005, l'Uemoa (Union économique et monétaire ouest africaine) a initié les nouveaux standards Afrique de qualité de coton fibre (15). Elle contribue aussi à l'équipement de laboratoires d'analyse de fibre avec des chaînes de mesures instrumentales à hautes performances (cas de Cerfitex au Mali); l'objectif étant d'établir de nouveaux standards pour la vente du coton africain mieux adaptés au marché international.

Au niveau de la recherche et dans le cadre d'une coopération sud-sud, la recherche cotonnière de 4 pays africains (C4) a obtenu du Brésil une dizaine de variétés de cotonniers comme matériel génétique d'amélioration. Dans ce cadre, la présente étude a comparé, dans les conditions de culture du Burkina Faso, les caractéristiques technologiques des cinq meilleures variétés brésiliennes à celles des pays du C4 plus le Togo. L'objectif est de mieux situer les valeurs technologiques des variétés africaines et de mettre en relief les améliorations encore possibles.

## Matériels et méthodes

### Matériel végétal et conduite de l'étude au champ

La présente étude est une suite de l'évaluation, au champ, des caractéristiques agro-morphologiques majeures des variétés comparées. Le matériel végétal, qui a été précédemment décrit (2), est constitué de 5 variétés brésiliennes (ARACA, BRS 286, BRS 293, BURITI, CEDRO) comparées à 4 variétés des pays du C4 (A 51 du Tchad, FK37 du Burkina Faso, H279-1 du Bénin, N'TA L100 du Mali) plus un témoin du Togo (STAM 59A).

La culture au champ a été conduite à Farako-Bâ en 2010 et 2011 et à Kouaré en 2011 suivant un itinéraire technique tel que recommandé en culture cotonnière (2).

### Variables mesurées

Les variables suivantes ont été mesurées pour rendre compte des caractéristiques technologiques de la fibre: l'indice micronaire (IM), la maturité ou pourcentage de fibres mûres (MAT), la longueur de la fibre (UHML), l'uniformité de la longueur des fibres (UI), l'indice de fibres courtes (SFI 12,7 mm), la ténacité (STR), l'élongation (Elo), la brillance (Rd) et l'indice de jaune (+b).

### Méthodologie de mesure des variables technologiques

Après les récoltes et à l'issue de l'égrenage sur une égreneuse de rouleau de laboratoire, 100 grammes de fibre ont été prélevés par variété et par répétition. L'ensemble des caractéristiques technologiques de la fibre a été mesuré sur une chaîne de mesures intégrées (CMI) de la Sofitex (Société Burkinabè de Fibres et Textiles).

La méthode ASTM 5867 (Standard Test for Measurement of Physical Properties of Cotton Fiber by High Volume Instruments) a été employée. Les conditions de laboratoire pour le conditionnement des échantillons et la réalisation des mesures a été réalisée conformément aux normes ISO/DIS 139 (20°C+/-2°C, 65%+/-4%). Les références des cotons standards utilisés pour le calibrage sont : I1-universal short-weak : 33243; I2-Universal Long-Strong: 33389; Universal HVI Micronaire Calibration Cotton Standards: Au (5,49): 32780 – Gu (2,58): 31205.

### Analyse des données

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel SISVAR 5.1 Build 72. Des analyses de la variance (ANOVA) ont été effectuées et les

moyennes, par variété, ont été comparées à l'aide du test de Scott-Knott au seuil de 5%.

## Résultats

### Caractéristiques technologiques en 2010

En 2010, l'analyse de variance révèle que les variétés ont présenté des différences statistiquement significatives pour l'indice micronaire, la longueur de la fibre, l'indice de fibres courtes, la ténacité, l'élongation et la colorimétrie (Rd et +b). Seules la maturité et l'uniformité de la longueur ne diffèrent pas suivant les variétés. Le tableau 1 donne une classification des variétés par moyenne des caractéristiques étudiées.

L'indice micronaire moyen des variétés étudiées est de 4,56. Les gros micronaires sont pour les variétés BRS 293 (4,9), ARACA (4,7) et BURITI (4,6) du Brésil et les variétés N'TA L100 (4,8), H279-1 (4,7) et STAM 59A (4,6) d'Afrique. Ces 6 variétés sont statistiquement similaires mais supérieures aux autres variétés pour cette caractéristique ( $p=0,0007$ ).

La maturité a été la variable la moins dispersive ( $CV=0,61\%$ ). En outre, toutes les variétés ont présenté de bons pourcentages de fibres mûres (de moyenne 87,50%) et elles n'ont pas montré de différences significatives entre elles ( $p=0,0560$ ).

Les meilleures longueurs de fibre sont pour A 51 (28,2 mm) et FK37 (28,1 mm). Les autres variétés possèdent des fibres, statistiquement, moins longues ( $p=0,0000$ ). Les fibres les moins longues proviennent de BRS 286 (25,5 mm), CEDRO (25,7 mm) et N'TA L100 (25,3).

Les variables « indice de fibres courtes » et « ténacité » distinguent nettement les variétés brésiliennes de celles africaines. La moyenne de fibres courtes est de 10,68 et toutes les variétés africaines possèdent moins de fibres courtes que celles du Brésil ( $p=0,0036$ ). Les variétés FK37, A 51, H279-1 et STAM 59A sont statistiquement les plus tenaces tandis que N'TA L100 et l'ensemble des variétés brésiliennes sont statistiquement plus faibles pour cette caractéristique ( $p=0,0037$ ).

Pour ce qui est de l'élongation, l'analyse met en présence 4 groupes distincts ( $p=0,0000$ ). H279-1, avec 6,2%, enregistre la meilleure élongation (a4) suivi de BRS 293 avec 5,8% (a3); la majorité des variétés (ARACA, BURITI, CEDRO, STAM 59A, A 51 et FK37) constitue le groupe de faible élongation de fibre (a1).

L'ensemble des variétés brésiliennes présentent un bon niveau en colorimétrie. Toutes ces variétés, sauf BURITI, ont une fibre moins brillante que toutes les variétés africaines hormis A 51 ( $p=0,0019$ ). En outre, toutes les variétés brésiliennes,

**Tableau 1**  
Classement des variétés pour les variables technologiques Farako-Bâ 2010.

Variétés	Variables mesurées								
	IM	MAT (%)	UHML (mm)	UI (%)	SFI 12.7 mm	STR (g/tex)	Elo (%)	Rd (%)	+b
ARACA	4,7 a <sub>2</sub> *	87,7	26,0 a <sub>2</sub>	79,3	11,1 a <sub>2</sub>	27,5 a <sub>1</sub>	5,2 a <sub>1</sub>	74,3 a <sub>1</sub>	8,7 a <sub>1</sub>
BRS 286	4,3 a <sub>1</sub>	87,0	25,5 a <sub>1</sub>	78,5	12,1 a <sub>2</sub>	26,1 a <sub>1</sub>	5,4 a <sub>2</sub>	74,8 a <sub>1</sub>	8,6 a <sub>1</sub>
BRS 293	4,9 a <sub>2</sub>	87,7	25,9 a <sub>2</sub>	79,2	11,2 a <sub>2</sub>	28,3 a <sub>1</sub>	5,8 a <sub>3</sub>	74,7 a <sub>1</sub>	8,8 a <sub>1</sub>
BURITI	4,6 a <sub>2</sub>	88,0	27,0 a <sub>3</sub>	79,5	11,1 a <sub>2</sub>	28,1 a <sub>1</sub>	4,6 a <sub>1</sub>	76,0 a <sub>2</sub>	8,4 a <sub>1</sub>
CEDRO	4,2 a <sub>1</sub>	86,7	25,7 a <sub>1</sub>	78,5	11,6 a <sub>2</sub>	28,1 a <sub>1</sub>	5,0 a <sub>1</sub>	74,4 a <sub>1</sub>	9,0 a <sub>2</sub>
STAM 59A	4,6 a <sub>2</sub>	87,7	26,8 a <sub>3</sub>	79,4	10,4 a <sub>1</sub>	28,9 a <sub>2</sub>	5,12 a <sub>1</sub>	76,4 a <sub>2</sub>	8,9 a <sub>2</sub>
A 51	4,4 a <sub>1</sub>	87,2	28,2 a <sub>4</sub>	80,4	9,3 a <sub>1</sub>	29,2 a <sub>2</sub>	4,95 a <sub>1</sub>	74,0 a <sub>1</sub>	9,6 a <sub>2</sub>
FK37	4,3 a <sub>1</sub>	87,2	28,1 a <sub>4</sub>	79,3	10,2 a <sub>1</sub>	30,2 a <sub>2</sub>	5,0 a <sub>1</sub>	75,7 a <sub>2</sub>	9,0 a <sub>2</sub>
H279-1	4,7 a <sub>2</sub>	87,2	26,5 a <sub>2</sub>	80,8	9,7 a <sub>1</sub>	29,4 a <sub>2</sub>	6,2 a <sub>4</sub>	75,4 a <sub>2</sub>	8,4 a <sub>1</sub>
N'TAL 100	4,8 a <sub>2</sub>	87,5	25,3 a <sub>1</sub>	80,1	10,2 a <sub>1</sub>	28,3 a <sub>1</sub>	5,4 a <sub>2</sub>	75,4 a <sub>2</sub>	9,4 a <sub>2</sub>
Moyenne	4,56	87,39	26,51	79,51	10,68	28,41	5,27	75,13	8,89
CV (%)	4,49	0,61	1,66	1,30	8,46	4,08	4,65	1,05	4,75
Probabilité	0,0007	0,0560	0,0000	0,0627	0,0036	0,0037	0,0000	0,0019	0,0065
	S	NS	HS	NS	S	S	HS	S	S

\*Pour une variable donnée, les moyennes affectées de la lettre « a » avec un même indice (a1 ou a2 ou a3, etc.) constituent un groupe homogène. Chaque groupe homogène présente une différence significative (S) à hautement significative (HS) avec les autres groupes. Les moyennes non affectées de la lettre « a » ne diffèrent pas significativement (NS).

hormis CEDRO, ont présenté une fibre moins colorée que toutes les variétés africaines à l'exception de H279-1.

### Caractéristiques technologiques en 2011

#### a. Farako-Bâ

En 2011, pour le site de Farako-Bâ, l'analyse statistique a mis en évidence des différences significatives entre les variétés pour la maturité, la longueur, l'uniformité de longueur, la ténacité et des paramètres de la colorimétrie (brillance et l'indice de jaune) (Tableau 2).

En ce qui concerne la maturité de la fibre, l'analyse met en présence deux groupes significativement différents ( $p=0,0016$ ): deux variétés du Brésil (CEDRO et BURITI) et STAM 59A du Togo avec respectivement 86,7; 86,5 et 86,2% ont les meilleures maturités alors que la moyenne est de 85%.

Pour ce qui est de la longueur, l'analyse révèle 4 groupes bien distincts. A 51 et FK37 avec respectivement 30,6 et 30,0 mm ont les fibres les plus longues (groupe 1). Ce groupe est suivi par N'TA L100 (29,2 mm) et STAM 59A (29,1 mm). Les variétés brésiliennes, constituant les groupes 3 et 4, sont en dessous de la moyenne (28,18 mm).

Sur ce site de Farako-Bâ, les deux variétés qui ont présenté les meilleures longueurs de fibre ont aussi montré les meilleures uniformités de fibre soit 86,1% pour A 51 et 85,3% pour FK37. Toutes les autres variétés (africaines comme brésiliennes) sont statistiquement identiques et inférieures aux deux premières ( $p= 0,0067$ ).

Concernant la ténacité, les variétés africaines possèdent les fibres les plus tenaces avec FK37 en tête. Les variétés les moins performantes pour cette caractéristique sont toutes brésiliennes: ARACA (24,77 g/tex), BRS 293 (25,56 g/tex) et CEDRO (25,13 g/tex).

Ce sont les variétés H279-1, BRS 293, N'TA L100 et BRS 286 qui donnent les meilleures élongations soit, respectivement, 9,0% ; 8,9% ; 8,7% et 8,4% ; la moyenne des variétés s'établit à 8,11%.

N'TA L100, BRS 286 et BURITI sont les variétés qui combinent bien brillance et indice de jaune. Autrement dit, ces variétés ont une bonne brillance (respectivement 77,8; 76,7 et 75,8%) et une fibre moins colorée (respectivement 7,4; 7,2 et 6,8). La plupart des variétés combinent une forte brillance et un fort indice de jaune (ARACA, BRS 293, STAM 59A, FK37 et H279-1). Seule A 51 combine à la fois

une faible brillance et une fibre plus jaune.

L'ANOVA ne met pas en évidence de différences significatives entre les variétés pour l'indice micronaire ( $p=0,0639$ ) et l'indice de fibres courtes (0,0553). Les moyennes des variétés pour ces variables s'établissent à 4,62 pour l'indice micronaire et 7,32 pour l'indice de fibres courtes.

#### b. Kouaré

A Kouaré, l'analyse de variance révèle que les variétés se sont comportées différemment pour l'ensemble des caractéristiques technologiques de la fibre sauf pour la brillance (Tableau 3).

La moyenne du micronaire s'établit à 3,68. Toutes les variétés africaines, hormis FK37, présentent des micronaires au dessus de la moyenne constituant ainsi les variétés à indices micronaires forts. Parmi les variétés brésiliennes, seule CEDRO de micronaire 3,8 atteint le niveau des variétés africaines.

Pour la maturité aussi, l'ensemble des variétés africaines en plus de CEDRO et BURITI sont, significativement, les meilleures ( $p=0,0075$ ). La maturité moyenne est de 83,63% et les variétés brésiliennes BRS 293 (82,2%), BRS 286 (83%) et ARACA (83%) sont les plus faibles pour cette caractéristique à Kouaré.

Les variétés africaines FK37, A 51, STAM 59A et N'TA L100 avec respectivement (28,6; 28,4; 28,1 et 27,6 mm) ont, significativement, les plus longues fibres comparativement aux variétés brésiliennes ( $p = ,0001$ ). Seule la variété africaine H279-1 (26,7 mm) enregistre une longueur de fibre en dessous de la moyenne (26,89 mm), en compagnie de toutes les variétés du Brésil.

Les variétés africaines, hormis FK37 et STAM 59A, montrent aussi une bonne uniformité des fibres comme l'ensemble des variétés du Brésil. Les meilleurs niveaux d'uniformité sont de 84,8% (A 51); 84,3% (N'TA L100) et 83,5% (H279-1) alors la moyenne du paramètre est de 82,82%.

Pour l'indice de fibres courtes, on constate une distinction nette, en groupes homogènes, entre les variétés africaines et celles du Brésil ( $p=0,0000$ ); les variétés africaines présentant les indices les plus faibles, en dessous de la moyenne de 8,06.

La fibre la plus tenace appartient à FK37 (33,13 g/tex) qui diffère significativement de l'ensemble des autres variétés ; suivent ensuite A 51 (29,94 g/tex), N'TA L100 (29,26 g/tex), STAM 59A (28,08 g/tex), BRS 286 (28,72 g/tex) et H279-1 (27,57

g/tex) qui forment un même groupe homogène. Les variétés les plus faibles pour cette caractéristique sont brésiliennes: BURITI (22,3 g/tex), ARACA (23,5 g/tex), CEDRO (23,6 g/tex) et BRS 293 (25,1 g/tex).

En ce qui concerne l'élongation de la fibre, l'analyse met en exergue 3 groupes de variétés. Le groupe des meilleures élongations est constitué par N'TA L100 (8,7%), H279-1 (8,3%), BRS 286 (8,2%) et BRS 293 (8,2%). Cinq variétés (FK37, A 51, ARACA, STAM 59A et CEDRO) constituent le

**Tableau 2**  
Caractéristiques technologiques des variétés dans l'essai de Farako-Bâ 2011.

Variétés	Variables mesurées								
	IM	MAT (%)	UHML (mm)	UI (%)	SFI 12.7 mm	STR (g/tex)	Elo (%)	Rd (%)	+b
ARACA	4,6	85,5 a <sub>1</sub> *	27,1 a <sub>2</sub>	83,4 a <sub>1</sub>	8,7	24,7 a <sub>1</sub>	7,9 a <sub>1</sub>	76,5 a <sub>2</sub>	7,6 a <sub>2</sub>
BRS 286	4,2	84,5 a <sub>1</sub>	27,4 a <sub>2</sub>	84,0 a <sub>1</sub>	7,2	29,2 a <sub>2</sub>	8,4 a <sub>2</sub>	76,7 a <sub>2</sub>	7,2 a <sub>1</sub>
BRS 293	4,9	85,7 a <sub>1</sub>	26,4 a <sub>1</sub>	83,4 a <sub>1</sub>	8,3	25,6 a <sub>1</sub>	8,9 a <sub>2</sub>	75,6 a <sub>2</sub>	7,8 a <sub>2</sub>
BURITI	4,7	86,5 a <sub>2</sub>	27,8 a <sub>2</sub>	84,4 a <sub>1</sub>	7,2	27,9 a <sub>2</sub>	7,3 a <sub>1</sub>	75,8 a <sub>2</sub>	6,8 a <sub>1</sub>
CEDRO	4,9	86,7 a <sub>2</sub>	26,3 a <sub>1</sub>	82,7 a <sub>1</sub>	7,5	25,1 a <sub>1</sub>	7,2 a <sub>1</sub>	73,6 a <sub>1</sub>	7,5 a <sub>1</sub>
STAM 59A	4,7	86,2 a <sub>2</sub>	29,1 a <sub>3</sub>	84,1 a <sub>1</sub>	7,0	28,2 a <sub>2</sub>	7,6 a <sub>1</sub>	76,5 a <sub>2</sub>	8,2 a <sub>2</sub>
A 51	4,5	85,7 a <sub>1</sub>	30,6 a <sub>4</sub>	86,1 a <sub>2</sub>	6,0	28,9 a <sub>2</sub>	7,7 a <sub>1</sub>	74,6 a <sub>1</sub>	8,2 a <sub>2</sub>
FK37	4,4	85,2 a <sub>1</sub>	30,0 a <sub>4</sub>	85,3 a <sub>2</sub>	6,8	30,8 a <sub>2</sub>	7,9 a <sub>1</sub>	76,6 a <sub>2</sub>	8,0 a <sub>2</sub>
H279-1	4,7	85,2 a <sub>1</sub>	27,9 a <sub>2</sub>	83,4 a <sub>1</sub>	7,2	29,4 a <sub>2</sub>	9,0 a <sub>2</sub>	75,9 a <sub>2</sub>	7,7 a <sub>2</sub>
N'TAL 100	4,5	85,0 a <sub>1</sub>	29,2 a <sub>3</sub>	84,4 a <sub>1</sub>	7,0	29,9 a <sub>2</sub>	8,7 a <sub>2</sub>	77,8 a <sub>2</sub>	7,4 a <sub>1</sub>
Moyenne	4,62	85,62	28,18	84,13	7,29	27,99	8,06	76,00	7,64
CV (%)	5,43	0,79	2,9	1,33	13,94	7,29	5,93	1,51	5,85
Probabilité	0,0639	0,0016	0,0000	0,0067	0,0553	0,0004	0,0000	0,0015	0,0050
	NS	S	HS	S	NS	S	S	S	S

\*Pour une variable donnée, les moyennes affectées de la lettre « a » avec un même indice (a<sub>1</sub> ou a<sub>2</sub> ou a<sub>3</sub>, etc.) constituent un groupe homogène. Chaque groupe homogène présente une différence significative (S) à hautement significative (HS) avec les autres groupes. Les moyennes non affectées de la lettre « a » ne diffèrent pas significativement (NS).

**Tableau 3**  
Caractéristiques technologiques des variétés dans l'essai de Kouaré 2011.

Variétés	Variables mesurées								
	IM	MAT (%)	UHML (mm)	UI (%)	SFI 12.7 mm	STR (g/tex)	Elo (%)	Rd (%)	+b
ARACA	3,3 a <sub>1</sub> *	83,0 a <sub>1</sub>	25,6 a <sub>1</sub>	81,9 a <sub>1</sub>	9,6 a <sub>2</sub>	23,5 a <sub>1</sub>	7,3 a <sub>2</sub>	79,9	8,7 a <sub>1</sub>
BRS 286	3,6 a <sub>1</sub>	83,0 a <sub>1</sub>	26,0 a <sub>1</sub>	82,9 a <sub>1</sub>	8,4 a <sub>2</sub>	28,7 a <sub>2</sub>	8,2 a <sub>3</sub>	80,1	8,8 a <sub>1</sub>
BRS 293	3,5 a <sub>1</sub>	82,2 a <sub>1</sub>	25,2 a <sub>1</sub>	82,1 a <sub>1</sub>	8,7 a <sub>2</sub>	25,1 a <sub>1</sub>	8,2 a <sub>3</sub>	80,8	8,8 a <sub>1</sub>
BURITI	3,5 a <sub>1</sub>	84,0 a <sub>2</sub>	26,8 a <sub>1</sub>	81,6 a <sub>1</sub>	9,3 a <sub>2</sub>	22,3 a <sub>1</sub>	6,3 a <sub>1</sub>	81,1	8,5 a <sub>1</sub>
CEDRO	3,8 a <sub>2</sub>	84,2 a <sub>2</sub>	25,9 a <sub>1</sub>	82,0 a <sub>1</sub>	9,1 a <sub>2</sub>	23,6 a <sub>1</sub>	7,0 a <sub>2</sub>	79,2	9,0 a <sub>1</sub>
STAM 59A	3,8 a <sub>2</sub>	84,5 a <sub>2</sub>	28,1 a <sub>2</sub>	82,8 a <sub>1</sub>	7,5 a <sub>1</sub>	28,1 a <sub>2</sub>	7,1 a <sub>2</sub>	79,0	9,4 a <sub>2</sub>
A 51	4,1 a <sub>2</sub>	84,7 a <sub>2</sub>	28,4 a <sub>2</sub>	84,8 a <sub>2</sub>	6,7 a <sub>1</sub>	29,9 a <sub>2</sub>	7,4 a <sub>2</sub>	77,8	9,8 a <sub>2</sub>
FK37	3,5 a <sub>1</sub>	83,5 a <sub>2</sub>	28,6 a <sub>2</sub>	82,3 a <sub>1</sub>	7,8 a <sub>1</sub>	33,1 a <sub>3</sub>	7,4 a <sub>2</sub>	79,7	9,0 a <sub>1</sub>
H279-1	3,8 a <sub>2</sub>	83,5 a <sub>2</sub>	26,7 a <sub>1</sub>	83,5 a <sub>2</sub>	7,2 a <sub>1</sub>	27,6 a <sub>2</sub>	8,3 a <sub>3</sub>	79,3	9,1 a <sub>1</sub>
N'TAL 100	3,9 a <sub>2</sub>	83,7 a <sub>2</sub>	27,6 a <sub>2</sub>	84,3 a <sub>2</sub>	6,3 a <sub>1</sub>	29,3 a <sub>2</sub>	8,7 a <sub>3</sub>	79,6	8,8 a <sub>1</sub>
Moyenne	3,68	83,63	26,89	82,82	8,06	27,13	7,60	79,65	9,01
CV (%)	8,19	1,04	3,68	1,29	9,65	9,38	5,66	1,62	4,16
Probabilité	0,0122	0,0075	0,0001	0,0023	0,0000	0,0000	0,0000	0,0598	0,0016
	S	S	S	S	HS	HS	HS	NS	S

\*Pour une variable donnée, les moyennes affectées de la lettre « a » avec un même indice (a<sub>1</sub> ou a<sub>2</sub> ou a<sub>3</sub>, etc.) constituent un groupe homogène. Chaque groupe homogène présente une différence significative (S) à hautement significative (HS) avec les autres groupes. Les moyennes non affectées de la lettre « a » ne diffèrent pas significativement (NS).

groupe intermédiaire tandis que BURITI (6,3%) présente la plus faible élongation.

Du point de vue des paramètres de la colorimétrie, l'on note que l'ensemble des variétés présentent une bonne brillance mais ne présentent pas de différences significatives entre elles ( $p = ,0598$ ). Sur ce site de Kouaré, le niveau de l'indice de jaune est élevé pour A 51 (9,8) et STAM 59A (9,4) alors que toutes les variétés brésiliennes font partie du groupe qui présente les indices de jaune les plus faibles. Les meilleures combinaisons de colorimétrie sont pour BURITI (81,1% et 8,5), ARACA (79,9% et 8,7), BRS 293 (80,8% et 8,8), BRS 286 (80,1% et 8,8), et la seule variété africaine, N'TA L100 (79,6% et 8,8).

### Discussion

Il est indispensable que l'augmentation des rendements en culture cotonnière aille de pair avec l'amélioration des caractéristiques technologiques de la fibre. La fibre influence pour 50 à 70% le coût de fabrication du fil; c'est pourquoi son prix est fonction de sa qualité (3). Dans la présente étude, l'analyse comparée des variétés du Brésil et des pays du C4 a montré une variation différentielle du niveau des caractéristiques technologiques de la fibre d'une année à une autre, d'un site à un autre: la longueur et la ténacité se sont montrées plus stables, l'indice micronaire et la brillance ont légèrement varié d'un site à l'autre tandis que la maturité, l'uniformité de la fibre, l'indice de fibres courtes ont été les plus variables. Les caractéristiques technologiques de la fibre sont d'une part déterminées par la variété et d'autre part influencées par l'environnement, les conditions culturales et la qualité de l'égrenage (4, 6, 9). Cependant, à cette échelle d'expérimentation, les niveaux de la plupart des caractéristiques étudiées sont satisfaisants au regard des normes recommandées par le marché international (5, 7, 15).

Les variétés africaines (FK37 et A 51 en tête) ont montré une supériorité sur les variétés brésiliennes en ce qui concerne les caractéristiques stables (variétales). Il est reconnu que les variétés africaines ont un bon niveau de ténacité, de micronaire et que la longueur de la fibre s'est améliorée, au-delà de la moyenne, ces dernières années (9, 13, 14). Toutes ces qualités combinées à une récolte manuelle ont permis aux cotons africains de bénéficier d'une bonne réputation et d'être vendus dans les gammes moyennes supérieures.

Les variétés brésiliennes qui ont été sélectionnées dans les conditions de culture du Brésil, se sont

montrées moins colorées que les variétés africaines et aussi plus intéressantes pour la maturité, l'uniformité et l'indice de fibres courtes. Il est rapporté (11) que la maturité est liée aux conditions d'alimentation hydrique tandis que l'uniformité des fibres est influencée par la maturité et les conditions d'égrenage. La colorimétrie est surtout influencée par les conditions depuis l'ouverture des capsules jusqu'à la production/conservation de la fibre. Ces caractéristiques sont liées aux conditions de production et leur importance dépend dans une certaine mesure du mode de filature.

Par rapport aux variétés du Brésil, les variétés africaines peuvent être surtout améliorées pour la colorimétrie; les acheteurs étant prêts à payer un prix élevé pour les fibres à la fois plus longues, plus fines, plus résistantes, blanches, brillantes et arrivées à maturité complète (9). Cette amélioration ne devra cependant pas se faire au détriment des acquis en termes de longueur et de ténacité des fibres des variétés africaines.

### Conclusion

La sélection variétale vise à développer des variétés répondant au mieux, et à la fois, aux exigences des producteurs (meilleure productivité au champ), de l'industriel (rendement fibre élevé) et du marché international (bonnes caractéristiques technologiques de la fibre).

Au plan des caractéristiques technologiques de la fibre, la plupart des variétés des pays du C4 ont montré des niveaux de caractéristiques acceptables dans la présente étude. Les variétés du Brésil BURITI voire BRS 286, combinent au mieux toutes les caractéristiques technologiques de la fibre. Par rapport à ces variétés, les variétés africaines, surtout A 51 et STAM 59 A, sont moins performantes au niveau de la couleur de leur fibre.

Dans l'objectif global d'améliorer les variétés des pays du C4 à partir de celles du Brésil, il ressort que, dans les conditions de culture du Burkina Faso, seule la variété BURITI combine à la fois des traits agro-morphologiques (2) et technologiques intéressants; A 51 (Tchad) et STAM 59A (variété régionale) en profiteront le plus sur tous les plans.

On retient que le coton africain a des acquis certains qui peuvent être encore améliorés par le relèvement des rendements au champ et l'application de meilleurs paquets technologiques de production et de conservation du coton graine comme de la fibre.

## Remerciement

Cet article est le deuxième d'une étude sur l'adaptabilité de variétés de coton du Brésil dans les pays du C4, cas du Burkina Faso. Nous

remercions très chaleureusement l'Embrapa-coton/Brésil pour avoir fourni les variétés évaluées et l'Agence Brésilienne de Coopération pour avoir financé l'étude à travers le projet C4.

## Références bibliographiques

- Berti F., Hofs J.L., Zagbai H.S. & Lebailly P., 2006, Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10**(4), 271-280.
- Bourgou L. & Sanfo D., 2012, Potential genetic benefits of using Brazilian cotton varieties to improve those cultivated in the C4 countries: 1. Analysis of major architectural and agronomic characteristics. *Trop.*, **30**(4) 243-248.
- Chakraborty K., Don Ethridge & Misra S., 2000, How different quality attributes contribute to the price of cotton, in: Proceedings of the Beltwide Cotton Research Conferences, *National Cotton Counc.*, **1**, 374-377.
- Clouvel P., Bachelier B., Cao T-V., Klassou C., Moussa A.A. & Thorr F., 2002, *Contribution à l'étude des déterminants de la qualité de fibre de coton au Cameroun*, in : *Savanes africaines: des espaces en mutations, des acteurs face à de nouveaux défis*. Actes du colloque 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun. 11 p.
- Dagris, 2007, *Le coton africain : un coton pas comme les autres*, in: La lettre de Dagris n° 25, 4 p.
- Dembélé S., 1987, Influence du climat sur les caractéristiques des fibres et des graines de coton (*Gossypium hirsutum* L.) au Mali. *Cot. Fib. Trop.*, **XLII**(3)181-199.
- Diallo L., 2008, *Analyse comparée des différentes politiques au Burkina Faso visant à différencier la qualité du coton pour mieux le valoriser sur le marché*. Thèse, Master of Science, CIHEAM-IAM MONTPELLIER. 194 p.
- Estur G., 2006, Le marché mondial du coton: évolution et perspectives, *Cah. Agric.*, **15**(1), 9-16.
- Estur G., 2008, *Organisation et performances des filières cotonnières africaines: qualité et commercialisation du coton fibre en Afrique*. Document pour la Banque Mondiale, 75 p.
- Gillham F.E.M., Bell T.M., Arin T., Mathews G.A., Lerumeur C. & Hearn A.B., 1995, *Cotton production prospects the next decade World bank Technical Paper. The World Bank editor: Washington*. Tome 287, 277 p.
- Guide du coton, nd, Incidence des propriétés de la fibre de coton sur les performances, la qualité et les coûts*. <http://www.intracen.org/guide-du-coton/incidence-des-proprietes-de-la-fibre-de-coton-sur-les-performances-la-qualite-et-les-couts/> consulté le 10/01/2013.
- Hitimana L. & Zoundi J.S., 2011, Approche régionale pour la dynamisation des filières cotonnières en Afrique de l'Ouest. *Glocal, Revue africaine sur le commerce et le développement*, N° 4 mars-avril, Numéro spécial sur le coton. Pp. 43-45.
- Sanfo D., 2010, *Synthèse de résultats sur les nouvelles variétés de cotonniers expérimentées au Burkina Faso*. Rapport aux Sociétés Cotonnières, 10 p.
- Sekloka E., Djaboutou M., Hougni A., Sinha M., Koueglo E. & Hounton T., 2006, *Amélioration génétique du cotonnier: essais multilocaux, amélioration génétique classique en station, amélioration génétique participative*. Rapport de campagne 2005-2006. 47 p.
- Uemoa, 2006, *Standards "Afrique" de qualité du coton fibre*. In: *Manuel qualité pour les filières UEMOA*. Guide technique N°3, Version 1. 40 p.

L. Bourgou, Burkinabè, DEA, Ingénieur agronome, Sélectionneur coton, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA).  
D. Sanfo, Burkinabè, DEA, Ingénieur de recherches, Sélectionneur coton, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA).

K.S. Diané, Burkinabè, Ingénieur en Agronomie, Sélectionneur coton, Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA).

# Le sésame dans le département d'Aguié au Niger: analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentialité

L. Andres<sup>1\*</sup> & P. Lebailly<sup>1</sup>

Keywords: Sesame- Diversification- Food system- Aguié- Niger

## Résumé

*Les conditions agro-écologiques sahéliennes et le contexte socio-économique constituent les principaux facteurs qui influencent la dynamique des systèmes de production agricole de la zone d'Aguié au centre du Niger. Dans cette région, l'augmentation de la pression démographique et la compétition pour les ressources naturelles entre les cultures et les animaux accentuent la pression foncière. Les faibles superficies par habitant engendrent un remaniement des systèmes agraires. Les agriculteurs privilégient des cultures à la fois vivrières et de rente. Pour eux, la diversification des cultures est une des stratégies de minimisation des risques et de sécurisation du foncier. Cet article étudie l'intérêt de la culture du sésame dans la région d'Aguié. Il a été réalisé à partir d'une revue bibliographique, de données des services techniques du département d'Aguié et d'enquêtes et d'observations auprès de producteurs et des organisations concernées. Il ressort que la culture du sésame constitue une opportunité pour sécuriser les besoins alimentaires et financiers des ménages locaux. De par la proximité de la région avec le Nigeria, cette culture est un atout économique pour les ménages; comme le prouve l'analyse de ses comptes d'exploitation.*

## Summary

### Sesame in the Department of Aguié in Niger: Analysis of a Crop with many Advantages in a High Potential Agricultural Area

*The Sahelian agro-ecological conditions and the socio-economic environment are the main factors that influence the dynamics of farming systems in the Aguié area in central Niger. In this region, increasing population pressure and competition for resources between crops and animals accentuate the pressure on land. Low surfaces per inhabitant generate a reorganization of agrarian systems. Farmers favor food crops than can be consumed and sold. Crop diversification is for them a strategy to minimize risk and secure the land. This article examines the interest of sesame cultivation in the Aguié region. It was carried out from a literature review, data of the technical services of the Aguié department, surveys and observations from producers and relevant organizations. It appears that the cultivation of sesame is an opportunity to secure food and financial needs of local households. Because of the proximity of the region with Nigeria, this crop is an economic asset for the households; as demonstrated by the analysis of its operating accounts.*

## Introduction

En 2010, la population du Niger atteint 15.203.822 millions d'habitants et présente un taux de croissance de 3,3%. Celui-ci est l'un des plus élevés au monde (11). Le secteur primaire contribue à 46,2% au Produit Intérieur Brut (PIB) aux coûts des facteurs. Ce secteur représente la principale source d'emplois pour les ménages nigériens, soit environ 80% de la population active

(12). Il est à noter que ce secteur est essentiellement informel. Il est dominé par les productions agricoles (mil, sorgho, niébé, arachide, oignon, souchet, sésame, gomme arabique) et les produits d'élevage (bétail sur pied, viande, cuirs et peaux) (17). Selon le Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel (RGAC), le nombre de ménages agricoles est estimé à 1.627.294 pour un

<sup>1</sup> ULg-Gembloux Agro Bio Tech, Unité d'économie et développement rural, Gembloux, Belgique.

\* Auteur correspondant: E-mail: landres@ulg.ac.be

Reçu le 26.06.12 et accepté pour publication le 02.05.13.



effectif total de 10.108.795. Les régions de concentration de cette population sont par ordre d'importance: Maradi (20,9%), Zinder (20,7%), Tahoua (18,4%), Tillabéry (17,4%), Dosso (13,4%), Niamey (4,5%), Diffa (2,4%) et Agadez (2%) (22). Par ailleurs, le secteur primaire fait face à des contraintes climatiques majeures caractérisées par l'irrégularité dans le temps et l'espace de la pluviométrie ainsi que par la forte concentration humaine dans les zones agricoles qui rendent très vulnérables les systèmes de production. Les systèmes de production nigériens sont fondés sur des associations culturales (cultures vivrières/cultures de rente) qui varient en fonction de la disponibilité des terres (densité humaine) et du niveau de fertilité des sols. Ce système est associé à de l'élevage domestique et/ou pastoral extensif. La dégradation des ressources naturelles (baisse de fertilité des sols, régression des ressources végétales ligneuses, désertification) et la pression foncière posent de réels problèmes aux producteurs. La terre devenant un facteur limitant et le régime de pluies étant de plus en plus imprévisible, la sécurisation de l'agriculteur passe nécessairement par la diversification des cultures associant des produits vivriers et de rente. Cette stratégie répond à un objectif de limitation des risques. Ainsi des cultures comme le sésame en raison de son adaptation au milieu, de ses besoins modestes (en eau et fertilisant), de son rendement et de sa demande sur le marché constitue une opportunité pour les producteurs. Le sésame se cultive essentiellement sur toute la bande sud du Niger dans les régions de Maradi (Aguié, Madarounfa et Guidan Roumdji), de Tillabéri (Tillabéri et Téra) et de Dosso. Sa production varie selon les années, mais se situe entre 40.000 et 50.000 tonnes (20). D'après Raymond *et al.* «Un potentiel existe et peut atteindre les 50.000 tonnes sur la base des superficies emblavées en 1996 avec des rendements de l'ordre de 300 kg/ha en milieu paysan» (21). De plus, l'existence d'importants marchés de collecte des produits agricoles destinés à l'exportation vers le Nigéria permet le développement de la commercialisation et l'écoulement du sésame. Il faut signaler que le département d'Aguié dispose d'atouts non-négligeables tels qu'un réseau routier important comparativement aux autres départements de la région et une proximité avec la frontière du Nigeria qui est le principal importateur du sésame nigérien. La culture du sésame est pratiquée depuis longtemps mais ce n'est que ces dernières années qu'elle a connu une expansion dans les exploitations agricoles qui diversifient les cultures selon leur disponibilité foncière et la zone agro-écologique. A Aguié, la superficie emblavée est

passée de 1.572 hectares en 2007 à 6.138 hectares en 2009 (4). Cependant, la culture du sésame fait face à des contraintes majeures parmi lesquelles on peut citer: la pression foncière, ce département présente des densités d'habitants supérieures à 100 habitants/km<sup>2</sup>; la taille du cheptel entraînant une forte compétition pour les ressources naturelles (terres agricoles, pâturage, flore, faune, eaux); la paupérisation des masses paysannes; les aléas climatiques; l'accès aux intrants et à la formation. L'ensemble de ces contraintes vulnérabilise d'avantage les systèmes de production et pose problème pour l'intensification de cette culture. Pour faire face à ces contraintes (foncières, climatiques, financières, édaphiques,...), les producteurs mettent en place des systèmes de cultures associatifs (entre 2 à 4 cultures sur une même parcelle). Selon le Recensement Général de l'Agriculture et de l'Elevage, l'association culturale représente la forme dominante d'occupation des terres au Niger (22). La présente étude tente de déterminer la place qu'occupe la culture du sésame dans le département d'Aguié et de la replacer dans son contexte environnemental et économique. Cet article a été établi en tenant compte de l'hypothèse que malgré une pression foncière très marquée dans le département d'Aguié, la culture du sésame a des possibilités de se développer face à la concurrence des autres cultures de rente et de l'élevage.

### Méthodologie

Entre 2008 et 2009, une enquête directive qualitative et quantitative a été menée dans le département d'Aguié. L'échantillon porte sur quelques producteurs du département d'Aguié. Cette enquête tente d'établir l'évolution de la culture du sésame par rapport au reste du système de production. Elle décrit et caractérise la culture du sésame au sein des exploitations agricoles. Elle a été réalisée à l'aide d'un document sur la réalisation d'une enquête par questionnaire. Les enquêtes ont débuté par un focus groupe permettant d'établir l'itinéraire technique de la culture du sésame. Ce focus groupe a été suivi par une enquête portant sur le système de production intégrant le sésame et l'établissement d'un compte d'exploitation. Des entretiens complémentaires ont été effectués dans les différents services techniques du Développement Agricole du Département d'Aguié. Ceux-ci ont permis de décrire plus amplement l'évolution de la culture du sésame dans ce département. Enfin, des entretiens ouverts avec les responsables d'une coopérative ont fait ressortir les atouts et les opportunités

qu'apporte l'intégration du sésame dans les systèmes de production. Les données sont comparées avec celles des rapports d'activités des services techniques du Développement Agricole du Département d'Aguié ainsi qu'avec celles d'études parallèles menées sur la filière sésame au Niger. De plus, un relevé des prix mensuel entre 2008 et 2009 a été effectué afin de montrer l'intérêt économique de cette spéculation. Ces relevés ont été réalisés sur deux marchés de collecte au Niger (Gazaoua et Bougouzawa) et deux marchés de regroupement au Nigéria (Dan Kama et Birnin Kouba). Les prix en Naira (monnaie nigériane) ont été transformés en Franc CFA à partir du taux de change suivant: 1 Naira est égal à 3,5 FCFA. Tandis que le taux de change entre l'euro et le FCFA est un euro égal à 655,957 FCFA (1). Les résultats de cette enquête et des observations ont fait l'objet d'une analyse descriptive sur Excel. Les résultats obtenus ont été complétés par une revue de littérature et des entretiens complémentaires avec des personnes ressources. De plus, une analyse ANOVA des prix récoltés sur les quatre marchés nigériens et nigériens a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS.

## Résultats et discussion

### Présentation de la zone d'étude: le département d'Aguié

Le Département d'Aguié est situé dans la partie Sud de la Région de Maradi, à 750 km de Niamey. Il est limité au Nord par le département de Mayahi, à l'Est par celui de Tessaoua, au Sud par la République Fédérale du Nigéria et à l'Ouest par les Départements de Madarounfa et de Guidan-Roundji (6). Il présente une superficie d'environ 2.800 km<sup>2</sup>, soit environ 0,22% du territoire national. Nonobstant cette faible superficie, il présente l'une des plus fortes densités humaines de la région après le département de Madarounfa. En 2009, ce département présente une densité de 126 hab/km<sup>2</sup>. Selon le Recensement Général de la Population effectué en 2001, la population du département est estimée à 273.926 habitants. Elle représente 2,54% de la population totale du Niger (13). En 2009, celle-ci est estimée à 354.030 habitants. Cette estimation est effectuée sur la base d'un taux d'accroissement annuel de 3,3% (11, 12). L'évolution de la population d'Aguié a presque doublé entre 1977 et 2001. Depuis les années 70, la densité moyenne de la population du département d'Aguié est onze fois plus élevée que la densité moyenne nationale (Tableau 1) (11, 13, 14, 15).

Le Département d'Aguié est une zone à vocation

essentiellement agricole. Cette vocation explique en partie l'augmentation de la densité humaine

**Tableau 1**  
Evolution de la population d'Aguié et du Niger au cours de ces trois dernières décennies.

Année	1977	1988	2001	2009
Densité d'Aguié (hab/km <sup>2</sup> )	44,7	61,8	97,8	126
Densité moyenne nationale (hab/km <sup>2</sup> )	4,02	5,7	8,5	11,31
Ratio terre cultivable/habitant à Aguié (hectare/habitant)	2,14	1,55	0,98	0,76

observée depuis un certain nombre d'années. La superficie cultivable représente 96% du territoire, soit environ 268.800 hectares. En 2000, l'espace de pâture est estimé, quant à lui, à environ 20.000 hectares parmi lesquels les forêts classées représentent plus de 14.000 hectares (6, 24). Avec un climat soudano-sahélien caractérisé par une saison des pluies allant de mai à octobre, il enregistre des hauteurs de précipitations variant de 350 mm au nord à 600 mm au sud (12). En 2008, on y cultive par ordre décroissant en termes de production la culture du mil, du sorgho, du sésame, de l'arachide, du niébé, du souchet, de l'oseille. La production agricole totale est estimée à 162.143 tonnes et la production de sésame représente 3.996 tonnes soit 2,5% du total (4). Tandis que le cheptel est principalement composé par ordre décroissant de caprins, ovins, bovins, asins, équins, camelins. Le nombre de têtes de bétail, toutes espèces confondues, ne cessent de croître concurrençant les cultures pour le partage des ressources naturelles. En 2009, le nombre de caprins et d'ovins par habitant s'élèvent à respectivement un caprin et un ovin par habitant. L'évolution croissante du nombre d'ovins et caprins s'explique par l'augmentation des périodes de sécheresse provoquant une insécurité alimentaire chez les ménages. Ceux-ci optent dès lors pour de plus petits ruminants qui nécessitent moins d'entretien et d'espace. Il est à noter que la possession de gros ruminants est un signe extérieur de richesse en milieu rural mais elle engendre des coûts supplémentaires d'un point de vue foncier telle que la disposition de résidus de récolte et d'aires de pâturage. Les camelins s'observent surtout chez les touaregs qui sont rares dans cette zone, environ 3,1% de la population totale de la région de Maradi. Le faible accroissement des ânes s'explique par le remplacement progressif des asins par le taxi « brousse » (véhicule, moto taxi) ou la charrette bovine (5, 12). La situation conjoncturelle d'insuffisance et de baisse de fertilité des terres mettent en compétition les hommes et les animaux

par rapport aux ressources naturelles. Parmi les forêts classées, environ 2.500 hectares sont ouverts à une exploitation agricole règlementée et contrôlée à travers le contrat de cultures (6). Le Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel confirme que la majorité des superficies en agriculture pluviale sont cultivées en association, elles représentent 95,5% des superficies contre 1,3% pour les jachères et 3,2% pour les cultures pures (22). La forte densité de population provoque une diminution annuelle moyenne de la superficie cultivée par habitant (3%). Elle atteint à peine 0,757 hectare/habitant en 2009 (Tableau 1), Cette situation ne manque pas de poser des problèmes d'accès aux ressources naturelles indispensables à la survie de ces populations (11, 13, 22). La forte densité humaine et l'évolution de structures sociales ont entraîné la réduction de la taille d'exploitation. Cette situation a entraîné l'exclusion des couches vulnérables par rapport à l'accès au foncier. Le département d'Aguié présente une zone d'étude reprenant l'ensemble des problèmes liés au développement de l'agriculture au Niger: pression démographique, problème foncier, dégradation des terres et conflits, proximité du Nigéria.

#### **Le sésame dans les systèmes de production de la zone d'étude**

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante herbacée de la famille des pédiatacées à tige quadrangulaire. A Aguié, elle se nomme Lamti en Haoussa et en Djerma. La hauteur de la plante varie selon les variétés entre 60 et 200 cm. Depuis 1300 avant Jésus Christ, l'Afrique de l'Est serait le premier centre de diversification du sésame. Cette plante aurait été diffusée par la suite en Afrique de l'Ouest. Pour ensuite migrer vers les Indes considérés comme le deuxième centre de diversification (18, 23). Il est à souligner qu'à l'exception des Etats-Unis et du Venezuela, le sésame est principalement cultivé par des petits agriculteurs des pays en développement (23). Les variétés du sésame cultivées se distinguent le plus souvent par la couleur du tégument de la graine blanc ou rouge. Cette couleur donne le nom à la variété sésame blanc ou sésame rouge. Selon Santens P., les variétés de sésame les plus usitées sont les variétés locales (*Ridi et Tabsoj*). L'optimum de température moyenne pour le sésame est de 20 °C, cette plante ne supportent pas les variations de températures. Sa pluviométrie pour son cycle végétatif est de 250 à 600 mm/an (23). D'après Malassis et Padilla: «Les systèmes de production agricole résultent du jeu des potentialités naturelles et des forces productives que l'homme applique pour les réaliser, le plus souvent l'initiative de l'homme l'emporte sur les déterminismes

géographiques» (19). Ainsi, Gafsi *et al.* ont établi une typologie des systèmes de production pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre où ils ont pu identifier huit types de systèmes de production. D'après ces auteurs, l'accroissement de la population a joué un rôle dans la diversification de ces systèmes par la hausse de la demande en produits vivriers. Cependant, ces systèmes ont des traits constitutifs communs caractérisés par: le facteur pluviométrique qui détermine la productivité dans chaque zone climatique; la disponibilité en terre et sa qualité. Parmi ces systèmes, le système de production agro-pastorale en zone sèche est typique de la zone d'Aguié (8). Cette typologie est basée sur les éléments suivants: une prédominance des céréales (mil, sorgho), des légumineuses (niébé), des petits ruminants; une pluviométrie située entre 300-600 mm/an; de multiples contraintes comme les aléas pluviométriques, la baisse de fertilité du sol, l'accès limité au foncier du fait de la forte croissance démographique, l'accès limité à l'eau d'irrigation pour diversifier et sécuriser la production. Ces systèmes sont situés sur des zones sableuses où 50 à 69% des terres sont cultivées. Les travaux agricoles sont effectués manuellement (houe, hilaire, daba, etc.) et/ou à l'aide de la traction animale (la houe, la hilaire, la daba, etc.). Néanmoins, la pauvreté des ménages d'Aguié limite l'accès aux intrants (engrais, produits phytosanitaires, semences améliorées) ce qui pose des réelles difficultés pour le maintien de la fertilité. Dans une étude de 2004, Yamba identifie cinq systèmes de production dans la zone d'Aguié: le système dominé par la culture du souchet; le système agro-forestier; le système agro-pastoral du sud-est; le système semi intensif du centre et le système méridional. Par ailleurs, cette étude fait remarquer que pour faire face à certaines contraintes (foncières, climatiques, financières, édaphiques), les producteurs mettent en place des systèmes de cultures associatifs (entre 2 à 4 cultures sur une même parcelle). En effet au sein de ces cinq systèmes, l'association culturale représente la forme dominante (96%) tandis que la monoculture et la jachère représentent respectivement 3% et 1%. Ces systèmes agraires reposent sur une logique de minimisation des risques et sur la recherche d'une sécurité alimentaire. Les différentes formes d'associations pratiquées sont: le mil-sorgho-niébé (68%); le mil-niébé (6%); le mil-sorgho-arachide (5%); les autres formes d'associations (21%) dans lesquelles se retrouve le sésame (22, 25). L'intégration des cultures de rente dans le système de production dans la zone d'Aguié est la conséquence de l'insuffisance des cultures vivrières à satisfaire les besoins alimentaires et à dégager un surplus

monétaire. Malgré la faible proportion du sésame dans la production des cultures de rente, l'évolution de la culture du sésame est en nette progression soit 296% entre 2006-2009. D'après Hamadou, «Les agriculteurs ont fait varier les associations de plantes cultivées afin de répondre à la création de nouveaux marchés au Nigeria, aux changements de prix et à l'introduction de nouvelles variétés résistantes à la sécheresse et à la diversification des revenus. Depuis un certain nombre d'années, le niébé a été substitué à l'arachide en tant que principale culture de rente et la culture du souchet a pris de l'importance dans certaines régions en raison de la forte demande provenant du Nigéria» (Figure 1) (10).

Comme le souligne Malassis et Padilla, le rapport entre les cultures vivrières et les cultures d'exportations dans les systèmes de production dépend de la complémentarité des espèces, de l'usage des intrants et de la force de travail. L'introduction d'une culture d'exportation fournit parfois des disponibilités monétaires qui permettent d'acheter les engrais dont profitent les cultures vivrières (19). Le système de production du sésame dans la zone d'Aguié est la résultante de plusieurs facteurs: la logique de diversification des cultures et du revenu, les conditions agro-écologiques, les conditions sociales et le marché. Toutefois, les possibilités de transformation et de consommation ne sont pas assez développées, elles ne concernent qu'une faible partie de la production. La transformation est surtout l'œuvre des femmes dans le cadre des activités génératrices de revenus, le sésame est transformé en biscuit sucré

ou salé et de petite unité de transformation d'huile. La consommation du sésame est utilisée comme substitut de l'arachide ou du «sombala», qui est un produit à base des grains d'oseille, mais aussi dans la sauce ou mélangé avec des feuilles d'oseille, des *ficus* SP, du *Moringa olifera* et du niébé. L'élément central de ce point est la perspective que le sésame est cultivé en association et diversifie les stratégies de survie mises en place par la population.

### L'itinéraire technique du sésame dans le département d'Aguié

Comme cité ci-dessus, le sésame se cultive majoritairement en association. Celui-ci peut se retrouver parmi plusieurs combinaisons. Les associations les plus fréquentes sont les combinaisons de trois produits tels que l'association mil-sorgho-sésame. Ces associations sont toujours accompagnées d'une céréale (mil, sorgho). Il est à noter que l'association de cinq cultures est peu fréquente étant donné la difficulté de gestion au niveau des cycles culturaux. Cependant, les exploitations de faible superficie pratiquent ce type d'association étant donné l'insuffisance de terres. Dans le cadre de nos observations, les principales cultures associées au sésame sont le mil, le sorgho, le niébé, l'arachide, l'oseille. Les différents travaux liés à la préparation du sol sont le défrichage et le nettoyage de la parcelle entre avril-mai ainsi que le labour à l'aide de la traction animale ou à la houe entre mai et juin. Les écartements et les interlignes dépendent du nombre de cultures associées dans la parcelle. Si

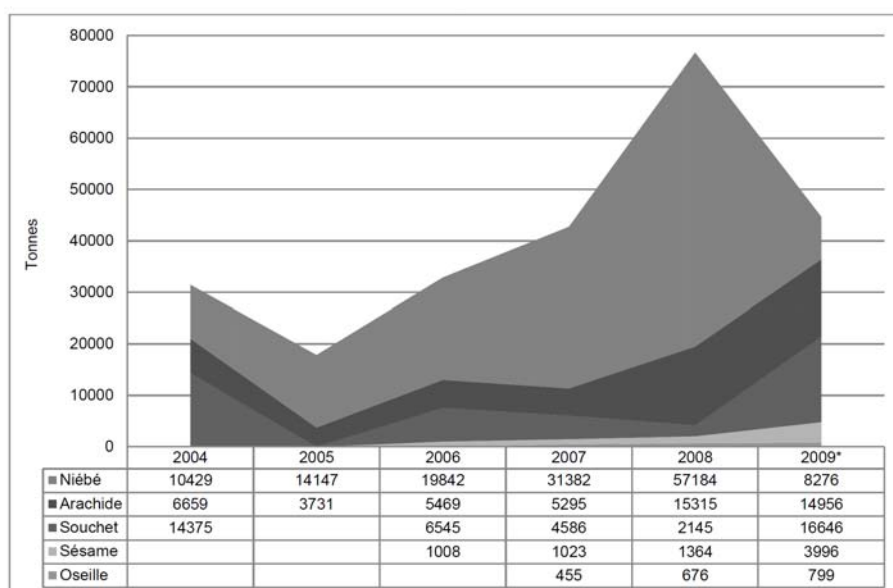


Figure 1: Evolution de la production des principales cultures de rente à Aguié.

le semis est effectué par poquet, l'écartement de ceux-ci varie de 0,75 à 1 m et les interlignes sont de 1 à 1,5 m pour l'association du sésame et d'une autre culture. Dans le cas où le sésame est associé à deux autres cultures, on retrouve 1 à 1,5 m d'écartement et 1 à 2 m d'interlignes. Pour les autres formes d'associations (quatre ou cinq), les lignes sont de direction opposée, elle s'appelle en Haoussa «gitchiyé», et les écartements et interlignes varient respectivement de 1,5 à 2 m et de 2 à 3 m. Les semences sont mélangées avec du sable mouillé afin de diminuer la densité des plantules par poquet. Le poquet se fait à l'aide de la daba, il est d'une profondeur de quelques centimètres. Cette pratique permet de faciliter leur croissance avant le démariage. Le semis à la volée est généralement pratiqué dans le cadre de culture de case sur une faible portion de la concession des ménages. Tandis que le semis en ligne est parfois pratiqué, il dépend de l'installation de la saison pluvieuse en juin-juillet. Toutefois, le semis le plus pratiqué à Aguié est le semis par poquet. En monoculture, les écartements entre les poquets varient de 0,5 à 1 m et les interlignes de 0,5 à 1 m. Le sarclobinage a lieu 10 à 15 jours après le semis, il s'effectue dès l'apparition des premières adventices. Celui-ci se réalise avec l'hilaire durant le mois de juillet-août. Le démariage intervient quand le sol est humide pendant ou après le sarclage. Cette opération consiste à laisser entre 3 et 5 plants par poquet. Le démariage varie en fonction de la densité de semis par poquet. Si le semis est effectué à l'aide de sable, le démariage n'est généralement pas nécessaire. La culture du sésame est l'une des moins exigeantes en fertilisants, on y applique une fumure organique ou minérale. A Aguié, l'apport d'engrais par poquet appelé «ga naka» en Hausa se réalise à faible dose. La fertilisation s'effectue juste après les premières pluies et succèdent au démariage. Les engrais les plus utilisés sont importés du Nigéria à partir de circuit informel et sont vendus sur le marché et/ou dans les villages auprès de détaillants. L'insuffisance de moyens de financement contraint les paysans à acheter de petites doses de fertilisant auprès de petits détaillants. L'unité de mesure, la Tia, représente approximativement 2,2 à 2,5 kg. Les types d'engrais rencontrés sur les marchés sont: NPK 15-15-15 (Golden); NPK 15-15-15 (Soumbouka); NPK 20-10-10 (Golden); Urée; DAP; triple phosphate. La quantité d'engrais de fond recommandé par hectare est de 50 kg de SSP ou de 100 kg de NPK 15-15-15 et la quantité d'engrais de couverture est de 25 kg d'urée. Lors de notre enquête, il est ressorti que les fumures organiques n'arrivent pas à couvrir les besoins de fertilisation des cultures. En outre, la

culture du sésame n'est pas à l'abri des ravageurs et maladies (champignons et insectes nuisibles). D'après Amoukou Amadou, le *Macrophomina* sp. et le *Fusarium* sp. peuvent affecter entre 2 et 11% des cultures (2). L'infestation la plus fréquente observée ces dernières années par les agriculteurs est celle de la chenille, des termites et des fourmis. Les chenilles attaquent les feuilles pendant la période de floraison alors que les termites et les fourmis attaquent le sésame pendant la récolte et au moment du séchage. La lutte contre ces ravageurs s'effectue à l'aide d'un traitement phytosanitaire généralement inaccessible aux petits producteurs. Le paysan achetant ce type de produit s'approvisionne au Nigéria et dispose de leurs appareils de pulvérisation provenant du Nigéria. La lutte contre les termites et les fourmis est réalisée grâce à du poison en poudre appliqué lors du séchage.

La récolte intervient 3 à 4 mois après le semis et la maturité de la plante s'observe par le changement de couleur des feuilles et des capsules, elles deviennent jaunâtres ainsi que par l'arrêt total de la floraison. La récolte se fait en quatre étapes: fauchage, séchage, battage et vannage. Le fauchage s'accomplit au couteau ou à la faucille. Toutefois, la récolte des capsules peut s'effectuer à la main et est dès lors échelonné selon la maturation des capsules. Le sésame fauché est assemblé en fagots ou en tas dans un hangar où il est séché. Le lieu de séchage est traité avec du poison en poudre afin de lutter contre les ravageurs (fourmis, termites et autres insectes). Le séchage du sésame dure deux à trois semaines. Le battage, qui est l'action qui permet de libérer les graines des capsules, est suivi du vannage qui consiste à séparer les graines des impuretés (Figure 2).

L'itinéraire technique coïncide avec le cycle cultural des plantes associés aux sésames (sorgho, mil, ...), il permet d'entreprendre des travaux similaires aux mêmes moments au sein du système de production pour diminuer le temps de travail sur une parcelle. En outre, comme nous le verrons ci-dessous, la faible demande en fertilisant joue un rôle économique mais l'apport de fertilisant, même insignifiant, bénéficierait aux développements de cultures dites vivrières (mil, sorgho). La culture du sésame se trouve être moins exigeante en intrants et s'adapte très bien aux systèmes associatifs sahéliens. En outre, les intrants dont le sésame a besoin bénéficie aux cultures associées et augmente le rendement de ces cultures ainsi que la fertilité du sol. Malgré une pression foncière de plus en plus accentuée dans le département d'Aguié, la culture du sésame est soutenue par une forte demande provenant du Nigéria; la faible exigence

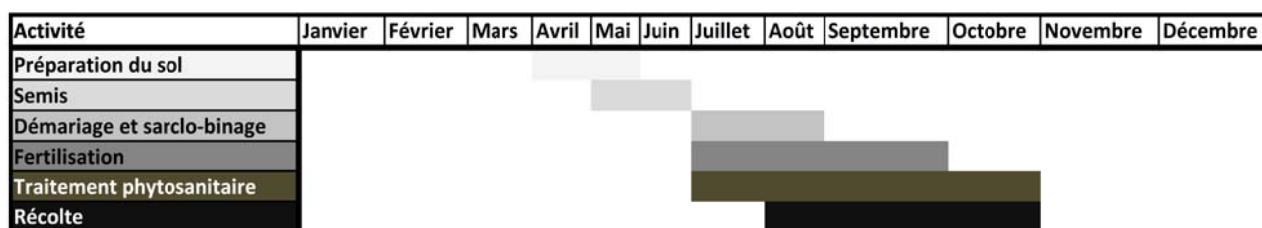


Figure 2: Calendrier culturel du sésame dans le département d'Aguié.

Tableau 2  
Prix du sésame récoltés sur certains marchés de collecte et regroupement à Aguié et au Nigéria.

Prix moyen entre décembre 2008 et décembre 2009	Marché de collecte de Gazaoua	Marché de collecte de Bougouzawa	Marché de regroupement de Dan Kama	Marché de regroupement du Birnin Kouka	Moyenne des prix totaux
Moyenne	336	363	396	370	366
Ecart type	22,84	31,67	34,35	26,15	35,4

d'un point de vue des intrants; la possibilité d'une transformation locale du produit; l'appui de différentes institutions (organisations paysannes; ONG, ...).

### Les atouts économiques du sésame

Dans la zone d'Aguié, le rendement du sésame est déterminé à partir de nombreux facteurs: le système de culture, l'itinéraire technique, les variétés utilisées et la fertilité du sol. Selon nos enquêtes, en culture pure, le rendement moyen du sésame est de 600 kg/hectares.

Celui-ci corrobore le rendement du Ministère d'Agriculture et de l'Élevage à Aguié, avec 651 kg/ha. Tandis que pour les associations, le rendement moyen est de 300 kg/ha. Selon la FAO (2012), les rendements moyens mondiaux sont de 516,4 kg/ha. Alors que les rendements les plus élevés sont réalisés en Afrique de l'Est (665,8 kg/ha). Le Niger présente un meilleur rendement (511,6 kg/ha) que celui d'Afrique de l'Ouest (437,9 kg/ha).

Les rendements les plus élevés en Afrique de l'Ouest se retrouvent au Bénin avec 769,2 kg/ha (7). Étant donné que la majorité des exploitations pratique l'association culturale, nous utiliserons le rendement de 300 kg/ha pour le calcul du compte d'exploitation. Le sésame est un produit très demandé au niveau du Nigéria cela se traduit par des prix rémunérateurs et attractifs pour les agriculteurs (3). Les prix ont été analysés à partir de relevés mensuels sur deux marchés de collecte nigériens (Gazaoua et Bougouzawa) et deux marchés de regroupement au Nigeria (Dan Kama et Birnin Kouba). Les prix moyens mensuels du

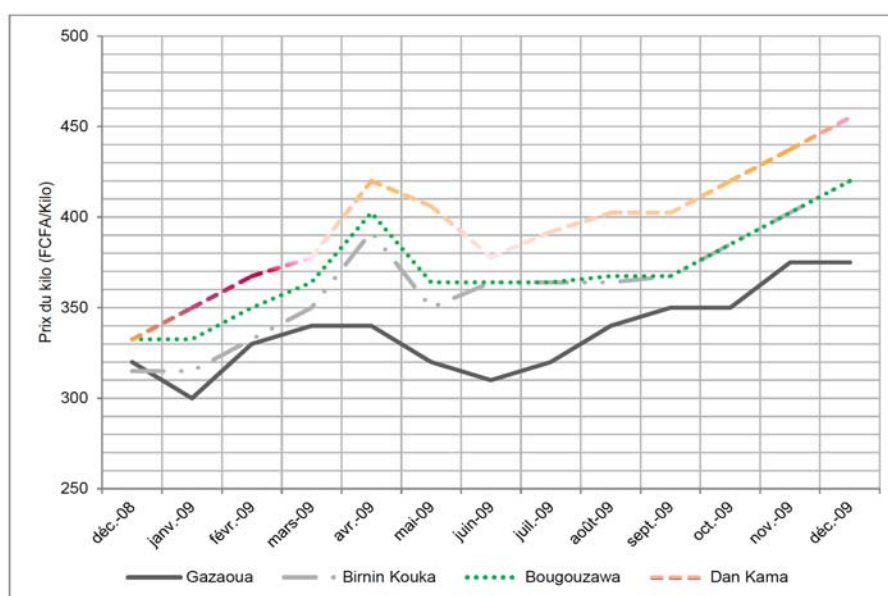
sésame sur les marchés frontaliers situés au Nigéria sont supérieurs à celui du marché de Gazaoua et Bougouzawa. Cependant, l'analyse ANOVA démontre que les prix ne sont pas significativement différents entre les quatre marchés ainsi qu'entre les marchés nigériens et nigériens (Tableau 2).

Entre 2008 et 2009, l'évolution annuelle des prix est caractérisée par une croissance moyenne d'environ 28%. L'accroissement annuel est nettement plus élevé dans les marchés de regroupement du Nigéria (33% et 37%) et de Bougouzawa (26%) que celui de Gazaoua (17%). Ces prix élevés et attractifs pour les producteurs sont confirmés par une étude de 2006 sur la culture du sésame à Aguié (Tchadoua), ceux-ci varient entre 300 et 450 FCFA/kg (8) (Figure 3).

Le compte d'exploitation a été évalué à partir des données recueillies lors de notre enquête durant la période de 2008-2009. Nos calculs sont corroborés par la littérature qui affirme que le sésame présente un intérêt économique pour les exploitations agricoles d'Aguié (16, 21). Les bénéfices dégagés permettent aux ménages d'assurer leur sécurité alimentaire et de minimiser les risques d'une mauvaise année pour les produits vivriers. Cependant, il est à remarquer que le manque d'accès aux intrants de qualité notamment le coût élevé des engrais ne permet pas aux ménages d'acquiescer ceux-ci influençant dès lors le rendement qui détermine le bénéfice de l'exploitation (Tableau 3). À l'échelle des ménages, le sésame contribue à l'équilibre économique mais au-delà à l'équilibre alimentaire. De plus, il permet de dégager des bénéfices non-négligeables et d'être utilisé par les

**Tableau 3**  
Compte d'exploitation de la production du sésame en 2008-2009.

Compte d'exploitation pour la production du sésame en système extensif avec fumure minérale	Montant (FCFA/hectare) de notre enquête système semi-intensif
Défrichage	3500
Labour	8500
Semis	4000
Démariage	5500
Sarclo-binage	5500
Engrais (100 kg)	16000
Traitement phytosanitaire	500
Récolte (fauchage, séchage, battage, vannage)	5000
<b>Total des charges</b>	<b>48500</b>
Vente de sésame	300 kg*366 FCFA/kg
<b>Total produit (par hectare)</b>	<b>109800</b>
<b>Résultats (bénéfices/ha)</b>	<b>61300</b>
Résultat (bénéfice/tonne)	204333
<b>Coût de production (FCFA/kg)</b>	<b>162</b>



**Figure 3:** Evolution des prix sur quatre marchés de collecte et de regroupement au Niger et Nigéria.

femmes pour des activités génératrices de revenus comme la vente de biscuits et/ou d'huile. L'association culturale est un impératif afin de lutter contre la dégradation et la pression sur les terres mais aussi pour que les autres cultures associées bénéficient des fertilisants et des produits phytosanitaires.

### Conclusion et recommandations

Dans le département d'Aguié, la forte concentration humaine et le problème de pâturage accentuent la pression sur les ressources naturelles obligeant les producteurs à adapter des systèmes de cultures

associées sur de petites superficies comme ceux associés au sésame. Toutefois, certaines contraintes doivent être relevées afin de diffuser plus amplement le sésame: la recherche de variétés plus productives et leur diffusion; l'encadrement des producteurs; la standardisation du produit pour l'exportation. L'accès aux intrants devrait être la première priorité afin d'accroître la culture du sésame au sein des systèmes de cultures associées. L'introduction de cette culture dans les systèmes de production permet de diminuer les risques d'insécurité alimentaire mais aussi d'intensifier et d'augmenter la productivité sur

de faible superficie. Cependant, une étude plus approfondie sur la filière d'écoulement de ce produit doit être réalisée pour intégrer toutes les contraintes à la vision systémique explicitée ci-dessus.

## Remerciement

Nos remerciements vont à la Commission Universitaire au Développement et à la Direction Générale au Développement belge sans qui ces recherches n'auraient pu aboutir.

## Références bibliographiques

1. Agence Monétaire de l'Afrique de l'Ouest, 2009b, *Rapport mensuel sur les taux de change des monnaies de la CEDEAO septembre 2009, Sierra Leone, Freetown*: Rapport mensuel de l'AMAO, octobre 2009, 24 p.
2. Amoukou Amadou I., 1995, *Le sésame étude diagnostique*. Niger, Niamey: Université Abdou Moumouni de Niamey, 68 p.
3. CILSS, CSAO, FEW-NET, OCHA, PAM, RESIMAO, UNICEF, 2006, *Sécurité alimentaire et échanges transfrontaliers dans la zone de Kano, Katsina et Maradi*. Rapport de mission conjointe, 51 p.
4. Direction Départementale du Développement Agricole d'Aguié, 2009, *Rapports d'activités de la direction départementale du développement Agricole*. Niger, Aguié: *Direction du développement Agricole*.
5. Direction Départementale de l'Élevage et des Industries Animales d'Aguié, 2009, *Rapports d'activités de la direction départementale de l'élevage et des industries animales*. Niger, Aguié: *Direction de l'élevage et des industries animales*.
6. Dramé Yayé A. & Berti F., 2008, Les enjeux socio-économiques autour de l'agroforesterie villageoise à Aguié. *Tropicultura*, 26(3), 141-149.
7. FAO, 2012, *Statistiques sur la production de sésame entre 2005 et 2009*. Italie, Rome: FAOSTAT. Disponible sur le site <http://faostat.fao.org>, le 3 mai 2012.
8. Gafsi M., Dugue P., Jamin J.-Y. & Brossier J., 2007, *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'ouest et du centre*. France, Paris: Editions Quæ, 472 p.
9. Habibou I., 2006, *Etude de la filière Sésame dans la zone d'intervention du Projet de Promotion des Initiatives Locales pour le Développement d'Aguié (PPILDA): cas de la zone de Gawaro Sud Tchadoua (Aguié)*. Niger, Niamey: Université Abdou Moumouni de Niamey, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de maîtrise en géographie. 71 p.
10. Hamadou S., 2000, *Evolution à long terme des productions agricoles, des systèmes commercialisation et des prix des produits dans la zone de Maradi*, Drylands Research Working Paper 32, Drylands Research, Crewkerne, Somerset, Royaume-Uni. [www.drylandsresearch.org.uk/pdfs/WP\\_Seyni\\_Markets.pdf](http://www.drylandsresearch.org.uk/pdfs/WP_Seyni_Markets.pdf), consulté le lundi 30 mai 2011 à 13h23.
11. INS-Niger, 2010a, *Population du Niger estimé 2010*, Niger, Niamey: INS-Niger, 1 p.
12. INS-Niger, 2008, *Annuaire des statistiques du Niger 2003-2007*. Niger, Niamey: INS-Niger, 231 p.
13. INS-Niger, 2001, *Recensement Général de la Population et de l'Habitat au Niger en 2001 (RGP/H 2001)*. Niger, Niamey: Institut National de la Statistique au Niger en 2001, 137 p.
14. INS-Niger, 1988, *Recensement Général de la Population et de l'Habitat au Niger en 1988 (RGP/H 1988)*. Niger, Niamey: Institut National de la Statistique au Niger en 1988.
15. INS-Niger, 1977, *Recensement Général de la Population et de l'Habitat au Niger en 1977 (RGP/H 1977)*. Niger, Niamey: Institut National de la Statistique au Niger en 1977.
16. Iro S., 2009, *Rapport de suivi de la mise en œuvre du plan d'actions de Bruxelles en faveur des pays les moins avancés (PMA)*. Niger, Niamey: République du Niger, Ministère de l'économie et des finances, 22 p.
17. Karimou M. & Atikou A., 1998, *Les systèmes agriculture-élevage au Niger in improving Crop-Livestock Systems pp. 78-97, in: the Dry Savannas of West and Central Africa*. Tarawali G. and Hiernaux P., Nigeria, Ibadan: IITA, Reports from the Workshop on Crop-Livestock systems in the dry savannas of West and Central Africa, 22-27 November 1998.
18. Magha I., 2004, Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des mils, sorgho, niébé et sésame menacées de disparition au Niger. p. 77-94, in: *Besançon G. et Pham J-L. IRD Eds.*
19. Malassis L. & Padilla M., 1986, *Economie Agro-Alimentaire (Tome III): L'Economie Mondiale*. Editions CUJAS, Paris, 449 p.
20. Ministère de l'Agriculture et de l'élevage du Niger, 2010, *Résultat de l'enquête EPER 2008*. Niger, Niamey: Direction des statistiques agricoles.
21. Raymond A., Laouli I. & Adam T., 1999, *Etude sur la facilitation du commerce couvrant les filières agricoles*. Niger: République du Niger, Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, rapport final du projet de promotion des exportations agro-pastorales, 128 p.
22. République du Niger, 2007, *Recensement Général de l'Agriculture et du Cheptel RGAC 2005-2007*. Volet Agriculture. Niger, Niamey: République du Niger, Résultats définitifs, volume IV, 75 p.
23. Santens P., 1980, *Agriculture spéciale: Sésame, Voandzou, Fonio, Kolo*, Institut Pratique de Développement Rural. Fascicule 13, 22 p.
24. Service d'environnement du département d'Aguié, 2009, *Rapport d'activités du service d'environnement d'Aguié*. Niger, Aguié: Service d'environnement.
25. Yamba B., 2004, *Les mutations des systèmes agraires et des modes d'usage des ressources naturelles dans la zone centrale du Niger*, pp. 97-110, in: *Revue de géographie alpine*, 92, 1.

L. Andres, belge, Bio-ingénieur en orientation agronomie tropicale, Doctorant au sein de l'unité d'économie et développement rural de l'ULg-Gembloux Agro Bio Tech., Passage des déportés, n°2, 5030 Gembloux, Belgique.

P. Lebailly, belge, Professeur au sein de l'unité d'économie et développement rural de l'ULg-Gembloux Agro Bio Tech. Passage des déportés, n°2, 5030 Gembloux, Belgique.



# La fertilisation azotée du blé en Tunisie: évolution et principaux déterminants

M. Annabi<sup>1\*</sup>, H. Bahri<sup>2</sup>, O. Béhi<sup>3</sup>, D. Sfayhi<sup>1</sup> & H. Cheikh Mhamed<sup>1</sup>

Keywords : Nitrogen fertilization- Wheat- Yield- Rainfall- Tunisia

## Résumé

L'azote (N) est un élément essentiel pour la production des céréales. L'objectif de ce travail est d'étudier à partir des statistiques nationales l'évolution au cours du temps de l'utilisation des engrais azotés par la culture de blé en Tunisie et de relier cette utilisation aux rendements obtenus et à la pluviométrie. Les résultats ont montré que le blé est la culture la plus consommatrice en engrais minéraux azotés en Tunisie avec une moyenne de  $51300 \pm 19500$  tonnes.N.an<sup>-1</sup> et une vitesse d'augmentation de cette consommation de 1600 tonnes.N.an<sup>-1</sup>. Avant le semis, l'azote est apporté avec le phosphore sous forme de phosphate diammonique puis sous forme d'ammonitrate agricole au cours de la croissance de la culture. La quantité totale d'azote minéral apportée explique d'une façon significative les rendements en grains de blé ( $p < 0,01$ ). L'apport de l'ammonitrate est variable en quantité, en fréquence et au niveau de la date d'application et ceci en relation avec les conditions climatiques, essentiellement la pluviométrie. Ainsi, une corrélation positive ( $p < 0,01$ ) est notée entre le facteur partiel de productivité dû à l'engrais azoté et la pluviométrie totale durant le cycle de la culture du blé.

## Summary

### Wheat Nitrogen Fertilization in Tunisia: Trends and Main Determinants

Nitrogen (N) is essential for cereal production. The aim of this work is to study from the national statistics the evolution over time of nitrogen fertilizer use in wheat crop in Tunisia and to relate this consumption to wheat yields and to rainfall patterns. The results showed that wheat is the larger user of mineral nitrogen fertilizer in Tunisia with an average of  $51300 \pm 19500$  tons.N.yr<sup>-1</sup> and an increase rate of 1600 tons.N.yr<sup>-1</sup>. Nitrogen is provided as diammonium phosphate (DAP) before seeding and then as ammonium nitrate during the crop cycle. The total amount of mineral nitrogen spread contributes significantly to the wheat grain yield ( $p < 0.01$ ). The spreading of ammonium nitrate is variable in quantity, frequency and date of application, and is highly influenced by annual climatic conditions, essentially the total amount of rainfall. A positive relationship ( $p < 0.01$ ) was observed between partial factor productivity for N-fertilizer and the rainfall during wheat growing cycle.

## Introduction

En Tunisie, l'augmentation de la production de blé passe impérativement par l'intensification des systèmes céréaliers puisque le potentiel d'extension des surfaces labourables est limité (3). L'utilisation des engrais minéraux se trouve en premier plan dans le processus d'intensification puisque ces derniers permettent une meilleure expression des génotypes végétaux à haut rendement contribuant ainsi pour presque la moitié de la production mondiale en grains (8).

Les plantes puisent l'azote dans le sol sous forme de nitrates ou d'ammonium (20). La quantité d'azote minéral fourni par les matières organiques

du sol est variable essentiellement en fonction du climat, du type de sol et des systèmes de cultures (17) et le recours aux apports d'engrais minéraux azotés est souvent nécessaire pour satisfaire les besoins des cultures (12, 20).

Durant les cinquante dernières années, l'utilisation des engrais azotés de synthèse en agriculture a progressé régulièrement ce qui a induit un accroissement significatif de la production végétale (12, 19). Ainsi, les quantités des engrais azotés utilisés dans le monde et en Afrique du Nord ont augmenté respectivement de 900% et de 650% entre 1960 et 2009 (7). L'urée étant l'engrais azoté le plus utilisé dans le monde (7).

1 INRAT, rue Hédi Karray Ariana, Tunisie.

2 INRGREF, rue Hédi Karray Ariana, Tunisie.

3 INAT, rue Charles Nicolle -Tunis- Mahrajène Tunisie.

\* Auteur correspondant : .Email: mannabi@gmail.com..

Reçu le 14.02.12 et accepté pour publication le 03.05.13.

L'azote est disponible pour la plante rapidement après son application au sol. Cependant, l'efficacité de l'utilisation de l'azote par les cultures dépend d'autres facteurs de production, essentiellement la disponibilité de l'eau et des nutriments dans le sol et la présence des mauvaises herbes (12). En Tunisie, l'efficacité de l'utilisation de l'azote des engrais par les céréales est notoirement basse, moins de 30% (11, 13, 18), et toute amélioration de ce coefficient est importante vu les quantités importantes des engrais minéraux azotés utilisés en agriculture tunisienne.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution au cours du temps de l'utilisation des engrais minéraux azotés pour la culture de blé (blé dur et blé tendre) au niveau des différentes régions céréalières de la Tunisie et de mettre en relation cette utilisation aux rendements obtenus, à la pluviométrie ainsi qu'aux pratiques des agriculteurs

### Origine et traitement des données

Les quantités d'engrais minéraux azotés utilisés pour la fertilisation de la culture du blé (blé dur et blé tendre), les superficies fertilisées par ces engrais, la répartition de ces quantités au cours du

cycle du blé ainsi que les rendements en grains récoltés ont été fournis par le ministère chargé de l'agriculture en Tunisie et ce depuis la campagne agricole 1979/1980. Les quantités d'engrais azotés fabriqués en Tunisie ou importés d'autres pays ont été fournies par le ministère tunisien chargé du commerce et de l'industrie.

Les données de la pluviométrie mensuelle de chaque gouvernorat ont été collectées des annales de l'Institut National de la Météorologie depuis 1979.

L'ensemble des données collectées ont été classées par grande région: la région Nord (gouvernorats de Tunis, Ariana, La Manouba, Ben Arous, Nabeul, Zagouhan, Bizerte, Béja, Jendouba, El Kef et Silana) est située au nord de la dorsale et est caractérisée par un climat subhumide à semi-aride (Figure 1), la région Centre (gouvernorats de Sousse, Mehdiya, Monastir, Kairouan, Sidi Bouzid, Sfax, Kasserine et Gafsa) est une région de steppes avec un climat semi-aride et la région Sud (gouvernorats de Gabès, Médenine, Tataouine, Kébili et Tozeur) est caractérisée par un climat aride.



Figure 1: Carte de la Tunisie avec les trois grandes régions (nord, centre et sud) et les principales isohyètes.

## Résultats

### Production du blé en Tunisie

En Tunisie, le blé dur occupe 85% des superficies totales destinées à la culture de blé qui sont de l'ordre de  $925000 \pm 125000$  ha. Le blé tendre est l'autre espèce cultivée sur  $134000 \pm 30000$  ha. La conduite culturale, notamment pour la fertilisation, est similaire pour ces deux espèces de blé.

Au Nord de la dorsale tunisienne, les superficies semées annuellement en blé sont quasi constantes ( $616000 \pm 36000$  ha) alors qu'une variation importante des superficies semées est observée au Sud de la dorsale ( $322000 \pm 147000$  ha) en raison de l'installation fréquente d'un déficit hydrique précoce dans cette région (15).

Le rendement national moyen du blé dur est de  $14 \pm 4$  qx.ha<sup>-1</sup> alors que celui du blé tendre est de  $16 \pm 5$  qx.ha<sup>-1</sup>. Toutefois, ce rendement est plus élevé au Nord du pays ( $18,4 \pm 3,8$  qx.ha<sup>-1</sup>) qu'au Centre et au Sud ( $11,3 \pm 4,7$  qx.ha<sup>-1</sup>). Cette variation est due aux conditions bioclimatiques et culturales plus favorables au Nord qu'au Centre et au Sud du pays. Une progression significative ( $r=0,730$ ;  $p < 0,01$ ;  $n=30$ ) du rendement en blé est observée depuis 1980, avec une vitesse de progression de  $+0,34$  qx.an<sup>-1</sup>.

### Fabrication des engrais azotés en Tunisie

En 1983, le Groupe Chimique Tunisien (GCT) a installé une unité de fabrication d'ammonitrate (AN) à Gabès (Sud-Est de la Tunisie) dans le but de satisfaire le besoin national en engrais azotés et d'exporter environ  $15000$  tonnes.an<sup>-1</sup> d'ammonitrate poreux à usage non-agricole. L'ammoniac, qui est la matière première pour la fabrication de cet engrais, est totalement importé. Les quantités d'AN agricole produites sont de l'ordre de  $150000$  tonnes.an<sup>-1</sup>. Une grande partie (60 à 100% selon les années) de ces quantités est utilisée sur les sols tunisiens qui reçoivent exclusivement ce type d'engrais azoté depuis la création de l'unité de production de Gabès jusqu'en 2006 lorsque cette unité a arrêté son activité pour des raisons de sécurité. A partir de cette date, le GCT a été obligé d'importer de l'urée et de l'ammonitrate-sulfate pour satisfaire les besoins nationaux. En 2009, l'usine de Gabès a repris sa production suite à l'amélioration des conditions de stockage et de distribution de l'AN.

En plus de la production d'AN, le GCT produit le diammonium phosphate (DAP) qui est un engrais binaire à base de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (46%) et de NH<sub>4</sub> (18%). Environ 80% de la production de cet engrais est

destinée à l'exportation. L'évolution des quantités d'AN agricole et du DAP commercialisées en Tunisie est illustrée dans la figure 2.

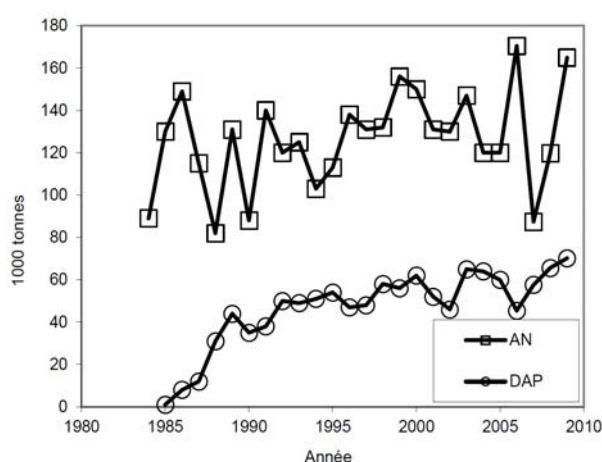


Figure 2: Evolution de la commercialisation en Tunisie de l'ammonitrate agricole (AN) et du diammonium phosphate (DAP) fabriqués par le GCT.s.

### Utilisation des engrais azotés pour la culture du blé

Les champs de blé cultivés au Nord et au Centre de la Tunisie reçoivent deux formes d'engrais contenant de l'azote. Avant le semis (mi-novembre à mi-décembre), les agriculteurs apportent le DAP comme engrais de fond avec une dose moyenne de  $150$  kg ha<sup>-1</sup> (1). Cet apport de DAP est important pour un bon démarrage de la culture (effet starter). A l'échelle nationale, 55% des champs de blé reçoivent cet apport initial. La quantité d'azote provenant du DAP n'a pas varié depuis 1990 et elle est de l'ordre de  $10000 \pm 1000$  tonnes N.an<sup>-1</sup> (Figure 3).

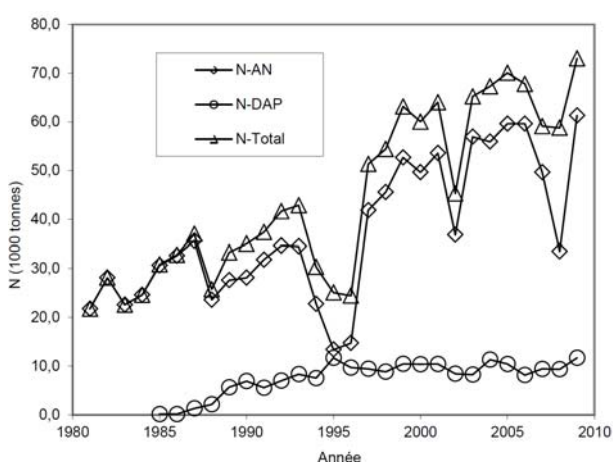


Figure 3: Evolution de la quantité d'azote minéral utilisé pour la culture du blé en Tunisie.

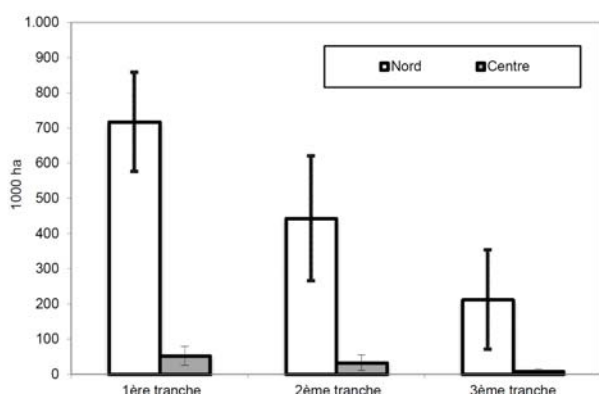
Au cours du cycle de la croissance du blé, l'azote est apporté sous forme d'engrais azoté simple, exclusivement sous forme d'AN (sauf en 2007 et 2008 où l'urée et l'ammonium sulfate ont substitué l'AN). Les quantités d'azote provenant de l'AN fluctuent d'une année à une autre. Elles varient entre 20000 tonnes N au début des années 1980 à plus que 60000 tonnes N dans les années 2000 (Figure 3).

En moyenne  $51500 \pm 19500$  tonnes N sont utilisées durant chaque campagne agricole pour la fertilisation azotée du blé. Néanmoins, une augmentation significative de l'utilisation de l'azote pour la culture du blé est observée au cours du temps ( $r=0,855$ ;  $p<0,01$ ;  $n=29$ ) avec une vitesse moyenne de  $+1600$  tonnes  $N.an^{-1}$  (Figure 3). Cette augmentation est due à l'utilisation de plus en plus importante des engrais azotés sur une superficie cultivée quasi-invariable.

### Apports en fertilisants azotés sur les blés en Tunisie

Mis à part l'apport d'azote avant le semis sous forme de DAP, entre 75 et 100% des champs de blé au Nord et au Centre du pays reçoivent un premier apport d'engrais azoté sous forme d'AN (en moyenne de  $30 \text{ kg N.ha}^{-1}$  en pluvial) (Figure 4). Ce premier apport est appliqué au stade 3-6 feuilles, ce qui coïncide généralement avec le mois de janvier pour les années pluvieuses. Cet apport peut être retardé jusqu'à la fin du mois de février pour les années à faible pluviométrie automnale et hivernale. Dans la région du Centre, ce premier apport peut être totalement supprimé durant les années à pluviométrie automnale déficitaire.

La date du deuxième apport dépend des conditions climatiques, il est effectué au stade tallage qui



**Figure 4:** Superficie de terres cultivées en blé (au nord et au centre du pays) qui ont reçu les différentes fractions de fertilisation azotée.

coïncide généralement avec le début du mois de mars lorsque l'hiver est pluvieux et la fin-mars-début-avril lorsqu'un déficit hydrique s'installe durant l'hiver. Ce deuxième apport est appliqué à une dose recommandée de  $40 \text{ kg N.ha}^{-1}$  en pluvial et concerne en moyenne 70% et 20% des superficies en blé du Nord et du Centre de la Tunisie respectivement (Figure 4). Un troisième apport, à une dose moyenne de  $30 \text{ kg N.ha}^{-1}$ , est appliqué au stade montaison qui coïncide généralement avec fin-mars-début-avril et il concerne 40% et 10% des champs de blé respectivement au Nord et au Centre du pays. Ce troisième apport est annulé durant les années où le printemps est sec.

## Discussion

### Utilisation des engrais

En Tunisie, le secteur céréalier est le secteur agricole le plus consommateur en engrais minéraux azotés. En effet, 80% des engrais azotés sont destinés à la production des céréales, ce taux est de l'ordre de 60% à l'échelle mondiale (4).

En céréaliculture tunisienne, l'évolution de la consommation des engrais azotés a été plus rapide que celle des engrais phosphatés. En effet, si on ramène la consommation à l'unité d'azote consommée, le ratio N:P a évolué de 1:1,07 en 1981 à 1:0,52 en 2009. Cette même tendance est aussi observée à l'échelle mondiale (12). L'augmentation de l'utilisation de l'azote par rapport au phosphore est due (i) au faible coût par unité d'élément fertilisant de l'azote par rapport au phosphore (ii) à la réponse rapide des nouvelles variétés à l'azote minéral, et (iii) à la réduction des superficies des légumineuses et l'affranchissement des rotations.

L'apport d'azote minéral est variable selon les régions. L'azote est plus utilisé au Nord de la Tunisie par rapport au reste du pays en raison des conditions pluviométriques plus favorables à la culture du blé (Figure 1) et du niveau d'intensification plus important (3, 14).

### Effet de la fertilisation azotée sur le rendement et relation avec la pluviométrie

L'importance de l'azote dans l'élaboration du rendement en terme de quantité et de qualité est largement établie (12, 13).

Ainsi, le rendement moyen national en grains de blé est positivement corrélé à la quantité totale d'azote apporté ( $r=0,783$ ;  $p<0,01$ ;  $n=30$ ).

Le rapport entre le rendement par unité d'azote

minéral apporté, appelé facteur partiel de productivité dû à l'engrais azoté (FPPN) (4) est variable d'une année à une autre avec une tendance à la diminution au cours du temps (vitesse annuelle de  $-0,46 \text{ kg blé.kg}^{-1} \text{ N}$ ). Sachant que la production de la matière sèche et du rendement en grain est corrélé avec l'absorption de l'azote (9), la diminution du FPPN suggère alors une baisse de l'efficacité de l'utilisation agronomique de l'azote apporté en supposant que les autres sources d'azotes sont constantes (minéralisation des matières organiques, dépôts atmosphériques).

En régime pluvial la pratique de la fertilisation azotée (date, dose) est généralement conditionnée par les événements pluvieux. Ainsi, l'apport de l'AN par les agriculteurs suit généralement une pluie efficace afin de favoriser la dissolution des granules d'AN et la répartition de l'azote dans la solution du sol (14, 20). Lorsque l'année est sèche, l'apport d'AN est retardé ou même supprimé pour des raisons essentiellement économiques et par crainte que cet élément aura des effets négatifs sur la culture si la pluviométrie est faible. Ainsi, une relation positive est observée entre le FPPN et la quantité de la pluie durant le cycle de la culture ( $r=0,667$ ;  $p<0,01$ ;  $n=29$ ).

### Raisonnement de la fertilisation azotée

Depuis les années 80, la fertilisation azotée du blé en Tunisie est basée sur les recommandations faites par les services de vulgarisation du ministère de l'agriculture (1). Cette dose est variable selon l'étage bioclimatique, elle est de 160 à 300  $\text{kg.ha}^{-1}$  d'AN pour une pluviométrie variant de 300 à 600 mm (1). Le fractionnement de cette quantité recommandée est généralement conseillé soit sur deux apports (50% au stade 3-6 feuilles et 50% au stade tallage), soit sur trois apports (30% au stade 3-6 feuilles, 40% au tallage et 30% à la montaison).

Avec la création des laboratoires de recherche agricole au début des années 2000, et la création de l'institut national des grandes cultures (INGC), les recherches se sont dirigées vers l'amélioration du raisonnement de la fertilisation azotée et ceci en adoptant des techniques innovantes. Des brochures et des journées de vulgarisation se sont organisées pour présenter et expliquer les bases

de la méthode du bilan prévisionnel (10) comme moyen de calcul de la dose d'apport selon un objectif de rendement. De même, des outils de gestion de la fertilisation azotée en temps réel qui mesurent directement le statut azoté de la culture sont aussi vulgarisés afin de bien déterminer le moment adéquat des apports azotés. La méthode Bande Double Densité (BDD) (16) et le recours au chlorophyllomètre (5) sont maintenant recommandés pour le raisonnement de la fertilisation azotée du blé en Tunisie. Il est donc conseillé de piloter la fertilisation azotée à l'aide de la BDD jusqu'à son jaunissement ce qui indique une carence azotée et donc la nécessité d'apporter la première dose d'engrais azoté (30% de la dose globale) ensuite continuer le pilotage à l'aide du chlorophyllomètre avec des mesures hebdomadaires (2).

### Conclusions

Les engrais azotés utilisés sur le blé sont totalement fabriqués en Tunisie par le GCT. Le DAP est apporté comme fumure de fond avec une dose moyenne de  $18-27 \text{ kg N.ha}^{-1}$ . L'AN est l'engrais azoté qui est apporté au cours du cycle de la culture. L'azote minéral apporté contribue d'une façon significative à la production nationale en grain de blé. Les doses, les dates et le nombre d'apports sont variables selon les conditions climatiques (plus favorables au Nord qu'au Sud). Le raisonnement de l'apport de l'AN se fait selon les recommandations zonales des services de vulgarisation agricoles puis modulé d'une façon arbitraire par les agriculteurs selon les conditions pluviométriques de l'année, d'où la relation significative observée entre FPPN et la pluviométrie durant le cycle du blé. Cependant, l'adoption par les agriculteurs de nouveaux outils de pilotage de la fertilisation azotée, est un challenge à réaliser en Tunisie afin d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'azote pour augmenter la productivité et limiter les pollutions dues à l'apport non raisonné des engrais azotés.

### Remerciements

Nos remerciements vont aux différentes directions du ministère de l'agriculture tunisien pour leur aide durant la collecte des données.

### Références bibliographiques

1. Anonyme, AVFA: Agence de Vulgarisation et de Formation Agricole, 2011, *La fertilisation des céréales. Brochure de vulgarisation*. <http://www.avfa.agrinet.tn>, (01/12/11).
2. Ben Haj Salah H., Ben Ali O., Behi O. & Latiri K., 2005, *Use of chlorophyll-meter to detect early nitrogen deficiencies of durum wheat in Tunisia*. 14<sup>th</sup> Nitrogen Workshop, October 2005, Maastricht.
3. BM: Banque mondiale, 2006, *Tunisie: Examen de la*

- politique agricole: Eau, Environnement, Développement social et rural*. Rapport N° 35239-TN, 108 p.
4. Cassman K.G., Dobermann A. & Walters D., 2002, Agroecosystems, nitrogen use efficiency, and nitrogen management. *Ambio*, **31**, 132-140.
  5. Denuit J.P., Olivier M., Goffaux M.J., Herman J.C., Goffart J.P., Destain J.P. & Frankinet M., 2002, Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using the chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment. *Agronomy*, **22**, 847-853.
  6. Dreccer M.F., van Oijen M., Schapendonk A.H., Pot C.S. & Rabbinge R., 2000, Dynamics of vertical nitrogen distribution in a vegetative wheat canopy. Impact on canopy photosynthesis. *Ann. Bot.*, **86**, 821-831.
  7. FAO, 2011, *Base de données statistiques*. <http://faostat.fao.org>, (01/12/11).
  8. IAASTD, 2009, *in*: McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J., Watson, R.T. (Eds.), International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development: *Global Report*. Island Press, 590 p.
  9. Juste E., Mary B., Meynard J.M., Machet J.M. & Thelier-Huche L., 1994, Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crop. *Ann. Bot.*, **74**, 397-407.
  10. Hebert J., 1969, La fumure azotée du blé d'hiver. *Bull. Tech. Inf.*, **244**, 755-766.
  11. Kopp E., 1976, Potentiel de production dans la région semi-aride de la haute vallée de la Medjerda tunisienne. *Ann. INRAT*, **49**, 356 p.
  12. Ladha J.K., Pathak H., Krupnik T.J., Six J. & van Kessel C., 2005, Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Adv. Agron.*, **87**, 85-156.
  13. Latiri K., Nortcliff S. & Lawlor D.W., 1998, Nitrogen fertilizer can increase dry matter, grain production and radiation and water use efficiencies for durum wheat under semi-arid conditions. *Eur. J. Agron.*, **9**, 21-34.
  14. Latiri K., 2000, Conditions climatiques, production et fertilisation azotée. *In*: Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges. *Options Mediterr.*, **40**, 591-593.
  15. Latiri K., Lhomme J.P., Annabi M. & Setter T., 2010, Wheat production in Tunisia: progress, inter-annual variability and relation to rainfall. *Eur. J. Agron.*, **33**, 33-42.
  16. Limaux F., Meynard J.M. & Recous S., 2001, Déclencher la fertilisation azotée du blé: le témoin «double densité». *Perspectives Agricoles*, **273**, 62-70.
  17. Ryan J., Ibrikci H., Sommer R. & McNeill A., 2009, Nitrogen in rainfed and irrigated cropping systems in the Mediterranean region. *Adv. Agron.*, **104**, 53-136.
  18. Sboui T., M'hiri A., Sanaâ M. & Van Cleemput O., 1997, Efficacité des engrais azotés sur le blé après deux années sèches. *Revue de l'INAT*, **12**, 21-35.
  19. Tilman D., Cassman K.G., Matson P., Naylor R. & Polasky S., 2002, Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, **418**, 671-677.
  20. Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. & Havlin J.L., 2003, *Soil Fertility and Fertilizers*. 5<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall of India, 634 p.

M. Annabi, Tunisien, Docteur en sciences agronomiques de Agro-Paris-Tech, France. Chargé de Recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.

H. Bahri, Tunisien, Docteur en Sciences Environnementales de l'Université Paris 6, France. Chargé de Recherche à l'Institut National de la Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts, Tunisie.

O. Béhi, Tunisien, Docteur en Génie des procédés, Université Montpellier 2, France. Enseignant à l'Institut National Agronomique de Tunisie, Tunisie.

D. Sfayhi, Tunisienne, Docteur en technologie et procédés alimentaires, Institut National Polytechnique de Lorraine, France. Chargé de Recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.

H.Cheikh Mhamed, Tunisie, Doctorant en sciences agronomiques. Attaché de Recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie.

# Evaluation des performances de la production de graines par tamisage manuel du sol chez trois variétés de *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz , dans les conditions du Plateau des Batéké (RDC)

B.P. Bulakali<sup>1\*</sup>, J. Aloni<sup>1</sup>, J.C. Palata<sup>1</sup> & G. Mergeai<sup>2</sup>

Keywords: Seed production Economical profitability- *Stylosanthes guianensis*- Batéké Plateau- D. R. Congo

## Résumé

*Stylosanthes guianensis* est une des plantes de couverture les plus intéressantes pour le développement de systèmes de culture en semis direct dans un couvert végétal permanent en conditions d'agriculture manuelle à faible niveau de ressources. Afin de favoriser la diffusion de sa culture en RDC, les performances d'une méthode de récolte des graines par tamisage du sol ont été évaluées chez trois variétés de stylo (un écotype local, la variété CIAT 184 et la variété 202cc) dans deux sites du plateau des Batéké présentant des niveaux de fertilité contrastés. Les résultats obtenus mettent en évidence l'intérêt de cette méthode de multiplication semencière, tant au niveau des quantités de graines produites que de la qualité de celles-ci. Le coût de la production d'un kg de graines varie en fonction du potentiel de productivité du sol, de la date de semis et de la variété cultivée. Parmi les trois variétés comparées, la variété CIAT 184 est la plus productive en graines. En cas de semis de cette variété au début de la grande saison pluvieuse, en ouverture de rotation, dans un des sols les plus fertiles du plateau, il est possible d'obtenir 600 kg.ha<sup>-1</sup> de graines la première année de culture en utilisant la méthode testée. Ce qui correspond à un coût de production de 1,31 USD kg<sup>-1</sup>, soit moins de 0,5 homme.jour kg<sup>-1</sup>.

## Summary

**Performance Assessment of the Production of Seeds by Manual Sieving of the Soil of Three Varieties of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz under the Conditions of the Batéké Plateau (DRC)**

*In manual agriculture with low resources level, Stylosanthes guianensis is one of the most interesting cover crop for developing direct seeding mulch-based cropping systems. To promote its cultivation in the DRC, the performances of a seed production method by sieving of the soil were evaluated for three varieties of Stylo (a local ecotype, CIAT 184 variety, and 202cc variety) in two sites of the Batéké plateau characterized by contrasted fertility levels. The results obtained demonstrate the interest of the seed multiplication method tested, both in quantities and quality of the produced seeds. The production cost of one kg of seeds varies with the soil fertility, the planting date, and the cultivar. Among the three compared varieties, CIAT 184 variety produced the highest quantity of seeds. If sown at the beginning of the long rainy season, after a long fallow, in one of the most fertile soils of the plateau, this cultivar can produce 600 kg ha<sup>-1</sup> seed in the first year of cultivation with a production cost of USD 1.31 kg<sup>-1</sup>, equivalent to less than 0.5 man.day.kg<sup>-1</sup>.*

## Introduction

*Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz est une légumineuse tropicale pérenne (bi- ou tri-annuelle) de la famille des Fabacées à haute valeur fourragère utilisée pour l'amélioration des parcours et des

jachères. Elle est également utilisée comme plante de couverture dans les systèmes de culture en semis direct dans un couvert végétal permanent surtout en condition d'agriculture à faible niveau de ressources (8, 9). Dans cette dernière fonction, *S. guianensis* est particulièrement efficace car il a

<sup>1</sup> Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Kinshasa, R.D.C.

<sup>2</sup> Université de Liège, Gembloux Agro-BioTech, Laboratoire d'Agro-écologie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

\* Auteur correspondant : bulapaci@yahoo.fr

Reçu le 07.05.12 et accepté pour publication le 27.05.13.

l'avantage de se maintenir facilement par re-semis naturel (8) et a la capacité de produire une quantité de biomasse importante sur des sols acides et fortement dégradés même non amendés, à hauteur de 5 à 10 t.ha<sup>-1</sup> de matière sèche, et jusqu'à 20 t.ha<sup>-1</sup> sur sol riche (7), ce qui permet d'obtenir le paillis nécessaire au semis direct des cultures subséquentes. Ces hautes productions en biomasse sont liées à sa capacité à (i) fixer de grandes quantités d'azote pouvant aller de 70 à plus de 200 kg.ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> d'azote, (ii) produire des nodules facilement sans nécessiter d'inoculation par des Rhizobia spécifiques même en sols acides, (iii) incorporer des éléments nutritifs dans la composition de la matière vivante et à permettre leur circulation continue à l'intérieur de l'écosystème, en particulier le calcium et les oligo-éléments tels que le B, le Cu, le Zn et surtout le Mn, qui fait souvent défaut dans les sols des zones tropicales humides et (iv) à extraire le phosphore des sols qui en sont très peu pourvus (2, 7, 9, 12, 18). Son installation par semis est aisée et moins coûteuse que la multiplication végétative (11). Ses rendements en graines varient en fonction de la variété, des conditions du milieu (nature du sol, ensoleillement, pluviosité totale et distribution des pluies au cours de l'année), des techniques de production appliquées avec ou sans intrants et des méthodes de récolte utilisées. A ce point de vue, on rapporte des rendements allant de 80 kg.ha<sup>-1</sup> dans la région de Douglas Daly en Australie (17) à plus de 1500 kg.ha<sup>-1</sup>(11) pour la variété CIAT 184 en Thaïlande. En RDC, la culture de *S. guianensis* remonte aux années 1960 (16) mais il avait été totalement décimé vers les années 1980 par l'antracnose, une maladie fongique causée par *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. (1, 4). Pour réussir la relance de la culture et la diffusion de *S. guianensis* en RDC, la maîtrise de la gestion de la production de graines de qualité à bas prix de revient s'avère primordiale.

Afin de maximiser la récolte de graines de qualité et réduire le coût de collecte de celles-ci, une méthode de collecte des graines de *S. guianensis* par tamisage de la terre de l'horizon supérieur du sol a été mise au point à l'Université de Kinshasa. Cette méthode a été évaluée, en milieu réel, avec trois variétés de *S. guianensis*, sur deux sites au potentiel de production contrasté situés sur le plateau des Batéké aux environs de Kinshasa, en République démocratique du Congo. La présentation et la discussion des résultats obtenus lors de cette étude constituent l'objet de la présente publication.

## Matériel et Méthodes

### Site expérimental

Les expériences ont été menées sur deux sites: la ferme « Neema » située près du village Buantaba (4°32'45.5" latitude sud, 16°07'22.4" longitude est) à environ 160 Km au Sud-Est de Kinshasa (678 m d'altitude) et la ferme « The Way International » localisée près du village Dualé Mitterand (4°18'50.4" latitude sud, 16°04'32.0" longitude est) à environ 132 Km au Sud-Est de Kinshasa (641 m d'altitude).

Le climat de la région est tropical humide du type AW4 selon la classification de Köppen (5), c'est-à-dire avec une saison sèche de quatre mois sans pluies (juin à septembre), une saison pluvieuse (octobre à mai); mai et octobre constituant des mois de transition. Pendant la période de culture, d'octobre 2009 à juillet 2010, la pluviométrie enregistrée au niveau de cette zone a été de 1.226 mm, la température moyenne mensuelle de 24,9 °C et l'humidité relative moyenne mensuelle de 86,6% (Station Météorologique du Centre d'Appui au Développement Intégré de Mbankana: CADIM).

Les sols des deux sites sont filtrants et classifiés comme Rubique Ferrallitique Arénosol (Dystrique) selon le système de classification WRB (10). Celui du site de la ferme « The Way international » présente un potentiel de production plus élevé que celui de la ferme « Neema » du fait de sa plus haute teneur en argile et en humus. Les sols de la couche arable ont une composition granulométrique moyenne de l'ordre de 4,7 et 10,7% d'argile; 1,6 et 1,8 % de limon; et 93,7 et 87,5% de sable respectivement dans les fermes de Neema et de The Way. Les sols de ces deux exploitations agricoles présentent respectivement les caractéristiques suivantes : pH-KCl1N : 4,4 et 4,5 ; carbone organique: <5,9 et <8,2 g/kg ; azote total: <0,03 et <0,04% ; humus: <1,2 et <1,7%; C/N: 18,7 et 18,2; phosphore disponible: 1 mg/100 g dans les deux sites. C.E.C.: 1,6 et 3,4 méq/100 g; Ca: 1 et 1,7 mg/100 g; Mg: 1 mg/100 g dans les deux sites. K: 1 et 1,5 mg/100 g et Na: 1,2 et 1,3 mg/100 g. Aucune fertilisation n'a été apportée.

La végétation prédominante sur le site de la ferme Neema était composée essentiellement d'une savane herbeuse à *Loudetia* sp., indice du faible niveau de fertilité du sol. La parcelle expérimentale a été installée en septembre 2009 après une jachère de trois ans, soit le 1/3 de la durée habituelle. Le couvert végétal n'a pas été brûlé avant le labour. Le précédent cultural était le manioc. Sur le site de The Way, la végétation était



une savane arbustive dominée par *Syzygium sp.* En plus, de nombreuses termitières champignons à plusieurs chapeaux de *Cubitermes sp.* (plus de 500 ha<sup>-1</sup>) étaient disséminées dans le site. La parcelle d'essai a été installée en septembre 2009 sur brûlis du couvert végétal en ouverture de rotation après une jachère de plus de dix ans.

### Matériel végétal

Trois variétés de *S.guianensis* ont été utilisées pour quantifier les performances de la méthode de multiplication des graines mise au point à l'université de Kinshasa. Il s'agit d'un écotype local collecté par le CADIM, à port rampant et à cycle de végétation long et de deux variétés exotiques améliorées (CIAT 184 multipliée en Thaïlande et 202cc multipliée en Australie), à port érigé, à cycle de végétation court et résistantes à la souche d'anthracnose qui a détruit les cultures de Stylo en Afrique au début des années 1980.

### Levée de dormance

Afin de déterminer le nombre de graines à apporter par poquet pour assurer une bonne occupation du terrain par le stylo, les graines de variétés CIAT 184 et CADIM ont été soumises à un traitement pré-germinatif. Celui-ci a consisté à verser sur les graines contenues dans un récipient en plastique non couvert de l'eau bouillante (100°C) directement retirée du feu, à raison d'un volume de graines pour deux volumes d'eau. On a ensuite laissé reposer le tout pendant 12 heures. Pour les graines parentales de la variété 202cc enrobées d'un mélange de produits phytosanitaires fongicide et insecticide et d'une poudre minérale contenant du phosphore, le traitement à l'eau chaude n'a pas été appliqué.

### Dispositif expérimental

Après labour et hersage au tracteur, les unités expérimentales ont été installées dans chaque site selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Chaque bloc comportait trois traitements: l'écotype local du CADIM et les deux variétés exotiques, CIAT 184 et 202cc. La surface d'une unité expérimentale était de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m). Les graines de stylo ont été semées à raison d'environ 10 (une pincée) par poquet à une profondeur de moins d'un cm. La densité de plantation était de 62.500 plantes.ha<sup>-1</sup> aux écartements de 40 cm x 40 cm.

Les semis de ces trois variétés de stylo ont eu lieu les 21-22 décembre 2009 à The Way et les 28-29 décembre 2009 à Neema.

Le taux de levée des poquets a été déterminé deux semaines après le semis.

Les entretiens culturaux se sont limités à la réalisation de deux sarclages, du 25 au 30 janvier 2010 et du 12 au 17 mai 2010.

### Méthode de collecte de la biomasse aérienne totale fraîche au champ

Dans chaque unité expérimentale, la biomasse aérienne totale fraîche a été collectée en coupant au ras du sol la tige principale des plantes de Stylosanthes, puis en enroulant le couvert végétal comme un tapis conformément aux recommandations de Husson *et al.* (9) avant de le peser au moyen d'un peson d'une capacité de 100 kg.

### Détermination de la matière sèche de la biomasse aérienne totale

Pour la détermination de la biomasse aérienne totale sèche, un échantillon représentatif de 500 g de la biomasse aérienne fraîche a été récolté dans chaque unité expérimentale au moyen d'une paire de ciseaux. Cet échantillon a ensuite été séché à 65°C à l'étuve pendant 48 heures et le pourcentage de matière sèche a été calculé. La biomasse aérienne totale sèche a été déterminée pour chaque unité expérimentale en multipliant le pourcentage de matière sèche calculé par la quantité de biomasse aérienne totale fraîche récoltée, et le tout a été converti en t MS ha<sup>-1</sup>.

### Méthode de collecte des graines

Sur chaque parcelle élémentaire, après huit mois de croissance, du 22-29 août 2010, pendant la grande saison sèche, les plantes de *S. guianensis* ont été sectionnées à la machette au niveau du collet, puis roulées en tapis de biomasse, conformément à la méthode décrite par Husson *et al.* (9). La collecte des graines a ensuite été réalisée par un raclage manuel des trois premiers centimètres de l'horizon supérieur du sol. La terre collectée de cette manière contient divers petits fragments végétaux hétéroclites. La séparation de ces impuretés avec les mottes de terre est réalisée en deux étapes. Un premier criblage à travers des tamis à mailles de 2 mm permet d'éliminer les particules les plus grossières. Un deuxième criblage dans des tamis à mailles de 1 mm permet de collecter les graines de stylo. Les graines sont ensuite séchées au soleil, puis frottées entre les mains, vannées et enfin pesées. Les quantités de graines récoltées sont exprimées en kg.ha<sup>-1</sup>.

## Détermination des temps de travaux

Le temps de semis, des sarclages 1 et 2, d'arrachage et d'évacuation des plantes de Stylo et des opérations de collecte des graines ont été déterminés en homme.jour par ha ( $h.j\ ha^{-1}$ ) selon la formule suivante pour toutes les opérations

$$h.j.\ ha^{-1} = \frac{\text{temps de l'opération en minutes} \times 10.000\ m^2}{\text{unité de surface} \times 60\ \text{minutes} \times 8\ \text{heures}}$$

où  $h.j\ ha^{-1}$  = homme.jour/ha.

## Paramètres étudiés

Les paramètres évalués ont été le taux de levée des poquets semés, la biomasse aérienne totale sèche et les rendements en graines produits en première année de culture, le temps de travaux des opérations nécessaires à la production des graines et les coûts de production de celles-ci.

## Analyse statistique des données

Les analyses des données ont été faites à l'aide du logiciel R (version 2.12.0). L'analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes ont été faites par le test LSD au seuil de 5%. Les unités expérimentales étaient constituées par des parcelles élémentaires de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m). Les variables considérées pour l'analyse étaient la variété de Stylo (3 objets) et les blocs (4 répétitions). Le modèle croisé mixte à deux critères de classification a été utilisé pour l'analyse.

## Résultats et discussion

### Taux de levée des poquets de semences de stylo

Les taux de levée des poquets de semences des trois variétés de stylo ont été globalement élevés

(84,9±7,9% pour le site de Neema et de 99,6±0,1% pour celui de The Way International) et ils n'ont pas présenté de différence significative ( $P \leq 0,05$ ) entre eux au niveau de chacun des deux sites (données non montrées). Les conditions prévalant au niveau du site de la ferme « The Way » étaient plus favorables que celles de la ferme Neema.

### Production de biomasse aérienne totale sèche et rendements en graines

Les résultats concernant la production de biomasse aérienne totale sèche et les rendements en graines de trois variétés de *S. guianensis* sont repris dans le tableau 1.

Aucune différence significative n'a été constatée pour la production de biomasse aérienne sèche entre les trois variétés de *S. guianensis* à The Way. Par contre, dans le site de Neema, les valeurs moyennes de biomasse aérienne totale sèche produites par les variétés CIAT 184 et 202cc, sont supérieures à celle de la variété CADIM ( $P \leq 0,01$ ).

L'écotype local (CADIM) présente un port rampant et un long cycle de végétation alors que les deux variétés introduites se caractérisent par un port érigé et par une plus grande précocité de floraison. Celles-ci produisent en conséquence plus rapidement des quantités de graines plus élevées que l'écotype local.

La production moyenne de biomasse sèche a été plus de deux fois plus élevée au niveau de la ferme « The Way » (4 t de MS.ha<sup>-1</sup>) qu'au niveau de la ferme « Neema » (<2 t de MS.ha<sup>-1</sup>). Ces différences de rendement entre les deux sites peuvent être attribuées au plus faible potentiel de fertilité des sols à « Neema » qui présentent une moins bonne réserve en éléments nutritifs, une moins bonne économie en eau et où la végétation qui se trouvait

**Tableau 1**  
Biomasse aérienne totale sèche produite et rendements en graines de trois variétés de *S. guianensis* (N= 4).

Traitements	Biomasse aérienne totale sèche (kg.ha <sup>-1</sup> )		Rendements en graines (kg.ha <sup>-1</sup> )	
	The Way	Neema	The Way	Neema
Variété CADIM	3780 ± 150a	1157 ± 490b	N.D.	N.D.
Variété CIAT 184	3870 ± 550a	2152 ± 424a	602,5±23,6a	26,9±9,3a
Variété 202cc	4110 ± 460a	2216 ± 218a	230,0±49,5b	10,6±5,7b
Moyenne générale/site	3920 ± 170	1841 ± 590	416,3±131,1	18,8±8,2
Seuil de signification	NS	**	***	*
LSD (P= 0,05)	—	7,44	84,8	16,2

Les valeurs moyennes dans la colonne, suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes, au seuil de 5 % (test LSD).

N.D.: non déterminée, NS: non significatif.

\*\*\*, \*\*, \* signification à  $P \leq 0,001$ ; 0,01; 0,05; respectivement.

sur la parcelle n'a pas été brûlée avant la préparation du terrain. Les opérations culturales du sol de « The Way » et l'effet du feu, grâce au réchauffement ponctuel important du sol qu'il induit, auraient favorisé la solubilisation et la mobilisation des éléments minéraux présents dans les cendres des matières organiques et des nombreuses termitières sur le site.

Ces rendements en biomasse aérienne sont cependant inférieurs aux 5 à 10 t de MS.ha<sup>-1</sup> obtenus à Madagascar sur des sols dégradés et sans application d'engrais (9); ce qui confirme le très faible niveau global de fertilité des sols du plateau des Batéké.

Soulignons que sur le Plateau des Batéké, le *Stylo* fleurit au cours de deux périodes de l'année. Une première floraison démarre en mars et donne des graines fin juin. Une deuxième floraison apparaît en septembre et produit des graines fin décembre. Cette phénologie de *Stylosanthes* est en harmonie avec le climat. Celui-ci est caractérisé par deux saisons contrastées: une saison pluvieuse allant de mi-octobre à mi-mai et une sèche s'étendant de mi-mai à mi-octobre. La saison pluvieuse est entrecoupée par une petite saison sèche qui se produit entre mi-décembre et mi-février. Au cours de l'année d'installation des différentes variétés de *Stylo* comparées, les variétés améliorées ont commencé à fleurir dès le mois de mars alors que l'écotype CADIM n'a initié sa floraison qu'au mois de mai, au tout début de la grande saison sèche. Ce qui explique que le peu de graines produites par cet écotype ne sont pas arrivées à maturité et qu'en conséquence elles n'aient pas été récoltées au mois d'août.

Concernant les rendements en graines des trois variétés de *stylo*, en première année de culture, ils ont été déterminés en commençant par une collecte de graines qui a été réalisée dans les deux sites expérimentaux tout à la fin de la grande saison sèche au mois d'août 2010. Comme pour la production de biomasse aérienne totale sèche, la quantité de graines produite par les deux variétés améliorées a été nettement plus élevée (21,4 fois) au niveau de la ferme « The Way » que de celle de « Neema ». Comme pour la biomasse, cette différence s'explique vraisemblablement par les caractéristiques plus favorables du sol de « The Way » par rapport à celui de « Neema ». Les plantes de *Stylo* de « The Way » ont pu commencer à fleurir abondamment avant la fin de la saison des pluies alors que cela n'a pas été le cas à « Neema ». De plus, une forte présence de *Mylabris tristigma* (Coléoptère) a été observée à Neema où ce ravageur s'attaquait massivement

aux fleurs et aux fruits du *stylo*. Un traitement des parcelles avec un insecticide pendant la phase de pleine floraison du *stylo* juste avant la grande saison sèche devrait permettre d'améliorer encore les résultats obtenus.

### Temps de travaux des opérations nécessaires à la production de graines

A part pour les sarclages, la durée du travail nécessaire pour exécuter chaque opération nécessaire à la production de graines a été plus élevée à « The Way » qu'à « Neema » (Tableau 2). Pour les désherbages, la différence observée s'explique par la mauvaise qualité du labour réalisé à « Neema » où non seulement la végétation de la jachère n'avait pas été préalablement brûlée avant d'être mal enfouie, mais aussi et surtout parce que les plantes de *Sufrutex sp.* n'avaient pas été systématiquement arrachées. Pour le reste des opérations de collecte des semences, les différences entre les deux sites sont principalement dues à la plus grande biomasse produite à « The Way ». La production de plus du double de biomasse aérienne de *S. guianensis* à cet endroit et le dépôt au niveau du sol d'une quantité nettement plus élevée de débris organiques (feuilles, capitules et fragments de tiges desséchés) ont sensiblement allongé les temps de travaux des opérations nécessaires à la production des graines. Ces temps étaient de 110 h.j.ha<sup>-1</sup> à The Way contre 76,5 h.j.ha<sup>-1</sup> pour Neema (Tableau 2).

### Coûts de production de graines de *stylo*

Le prix de revient d'un kg de graines de *stylo* varie fortement en fonction des sites et des variétés cultivées (Tableau 3). Dans les conditions de l'expérience, la variété CIAT 184 présente les coûts de production les plus faibles quel que soit le site. Ces résultats corroborent ceux de Cameron et Chakraborty (6) et de Maas et Sawkins (13) qui mettent en évidence les performances de production de la variété CIAT 184 dues à sa résistance supérieure à l'anthracnose et à sa large adaptation aux conditions édapho-climatiques.

Les faibles rendements en graines obtenus à « Neema » se traduisent par des prix de revient

très élevés par kg. En agriculture à haut niveau de ressources et mécanisée, les graines sont recueillies au niveau du sol par l'emploi de suceuses permettant la récolte de quantités importantes de graines et la réduction des coûts de production (15).

En agriculture manuelle à faible niveau de ressources, la collecte des graines se fait

**Tableau 2**  
Temps de travaux des opérations nécessaires à la production de graines (N= 4).

Sites	Variétés	Opérations (h.j.ha <sup>-1</sup> )					Total
		Semis	Sarclage 1	Sarclage 2	Recepape – roulage	Tamisage sol/collecte graines	
The Way	CADIM	N.D.	10,4	13,2	24,7	65,9	—
	CIAT 184	N.D.	8,2	15,2	23,4	60,4	—
	202cc	N.D.	3,9	17,7	22,6	55,9	—
	Moyenne	2,9a	7,5b	15,3a	23,6a	60,7a	110
Neema	CADIM	N.D.	16,9	16,3	11,4	23,6	—
	CIAT	N.D.	14,4	17,7	14,1	25,5	—
	202cc	N.D.	13,3	20,7	16,8	26,2	—
	Moyenne	4,2a	14,9a	18,2a	14,1b	25,1b	76,5
	Moyenne générale	3,6	11,2	16,8	18,9	42,9	93,3
	Seuil de signification	NS	***	NS	***	***	***
LSD (P=0,05)		—	17,2	—	29,8	38,6	38,6

Les valeurs moyennes dans la colonne non suivies par une même lettre sont hautement significatives ( $P \leq 0,001$ ) (Test LSD).  
N.D.: opération non déterminée pour la variété, mais déterminée à l'échelle de l'ensemble du site.  
NS: non significatif.

**Tableau 3**  
Coûts de production des graines de stylo (N= 4).

Sites	Variétés	Composantes du coût (USD.ha <sup>-1</sup> )				Prix de revient des graines (USD.kg <sup>-1</sup> )	
		Labour et hersage <sup>(1)</sup>	Semences <sup>(2)</sup>	Main d'œuvre <sup>(3)</sup>	Total		
The Way	CIAT 184	140	100	550	790	603	1,31
	202cc	140	100	515	755	230	3,28
	Moyenne	140	100	533	773	416	1,86
Neema	CIAT184	140	100	380	620	27	22,96
	202cc	140	100	405	645	11	58,64
	Moyenne	140	100	393	633	19	33,32

<sup>(1)</sup> Coût réel (Février-Mars 2012) pratiqué sur le plateau des Batéké pour la préparation d'un ha.

<sup>(2)</sup> Prix d'achat de 4 kg de graines de stylo à 25 USD.kg<sup>-1</sup>.

<sup>(3)</sup> Nombre de journée de travail ha<sup>-1</sup> x 5 USD h.j<sup>-1</sup>.

habituellement sur pied en fauchant les parcelles, inflorescence par inflorescence, afin d'éviter qu'elles ne tombent sur le sol. Une fois récoltées, les inflorescences doivent être séchées avant le battage et le vannage pour récupérer les semences (3, 8, 9, 14). Ce mode de récolte se traduit souvent par une limitation de la production à 100-150 kg de graines ha<sup>-1</sup> (9). L'ensemble de ces opérations de récolte-séchage-battage-vannage est très exigeant en main d'œuvre (8, 9), ce qui explique le coût élevé des semences de 5 à 7,5 Euros.kg<sup>-1</sup>, 10 Euros.kg<sup>-1</sup> mentionné par Husson *et al.* (9) à Madagascar en 2008.

## Conclusion

Dans les conditions du plateau des Batéké, la méthode de production de graines de *S. guianensis* par tamisage du sol donne de très bons résultats, aussi bien au point de vue des quantités de semences produites que de la qualité de celles-ci.

La variété CIAT 184 produit significativement plus de graines par ha que la variété 202cc. Le coût de production d'un kg de semence de la variété CIAT 184 est à 1,31 USD.ha<sup>-1</sup> (soit 0,5 h.j.kg<sup>-1</sup>), ce qui est nettement plus faible que les prix de 5 à 10 Euros.kg<sup>-1</sup> rapportés dans d'autres régions du monde. Etant donné que, dans les conditions de réalisation de cette étude, une fois *S. guianensis* installé, son

couvert se reconstitue par re-semis naturel après un recépage des tiges au ras du sol à la fin de la grande saison sèche, la mise en place d'un système de culture permettant de produire annuellement des graines de *S. guianensis* sur les mêmes parcelles est donc envisageable. Et si les rendements des graines mesurés ici se maintiennent durablement, le prix de revient de celles-ci devrait encore diminuer car le coût d'installation de la culture sera amorti sur un nombre élevé d'années et le coût des désherbages habituels au plateau de Batéké devrait être plus faible qu'en année d'installation, du fait de l'étouffement des plantes adventices par *S. guianensis*. L'application de la méthode de multiplication des graines de *stylo* par tamisage du

sol devrait donc permettre de faciliter grandement la diffusion à grande échelle des nouvelles variétés de *stylo* résistantes à l'antracnose en RDC.

### Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement la Commission Universitaire pour le Développement (CUD) (via son programme de coopération institutionnel avec l'université de Kinshasa) et l'agence de coopération Wallonie-Bruxelles International (WBI) (via le projet d'appui au Centre Agro Vétérinaire Tropical de Kinshasa, en sigle CAVTK) pour le complément du soutien financier apporté à la réalisation des recherches dont les résultats sont présentés dans cet article.

### Références bibliographiques

1. Amodu J.T., 2004, Stylosanthes: A promising legume for Africa pp. 225-234, in: Chakraborty S. (ed.), *High-yielding anthracnose resistant Stylosanthes for agricultural systems*. ACIAR Monograph No. 111, 268 p.
2. Andrew C.S. & Norris D.O., 1961, Comparative response to calcium of five tropical and four temperate pasture species. *Aust. J. Agric. Res.*, **12**, 40-55.
3. Bogdan A.V., 1997, *Tropical pastures and Fodder plants (grasses and legumes)*. London, New-York, Longman. Pp. 397-402.
4. Breyne H., 1983, *Stylosanthes guianensis* ou "Stylo". Herbarium I.N.E.R.A., Kinshasa, RDC. Inédit, 2 p.
5. Bultot F., 1950, Carte des régions climatiques du Congo Belge établie d'après les critères de Köppen (Comm. n°2, Bureau climatologique) *Publ. I.N.E.A.C. coll. In 4°*.
6. Cameron D.F. & Chakraborty S., 2004, *Forage potential of Stylosanthes in different production systems* pp. 27-36, in: Chakraborty S. (ed.), *High-yielding anthracnose resistant Stylosanthes for agricultural systems*. ACIAR Monograph N° 111, 268 p.
7. Cook B.G., Pengelly B.C., Brown S.D., Donnelly J.L., Eagles D.A., Franco M.A., Hanson J., Mullen B.F., Partridge I.J., Peters M. & Schultze-Kraft R., 2005, *Tropical forages: an interactive selection tool.*, CSIRO, DPI & F (Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Site internet: [www.tropicalforages.info](http://www.tropicalforages.info) consulté le 23 novembre 2011 à 14h12'.
8. Dugué P., 1998-99, Production et coûts des semences utilisées pour l'amélioration des jachères et des aménagements antiérosifs: «Le cas des zones de savane du Nord Cameroun». *Tropicicultura*, **16-17**, 4, 207-211.
9. Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana & Ségué L., 2008, *Stylosanthes guianensis*, in: *Fiches techniques plantes de couverture : Légumineuses pérennes. Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. Volume III. Chapitre 3. § 2.1, CIRAD, TAFA, GSDM, afd, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 11 p.
10. IUSS Working Group WRB, 2006, World reference base for soil resources 2006. 2<sup>nd</sup> edn. *World Soil Resources Report* N° 103. FAO, Rome.
11. Kiyothong K., Satjipanon C. & Pholsen P., 2005, Effect of planting dates on seed yield and seed quality of *Stylosanthes guianensis* CIAT 184. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, **27**(6), 1163-1169.
12. Latham P. & Konda Ku Mbuta, 2007, *Plantes utiles du Bas-Congo*, RDC. *Myst. Publ.* United Kingdom, 286.
13. Maas B.L. & Sawkins M., 2004, *History, relationships and diversity among Stylosanthes species of commercial significance* pp. 9-26, in: Chakraborty S. (ed.), *High-yielding anthracnose resistant Stylosanthes for agricultural systems*. ACIAR Monograph N° 111, 268 p.
14. Mannelje L't. & Jones R.M., 1992, *Plant Resources of South-East Asia*. N° 4. Forages. Pudoc Scientific Publishers: Wageningen, 300 p.
15. Norton M.R., Thomas N.L. & Shotton P.C., 1992, Seed production of *Stylosanthes hamata* cv. Verano in the Douglas Daly district, Northern Territory, Australia. *Trop. Grasslands*, **26**, 94-96.
16. Risopoulos S.A., 1966, *Management and use of grasslands. Democratic Republic of the Congo*. FAO Pasture and Fodder crop studies. I. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Rome, Italy, 150 pp.
17. Stockwell T.G.H., Clements R.J., Calder G.J. & Winter W.H., 1986, Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in North West Australia. *Trop. Grasslands*, **20**, 65-69.
18. Vallis I. & Gardener C.J., 1984, Nitrogen inputs into agricultural systems by *Stylosanthes* pp. 359-379, in: Stace H.M. & Edye L.A. (eds.), *The biology and agronomy of Stylosanthes*, Academic Press: Sydney, Australia.

B.P. Bulakali, Congolais, Ingénieur agronome, Doctorant en Gestion de Ressources Naturelles, D.E.S./D.E.A. en Phytotrophologie et Fertilisation, Spécialisation en Fertilité des Sols Tropicaux, Chef de Travaux, Département de Biologie, Université de Kinshasa–République Démocratique du Congo.

J. Aloni, Congolais, Docteur Ingénieur en Sciences agronomiques, Professeur au Département des Sciences de la Terre de l'Université de Kinshasa–République Démocratique du Congo.

J.C. Palata, Congolais, Docteur en Sciences zoologiques, Professeur au Département de Biologie de l'Université de Kinshasa–République Démocratique du Congo.

G. Mergeai, Belge, Docteur Ingénieur en Sciences agronomiques, Professeur à l'Université de Liège, GxABT, Unité de Phytotechnie Tropicale et Horticulture, 2, Passage des Déportés, BE-5030 Gembloux, Belgique

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

O. Laminou Manzo<sup>1\*</sup>, M. Zaman Allah<sup>2</sup>, P. Ozer<sup>3</sup>, R. Paul<sup>4</sup> & A. Mahamane<sup>2</sup>

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.

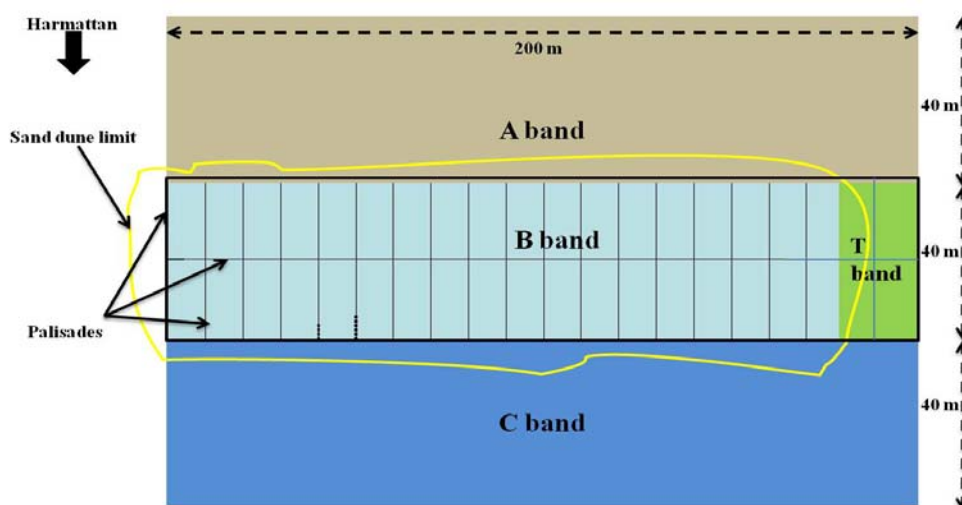


Figure 1: Dispositif expérimental et de collecte des données.

L'indice de similitude de Sørensen ( $\beta$ ) 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  $\beta$  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  $\beta$  (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  $\beta$  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.

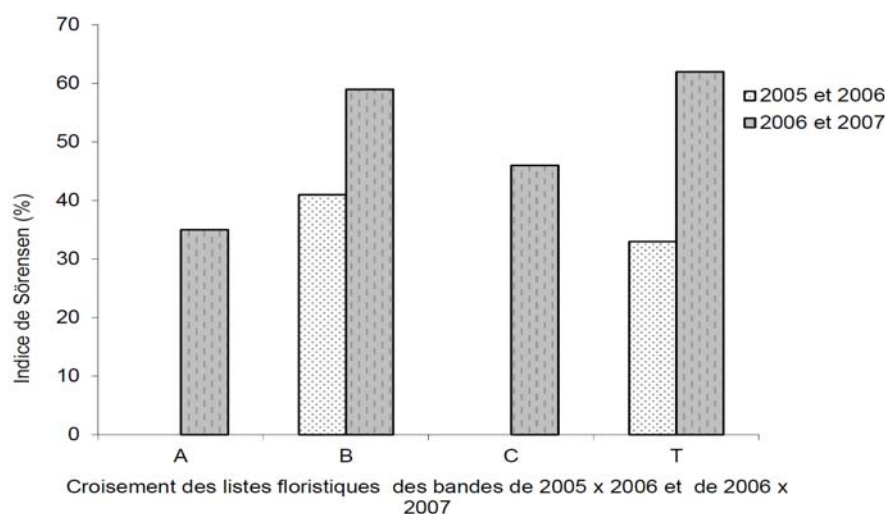
	2005	2006	2007
Pluviométrie annuelle (mm)	317	299	254
Bande A	0	35	16
Bande B	18	40	58
Bande C	0	35	15
Bande T	11	42	71

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

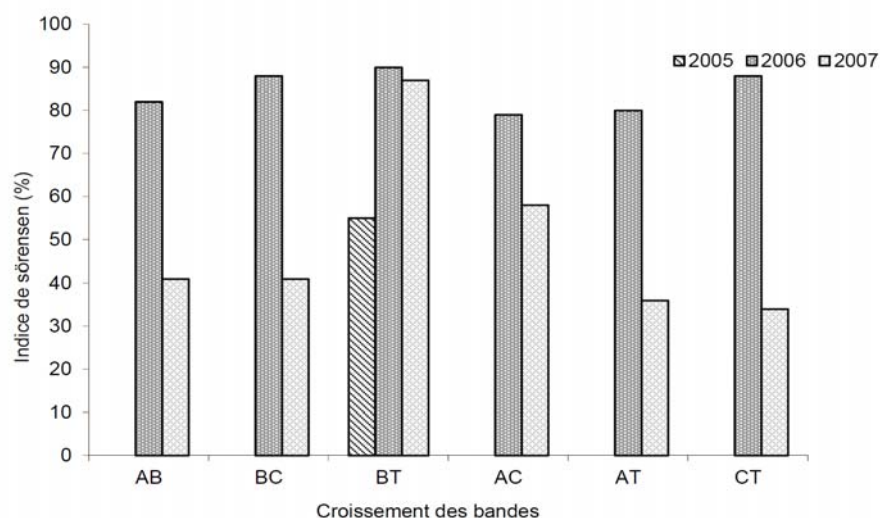
pluies (Tableau 3) (Annexe I). Les espèces des familles des Molluginaceae et des Acanthaceae ne sont apparues qu'au dernier relevé. Celles des Tiliaceae ne sont apparues qu'au troisième relevé et celles des Salpiniaceae et Polygalaceae, qui apparaissent au premier relevé, disparaissent pour ne réapparaître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

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 ( $\beta$ ) 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 ( $\beta$ ) 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>Pandaniakia 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
Aizoaceae	<i>Cucumis melo</i> Naud.	x	x		x	x
	<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

# Climate Change and Cassava Processing in Southeast Nigeria

A.A. Enete<sup>1\*</sup>, T.A. Amusa & C.E. Nwobodo

Keywords: Climate change- Cassava post-harvest- Adaptation- Household costs- Returns- Nigeria

## Summary

*Climate change is perhaps the most serious environmental threat to whom African agriculture is confronted today, essentially because of its impact on pre- and post-harvest agricultural productivity. Available literature shows that most of the recent studies on climate change and agriculture were mainly focused on pre-harvest, with little or no emphasis on post-harvest issues. This study aims to provide empirical information on the effect of climate change on cassava processing and on the cost-effectiveness of indigenous adaptation practices relative thereto. The study was conducted in two randomly selected states of southeast Nigeria and in four randomly selected agricultural zones, two from each state. The data were collected using a well-structured questionnaire administered to 320 randomly selected cassava processors. The result of the analysis shows that the respondents were predominantly women who, in addition to cassava processing, also grow cassava. Virtually all of them were, not only aware of climate change, but also aware that it will have effects on cassava post-harvest operations. The respondents suggest that as a result of climate change, the length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling has been decreasing while the water content of cassava tubers has been increasing. In addition, the storage quality of all the products has been deteriorating, just as the growth of spoilage moulds in the products during storage has been increasing. Moreover, the fermentation period for akpu and alibo has been increasing while there has been a general decline in the quantity of product yield after processing for all the products. Some of the adaptation measures used by the processors include increased use of water, palm oil, hired labour and wood fuel, increased harvesting of cassava earlier than usual, processing of more adaptive varieties of cassava, shifts in the timing of processing as the weather also shifts and increased fermentation in the open spaces. There were also some relatively new adaptation practices such as the use of detergents,*

*nails, beans and bitter leaf to aid fermentation, especially for the production of akpu and alibo. In terms of profitability, the four adaptation practices with high profitability indices were, in order of decreasing importance, increased use of sun-drying, water, hired labor and palm oil. The study therefore recommends that breeding of improved varieties of cassava should begin to target those that are tolerant to excessive and extreme fluctuations of rainfall, heat and flood. In addition, the adaptation practices with high profitability indices should be vigorously disseminated. Also, further studies, especially on the chemistry of the observed relatively new adaptation practices should be explored.*

## Résumé

### Changement climatique et traitement du manioc dans le sud – Nigeria

*Le changement climatique est peut-être la menace la plus grave pour l'environnement à laquelle fait face l'agriculture africaine aujourd'hui, essentiellement en raison de son impact sur la productivité agricole avant et après la récolte. La littérature disponible montre que la plupart des études récentes sur le changement climatique et l'agriculture ont tendance à se concentrer sur les opérations qui précèdent la récolte, avec peu d'accent sur ce qui se passe après la récolte. Cette étude vise à fournir des informations empiriques sur l'effet du changement climatique sur la transformation du manioc et du rapport coût-efficacité des pratiques d'adaptation indigènes vis-à-vis de celui-ci. L'étude a été menée dans deux états choisis de façon aléatoire au sud-est du Nigeria et dans quatre zones agricoles choisies au hasard, deux de chaque État. Les données ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire bien structuré administré à 320 transformateurs de manioc choisis au hasard. Le résultat de l'analyse montre que les répondants étaient en majorité des femmes qui, en plus de la transformation du manioc le cultivent aussi. La quasi-totalité d'entre eux étaient non seulement conscients des changements*

<sup>1</sup> University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, Nsukka, Nigeria

\* Corresponding author : anselmenete@hotmail.com, eneteanselm@yahoo.com

climatiques, mais aussi conscients que cela aura des effets sur ce qui se passe après la récolte manioc. Les répondants suggèrent que, en raison du changement climatique, la longueur de la période de maintien des tubercules de manioc dans le sol sans nuire à leur qualité a diminué tandis que la teneur en eau des tubercules de manioc a augmenté. En outre, la qualité du stockage de tous les produits se détériore, tout comme la croissance des champignons dans les produits au cours du stockage a augmenté. En outre, la période de fermentation de l'akpu et de l'alibo n'a cessé d'augmenter alors qu'il y a eu une baisse générale des rendements de tous les types de transformation des racines tubérisées. Certaines des mesures d'adaptation utilisées par les transformateurs comprennent l'utilisation accrue d'eau, d'huile de palme, du travail salarié et du bois de chauffage, la réalisation plus fréquente d'une récolte précoce, le traitement de plus de variétés de manioc adaptées, des changements dans le

calendrier de traitement ainsi que des temps de fermentation accrus dans les espaces ouverts. Il y avait aussi des pratiques d'adaptations relativement nouvelles comme l'utilisation de détergents, de clous, de haricots et de feuilles amères pour favoriser la fermentation, en particulier pour la production d'akpu et d'alibo. En termes de rentabilité, les quatre pratiques d'adaptation les plus rentables sont par ordre d'importance décroissante, l'utilisation accrue du séchage solaire, d'eau, du travail salarié et de l'huile de palme. L'étude recommande la sélection de variétés améliorées de manioc qui sont tolérantes à des fluctuations excessives et extrêmes des précipitations, de la chaleur et des inondations. En outre, les pratiques d'adaptation avec des indices élevés de rentabilité devraient être vigoureusement diffusées. En outre, d'autres études, en particulier sur la chimie des pratiques observées d'adaptation relativement nouvelles doivent être examinées.

## Introduction

As the planet warms, rainfall patterns shift, and extreme events such as droughts, floods, and forest fires become more frequent (41), farmers in Africa, particularly, battle with the challenge of poor and unpredictable yields/post-harvest losses, thereby making them even more vulnerable (40). They (who constitute the bulk of the poor in Africa), face prospects of tragic crop failures, reduced agricultural productivity, increased post-harvest losses, increased hunger, malnutrition and diseases (41). As the people of Africa strive to overcome poverty and advance economic growth, this phenomenon threatens to deepen vulnerabilities, erode hard-won gains and seriously undermine prospects for development (21).

Cassava (*Manihot* spp) is Africa's second most important staple, after maize, in terms of calories consumed, with Nigeria as the World leading producer (33). A recent study on cassava shows that it accounts for about 70% of the total calorie intake of more than half of Nigerians (35). In addition, approximately 16% of cassava root production is utilized as industrial raw materials (37) and it is a major source of income for producing/processing households. It is therefore, not only capable of, providing food security (24) but also reducing poverty through enhanced income, especially for vulnerable groups in Nigeria, because it is relatively cheap to produce. Moreover, one of the aims of the Nigerian Presidential Initiative on cassava production was to assist the country

realize an income of US\$5.0 billion pa from the export of its products. Because of its hardy nature, cassava has also become increasingly dominant with the advent of climate change (15); being tolerant to extreme weather conditions.

Cassava fresh roots are however, very bulky to transport, extremely perishable and for some varieties, contain poisonous cyanogenic compounds (18). Hence, bulkiness and high perishability of harvested roots make immediate processing of the roots necessary. Processing makes cassava roots easier to transport, gives them longer shelf-life, removes the cyanogenic compound and improves their palatability (31). Despite the capacity of cassava in providing financial and food security (24), its production and processing is challenged by many factors, of which climate related variables are among the major ones. This is because, temperature, sunlight, water, relative humidity do not only constitute the main drivers of crop growth and yield (2) but also influence their processing and storage. For instance, cassava roots deteriorate within three to four days after harvesting depending on heat intensity and thus are either consumed immediately or processed into a form with better storage qualities (20). Enete *et al.* (15) have shown that climate change has brought about increased heat intensity in Nigeria. In addition, heavy rainfall could prevent the drying of cassava bread; and may increase product perishability and seasonal inadequacy of food supplies. One of the variables

identified to be on the increase as a result of climate change is heavy rainfall (15). The heat effect of climate change on processing of agricultural products include the growth and development of spoilage moulds which affect products in storage by causing adverse quality changes, heat-damage, dull appearance, musty odours, visible moulds, production of toxins and allergens (11). Unfavourable environmental condition is one of the major causes of post harvest losses in the world with special emphases on developing countries such as Nigeria (20). Thus, the potential impact of climate change also threatens the post-harvest of food systems.

The relevant questions that agitate the minds are - what is the nature of climate change impacts [such as types of effects and for which cassava product(s)] on cassava processing and products? Are there some cassava products that are more vulnerable to climate change effects? What are the indigenous climate change adaptation strategies practiced by cassava processors? What are the cost implications of these measures?

This paper therefore attempts to provide answers to these questions. Although, there are numerous recent regional and national studies on socio-economic aspects of climate change and agriculture in Africa (e.g., 22; 28; 29, and 11), there has been little or no focus on post-harvest activities of small-holder farmers such as agricultural food processing. Millions of people are at risk of hunger and poverty if these processors do not get support in coping with climate change. Moreover, investigating the effects of climate change on post-harvest will help in providing a more complete picture of climate change and agriculture, and hence broaden policy formulations towards tackling the challenge of climate change.

## Methodology

**Area of Study:** Southeast Nigeria is located within Longitudes 5°30' & 9°30' E and Latitudes 4°30' & 7° 00' N. It occupies a land area of 75,488Km<sup>2</sup> and comprises nine states namely Abia, Akwa Ibom, Anambra, Bayelsa, Cross River, Ebonyi, Enugu, Imo, and Rivers. These states fall into two geopolitical zones in Nigeria namely the south-south and southeast. While, Akwa Ibom, Bayelsa, Rivers and Cross River are in the south-south, Abia, Anambra, Ebonyi, Enugu and Imo are in the southeast.

The region has a total population of 31,371,941 and an average population density of 416 persons per square kilometer. This average however conceals

the true picture of population pressure in the region. About 21 years ago, Okafor (36) noted that a prima facie evidence of population pressure has been established and that the region stands out prominently on maps of Sub-Saharan Africa showing population distribution and high crude densities. Also, Madu (26) demonstrated that population pressure is the most important problem of rural development in the region. The effects of population pressure in the area have been recognized in a broad spectrum of livelihood activities such as intensive agriculture, engagement in non-farm activities and migration.

**Sampling:** For logistic reasons, the study was restricted to the southeast geo-political zone. It was conducted in two phases. Phase one involved a Rapid Rural Appraisal (RRA) of the study area. Two states were randomly selected from the five states of the zone namely Enugu and Imo states. Each state in Nigeria is usually made up of three agricultural zones. In each selected state therefore, two agricultural zones were randomly selected making four agricultural zones for the study. In Enugu, Nsukka and Awgu agricultural zones were selected while in Imo, Okigwe and Owerri agricultural zones were selected. The pilot survey was however restricted to Okigwe in Imo state and Nsukka in Enugu state and in each of the two agricultural zones, with the assistance of the Extension Services Department (ESD), male and female cassava processors with a wide age range were constituted (50 in Okigwe and 40 in Nsukka) and interviewed, first collectively in a focus group discussion, and then individually with a structured instrument. The purpose was to have baseline information regarding the current situation on climate change and cassava processing in the area and help validate the survey instrument. This was conducted in October, 2011. The duty of the ESD officials was just to assist in assembling the processors. They did not take part in the administration of the survey instrument.

The second phase involved detailed processor to processor visit of the respondents. The two states already visited during RRA were still used for this part of the study. In each of the four agricultural zones and with the assistance of ESD, cassava farming communities (which invariably were also processing communities) were compiled, from which two communities were randomly selected making a total of eight communities for the study. These were Ogugu and Mgbowo in Agwu agricultural zone; Umualumo in Okigwe and Okwe in Onuimo, all in Okigwe agricultural zone; Opanda and Nkpologu, in Nsukka agricultural zone; Amaigbo and Okpuala in Owerri agricultural zone.

In each community, a list of cassava processors was compiled, also with the assistance of the ESD. Forty processors were randomly selected from each of them, to make a total of 320 processors for the study. This was done in November/December 2011.

## Background<sup>1</sup>

The cassava processing methods and products are presented here to provide the necessary background for the discussion of the results. Cassava processing involves a combination of activities which are performed in stages. Such activities are (i) peeling; (ii) chipping, milling, slicing, grating; (iii) dehydration by pressing, decanting, drying in the sun or over a hearth, frying; (iv) fermenting by soaking in water; (v) sedimentation; (vi) sieving; and (vi) cooking, boiling, steaming. The number of steps required and the sequence varies with the product being made. This sequence of activities also generates a wide range of intermediate products, which can either be sold or stored until the need arises. Hence, it is not always easy to distinguish between intermediate and end products of processed cassava. In addition, some of the processed products are ready to eat without further cooking while others require some extra preparation.

## Processed products

The following discussion is based on end products as those which enter the marketing system. This will include some intermediate products such as cassava flour.

**Cassava pastes:** Cassava pastes are called *akpu* in the study area. To make them, whole roots are immersed in water (streams, puddles or water in a container) for 3-5 days, while they soften and ferment. They are taken out of the water and peeled. Fibers are removed from the pulp by sieving in water using a basket, fiber bag or perforated metal bowl. The mash is squeezed in a fiber bag to reduce water content. The product is balled and steamed. Sometimes peeling is done before soaking, which improves the attractiveness of the end product but makes it more expensive because fresh roots are harder to peel than soaked ones. The product is ready to eat without further cooking. Uncooked paste is made in a similar way to steamed paste but without cooking, and so it must be steamed before it can be eaten. Just as in the case of steamed paste, the fermentation step is intensive in its use of water, but fuel is not required

<sup>1</sup>Adapted from Nweke and Enete (34)

although it will be needed at the meal preparation stage (Figure 1).



Figure 1: Cassava Pastes in the market.

**Cassava flour:** This is called *alibo* in the study area. Flour is often made at home from cassava chips. Chips and flour are made by a wide range of traditional methods. Soaked roots can be converted into chips by sun- or smoke-drying either directly after peeling or after crushing, sieving, pressing and rolling into balls. Alternatively, chips are made directly from fresh roots by sun- or smoke-drying of peeled fresh roots. The peeled chips may be fermented before drying by piling them in heaps covered with leaves for a few days. Chips made by any of these methods can be milled into flour (Figure 2).



Figure 2: An example of Cassava Flour being displayed in the market.

**Toasted granules:** These are called *gari* in the study area. Fresh roots are peeled and grated; the grated pulp is put in sacks and the sacks are placed under heavy objects for 3 or 4 days to drain excess liquid from the pulp while it is fermenting. The dewatered and fermented lumps of pulp are sieved and the resulting fine pulp is roasted in a pan. Palm

oil is sometimes added during roasting, which changes the colour of *gari* from white to yellow (Figure 3).



**Figure 3:** *Gari* in the market.

**Abacha:** The production of *abacha* (its local name) involves boiling peeled roots and slicing the boiled roots into small flat pieces, using knives or perforated metal. The sliced pieces are soaked overnight to make wet *abacha*, and may then be sun-dried to make dry *abacha* (Figure 4).



**Figure 4:** *Abacha*, ready for market.

## Results and Discussion

### Awareness of Climate Change

The respondents were asked whether they have heard of climate change before. About 99% of them responded in the affirmative (Table 1). This suggests a high level of awareness of the subject matter in the area. The awareness of climate problems and the potential benefits of taking action is an important determinant of adoption of agricultural technologies (22). Maddison (25) argued that farmer awareness of change in climate attributes (temperature and precipitation) is

important to adaptation decision making. For example, Araya and Adjaye (8) and Anim (6) reported that farmers awareness and perceptions of soil erosion problem as a result of changes in climate, positively and significantly affect their decisions to adopt soil conservation measures. On the source of information, majority (67%) of the respondents indicated that they heard from friends, about 27% of them heard from farmers' cooperatives, 23% from personal observation, 21% from radio/television, 10% from extension personnel, 7% from other farmers, 5% from newspapers, while 2% of the respondents heard it from researchers (Table 2). On the question of whether climate change has or will have anything to do with cassava processing, all (100%) the respondents said yes. Most governments in Nigeria already have agencies charged with environmental issues including climate change and they most often sensitize the people through the radio, television, cooperatives, posters, handbills etc. This may explain the high level of awareness of the respondents.

### Patterns of Climate Change Impact on Cassava Processing and processed products

The respondents were asked to indicate the direction of change (increasing, decreasing or no-change) in the last ten years, for some hypothesized variables regarding climate change effects on cassava post-harvest. The information collated from the survey show (Table 2) that almost all (92%) the respondents agree that the length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling has been decreasing in the last ten years.

**Table 1**

Percentage distribution of respondents by awareness of climate change and sources of information.

Questions on awareness of climate change	Yes*	No
Have heard of climate change before now ?	99	1
Source of information**:		
(i) Friends	67	
(ii) Extension workers	10	
(iii) Farmers cooperatives	27	
(iv) Newspapers	5	
(v) Radio/Television	21	
(vi) Researchers	2	
(vii) Other farmers	7	
(viii) Personal observation	23	
Do you think climate change will have any effect on cassava processing?	97	3

Note: \* Number of respondents is 320, \*\* Multiple responses

**Table 2**  
Percentage distribution of respondents by direction of climate change impact on cassava processing.

	Phenomena you think have been changing over the past ten years	Product	Increasing (%)	Decreasing (%)	N° change (%)	Mean extent of contribution of climate change
(i)	Spoilage of cassava tubers after harvest	Fresh roots	94	6	0	3.759
(ii)	Length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling	Fresh roots	4	92	4	3.870
(iii)	Water content of cassava tubers	Fresh roots	66	23	11	3.981
(iv)	Cooking quality of cassava products	<i>Garri</i>	4	38	58	2.850
		<i>Akpu</i>	20	30	50	1.261
		<i>Alibo</i>	26	32	42	1.278
		<i>Abacha</i>	5	27	68	2.453
(v)	Storage quality of cassava products	<i>Garri</i>	4	88	8	3.996
		<i>Akpu</i>	20	72	8	3.707
		<i>Alibo</i>	5	88	7	3.854
		<i>Abacha</i>	5	73	22	3.522
(vi)	Fermentation period of cassava products	<i>Garri</i>	2	33	66	2.190
		<i>Akpu</i>	66	34	0	3.700
		<i>Alibo</i>	63	37	0	3.955
		<i>Abacha</i>	36	4	60	1.433
(vii)	Labour use in cassava processing	<i>Garri</i>	49	23	28	3.851
		<i>Akpu</i>	53	21	26	3.205
		<i>Alibo</i>	49	25	26	3.726
		<i>Abacha</i>	71	6	23	3.202
(viii)	Growth of spoilage moulds in processed and stored cassava products	<i>Garri</i>	87	4	9	4.032
		<i>Akpu</i>	91	5	4	4.007
		<i>Alibo</i>	92	5	3	3.694
		<i>Abacha</i>	93	1	6	3.947
(ix)	General spoilage of processed cassava products	<i>Garri</i>	92	4	4	3.543
		<i>Akpu</i>	91	5	4	3.724
		<i>Alibo</i>	91	5	4	4.055
		<i>Abacha</i>	90	6	4	3.910
(x)	Taste of processed cassava products	<i>Garri</i>	25	36	39	2.386
		<i>Akpu</i>	26	33	41	2.217
		<i>Alibo</i>	31	32	37	1.899
		<i>Abacha</i>	32	30	38	1.976
(xi)	Aroma of processed cassava products	<i>Garri</i>	17	40	43	2.131
		<i>Akpu</i>	1	35	64	2.216
		<i>Alibo</i>	5	33	62	2.069
		<i>Abacha</i>	4	32	64	2.097
(xii)	Colour of processed cassava products	<i>Garri</i>	4	23	73	2.178
		<i>Akpu</i>	13	17	70	2.247
		<i>Alibo</i>	21	10	69	1.884
		<i>Abacha</i>	4	11	85	2.003
(xiii)	Quantity of product from cassava after processing	<i>Garri</i>	5	89	6	3.752
		<i>Akpu</i>	3	92	5	3.887
		<i>Alibo</i>	6	89	5	3.740
		<i>Abacha</i>	3	90	7	3.900

Cut off = 3

This is particularly worrisome because cassava has often been referred to as a famine reserve crop as it can be stored in the soil and milked by families as need arises. This may also further impoverish the farmers because they may no longer have the possibility of storing their cassava in the soil until market prices are favorable. A majority (66%) of the respondents report that the water content of cassava tubers has also been on the increase. This may also mean poor product yield from processing since it (processing) generally involves dewatering. In addition, almost all (94%) the respondents reported that spoilage of cassava tubers after harvest has been increasing. This is consistent with the above observations on increasing water content of cassava tubers and reduced length of time it could be stored in the soil without spoiling.

**Table 3**  
Percentage distribution of respondents by whether or not they use suggested adaptation measures.

S/N	Adaptive measures	Use (%)	Not use (%)
1	Increased use of water in cassava processing	71	29
2	Increased use of hired labour to avoid spoilage of harvested tubers	57	43
3	Increased use of wood fuel in drying cassava products	49	51
4	Increased use of sun-drying in cassava processing	27	73
5	Harvesting cassava earlier than usual to avoid its decaying in the soil	53	47
6	Increased spacing of cassava in the farm to enhance aeration, which reduces its decay in the soil	34	66
7	Exit from processing cassava to other farm products	3	97
8	Use of more adaptive varieties of cassava	44	56
9	Increased fermentation of cassava in open spaces.	43	57
10	Increase in the quantity of cassava processed	13	87
11	Increased fermentation of cassava in closed spaces (inside the house for instance)	8	92
12	Increased use of oil in cassava processing	59	41
13	Increased use of other additives to cassava products (e.g. mixing yam and cassava flour)	10	90
13	Shifts in the timing of cassava processing as the weather also shifts	42	58
14	Change from processing to production	1	99
15	Change from processing to marketing	2	98
16	Combining cassava processing with other farm produce processing	10	90
17	Change in the type of cassava products processed	11	89
19	Increased use of mechanized processing	10	90
21	Use of detergents in the fermentation of cassava products	24	76
22	Use of nails or other metal objects in the fermentation of cassava products	19	81
23	Use of beans in the fermentation of cassava products	24	76
24	Use of bitter leaf in the fermentation of cassava products	25	75

The cooking quality of all the major processed cassava products in the area namely *gari*, *akpu*, *alibo* and *abacha* have generally not changed in the past ten years as indicated by majority of the respondents (Table 2). However, a majority of them suggest that the storage quality of all the products has been decreasing (Table 2). This agrees with their observation below that the growth of spoilage moulds in these products has been increasing. The respondents indicate that the fermentation period for *gari* and *abacha* has not changed while that of *alibo* and *akpu* has been increasing. This is to be expected because smooth paste is not required for *abacha* after fermentation as it is just boiled, sliced, washed and sun-dried. *Gari*, on the other hand, is crushed into a smooth paste, with a grater, before fermentation. However, *alibo* and *akpu* require making into a smooth paste after fermentation which necessitates that they must ferment well (the whole tuber must be completely softened while fermentation takes place). Their fermentation could therefore be generally more sensitive to weather conditions than *gari* and *abacha*. Labour use in the processing of all the cassava products have been increasing. This is consistent with their responses to first three questions. Processors now have shorter time to process cassava tubers before they spoil and the tubers contain more water in them which needs to be extracted. Almost all the respondents agree that the growth of spoilage moulds in all the cassava products while in storage has been increasing. This may be because of the rising extreme fluctuations of temperature and hence humidity associated with climate change in the region (38). It is also in line with the above observation regarding their deteriorating storage quality. In addition, there has been increased general spoilage of all the products as indicated by almost all the respondents (Table 3). Majority of them reported that taste, colour and aroma have generally not changed for all the processed cassava products. They however reported that the quantity of product after processing has been declining for all the products. This may be because of increasing water content and spoilage of cassava tubers as reported above.

The respondents were asked to indicate the extent to which they think climate change was responsible for the changes in the variables above. Their responses (Table 2) show that all the changes discussed above such as length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling, water content of cassava tubers, general spoilage of cassava tubers after harvest, storage quality of the products, fermentation period of *alibo* and *akpu*, growth of moulds in the products and quantity of



product after fermentation, have all to do with climate change. These changes may have affected the fortunes of the processors greatly. For instance, almost all (92%) the respondents indicated that their income from cassava processing has been decreasing in the last ten years. They were then asked to rank, for each of the products, the extent to which their income had been decreasing on a five point scale (5= to a very great extent, 4= to a great extent, 3= to some extent, 2= to a little extent and 1= to no extent). The average response for each of the products were 4.28 for *gari*, 4.33 for *akpu*, 3.56 for *alibo* and 4.16 for *abacha*, all of which imply to great extent.

### Indigenous Climate Change Adaptation Practices

Climate change adaptation is taken here to mean modifications and/or improvements on (or intensification of) existing agricultural practices with the aim of ameliorating the effect of climate change on food systems. Some of the popular adaptation practices used by the processors include increased use of water in cassava processing as indicated by 71% of the respondents (Table 3). This was followed by increased use of hired labour (intensified use of hired labour, aimed at countering the effect of climate change on cassava post-harvest is considered an adaptation strategy) in cassava processing (about 57% of the respondents). This may have been necessitated by increased general spoilage of cassava tubers after harvest and their increased water content. The next adaptive measure reported by about 59% of the respondents was increased use of oil in cassava processing. This was particularly more pronounced in the cases of *gari*, *akpu* and *alibo*. Its use in *gari* was particularly to add colour and taste in addition to aiding preservation for longer period. An example of *gari* being processed with oil is seen in the figure 5.



Figure 5: *Gari* being processed with oil.

For *akpu* and *alibo*, the use of oil was to aid fermentation, we had earlier noted that the fermentation periods of these products have increased as a result of climate change. Many of the respondents in some of the villages did indicate that they have completely changed the processing methods for *alibo* as a result of the difficulties encountered in its fermentation. Instead of the usual submerging of whole fresh roots in water and leaving it to ferment for some days, they have now resorted to peeling the fresh roots, grating them into smooth pastes and sun- or smoke drying. This method has also changed the texture of *alibo* in ready to eat form. Instead of its usual smooth and velvety texture, those prepared in this form now looks like the figure 6.



Figure 6: An example of *alibo* prepared through grating.

Increased harvesting of cassava, earlier than usual, was reported by about 53% of the respondents as an adaptive measure. This may be because of the reported decreases in the length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling. About 44% of the respondents indicated increased use of more adaptive varieties of cassava as an adaptation measure.

The next adaptation measures were increased fermentation of cassava in open spaces (43%) and shifts in the timing of cassava processing as the weather also shifts (42%). Some of the relatively new adaptation practices reported by the respondents were the use of detergents, nails, beans, bitter leaf and *jatropha* leaves to aid fermentation in the cases of *akpu* and *alibo*. The figure 7 illustrates the case of *Jatropha* leaves:

Although the chemistry of these is unclear, one is concerned that the use of detergents may have some residual effects in the final products which may be borne by the final consumer. The foregoing suggests that there is increasing fermentation

**Table 4**  
Mean and standard deviation of the responses of the respondents in Imo and Enugu states on climate change adaptation cost.

s/n	Adaptation measures	Cost/kg of product		Revenue/kg of product		PI	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
i.	Increased use of water in cassava processing	10.88 (68)	11.39	7.07(67)	5.69	1.53 (67)	1.13
ii.	Increased use of hired labour	6.44(18)	3.13	9.83 (18)	5.95	1.51 (18)	0.48
iii.	Increased use of wood fuel in drying cassava products	7.87(47)	4.36	10.32 (47)	6.63	1.34 (47)	0.49
iv.	Increased use of sun drying	4.06 (17)	1.74	7.41 (17)	4.08	2.52 (17)	2.90
v.	Increased use of palm oil in cassava processing	56.60(62)	81.77	104.22(62)	162.82	1.51 (62)	0.39
vi.	Increased use of mechanized processing	8.89(19)	5.68	11.58 (19)	6.88	1.41 (19)	0.50
vii.	Increased used of other additives like mixing yam and cassava flour	15.91 (17)	8.41	21.21 (17)	12.63	1.35 (17)	0.54

Note: Figures in parentheses are no of observations.



**Figure 7:** The use of Jatropha leaves to aid fermentation

difficulty being faced by cassava processors as a result of climate change.

In terms of profitability, the farmers were asked to estimate the average costs and added returns per kilogram of cassava product for each of the adaptation practices using a partial budgeting framework. Using this information, an index of profitability (returns per Nigerian naira invested) was calculated for the practices. The result of the analysis (Table 4) shows that increased use of sun-drying had the highest index (mean=2.5). This is not surprising because sun-drying relatively had the least average cost per kilogram of product and most of the costs in the practice come from labor, which may have been largely supplied by the

family. The next adaptive measures in terms of the index were increased use of water, hired labor and oil in cassava processing (mean = 1.5 each). Increased use of mechanized processing had an average index of 1.4 while that of wood fuel and other additives, each had a mean of 1.34. There was no information in this regard for other adaptation practices, perhaps because of the skepticism respondents always had in divulging information regarding their finances to researchers. The foregoing suggests ingenious attempts by the processors to device ways of countering the effects of climate change. It will be worthwhile for experts to work with them in order to fine-tune and hence broaden the impact of these adaptive measures.

## Conclusion

The respondents in this study were mostly women who, in addition to cassava processing, also grow cassava. Virtually all of them were, not only aware of climate change, but also aware that it will have effects on cassava post-harvest activities. The predominant source of such information was their friends. The respondents suggest that as a result of climate change, the length of time cassava tubers can stay in the soil without spoiling has been decreasing while the water content of cassava tubers has been increasing. In addition, the storage quality of all the processed products has been deteriorating, just as the growth of spoilage moulds in the products during storage has been increasing.

Moreover, the fermentation period for *akpu* and *alibo* has been increasing while there has been a general decline in the quantity of product yield after processing for all the products. Some of the adaptation measures practiced by the processors include increased use of water, palm oil, hired labour and wood fuel in cassava processing, increased harvesting of cassava earlier than usual to avoid decay in the soil, use of more adaptive varieties of cassava for processing, shifts in the timing of processing as the weather also shifts and increased fermentation of cassava in the open spaces. There were also some relatively new adaptation practices such as the use of detergents, nails, beans and bitter leaf to aid fermentation, especially for the production of *akpu* and *alibo*. In terms of profitability, the four adaptation practices with high profitability indices were, in order of decreasing importance, increased use of sun-drying, water, hired labor and oil in cassava processing. In the light of the foregoing, the study

recommends that breeding of improved varieties of cassava should begin to target those that are tolerant to excessive and extreme fluctuations of rainfall, heat and flood. In addition, the adaptation practices, particularly those with high profitability indices, should be vigorously disseminated by extension agents to cassava processors. Also, further studies, especially on the chemistry of the observed relatively new adaptation practices should be explored.

### Acknowledgement

This paper was produced as part of a project sponsored by the Centre for International Governance Innovation (CIGI), Canada. The authors wish to thank CIGI for the financial assistance and three anonymous reviewers for their very useful comments, which helped to bring the paper to the present level.

### Literature

1. Action Aid International, 2008, *The time is now; Lesson from farmers to adapting to climate change*. Retrieved from: <http://www.actionaid.org>, on April 13, 2011.
2. Adejuwon S.A., 2004, *Impact of climate variability and climate change on crop yield in Nigeria*. Contributed paper to Stakeholders workshop on Assessment of Impact & Adaptation to Climate Change (AIACC). 2-8.
3. Agarwal A., 1992, *The Grass is Greener on the Other Side: A Study of Raikas, Migrant Pastoralists of Rajasthan*. Issue Paper N° 36, London: International Institute for Environment and Development.
4. Agbetoye L.A., 2003, *Engineering Challenges in Developing Indigenous Machinery for Cassava Production and Processing*. In Proceedings of the Annual Conference of the Nigerian Society of Engineers Ibadan, Nigeria, 8-12 December 2003; pp. 80-86.
5. Agboola S.A., 1987, *An Agricultural Atlas of Nigeria*. London: Oxford University Press.
6. Anim, F.D.K., 1999, A note on the adoption of soil conservation measures in the Northern Province of South Africa. *J. Agr. Econ.*, **50**, 336-345.
7. Anambra State Agricultural Development Programme (ASADEP), 2000, *Hints on Fadama programme*. Anambra State Agricultural Development Programme Report, Bulletin No. 001/October Awka, Nigeria. ASADEP 1-6.
8. Araya B. & Adjaye J.A., 2001, Adoption for farm level soil conservation practices in Eritrea. *Indian J. Agr. Econ.*, **56**, 239-252.
9. Apata T.G., 2008, *The Effect of Climate Change and Adaptability on Arable Food Crop Farmers in South western, Nigeria*. Session 6, Cropping System, 28<sup>th</sup> October, 2008.
10. Benhin J.K.A., 2006, *Climate change and South African agriculture: Impacts and adaptation options*. CEEPA Discussion paper N° 21. CEEPA, University of Pretoria, South Africa.
11. Canadian Grain Commission, 2009, *Spoilage and Heating of Stored Agricultural Products*. Retrieved 10<sup>th</sup> April, 2010 from <http://www.grainscanada.gc.ca>.
12. Chukwu G.O. & Mbanaso E.O., 1990, Crop Water Requirements of Radish in Southeastern Nigeria. *J. Sustainable Agric. Environ.*, **1**(2), 236-241.
13. Deressa T., 2008, *Analysis of perception and adaptation to climate change in the Nile Basin of Ethiopia*. An unpublished Ph .D. thesis, Centre for Environmental Economics and Policy for Africa (CEEPA), University of Pretoria, South Africa.
14. Downing, T.E., Ringius L., Hulme M. & Waughray D., 1997, Adapting to Climate Change in Africa'. *Mitigation Adapt. Strategies Global Change*, **2**, 19-44.
15. Enete A.A., Madu I.A., Mojekwu J.C., Onyekuru A.N., Onwubuya E.A. & F. Eze, 2011, *Indigenous Agricultural Adaptation to Climate Change: Study of Southeast Nigeria. African Technology Policy Studies Network (ATPS)*, Research Paper N°. 6. ATPS, Nairobi, Kenya.
16. Enete A.A. & Amusa T.A., 2010, Challenges of Agricultural Adaptation to Climate Change in Nigeria: a Synthesis from the Literature. *Field Actions Sci. Rep.*, Vol. **4**.
17. Enete A.A. & Achike A.I., 2008, Cash income diversification in rural smallholder cassava producing households of Nigeria. *Tropicultura*, **26**(3,) 159-163.
18. Enete A.A., Nweke F.I. & Tollens E., 2004, "Gender and Cassava Processing in Africa". *Quarterly J. of Int. Agric.*, **43**(1), 57-69.
19. Enete A.A., 2003, *"Resource Use, Marketing and Diversification Decisions in Cassava Producing Household of Sub-Saharan Africa"*. A Ph.D Dissertation Presented to the Department of Agricultural and Food Economics, Catholic University of Leuven, Belgium.
20. FAO, 1995, Formulation Reports. *Root and Tubers Expansion Programme*. Rome: Food and Agriculture Organisation.
21. German Advisory Council on Global Change, WBGU, 2004. *World in Transition: Fighting Poverty through Environmental Policy*. Earthscan, London.

22. Hassan R. & Nhemachena C., 2008. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate changes: multinomial choice analysis. *AFJARE*, 2(1), 85-104.
23. IPCC, 2007, *Contribution of working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC - Summary for Policy Makers*. Retrieved March 8, 2010 from <http://www.ipcc.ch>:
24. Kolawole P. O., Agbetoye L.A. & Ogunlowo S.A., 2010, Sustaining World Food Security with Improved Cassava Processing Technology: The Nigeria Experience. *Sustainability*, 2, 3681-3694.
25. Maddison D., 2007, *The perception of and adaptation to climate change in Africa*. CEEPA Discussion paper N° 10, CEEPA, University of Pretoria, South Africa.
26. Madu I.A., 2005, "Population and settlement constraints to sustainable agricultural land use in southeastern Nigeria", in Okoko, E. Adekunle, V.A.J. & Adeduntan S.A. (eds). *Environmental Sustainability and Conservation in Nigeria. Environmental Conservation and Research Team*, Federal University of Technology, Akure Nigeria pp. 163-171.
27. Madukwe M.C., 2004, "Multivariate Analysis for Agricultural Extension Research", in: Terry A.O. (ed) *Research Methods in Agricultural Extension*. Pp 206-236.
28. Mendelsohn R., Dinar A. & Dalfelt A., 2000, *Climate change impacts on African agriculture. Preliminary analysis prepared for the World Bank, Washington, District of Columbia*, pp 25.
29. Morton J.F., 2007, The Impact of Climate Change on Smallholders and Subsistence Agriculture. *PNAS* Vol. 104, N° 50.
30. Nkemachena C & Hassan R., 2007, *Micro-Level Analysis of Farmers' Adaptation to Climate Change in Southern Africa*. IFPRI Discussion Paper 00714 August, Washington DC: International Food Policy Research Institute.
31. Nweke F.I., 1994, *Processing Potentials for Cassava Production Growth in Sub-Saharan Africa*. COSCA Working Paper, N° 11, IITA Ibadan, Nigeria.
32. Nweke F.I., 1996, *Cassava: a cash crop in Africa*. COSCA working paper N° 14, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
33. Nweke F.I., 2004, *New Challenges in the cassava transformation in Nigeria and Ghana*. Environment and Production Technology Division (EPTD) Discussion Paper N°. 118, International Food Policy Research Institute, Washington DC, USA.
34. Nweke F.I. & Enete A.A., 1999, *Gender surprises in food production, processing and marketing with emphasis on cassava in Africa: Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA) working paper N°. 19*. COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
35. Nneoyi I.O., Henry M.N., Walter A.M., & Ebingha E.E., 2008, Group Dynamics and Technology Use among Female Cassava Farmers in Akpabuyo Local Government Area, Cross River State, *Nigeria. Agric. J.*, 3(4), 292-298.
36. Okafor F.C., 1991, *Population pressure, agricultural change and environmental consequences in South Eastern Nigeria*. New York: Social Science Council.
37. Phillips T.P., Taylor D.S., Sanni L. & Akoroda M.O., 2004, *A Cassava Industrial Revolution in Nigeria: The Potential for a new Industrial Crop*. The Global Cassava Development Strategy. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
38. Uguru M.I., Baiyeri K.P. & Aba S.C., 2011, Indicators of climate change in the derived Savannah niche of Nsukka, south- Eastern Nigeria. *Agro-Science*, 10(1), 17-26.
39. United Nations Development Programme (UNDP), 2010, *Gender, Climate Change and Community-Based Adaptation. A Guidebook for Designing and Implementing Gender-Sensitive Community-Based Adaptation Programmes and Projects*. New York: United Nations Development Programme.
40. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2007. *Climatic Change Impact, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries* UNFCCC Secretariat, Martin-Luther-King-Straat 8 53175 Bonn, Germany. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)
41. Zoellick Robert B., 2009, *A Climate Smart Future*. The Nation Newspapers. Vintage Press Limited, Lagos, Nigeria. Page 18.

A. A. Enete, Nigerian, PhD, University of Nigeria, Lecturer at the Department of Agricultural Economics, Nsukka, Nigeria.

T. A. Amusa, Nigerian, PhD research student at the University of Nigeria, Department of Agricultural Economics, UNN, Nsukka, Nigeria.

C. E. Nwobodo, Nigerian, PhD, Lecturer, University of Nigeria, Department of Agricultural Extension, Nsukka, Nigeria.

## ORGANIZACIÓN

### Naturaleza de la entidad responsable de la publicación y el asunto de la revista TROPICULTURA

Agri-Overseas a.s.b.l. es una asociación creada con el objetivo de establecer relaciones profesionales de interés común entre todos aquellos quienes obran para el desarrollo rural en los países del Sur. Esta asociación publica la revista científica y de información "Tropicultura" dedicada a los problemas rurales en los países en desarrollo. Esta revista es publicada trimestralmente con el apoyo financiero de la región de Bruselas-Capital y de sus miembros; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM) y del apoyo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CIUF) y del Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIR). Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de miembros de las instituciones belgas siguientes: la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM), la Comisión universitaria para el Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa de Bélgica (CUD-CIUF), la instancia de Cooperación Universitaria al Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Flamenca (VLIRUOS), las cuatro Facultades en Ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux, Gent, Leuven y Louvain- La-Neuve), las dos Facultades en Medicina veterinaria (Gent y Liège), el Departamento de Ciencias Biomédicas del Instituto de Medicina tropical de Amberes (Antwerpen), la Sección *interfacultaria* de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades Universitarias de Nuestra Señora de la Paz (Namur), El Departamento de Ciencias y gestión del medio ambiente de la Universidad de Liège (Arlon)..

### Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr J. Vercruyse, Presidente; del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Administrador Delegado; del Dr E. Thys, Secretario; del Profesor Dr B. Losson, Tesorero; del Profesor J. Bogaert, miembro representante de la CUD-CIUF; del Profesor Honorario Dr S. Geerts, miembro representante de la ARSOM; del Profesor R. Merckx, miembro representante de VLIR y del Profesor Honorario Dr Ir J. Hardouin, miembro.

### Comité de redacción

El comité de redacción se compone del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Redactor en jefe, y de los siguientes redactores delegados: el Profesor Ch. De Cannière «la Selvicultura, la ecología del paisaje y de los sistemas de la producción vegetal», el Profesor Dr J.-P. Dehoux de «la Producción pecuaria y la Gestión de la fauna», el Dr D. de Lame de «la Sociología», el Profesor Honorario Dr F. Malaisse de «Ciencias forestales y la Ecología», el Profesor Emérito Dr J.-C. Micha de «la Pesca y la Piscicultura», el Profesor Emérito Dr Ir E. Tollens de «Economía rural», el Profesor Dr Ir P. Van Damme de «Agronomía», el Profesor Dr E. Van Ranst de «Ciencia del suelo», el Profesor Dr P. Dorny para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaría trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

### Secretaría de redacción

231, Avenue Louise, B- 1050 Bruxelles – Bélgica  
Teléfono: ++32.(0)2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.(0)2.540 88 59  
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net, clouvet.tropicultura@belgacom.net  
Website: <http://www.tropicultura.org>

## GUÍA DE AUTORES

### Contenido del manuscrito

Los temas de los artículos publicados en Tropicultura engloban todo lo relacionado con el desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente en las regiones más cálidas del planeta. Se priorizarán aquellos artículos que presenten temas interesantes, con el mayor alcance posible, esto es, cuyo contenido se centre especialmente en aspectos metodológicos que puedan transponerse a una amplia selección de entornos y regiones del mundo. Tropicultura hace especial hincapié en la fiabilidad de las informaciones publicadas, por ejemplo: cuando se trate de artículos sobre resultados experimentales, se tendrán en cuenta sobre todo el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio que determinan los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no podrán haber sido presentados para su publicación de forma simultánea en ninguna otra revista científica. Los artículos podrán redactarse en uno de los siguientes cuatro idiomas: inglés, español, francés y neerlandés.

### Procedimiento de presentación de manuscritos

Los manuscritos se enviarán al redactor jefe por correo tradicional en tres ejemplares en formato papel, o directamente como archivo adjunto al correo electrónico de la secretaría de redacción.

En la medida de lo posible, tras la aceptación del artículo para su publicación, el autor proporcionará su versión más actual, revisada y corregida, en formato electrónico. Se recomienda utilizar el programa Word, pero también se aceptarán los siguientes formatos de archivos: ASCII o RTF.

### Estilo

Los manuscritos se redactarán en una sola cara, a doble espacio, utilizando la fuente Times New Roman 11, con un borde de 2,5cm en cada uno de los márgenes de la página impresa. Los manuscritos no superarán las doce páginas de texto (sin incluir la página de portada, los resúmenes ni las referencias bibliográficas).

La portada incluirá: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, su título, función, nacionalidad, dirección profesional completa y la dirección electrónica de cada uno de ellos, además de los agradecimientos, si procede. El apellido del autor correspondiente se marcará con un "\*" y su dirección se completará con su número de teléfono.

Las páginas que siguen a la página de portada incluirán:

- (i) los resúmenes (máx. 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de seis palabras clave como máximo en cada uno de los dos idiomas;
- (ii) el cuerpo del texto;
- (iii) la bibliografía;
- (iv) los cuadros/tablas numerados con cifras arábigas;
- (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número en su parte posterior si no se envían en formato electrónico;
- (vi) las leyendas de los cuadros/tablas y las ilustraciones.

Todas las páginas serán numeradas de manera seguida.

El texto se dividirá en varios capítulos principales (en general: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones) y la subdivisión de cada capítulo no superará los dos niveles (se aceptará un solo nivel por debajo del título de cada capítulo). Los títulos de los capítulos y los subtítulos de los párrafos deberán ser concisos y nunca se subrayarán.

Las referencias se citarán en el texto a través de un número entre paréntesis. En caso de que se citen varias fuentes, los números se sucederán por orden creciente.

Las ilustraciones se dibujarán de manera profesional. Las fotografías se entregarán sin montar, contrastadas y en papel brillante. Las fotos que se entreguen en formato .jpg deberán ser de buena calidad y tener al menos 300 píxeles por pulgada (dpi).

Los archivos excel de bases de datos, cuadros y gráficos deberán entregarse en el momento de remisión del manuscrito.

Las referencias bibliográficas se clasificarán por orden alfabético del nombre de los autores y por orden cronológico cuando se citen varias obras de un mismo autor. Las referencias se numerarán de forma seguida empezando por la número 1.

No se podrán indicar más de cincuenta referencias bibliográficas.

Para los artículos de revista, las referencias incluirán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de sus nombres, el año de la publicación, el título completo del artículo en el idioma original, el nombre de la revista, el número del tomo citado, los números de la primera y de la última página separados por un guión.

Ejemplo: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. Int. Rev. Cytol. 33, 157-222.

Para las monografías, los siguientes elementos se consideran esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de sus nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el apellido del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado y el número total de páginas de la obra.

Las actas de conferencias se considerarán como monografías; además deberán mencionar, cuando sea posible, el lugar, la fecha de la reunión y el/los editor/es científico/s.

Ejemplo: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders págs. 613-632, en: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editores), Sphingolipids and allied disorders, Plenum, Nueva York, 205 págs.

### Certificado de publicación

Con el objetivo de garantizar la originalidad del manuscrito y el acuerdo relativo a su publicación por parte de las instituciones de tutela de los autores, el autor principal deberá firmar y reenviar el certificado.

### Derechos de reproducción

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá a los diferentes autores asociados al artículo que se comprometan a ceder sus derechos de publicación a Tropicultura.

### Contribución a los gastos de publicación

El importe de la contribución de los autores a los gastos de publicación del artículo asciende a 200 euros. Antes de que se admita el artículo a trámite, el autor correspondiente deberá firmar y reenviar el certificado.

### Lectores internacionales

En el momento de la entrega de los artículos, los autores tendrán que proponer los nombres de tres lectores de renombre internacional que puedan evaluar sus manuscritos.

### Comité de Redacción

El Comité de Redacción se reserva el derecho de rechazar cualquier artículo que no sea conforme a las instrucciones anteriormente mencionadas. Los artículos serán enviados a uno o varios lectores elegidos por la redacción y los autores en ningún caso conocerán la identidad de estos lectores.

# TROPICULTURA

2013 Vol. 31 N° 4

Four issues a year (October- November- December)

## ORIGINAL ARTICLES

- Growth of *Auchenoglanis occidentalis* (Pisces, Claroteidae) in the Central Delta of Niger River Flood Plain (Mali, West Africa) (*in French*)  
**T. Niaré, O. Samassékou, A. Kodio & C.K. Tiéno** 217
- Restoring Soil Potential Using Zaï and Stone-Rows in West Burkina Faso (*in French*)  
**J.T. Yaméogo, A.N. Somé, A. M. Lykke, M. Hien & H.B. Nacro** 224
- Potential Genetic Benefits of Using Brazilian Cotton Varieties to Improve those Cultivated in the C4 Countries: 2. Analyze of the Technological Characteristics of the Fiber (*in French*)  
**L. Bourgo, D. Sanfo & K.S. Diané** 231
- Sesame in the Department of Aguié in Niger: Analysis of a Crop with many Advantages in a High Potential Agricultural Area (*in French*)  
**L. Andres & P. Lebailly** 238
- Wheat Nitrogen Fertilization in Tunisia: Trends and Main Determinants (*in French*)  
**M. Annabi, H. Bahri, O. Béhir, D. Sfayhi & H. Cheikh Mhame** 247
- Performance Assessment of the Production of Seeds by Manual Sieving of the Soil of Three Varieties of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Swartz under the Conditions of the Batéké Plateau (DRC) (*in French*)  
**B.P. Bulakali, J. Aloni, J.C. Palata & G. Mergeai** 253
- Mechanical Anti-erosive Barrier increases Colonization of Fixed Sand Dune by Plant Species (*in French*)  
**O. Laminou Manzo, M. Zaman Allah, P. Ozer, R. Paul & A. Mahamane** 260
- Climate Change and Cassava Processing in Southeast Nigeria (*in English*)  
**A.A. Enete, T.A. Amusa & C.E. Nwobodo** 272

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

