

TROPICULTURA

2012 Vol. 30 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica por año (abril- mayor- junio)



Elevage intensif de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en cages flottantes sur le fleuve Mékong au Vietnam. J. -C. Micha, 2003.

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse

11, Rue d'Egmontstraat

1000 Bruxelles/Brussel-Belgique/België

Avec les soutiens

de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGD) www.dg-d.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur et Coopération au Développement, www.diplomatie.belgium.be
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be,
du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique CIUF, www.ciuf.be,
du Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR, www.vlir.be, et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van

De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (DGD), www.dg-d.be, de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken,
Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, www.diplomatie.belgium.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be, de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française
de Belgique (CIUF)", www.ciuf.be,
de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR), www.vlir.be, en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT- AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X/ BRUSSEL X

Avec le soutien de
LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT. **be**



Met de steun van
DE BELGISCHE
ONTWIKKELINGSSAMENWERKING. **be**

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX / OORSPRONKELIJKEARTIKEL / ARTICULOS ORIGINALES

Les communautés ichtyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali Icthyologische gemeenschappen in de Baoulé rivier van het Niger stroombekken in Mali Las comunidades ictiológicas del río Baoulé en la cuenca del río Niger en Mali Y. Sanogo, D. Traoré, F. Samaké & A. Koné	65
Rendement agronomique du blé et de l'orge dans les parcelles associées des jeunes pacaniers à Sidi Mbarek au nord de la Tunisie Landbouwendement van de tarwe en de gerst geassocieerd in percelen met jonge pecannotenbomen van Sidi Mbarek, noorden van Tunesië Rendimiento agronómico del trigo y de la cebada en las parcelas asociadas con las pacanas en Sidi Mbarek en el norte de Túnez J.-P. Banga Banga Kalala, A. Albouchi, G. Bouziaen, Z. Nasr & K.W.T. Tshibangu	72
Human Elephant Conflict in the Waza-Logone Region of Northern Cameroon: An Assessment of Management Effectiveness Conflit homme éléphant dans la région de Waza Logone du Nord Cameroun: évaluation de l'efficacité de gestion Mens-olifant conflicten in het Waza-Logone gebied in het noordelijk van Kameroen: evaluatie van de doeltreffendheid van het management Conflicto hombre elefante en la región de Waza Logone en Camerún del Norte: evaluación de la eficacia de gestión M.N. Tchamba & D. Foguekem	79
Biologie de la reproduction du Cyprinidae, <i>Barbus callensis</i> dans le lac de barrage Hamiz (Algérie) Biologie van de voortplanting van Cyprinidae, <i>Barbus callensis</i> in het Hamiz meer (Algerije) Biología de la reproducción del Cyprinidae, <i>Barbus callensis</i> en el lago de embalse Hamiz (Argelia) Sonia Ould Rouis, A. Ould Rouis, J.-C. Micha & A. Arab	88
Description concise et analyse des systèmes utilisés dans la région Sud du Cameroun pour le séchage du cacao Beknopte beschrijving en analyse van de systemen voor het drogen van de cacao gebruikt in het zuidelijke gebied van Kameroen Descripción concisa y análisis de los sistemas utilizados en la región Sur del Camerún para el secado del cacao A. Kanmogne, Y. Jannot & J. Nghanhou	94
<i>In vitro</i> Antifungal Activity of Various Local Plant Extracts in the Control of <i>Phoma sorghina</i> (Sacc.) Boerema <i>et al.</i> and <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson, as Sorghum Seed Mold Pathogen in Burkina Faso Efficacité <i>in vitro</i> de quelques extraits de plantes locales dans la lutte contre <i>Phoma sorghina</i> (Sacc.) Boerema <i>et al.</i> et <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson, agents de moisissure des semences de sorgho au Burkina Faso <i>In-vitro</i> -doeltreffendheid van enkele extracten van lokale planten in de bestrijding van <i>Phoma sorghina</i> (Sacc.) Boerema <i>et al.</i> en <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson, agenten van zaadschimmel in sorgho in Burkina Faso Eficacia <i>in vitro</i> de algunos extractos de plantas locales en la lucha contra <i>Phoma sorghina</i> (Sacc.) Boerema <i>et al.</i> y <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson, agentes de moho de las semillas del sorgo en Burkina Faso S. Bonzi, I. Somda, E.P. Zida & P. Sérémé	103
Propagation of Black Plum (<i>Vitex donania</i> Sweet) Using Stem and Root Cuttings in the Ecological Conditions of South-Benin Bouturage de racines et de tiges du prunier des savanes (<i>Vitex donania</i> Sweet) dans les conditions écologiques du Sud-Bénin Stekken van wortels en stengels van de zwarte pruim (<i>Vitex donania</i> Sweet) in de ecologische condities van Zuid-Benin Estaca de raíces y de tallos del ciruelo de las sabanas (<i>Vitex donania</i> Sweet) en las condiciones ecológicas de Benín del sur A. Sanoussi, L.E. Ahoton & Th. Odjo	107
Estudio sobre la contaminación del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos con el sistema de cama profunda a pequeña escala Etude sur la contamination du sol après trois cycles d'élevage des porcs avec le système de lit profond à petite échelle Studie over de bodemcontaminatie na drie productie cycli van varkens met het systeem van diepe ligbed op kleine schaal Elisabeth Cruz, R.E. Almaguel, M. Robert & J. Ly	113
Biosécurité et productivité du tilapia du Nil <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1958) élevé en zone rurale ivoirienne Bioveiligheid en productiviteit van de Nijl Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1958) gekweekt op het platteland in Ivoorkust Bioseguridad y productividad de la tilapia del Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1958) criada en zona rural marfileña M. Kone, M. Cisse, M. Ouattara & Agathe Fantodji	117
LES ACTIONS DE LA DGD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD/LAS ACTIVIDADES DE LA DGD	122

ARTICLES ORIGINAUX ORIGINAL ARTICLES

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS ARTICULOS ORIGINALES

Les communautés ichthyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali

Y. Sanogo^{1*}, D. Traoré¹, F. Samaké² & A. Koné³

Keywords: Fish fauna- Biodiversity- Baoulé River- Niger River Basin- Mali

Résumé

Des investigations ichthyologiques sont menées sur la rivière Baoulé, un affluent du fleuve Niger dans le cadre de l'inventaire ichthyologique des rivières au Mali. Des pêches expérimentales ont été réalisées sur le cours principal de la rivière à l'aide d'engins actifs et passifs et des débarcadères de la pêche artisanale étaient visités pour recenser les poissons. Les indices de diversité spécifique et l'équitabilité ont été calculés sur le cours principal divisé en trois secteurs. La rivière Baoulé est riche de 75 espèces, 44 genres et 20 familles. La richesse spécifique, la diversité spécifique et l'équitabilité sont plus élevées dans le cours supérieur que dans les autres secteurs. Soixante-quatre espèces ont été recensées dans le cours supérieur contre 58 et 50 espèces dans le cours moyen et le cours inférieur avec 39 espèces communes. Les Mormyridae, Cyprinidae, Mochokidae, Alestidae, Cichlidae sont les plus représentées. *Clarotes laticeps* (Rüppell, 1829); *Labeo parvus* Boulenger, 1902; *Gymnarchus niloticus* Cuvier, 1829; *Synodontis courteti* Pellegrin, 1906; *Brevimyrus niger* (Günther, 1866), *Cyphomyrus psittacus* (Boulenger, 1897); *Hyppopotamyrus pictus* (Marcusen, 1864), *Petrocephalus bane* (Lacépède, 1803); *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829); *Polypterus bichir lapradei* Steindachner, 1869; *Polypterus endlicheri endlicheri* Heckel, 1849; *Protopterus annectens annectens* (Owen, 1839) sont propres au cours supérieur. *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916; *Nannocharax occidentalis* Daget, 1959; *Paradistichodus dimidiatus* (Pellegrin, 1904) sont rencontrées dans le cours inférieur. Ces résultats serviront de références dans les futurs aménagements sur la rivière.

Summary

Ichthyological Communities of Baoule River in Mali

For updating of the fish fauna, ichthyological investigations were carried out on the Baoulé river in the Niger river Basin in Mali. Experimental and artisanal fishing were carried out on the main sites of the river with active and passive fishing materials. The indices of diversity and equitability were calculated. The Baoule river was rich in 75 species, 44 genera and 20 families. Specific diversity and the equitability in the superior part of the river were higher than those of the other localities. Sixty-four species were identified on the upper part of river against 58 and 50 species in middle and inferior parts, with in common 39 species. *Mormyridae*, *Cyprinidae*, *Mochokidae*, *Alestidae*, *Cichlidae* were the most represented families. *Clarotes laticeps* (Rüppell, 1829); *Labeo parvus* Boulenger, 1902; *Gymnarchus niloticus* Cuvier, 1829; *Synodontis courteti* Pellegrin, 1906; *Brevimyrus niger* (Günther, 1866), *Cyphomyrus psittacus* (Boulenger, 1897); *Hyppopotamyrus pictus* (Marcusen, 1864), *Petrocephalus bane* (Lacépède, 1803); *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829); *Polypterus bichir lapradei* Steindachner, 1869; *Polypterus endlicheri endlicheri* Heckel, 1849; *Protopterus annectens annectens* (Owen, 1839) were represented in the upper part. *Pellonula leonensis* Boulenger, 1916; *Nannocharax occidentalis* Daget, 1959; *Paradistichodus dimidiatus* (Pellegrin, 1904) were found only in the lower part. The results will serve as references for the fish fauna and also to guide decision for future development on the Baoule river.

1. Introduction

Dans le cadre du projet de diversité biologique des rivières au sud du Mali, sur le programme de financement du rectorat de l'Université de Bamako,

la rivière Baoulé a fait l'objet d'investigations ichthyologiques. Cette rivière fait partie de la province ichthyologique nilo-soudanienne et du secteur

¹Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako, BPE. 3206, Bamako, Mali. Tél. 00223 66 88 90 12, Fax 00223 20 23 81 68, Email: yfsanogo@yahoo.fr

²Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako, BPE. 3206, Bamako, Mali.

³Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Bamako, BPE. 3206, Bamako, Mali.

soudanien (13). Elle prend sa source vers Lingo, au nord d'Odienné sur le territoire ivoirien (2). Long de 830 km environ dont 330 km en Côte d'Ivoire et 500 km au Mali, la rivière a son bassin versant qui s'étend sur près de 31 900 km² (22) avec un régime climatique tropical (18).

Les activités anthropiques principalement l'agriculture et l'exploitation minière se sont intensifiées ces dernières années dans le bassin de la rivière Baoulé, surtout dans la partie malienne, menaçant la diversité biologique des ressources aquatiques de cette rivière (1). Parmi les ressources aquatiques, le poisson constitue une entité très vulnérable aux pollutions que peuvent engendrer les intrants agricoles notamment les pesticides et les produits chimiques utilisés dans les mines et par l'orpaillage.

La connaissance scientifique de l'ichtyofaune africaine est récente et constitue encore un domaine insuffisamment exploré (13). De nombreux cours d'eau ne sont pas encore explorés dans certains pays et certains cours d'eau n'ont pas encore fait l'objet d'inventaire ichthyologique systématique, leur ichthyofaune étant extrapolée à travers celle d'une partie de leur bassin versant. Cette situation se traduit par des données fragmentaires pour le cours d'eau et des travaux d'aménagement démarrent souvent sans une réelle base de données pour la faune ichthyologique.

La région d'Afrique de l'Ouest qui s'étend au sud du Sahara, du bassin du Sénégal au nord-ouest au bassin

tchadien au nord-est et à la rivière Cross au sud-est, a fait l'objet, cependant de nombreux programmes de recherche. Soixante-deux familles de poissons, comptant 558 espèces réparties dans 180 genres, y sont actuellement répertoriés (7).

Au Mali, à l'heure actuelle, la faune ichthyologique est probablement la moins connue au détriment de la gestion des pêcheries, 130 espèces y sont signalées (20) mais il est vraisemblable que cette liste n'est pas encore complète et l'ichtyofaune spécifique à chaque cours d'eau est encore mal connue (23).

Face à cette situation, la nouvelle politique de développement de la pêche et de l'aquaculture au Mali (3) a mis un accent particulier sur l'actualisation du répertoire des ressources halieutiques notamment celui des poissons, de tous les plans d'eau sur le territoire national au regard d'une part de l'ancienneté des données scientifiques disponibles (4, 15, 20, 21) et d'autre part de la méconnaissance de l'ichtyofaune de certains cours d'eau dont celle de la rivière Baoulé du bassin du fleuve Niger.

C'est dans cette optique que la présente étude a été réalisée sur le cours principal de la rivière Baoulé à partir des captures de la pêche artisanale et expérimentale de 2009 à 2010.

2. Matériel et méthodes

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été fait sur cinq sites retenus

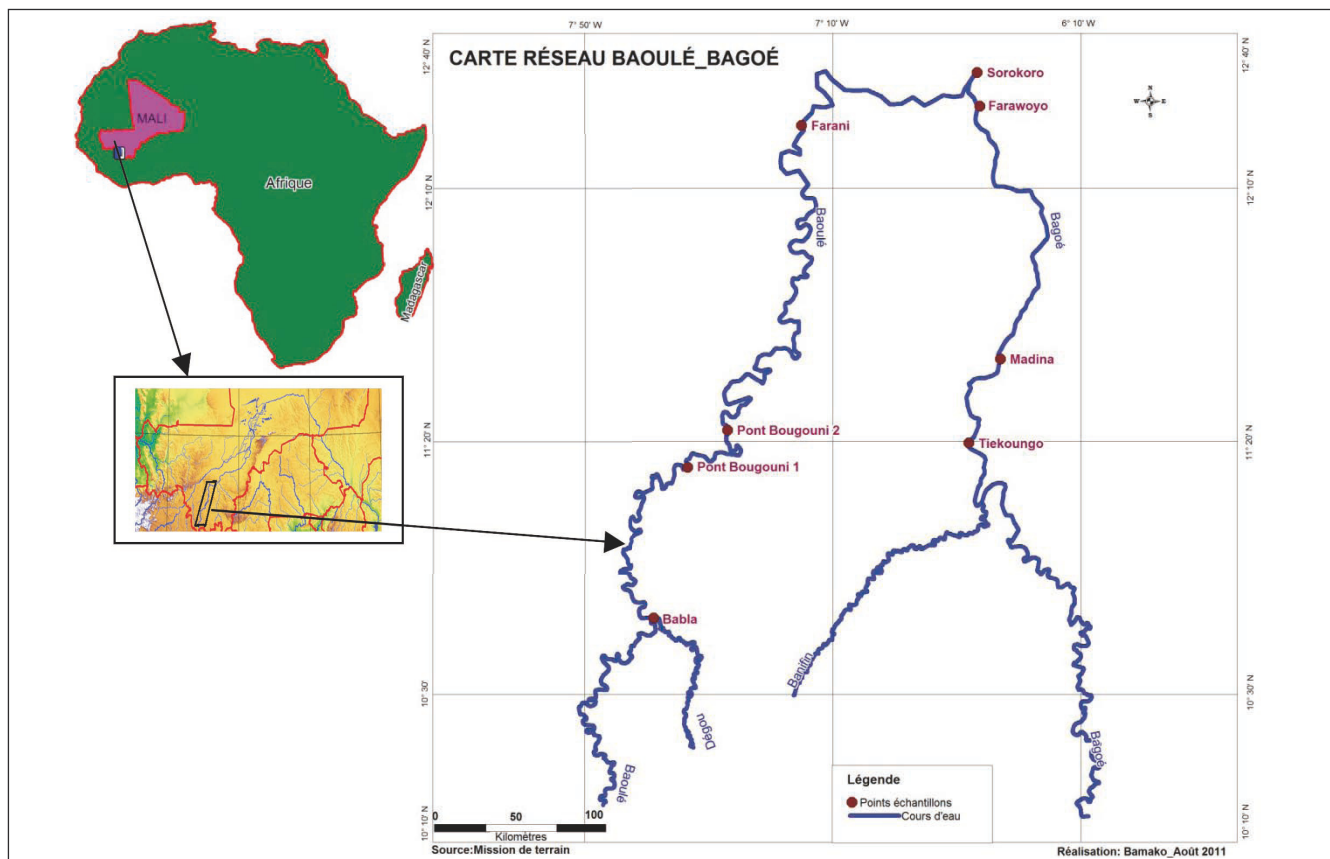


Figure 1: Sites prospectés sur le cours principal de la rivière Baoulé.

sur le cours principal de la rivière Baoulé (Figure 1), pendant la période de décrue en octobre-novembre et la période d'étiage en avril-mai. La répartition des sites sur le cours principal de la rivière était: 1 site sur le cours supérieur; 2 sites sur le cours moyen; 2 sites sur le cours inférieur. Ce zonage tient compte des isohyètes, le cours supérieur étant dans les isohyètes 1400 et 1200 mm, le cours moyen entre 1200 et 1000 mm et le cours inférieur entre 1000 et 800 mm (18).

Cinq filets maillants de 10, 12, 15, 20, 25 de maillage entre-noeuds, de 30 m de longueur et de 1 m de profondeur chacun pour toucher une large gamme de tailles de spécimens ont été posés une seule fois dans chaque site l'après midi à 15 heures et relevée le lendemain à 9 heures. D'autres engins de pêche composés de deux filets éperviers dont un à grosses mailles (maillage 20 mm entre-noeuds) pour cibler les gros spécimens et un à petites mailles (maillage 10 mm entre-noeuds) pour les petits spécimens et les espèces de petite taille, une petite senne de plage en toile moustiquaire pour cibler les alevins, les juvéniles et les espèces de poissons de petite taille dans les zones dégagées et une épuisette en toile moustiquaire pour la pêche à l'aveuglette ciblant les espèces de petite taille étaient utilisés cinq fois dans chaque site.

Dans chaque site, les débarcadères temporaires ou permanents étaient présents. Nous avons retenu les plus importants pour inventorier les poissons débarqués. Les engins de la pêche étant sélectifs, certaines espèces n'apparaissent pas dans les captures de la pêche expérimentale.

L'identification taxinomique a été faite sur le terrain pour les gros spécimens et sous la loupe au laboratoire pour les petits spécimens et les espèces de petite taille conservées dans du formol à 10%, et à l'aide de clefs d'identification (16, 17).

2.2. Analyse des données

Les données collectées ont servi à établir l'indice de diversification des espèces au sein des familles, l'indice de diversité spécifique de Shannon et l'indice d'équitabilité (19). La diversification des espèces au sein d'une famille est donnée par le rapport du nombre d'espèces sur le nombre de famille.

L'indice de diversité spécifique mesure la répartition de l'abondance (effectif et biomasse) entre les taxa. La formule de l'indice de la diversité spécifique de Shannon est la suivante:

$$H = -\sum P_i \log_2 P_i \text{ avec}$$

H = indice de diversité spécifique de Shannon;

P_i = proportions des individus de l'espèce i dans l'ensemble des individus du peuplement;

i = indice représentant une espèce dans l'ensemble du S des espèces recensées dans la communauté, i variant de 1 à S . Il varie de 0, pour une seule espèce, à $\log_2 S$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance. S est la richesse spécifique, traduisant la

qualité d'organisation de la communauté et S étant le nombre d'espèces recensées.

L'indice d'équitabilité est donné par la formule $E = H / \log_2 S$ avec H la diversité de Shannon et S la richesse spécifique et $\log_2 S$ la diversité spécifique maximale.

3. Résultats

3.1. Composition des communautés ichthyologiques

Au total, 75 espèces appartenant à 44 genres et 20 familles ont été répertoriées sur le cours principal de la rivière Baoulé dont 64 espèces sur le cours supérieur, 58 sur le cours moyen et 50 sur le cours inférieur (Tableau 1).

Les familles les plus représentées dans les captures étaient les Mormyridae, les Cyprinidae, les Mochokidae, les Alestidae, les Cichlidae, les Claroteidae, les Distichodontidae et les Bagridae qui représentent au total 77% des espèces rencontrées. Les familles monospécifiques et celles représentées par une seule espèce comprenaient les Centropomidae, les Channidae, les Clupeidae, les Gymnarchidae, les Malapteruridae, les Osteoglossidae, les Protopteridae et les Tetraodontidae, soit 11% des espèces. Les autres familles, les Citharinidae, les Clariidae, les Polypteridae et les Schilbeidae représentent chacune 3% des espèces capturées (Figure 2).

3.2. Distribution des communautés ichthyologiques sur le cours principal de la rivière

Parmi les 75 espèces recensées, 39 espèces étaient communes à l'ensemble du Baoulé. Il s'agit de 7 espèces de la famille des Alestidae, 5 dans la famille des Cichlidae, 4 de chacune des familles des Claroteidae, Mochokidae et Mormyridae, 3 dans la famille des Cyprinidae, 2 de chacune des familles des Bagridae, Citharinidae et Schilbeidae. Les familles monospécifiques sont les Centropomidae, les Clariidae, Malapteruridae et des Tetraodontidae (Tableau 1).

Par contre, les cours supérieur et moyen ont présenté en commun 11 espèces dont 5 de la famille des Mormyridae, 4 dans celle des Mochokidae et 1 espèce de Cichlidae et de Clariidae. Quant au cours moyen et inférieur 8 espèces sont communes dont 7 espèces de Cyprinidae et 1 espèce d'Alestidae (Tableau 1).

Par ailleurs, 12 espèces sont propres au cours supérieur comprenant trois familles monospécifiques, les Gymnarchidae, Osteoglossidae et Protopteridae. Les autres familles sont les Mormyridae avec 4 espèces, les Polypteridae avec 2 espèces et une espèce dans chacune des familles des Claroteidae, Cyprinidae et Mochokidae (Tableau 1) alors que 3 espèces étaient rencontrées uniquement dans le cours inférieur appartenant à la famille des Clupeidae (*Pellonula leonensis*) et celle des Distichodontidae (*Nannocharax occidentalis*, *Paradistichodus dimidiatus*). Le cours moyen n'a présenté aucune espèce propre à cette section de la rivière.

Tableau 1
Composition des communautés ichthyologiques rencontrées dans 3 secteurs

Famille	Genre	Espèces	CS	CM	CI
Alestidae	<i>Alestes</i>	<i>baremoze</i>	+	+	+
		<i>dentex</i>	+	+	+
	<i>Brycinus</i>	<i>nurse</i>	+	+	+
		<i>leuciscus</i>	+	+	+
		<i>macrolepidotus</i>	+	+	+
	<i>Hydrocinus</i>	<i>brevis</i>	+	+	+
		<i>forskallii</i>	+	+	+
		<i>elongatus</i>		+	+
	<i>Micralestes</i>				
Bagridae	<i>Bagrus</i>	<i>bajad</i>	+	+	+
		<i>docmak</i>	+	+	+
		<i>filamentosus</i>	+		
Centropomidae	<i>Lates</i>	<i>niloticus</i>	+	+	+
Channidae	<i>Parachanna</i>	<i>obscura</i>	+		
Cichlidae	<i>Chromidotilapia</i>	<i>guntheri guntheri</i>	+	+	+
	<i>Hemichromis</i>	<i>bimaculatus</i>	+	+	+
		<i>fasciatus</i>	+	+	+
	<i>Oreochromis</i>	<i>aureus</i>	+	+	
	<i>Tilapia</i>	<i>zillii</i>	+	+	+
	<i>Sarotherodon</i>	<i>galilaeus</i>	+	+	+
Citharinidae	<i>Citharinus</i>	<i>citharus</i>	+	+	+
		<i>latus</i>	+	+	+
Clariidae	<i>Clarias</i>	<i>anguillaris</i>	+	+	+
	<i>Heterobranchus</i>	<i>bidorsalis</i>	+	+	
Claroteidae	<i>Auchenoglanis</i>	<i>biscutatus</i>	+	+	+
		<i>occidentalis</i>	+	+	+
	<i>Chrysichthys</i>	<i>auratus</i>	+	+	+
		<i>nigrodigitatus</i>	+	+	+
	<i>Clarotes</i>				
		<i>laticeps</i>	+		
	<i>Pellonula</i>	<i>leonensis</i>			+
Cyprinidae	<i>Barbus</i>	<i>ablades</i>	+	+	+
		<i>baudoni</i>		+	+
		<i>callipterus</i>		+	+
		<i>macinensis</i>		+	+
		<i>leonensis</i>	+	+	+
		<i>waterloti</i>		+	+
		<i>coubie</i>		+	+
	<i>Garra</i>				
		<i>parvus</i>	+		
		<i>senegalensis</i>	+	+	+
	<i>Leptocypris</i>	<i>niloticus</i>		+	+
	<i>Raiamas</i>	<i>senegalensis</i>		+	+
Distichodontidae	<i>Distichodus</i>	<i>brevipinnis</i>	+	+	+
		<i>rostratus</i>	+	+	+
	<i>Nannocharax</i>	<i>occidentalis</i>			+
	<i>Paradistichodus</i>	<i>dimidiatus</i>			+
Gymnarchidae	<i>Gymnarchus</i>	<i>niloticus</i>	+		
Malapteruridae	<i>Malapterurus</i>	<i>electricus</i>	+	+	+
Mochokidae	<i>Synodontis</i>	<i>clarias</i>	+	+	
		<i>courteti</i>	+		

		<i>filamentosus</i>	+	+	
		<i>macrophthalmus</i>	+	+	
		<i>membranaceus</i>	+	+	+
		<i>nigrita</i>	+	+	+
		<i>ocellifer</i>	+	+	
		<i>schall</i>	+	+	+
		<i>sorex</i>	+	+	+
Mormyridae	<i>Brevimyrus</i>	<i>niger</i>	+		
	<i>Campylomormyrus</i>	<i>tamandua</i>	+	+	
	<i>Cyphomyrus</i>	<i>psittacus</i>	+		
	<i>Hyperopisus</i>	<i>bebe</i>	+	+	+
	<i>Hyppopotamyrus</i>	<i>pictus</i>	+		
	<i>Marcusenius</i>	<i>mento</i>	+	+	
		<i>senegalensis</i>	+	+	+
	<i>Mormyrus</i>	<i>hasselquistii</i>	+	+	
		<i>macrophthalmus</i>	+	+	
		<i>rume</i>	+	+	+
	<i>Mormyrops</i>	<i>anguilloides</i>	+	+	+
	<i>Petrocephalus</i>	<i>bane</i>	+		
		<i>bovei</i>	+	+	
Osteoglossidae	<i>Heterotis</i>	<i>niloticus</i>	+		
Polypteridae	<i>Polypterus</i>	<i>bichir lapradei</i>	+		
		<i>endlicheri endlicheri</i>	+		
		<i>annectens annectens</i>	+		
Protopteridae	<i>Protopterus</i>				
Schilbeidae	<i>Schilbe</i>	<i>intermedius</i>	+	+	+
		<i>mystus</i>	+	+	+
		<i>lineatus</i>	+	+	+
Tetraodontidae	<i>Tetraodon</i>				
20	44	75	64	58	50

(CS: cours supérieur, CM: cours moyen, CI: cours inférieur) du cours principal de la rivière Baoulé de 2009 à 2010 (+: présence, -: absence).

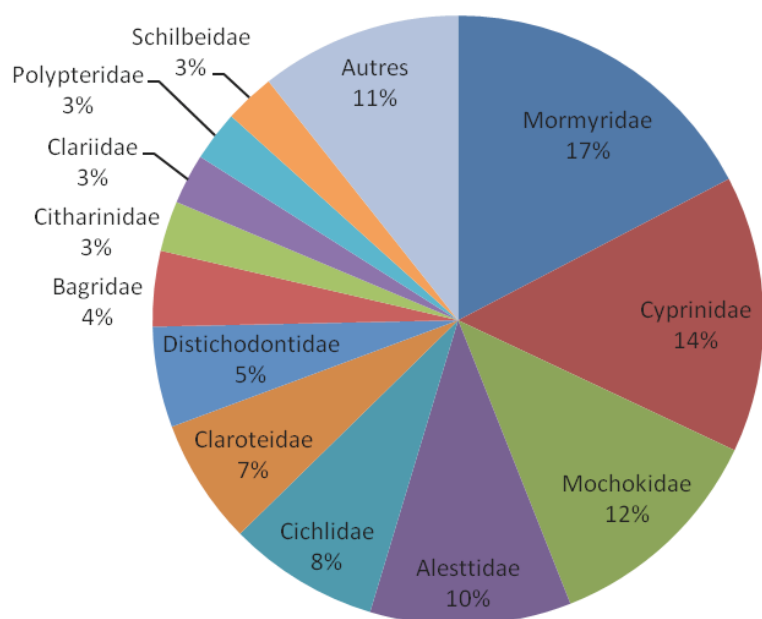


Figure 2: Diagramme de distribution des pourcentages des espèces dans les familles de poissons de la rivière Baoulé, affluent du Niger au Mali.

3.3. Les indices de diversité

L'indice de diversification a varié d'une partie à l'autre de la rivière. Il était plus élevé dans le cours moyen que dans les cours inférieur et supérieur avec respectivement des valeurs de 4,14; 3,84 et 3,36 (Tableau 2). Pour l'ensemble de la rivière l'indice de diversification calculé était de 3,94.

L'indice de diversité spécifique de l'ichtyofaune a varié aussi d'une partie à l'autre de la rivière avec une diversité spécifique plus élevée dans le cours supérieur que dans les autres parties soit 5,94 pour le cours supérieur; 4,36 pour le cours moyen et 4,35 pour le cours inférieur, alors qu'il était de 5,21 pour l'ensemble de la rivière.

L'équitabilité était plus importante dans le cours supérieur avec 0,99 et relativement faible dans les autres parties soit 0,74 pour le cours moyen et 0,77 pour le cours inférieur et 0,84 pour l'ensemble de la rivière.

Tableau 2

Indices de diversité de Shannon et de Piélou (1966) calculés pour la faune ichthyologique de 3 secteurs de la rivière Baoulé (Niger)

Indices	CS	CM	CI	EB
Diversification	3,36	4,14	3,84	3,94
Diversité spécifique (H)	5,94	4,36	4,35	5,21
Diversité spécifique maximale (Hmax)	6,00	5,86	5,64	6,22
Équitabilité (E)	0,99	0,74	0,77	0,84

CS= cours supérieur; CM= cours moyen; CI= cours inférieur; EB= ensemble de la rivière Baoulé.

4. Discussion

Les communautés ichthyologiques de la rivière Baoulé au Mali sont très riches. Elles représentent 58% de l'ensemble des espèces du bassin du Niger au Mali dont l'ichtyofaune est estimée à 130 espèces (20). L'essentiel des familles dulcicoles de l'ensemble du bassin du Niger y sont représentées. Le bassin du Niger est riche de 36 familles et de 243 espèces y comprises des espèces marines et d'eau saumâtre (13).

Les Mormyridae, les Cyprinidae, les Alestidae et les quelques familles de Siluriformes (Bagridae, Claroteidae, Clariidae) constituent l'essentiel de la faune ichthyologique rencontrée en parfaite concordance avec les résultats d'autres auteurs (10, 11, 13, 14, 15, 23) pour la composition et la répartition de la faune ichthyologique des cours d'eau africains.

La richesse spécifique rencontrée est voisine de celle du lac Sankarani sur la rivière Sankarani dans le même bassin du fleuve Niger soit 75 espèces pour notre étude contre 72 espèces (10). Par contre la richesse spécifique est plus importante que celle d'autres rivières comme par exemple la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali dont les investigations ichthyologiques présentent 41 espèces (23) et 51 espèces (15) pour un bassin de 65 000 km² (5), la rivière Hlan au Bénin avec 43 espèces (12), et la Comoé dans sa partie Burkinabè avec 40 espèces (11).

Si les Mormyridae, les Cyprinidae et les Alestidae sont les familles les plus importantes en nombre d'espèces, cet ordre semble ne pas être maintenu dans tous les cours d'eau. En effet, dans la rivière Baoulé du bassin du fleuve Sénégal au Mali, ce sont les Cyprinidae suivies des Characidae et des Mormyridae puis des Mochokidae qui sont les plus représentées (15). Dans les lacs de barrages de Sankarani et Manantali au Mali, ce sont plutôt les Cichlidae suivis des Mochokidae, des Mormyridae et des Alestidae qui sont les plus représentées (10). Dans d'autres bassins notamment dans la rivière Hlan au Bénin, les Mormyridae, les Cyprinidae et les Claroteidae sont les plus fréquents dans les captures (14). Dans la Comoé (partie Burkinabè) (11), les Mormyridae, les Cichlidae, les Characidae et les Cyprinidae sont par ordre d'importance décroissante les plus fréquents. L'importante richesse spécifique de la rivière Baoulé s'expliquerait par une diversité d'habitats au regard

des indices de diversification pour un bassin versant de 31 900 km² et de l'adaptation de certaines espèces aux conditions du milieu. Les communautés ichthyologiques des cours d'eau africains sont très riches car beaucoup d'espèces s'adaptent aux conditions défavorables, notamment à la contraction de leur habitat durant la saison sèche (12). La richesse théorique obtenue en combinant le débit et la surface (9) et en choisissant un débit de 370 m³/s (18), est de 78 espèces, très proche de la richesse trouvée qui est de 75 espèces.

La richesse spécifique et la diversité spécifique diminuent du cours supérieur vers le cours inférieur dans la partie malienne de la rivière Baoulé. Au regard de l'indice d'équitabilité, le cours supérieur de la rivière Baoulé semble être en état d'équilibre (avec un indice d'équitabilité de 0,99 soit 99%) par rapport aux cours moyens et inférieurs qui sont légèrement perturbés avec des indices respectifs de 0,74 (74%) et de 0,77 (77%). Cette situation s'expliquerait par l'anthropisation des cours moyen et inférieur. En effet, ces deux parties font l'objet d'un orpaillage sauvage touchant parfois le lit du cours d'eau surtout dans la zone de Farani à Massigui et Dioila.

Les indices de diversité sont plus importants que ceux trouvés dans la rivière Baoulé du fleuve Sénégal au Mali soit 5,21 contre 3,8 pour la diversité spécifique et 0,84 contre 0,7 pour l'équitabilité (23). Cette différence pourrait s'expliquer par l'importance du bassin et du cours principal et la diversité des zones climatiques traversées par le Baoulé du Niger, c'est à dire les zones pré-guinéenne et soudanienne alors que le Baoulé du Sénégal se situe au Mali dans la zone sahélienne.

Les espèces communes à l'ensemble du cours d'eau sont les plus importantes. La richesse spécifique et la diversité spécifique sont plus élevées à l'amont qu'à l'aval alors que le gradient normal est plus élevé de l'aval vers l'amont; donc le gradient de répartition longitudinale est inverse. Cela s'expliquerait par le fait que le cours supérieur abriterait une large gamme d'habitats (9).

La présence des espèces *Pellonula leonensis*, *Nannocharax occidentalis*, *Paradistichodus dimidiatus* seulement dans le cours inférieur de la rivière s'expliquerait par l'extension de leur aire de distribution

dans cette partie du bassin du fleuve Niger. Ces espèces ont été signalées dans le cours supérieur et le delta central du Niger, zones non prospectées dans notre étude (6, 8).

5. Conclusion

La faune ichtyologique de la rivière Baoulé est très riche dans sa partie malienne avec 75 espèces appartenant à 44 genres et 20 familles. La diversité biologique reste importante au regard des indices de diversité calculés. On note un gradient de répartition longitudinale caractérisée par une diminution de la diversité ichtyologique de l'amont vers l'aval.

Les résultats de ces investigations ichtyologiques

serviront de données de références de l'ichtyofaune de la rivière Baoulé et enrichiront le répertoire national de l'ichtyofaune du Mali.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme «Projets de l'Université de Bamako» et financé par le Rectorat de l'Université de Bamako. Les auteurs tiennent à remercier le Rectorat de l'Université de Bamako, les personnes qui ont participé à la collecte des données de terrain et les anonymes qui ont participé à la lecture de l'article.

Références bibliographiques

1. AGEFORE, 2009, Etude de la faune et de son habitat dans le complexe de Bougouni et Yanfolila. Etude socioéconomique de la faune et de son habitat, deuxième partie B. IICEM/AID, Bamako, 59 p.
2. Avit J-B., Pedia P.L. & Sankaré Y., 1999, Diversité biologique de la Côte d'Ivoire (Éditeurs Scientifiques). Ministère de l'Environnement et de la Forêt/PNUD, 273 p.
3. CPS, 2006, Schéma directeur de développement de la pêche et de l'aquaculture. Situation du sous-secteur de la pêche et de l'aquaculture 1997-2006. Ministère de l'élevage et de la pêche, Volume I, Bamako, 56 p.
4. Daget J., 1954, Les poissons du Niger supérieur. Mémoire, IFAN, 36, Dakar, 391 p.
5. Daget J., 1961, Contribution à la connaissance de la faune du fleuve Sénégal. Poissons du Baoulé et du Bagoy. Bull. MNHN, 2^{ème} série, **32**, 6, 506-512.
6. Gosse J.P., Coenen E.J. & Teugels G.G., 2003, Distichodontidae, pp. 283-312, in: D. Paugy, C. Lévêque et G.G. Teugels (éditeurs), Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Collection faune et flore tropicales, n° 40, MARC/MNHN/IRD, tome 1, Paris, 457 p.
7. Gourène C., Teugels G.G., Huguency B. & Thys Van Den Audenaerde D.F.E., 1999, Evaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin Ouest-africain après la construction d'un barrage. Cybium, **23**, 2, 147-160.
8. Gourène C., Teugels G.G., 2003, Clupeidae, pp. 126-142, in: D. Paugy, C. Lévêque et G.G. Teugels (éditeurs), Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Collection faune et flore tropicales, n° 40, MARC/MNHN/IRD, tome 1, Paris, 457 p.
9. Huguency B. & Christian Lévêque C., 2006, Richesse en espèces des peuplements de poissons pp. 263-275, in: C. Lévêque et D. Paugy (éditeurs), Les poissons des eaux continentales. Diversité, écologie, utilisation par l'homme, Editions IRD, Paris, 521 p.
10. Kantoussan J., 2007, Impacts de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons: application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Agrocampus Rennes, 195 pages.
11. Kuela, J.M.D., 2002, Etude des peuplements ichtyologiques de la Comoé et des modes d'exploitation piscicole dans la zone agro-sylvo-pastorale du projet GEPRENAF. Mémoire de fin d'étude, Université polytechnique de Bobo Dioulasso, 73 pages.
12. Lévêque C. & Paugy D. (éditeurs), 1999, Les poissons des eaux continentales africaines. Diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD, 521 p.
13. Lévêque C. & Paugy D., 2006, Distribution géographique et affinités des poissons d'eau douce africains pp. 59-74, in: C. Lévêque et D. Paugy (éditeurs), Les poissons des eaux continentales. Diversité, écologie, utilisation par l'homme, Editions IRD, Paris, 521 p.
14. Montchowui E., Niyonkuru C., Ahouansou Montcho S., Chikou A. & Lalèye P., 2007, L'ichtyofaune de la rivière Hlan au Bénin (Afrique de l'Ouest). Cybium, **31**, 2, 173-176.
15. Paugy D., 1994, Écologie des poissons tropicaux d'un cours d'eau temporaire (Baoulé, haut bassin du Sénégal au Mali): adaptation au milieu et plasticité du régime alimentaire. Revue Hydrobiologie Tropicale, **27**, 2, 157-172.
16. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G., 2003a, Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Collection faune et flore tropicales, n° 40, MARC/MNHN/IRD, tome 1, Paris, 457 p.
17. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G., 2003b, Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Collection faune et flore tropicales, n° 40, MARC/MNHN/IRD, tome 2, Paris, 815 p.
18. Picouet C., 1999, Géodynamique d'un hydro-système tropical peu anthropisé: le bassin supérieur du Niger et son delta intérieur. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II «Sciences et Techniques du Languedoc», 469 p.
19. Piélou E.C., 1966, The measurement of the diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol. **13**, 131-144.
20. Quensière J., 1994, La pêche dans le delta central du Niger. Approche pluridisciplinaire d'un système de production halieutique. IER/ORSTOM/Karhala, volume **2**, Paris, 495 p.
21. Reizer J., 1974, Définition d'une politique d'aménagement des ressources halieutiques d'un écosystème complexe pour l'étude de son environnement abiotique, biotique et anthropique. Thèse de doctorat, Arlon Ful., **6 vol**, 525 p.
22. Saad K., 1971, Etude hydrogéologique du sud du Mali (Niger supérieur et Bani). Unesco, n° série 2258/RMS.RS/SCE, Paris, 47 p.
23. Sanogo Y., Samaké F., Konaté K., Maïga M.S. & Dansoko D.F., 2010, Diversité des communautés ichtyologiques de la réserve de biosphère du Baoulé au Mali. Etudes et recherches sahéliennes, 14-15, 128-147.

Y. Sanogo, Malien, Doctorat en Biologie Animale (Icthyologie) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), Enseignant-Chercheur, Maître-Assistant à l'Université de Bamako, Mali.

D. Traoré, Malien, Doctorat en Elevage et Amélioration Génétique de l'Université Halle-Wittentberg (Allemagne), Enseignant-Chercheur, Maître-Assistant à l'Université de Bamako, Mali.

F. Samaké, Malien, Doctorat en Ecologie microbienne à l'Université de Bamako, Enseignant-Chercheur, Maître-Assistant à l'Université de Bamako, Mali.

A. Koné, Malien, Mastère en sciences en Médecine Vétérinaire de l'Académie d'Etat de Médecine Vétérinaire et de Biotechnologie de Moscou, Enseignant-Chercheur, Assistant à l'Université de Bamako, Mali.

Rendement agronomique du blé et de l'orge dans les parcelles associées des jeunes pacaniers à Sidi Mbarek au nord de la Tunisie

J.P. Banga Banga Kalala^{1,2*}, A. Albouchi¹, G. Bouzaïen¹, Z. Nasr¹ & K.W.T. Tshibangu³

Keywords: Agroforestry association- Durum wheat- Intercropping- Barley- Pecan-Performance- Tunisia

Résumé

La productivité de deux associations agroforestières est étudiée dans la région de Mateur au nord de la Tunisie (bioclimat subhumide). Il s'agit des cultures du blé dur et de l'orge en association avec des jeunes pacaniers âgés de 8 ans pendant leur phase improductive (0 à 10 ans), afin de promouvoir la culture de cet arbre à fruits secs dans la région, occuper le sol et améliorer les revenus des populations rurales. Les pacaniers sont plantés à la densité de 5 m x 5 m tandis que le blé et l'orge sont semés à la volée (± 200 plants/m²) dans les bandes situées entre les rangées des pacaniers (EA), près des pacaniers (SA) et dans le champ témoin sans arbres (TE) avec les mêmes caractéristiques pédoclimatiques. Les résultats obtenus montrent que les rendements des cultures intercalaires dépendent de l'emplacement de semis. Les rendements du blé dur semé entre les lignes des pacaniers (8,4 t/ha) et ceux du témoin (8,6 t/ha) ne présentent pas statistiquement une différence significative, tandis que les rendements du blé semé près des pacaniers (3,5 t/ha) et ceux du témoin (8,6 t/ha) présentent une différence très significative. Les rendements de l'orge semée entre lignes des pacaniers (6,2 t/ha), près des pacaniers (1,9 t/ha) et ceux du témoin (8,6 t/ha) sont significativement différents. La compétition des racines superficielles des pacaniers ainsi que l'ombrage des troncs et branches sont pointés comme la cause principale de la baisse du rendement en SA. Le pacanier cohabite facilement avec les cultures annuelles d'hiver à cause du décalage phénologique. Ce système est productif et durable quand il est pratiqué au-delà de 1 m du pacanier.

Summary

Productivity of Wheat and Barley in Plots Associated with Young Pecan in Sidi Mbarek at North of Tunisia

The productivity of two agroforestry associations is studied in the region of Mateur north of Tunisia (bioclimate subhumid). This crop of durum wheat and barley in association with young people aged 8 years during unproductive phase (0 to 10 years) to promote the cultivation of this tree to dry fruit in the region, occupy the land and improve incomes of rural populations. The pecans are planted at a density of 5 m x 5 m while wheat and barley are sown on the fly (± 200 plants/m²) in the bands between the rows of pecan (EA), near the pecan (SA) and in field control without trees (TE) with similar soil and climatic characteristics. The results show that the yields of intercropping depend on the location of planting. The yields of durum wheat sown between rows of pecan (8.4 t / ha) and those of the control (8.6 t / ha) are not statistically significant difference, while yields of corn planted near the pecan (3.5 t/ha) and those of the control (8.6 t/ha) have a very significant difference. The yield of barley sown between rows of pecan (6.2 t/ha), near the pecan (1.9 t/ha) and those of the control (8.6 t/ha) are significantly different. The competition of surface roots of pecan and shading of the branches are pointed in SA as the main cause of declining performance. The pecan coexists easily with winter annual crops because of phenological shift. This system is productive and sustainable when it is practiced beyond 1 m from the pecan.

Introduction

Les associations arbre-culture font partie intégrante du paysage agricole Nord-africain. La plus ancienne de toutes ces associations étant «olivier/orge»; une telle association a permis aux ancêtres de l'Afrique du Nord de surmonter les sécheresses les plus ardues (14). De nos jours, la mobilisation des eaux du nord de la Tunisie et l'irrigation ouvrent de

nouvelles perspectives d'intensification des cultures pouvant contribuer à l'amélioration des revenus des petits agriculteurs. Ces systèmes de culture peuvent également jouer un rôle essentiel dans la séquestration du carbone, répondant ainsi aux préoccupations de la société sur le changement climatique global (2). L'introduction des espèces semi-forestières

¹Institut National de Recherches en Génie Rural Eaux et Forêts, P.B.10, Rue Hedi Karray, Ariana, 2080 - Tunisie. Fax: 0021671717951

²Institut National Agronomique de Tunisie. 43, Avenue Charles Nicolle 1082 - Tunis- Mahrajène, Tunisie. Fax: 0021671799391

³Université Officielle de Mbuji -Mayi «UOM», Kasai Oriental, RD Congo. B.P. 225, Avenue de l'Université. Fax: 243-88-5411, 32-3-70-6581

*Adresse- E-mail de contact: cabral155@yahoo.fr

Reçu le 06.12.10 et accepté pour publication le 22.02.12.

telle que le noyer ou le pacanier peut être un levier socio-économique important malgré que la période de la première fructification de l'arbre constitue un frein au développement de telles espèces. Le pacanier a été introduit au Nord de la Tunisie dans les petites exploitations agricoles et dans les clairières forestières afin de promouvoir sa culture et améliorer les revenus des populations rurales (10). Il est planté à des densités allant de 5 m x 5 m jusqu'à 20 m x 20 m, et rentre tardivement en production (10^{ème} année); ce qui induit une occupation non bénéfique du sol, exposant celui-ci à l'érosion, et provoquant le désistement de la majorité des exploitants impliqués et jadis, intéressés par cet arbre à usage multiple (fruits, bois, feuilles, racines, etc). La recherche d'une meilleure occupation du sol répondant bien aux aspirations des propriétaires de terrain serait possible grâce à une association de cultures céréalières avec les jeunes arbres de pacanier (Photo 1). En effet, il est possible de combler cette période d'attente par des cultures associées d'hiver ou d'été tout en respectant la croissance de l'arbre, assurant ainsi la durabilité du système pendant les 10 premières années. Cependant, les bases scientifiques de ces associations sont peu étudiées de par le monde, notamment dans les régions sud de la Méditerranée. L'objectif de notre étude a consisté à évaluer l'impact de ces arbres sur le rendement agronomique du blé et de l'orge d'hiver durant une saison culturale afin de répondre aux questions suivantes: (i) est-il possible de pratiquer une culture annuelle associée à des pacaniers au Nord de la Tunisie ? (ii) quelle pourrait être le rendement agronomique de cette association par rapport aux cultures pratiquées en plein champs ?



Photo 1: Rempissage des grains (avril).

2. Matériels et méthodes

2.1 Site expérimental

Le site d'expérimentation est situé à Sidi Mbarek dans la région de Mateur, au nord de la Tunisie (37°15'N-9°48'E, Alt: 500 m). Ce site appartient à l'Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie (INRGREF). La région de Mateur est caractérisée par un hiver froid, pluvieux et un été chaud et sec. Les températures minimales sont enregistrées durant les mois de janvier-février et sont comprises entre 6 et 7 °C, tandis que les températures maximales sont enregistrées en été, de juillet à août; elles sont autour de 33 °C (10). Le climat est méditerranéen avec une pluviométrie moyenne annuelle de 550 mm

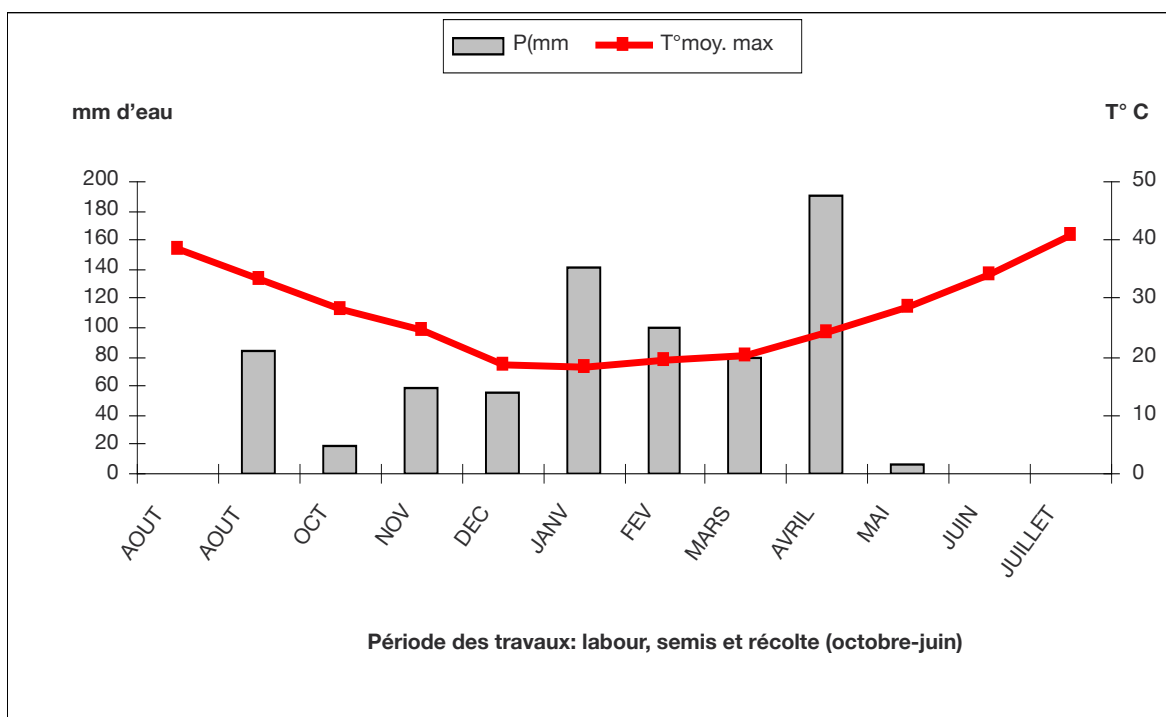


Figure 1: Précipitations et températures moyennes décennales de la région de Mateur (source: Station météo de Mateur, 2010).

et un déficit hydrique moyen annuel de 150-200 mm. L'humidité moyenne du sol varie de 60 à 77% pendant la saison hivernale. La figure 1 montre la variation irrégulière des moyennes mensuelles maximales des précipitations et des températures recueillies par la station météorologique de la région. Les moyennes mensuelles sont décennales (1999 à 2009). Le sol est limono-argilo-sableux avec le pH de 7,4.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé des céréales d'hiver notamment : le blé dur, variété 'Karim' (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn) et l'orge, variété 'Manel' (*Hordeum vulgare* L. subsp. *Hexastichum* Celak) (5). Ces deux céréales sont associées aux jeunes pacaniers (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch), variété 'Mahan', famille des «juglandacées» plantés depuis 8 ans et atteignant une hauteur moyenne de 4 m, un diamètre moyen de 15 cm et une envergure (largeur de la frondaison) de 2 m (Photo 2).

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est du type plan en tiroir composé de 2 blocs dont la superficie est de 300 m² soit 150 m² par bloc dans le verger des jeunes pacaniers. Chaque bloc est subdivisé en 3 parcelles égales de 50 m² dont 42 m² pour la bande entre les pacaniers (EA) distant de 1 à 4 m des arbres et 8 m² pour les parties sous les frondaisons des pacaniers (SA), dans un rayon de 1 m des troncs. Ainsi on a un total de 6 parcelles élémentaires (3 pour le blé et 3 pour l'orge) disposées aléatoirement (Figure 2). Ce champ expérimental n'a jamais été cultivé depuis qu'on a planté les pacaniers en 2000 soit 8 ans de jachère. En parallèle, on a semé du blé et de l'orge dans un champ témoin sans pacaniers (TE) de 54 m² selon le dispositif suivant: 2 blocs de 27 m² chacun, subdivisés à leur tour en 3 parcelles égales de 9 m² chacune soit au total 6 parcelles élémentaires occupées par le blé dur et de l'orge, disposées d'une façon aléatoire (Figure 2).

De même, le champ témoin n'a pas été exploité pendant 8 ans et présente les mêmes caractéristiques pédoclimatiques que celui comportant l'association pacanier/blé/orge. Le pacanier est planté à la densité de 5 m x 5 m (Photos 1 et 2). Le blé dur et l'orge ont été semés à la volée à raison de ± 200 plants/m² soit 90 à 130 kg des grains /ha. Les pratiques culturales ont été menées de la même manière dans les 2 champs sans l'utilisation d'engrais chimiques ou pesticides. Le semis a eu lieu au début du mois de novembre (photo 2) tandis que la récolte est effectuée le 1^{er} juin.

Les composantes mesurées du rendement agronomique sont: nombre moyen d'épis/m²; nombre moyen de grains/épis; nombre moyen de grains/m²; poids moyen de 100 grains et le rendement moyen

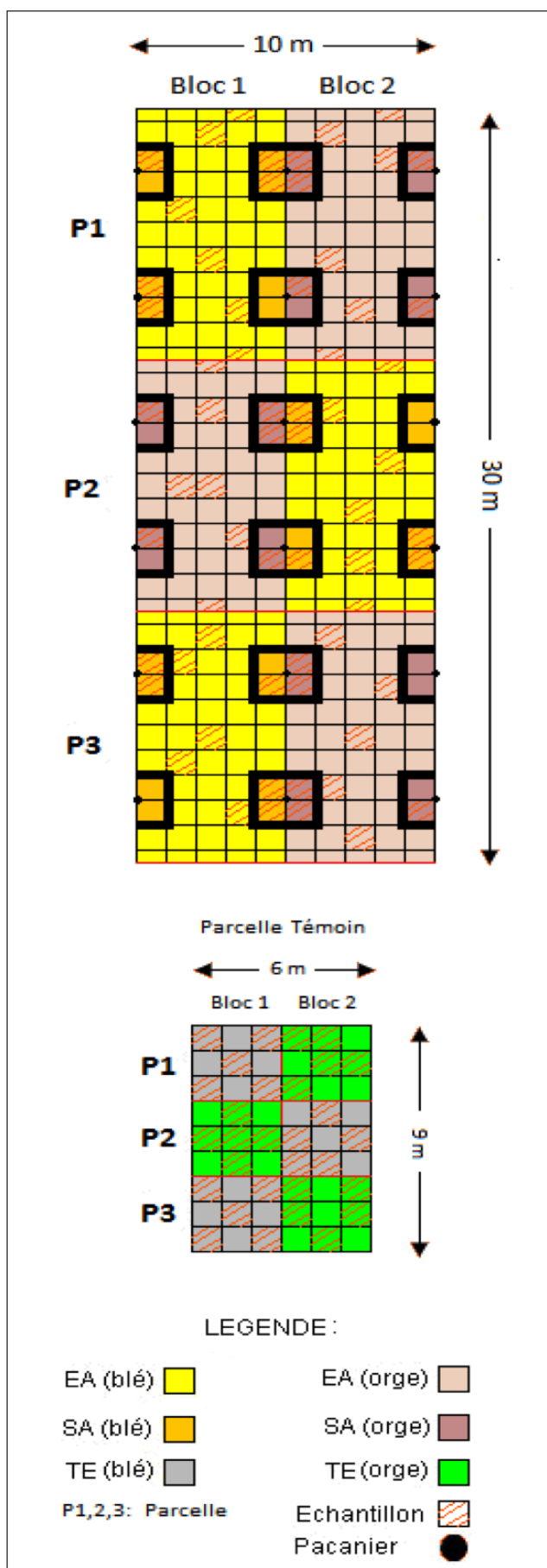


Figure 2: Dispositif expérimental: 2 blocs composés de 3 parcelles de blé et d'orge.



Photo 2: Semis à la volée du blé et de l'orge.

de grains (g/m²). Les grains par épis ont été comptés manuellement. Pour chaque composante mesurée, on a prélevé 15 échantillons (carreaux de 1 m²) par bloc, soit 15 m² par traitement (EA, SA, TE), soit 45 échantillons par culture. La récolte et comptage manuel des épis secs du blé et de l'orge ont eu lieu le 1^{er} juin à l'intérieur des carreaux de mesures. La production est pesée à l'aide d'une balance de précision de marque KERN 470 avec une précision de 0,1 g. Les données collectées de chaque composante mesurée ont été analysées à l'aide du logiciel statistique SAS. Il s'agit des analyses de la variance à un critère de classification (ANOVA). Dans le cas où

l'analyse de la variance révèle un effet significatif du facteur étudié pour une composante donnée, elle est suivie par une comparaison multiple des moyennes par la méthode de Newman et Keuls (4). La corrélation entre les composantes du rendement du blé et de l'orge avec le rendement (g/m²) est faite par usage des coefficients de corrélation de PEARSON afin de connaître les paramètres qui justifient la baisse de rendement (Tableau 1).

3. Résultats

Par rapport au témoin culture pure, dont le rendement est de 8,6 t/ha, le rendement du blé dur semé entre les lignes des pacaniers est de 8,4 t/ha et 3,5 t/ha pour le blé semé tout près des pacaniers soit une réduction respectivement de 2,4% et 60%. Pour l'orge, la culture pure (TE) a un rendement de 8 t/ha contre 6,2 t/ha de l'orge plantée entre les lignes des pacaniers (EA) et 1,8 t/ha de l'orge semée près des pacaniers (SA) soit une réduction de production respectivement de 22,5% et 77% (Figure 3). Les résultats d'analyse de la variance pour les différents paramètres étudiés du blé et de l'orge; notamment le nombre d'épis par m², le nombre de grains /épis par m², le nombre moyen de grains par m², le poids moyen de 100 grains et le rendement moyen de grains (g/m²) figurent au tableau 2. Il ressort de ce tableau que tous les paramètres étudiés présentent des différences significatives dans tous les traitements (EA, SA, TE), d'où le recours à la méthode de comparaison multiple de Newman et Keuls (Tableau 3).

Tableau 1
Corrélation des composantes du rendement (paramètres mesurés) du blé et de l'orge par traitement (EA, SA, TE) avec le rendement (g/m²)

Traitements	Nombre moyen d'épis/m ²	Nombre moyen de grains /épis	Nombre moyen de grains/m ²	Poids moyen de 100 grains
Blé				
EA	0,478 ^{Ns}	0,715**	0,982***	0,458 ^{Ns}
SA	0,367 ^{Ns}	0,665**	0,661**	0,704**
TE	0,849***	0,287 ^{Ns}	0,974***	0,616*
Orge				
EA	0,921***	0,405 ^{Ns}	0,987***	0,185 ^{Ns}
SA	0,766**	0,479 ^{Ns}	0,928***	0,419 ^{Ns}
TE	0,767**	0,883***	0,969***	0,515*

P>[r]

Ns= non significatif; * P< 0,05= significatif; ** P< 0,01= hautement significatif;

*** P< 0,001= très hautement significatif.

Les valeurs (effets) de probabilité significative (p) sont indiquées dans le coin supérieur droit

Tableau 2

Résultats d'analyse de la variance pour les différents paramètres étudiés du blé et de l'orge: valeurs du test F et niveau de signification

Cultures	Nombre d'épis/m ²	Nombre de grains /épis	Nombre de grains/m ²	Poids de 100 grains(g)	Rendement en grains (g/m ²)
Blé	85,76 ***	30,21 ***	104,74***	21,06***	106,90 ***
Orge	226,08***	34,40***	224,24***	105,74***	278,72***

Pr > F;

Ns: effet non significatif; *: effet significatif au seuil de $\alpha = 0,05$; **: effet hautement significatif au seuil de $\alpha = 0,01$; ***: effet très hautement significatif au seuil de $\alpha = 0,001$.

Tableau 3

Résultats des comparaisons multiples des moyennes par culture et par paramètre étudié (Test de Student-Newman-Keuls, n= 15)

Cultures et traitements	Nombre moyen d'épis / m ²	Nombre moyen de grains/épis	Nombre moyen de grains /m ²	Poids moyen de 100 grains	Rendement moyen de grains/m ² (g/m ²)
Blé					
EA	456 ± 3,7b	42,4 ± 1,5a	19300 ± 17,3b	4,36 ± 0,03a	842 ± 6,2a
SA	289 ± 2,4c	32,6 ± 0,9b	9453 ± 12,4c	3,75 ± 0,01b	354 ± 4,9b
TE	504 ± 4,2a	39,3 ± 1,2a	19814 ± 15,6a	4,35 ± 0,02a	863 ± 5,6a
Orge					
EA	493 ± 2,8a	33,8 ± 0,7b	16705 ± 20,4b	3,72 ± 0,01b	622 ± 6,1b
SA	177 ± 2,1b	31,4 ± 1,1b	5557 ± 10,3c	3,34 ± 0,05c	185 ± 4,3c
TE	502 ± 3,4a	38 ± 0,9a	19122 ± 17,2a	4,20 ± 0,02a	803 ± 7,2a

Les résultats obtenus à l'issue de cette analyse montrent que les moyennes d'une même colonne auxquelles ont été attribuées des lettres différentes, pour chaque culture, sont significativement différentes à $p \leq 0,05$ par contre les moyennes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes.

EA: entre pacaniers; SA: sous pacaniers; TE: Champ témoin sans pacaniers.

Le rendement du blé semé entre les lignes des pacaniers (EA) n'est pas significativement différent du témoin (TE). Par contre, le rendement du blé semé près des pacaniers (SA) et celui du témoin (TE) sont significativement différents. Le rendement de l'orge semée entre les lignes des pacaniers (EA) et celui du témoin (TE) sont significativement différents. Le rendement de l'orge semé près des pacaniers (SA) et celui du témoin (TE) sont aussi significativement différents (Figure 3).

4. Discussion

Le rendement agricole du blé et de l'orge dépend du nombre d'épis par m², du nombre de grains par

épis, du nombre des grains par m² et du poids de 100 grains. Ceci est aussi confirmé dans les études faites en Ethiopie sur le blé associé aux *Eucalyptus* (12). L'analyse des résultats obtenus dans les surfaces emblavées par les deux cultures, le blé dur et l'orge dans le verger des jeunes pacaniers, montre que la productivité de chaque culture est fonction du lieu de semis (10). Le blé ou l'orge qui a été semé entre les lignes des pacaniers (EA) se comporte différemment de celui qui a été semé près des pacaniers (SA) et les deux se comportent différemment aussi par rapport au témoin (TE). De la germination à la récolte, le déficit hydrique important n'a pas été observé (Figure 1). La pluviométrie enregistrée pendant la campagne

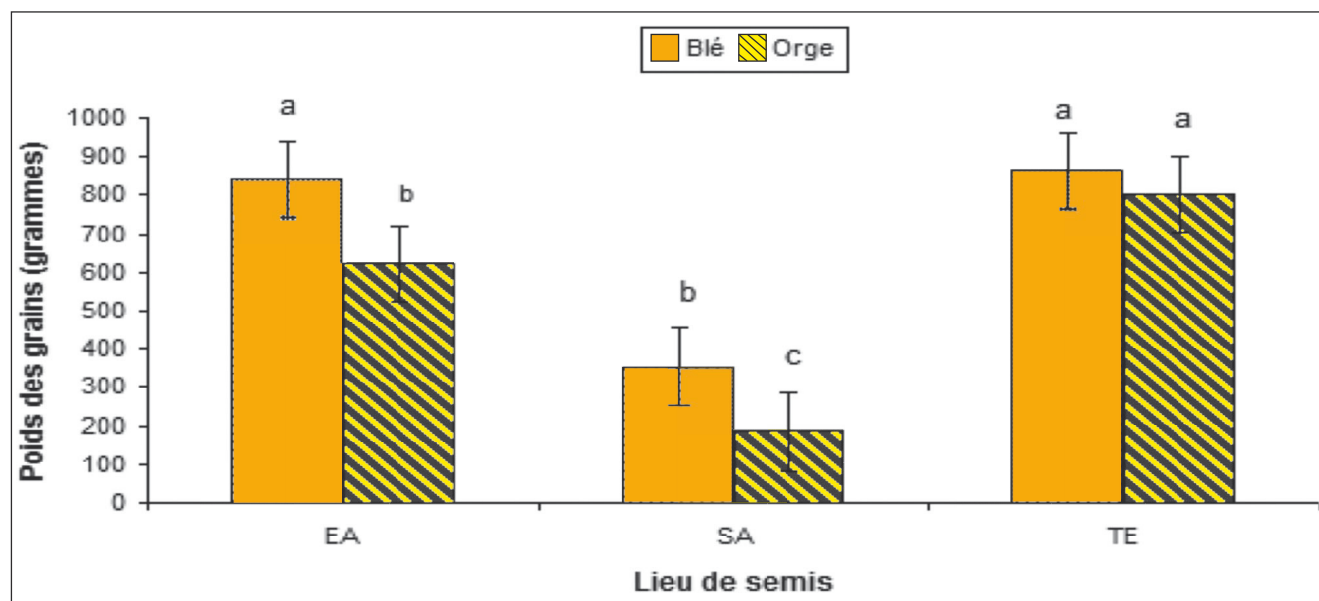


Figure 3: Rendement en grains du blé et de l'orge semés (g/m²) dans le verger des jeunes pacaniers en fonction de l'emplacement à Sidi Mbarek dans la région de Mateur au nord de la Tunisie.

EA: Entre pacaniers; SA: Sous pacaniers; TE: Champs témoins sans arbres.

hivernale montre indirectement que la disponibilité en eau n'a pas atteint son seuil critique.

4.1. Rendement entre les pacaniers (EA)

Nous remarquons que le rendement du blé 'Karim' reste normal par rapport au témoin soit 8,4 t/ha contre 8,6 t/ha soit 2,4% de réduction par rapport au témoin. Les modèles ne prédisent pas de réduction significative de rendement dans les allées cultivées avant une dizaine d'années de plantation des arbres pour les céréales d'hiver sauf que leurs protéines sont augmentées en culture intercalaire (8). Le rendement de l'orge 'Manel' au site expérimental des parcelles situées entre les lignes des pacaniers et le rendement du témoin présentent une différence significative traduite par une réduction de 22,5% par rapport au témoin. Cette différence peut s'expliquer par l'impact des oiseaux (1) qui ont profité de la précocité de cette culture par rapport au blé et aux cultures avoisinantes. La variation de ce dernier rendement en grains peut être largement associée à la variation du nombre de grains/m² soit 16.705,6 dans les bandes situées entre pacaniers contre 19.122,2 chez le témoin (10). Le fait que ces deux cultures sont semées un peu loin des pacaniers; elles sont dans ce cas, loin de la zone exploitée par les racines superficielles des arbres et de l'ombre minime des troncs et des branches; leur production se rapproche de celle du témoin. Des résultats similaires ont été obtenus dans certains essais réalisés en Chine et aux Etats Unis (17) dans les peuplements de paulownias associés au blé dur d'hiver.

4.2. Rendement près des pacaniers (SA)

Les rendements en grains du blé 'Karim' et de l'orge 'Manel' semés tout près des pacaniers (SA) sont significativement faibles par rapport au témoin (TE). La baisse de ce rendement est due essentiellement à la compétition racinaire des cultures intercalaires et celle des jeunes pacaniers pour l'alimentation en

éléments minéraux et en eau (6). En effet, pendant l'hiver et le printemps, le facteur ombrage n'aurait pas une grande influence sur le rendement à cause de l'absence des feuilles sur les pacaniers (7). Les pacaniers réduisent la lumière reçue par la culture intercalaire surtout pendant l'été mais avec les céréales d'hiver, la réduction de l'éclairement sur les cultures intercalaires est faible pendant la phase végétative (Photo 3); c'est-à-dire de la germination jusqu'à la floraison. Ceci est confirmé par Zhu (17) qui précise que: «L'ombre des branches et des troncs des paulownia en hiver n'a pas d'influence remarquable sur le rendement des cultures intercalaires».

Cependant, l'humidité réelle du sol oscillant entre 65 et 77% a une influence remarquable sur le rendement (pas de déficit hydrique) à cause des précipitations enregistrées en hiver et au printemps (Figure 1). Par ailleurs, il paraît clairement dans d'autres expérimentations qu'une compétition en éléments nutritifs est plus importante dans les systèmes agroforestiers ne bénéficiant pas de fertilisation minérale (10). Cependant, quand on procède à une fertilisation des cultures, cette compétition devient moindre. Ceci a été observé aussi dans les expérimentations de l'équipe de Jose (10) réalisées sur le maïs en association culturale avec le noyer. Par ailleurs, le rendement des céréales dépend à la fois du nombre de grains et de leur poids/m². Le nombre de grains dépend fortement de l'interception de la lumière, de la consommation en eau et d'autres éléments nutritifs quel que soit la proportionnalité pendant les 15 jours qui précèdent la floraison tandis que leur poids dépend, du rayonnement solaire intercepté pendant la phase de remplissage des grains, de la floraison à la maturité (13).

5. Conclusion

Le présent travail a permis d'obtenir des données novatrices sur l'intérêt d'associer le blé et l'orge aux jeunes pacaniers. Il a notamment permis de démontrer certains effets positifs et négatifs du système agroforestier visant à cultiver les céréales d'hiver avec les jeunes pacaniers sur la même parcelle. Le succès de ce système agroforestier pacaniers / blé / orge s'explique aisément par la remarquable complémentarité des arbres et des cultures: très fort décalage phénologique qui limite la concurrence pour la lumière à cause des arbres qui débourrent au moment du remplissage des grains du blé et de l'orge. Le rendement du blé semé entre les lignes des pacaniers n'est pas significativement différent de celui obtenu en plein champ pendant la saison hivernale. Cependant, le rendement du blé et de l'orge semé sous les houppiers des pacaniers a subi une baisse significative due essentiellement à la compétition racinaire des pacaniers et à l'ombrage



Photo 3: Maturation des grains.

des troncs et des branches sans feuilles. Comme cette association n'a jamais été pratiquée dans la région, nous la considérons comme pionnière; et au vu des résultats préliminaires appréciables, nous pouvons la proposer, *a priori*, comme système agroforestier envisageable d'autant plus qu'elle apporte une plus-value aux exploitants pendant la phase immature des pacaniers. Toutefois, ces résultats nécessitent d'être confirmés sur plusieurs années. Les données de trois années consécutives, recueillies sur le même site, sont en cours d'analyse.

Remerciements

Les auteurs remercient la Banque Africaine de Développement «BAD» pour son appui financier à cette étude ainsi que l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie «INRGREF» à travers son Directeur Général Dr. M.N. Rejeb qui a accepté que ces recherches se fassent au sein de l'Unité d'Agrosylvopastoralisme pour les bénéficiaires des paysans de la Région de Mateur. Les auteurs désirent remercier également les chercheurs et techniciens suivants: Dr. A. Ayari, Dr. A. Khaldi, Dr. A. Laamouri, Ir. A. Ferjani, Dr. B. Kadiata, Dr. J.P. Muimana Kalala, M. Dhahri, Dr. M. L. Ben Jamaa, Dr. M. Nourri et le Dr. T. Sghaier pour leur contribution à cette étude.

Références bibliographiques

- Albouchi A. & Balti B., 2004, Impact des oiseaux et de la concurrence exercée par un brise-vent de *Casuarina glauca* Sieb. sur le rendement d'une culture de blé dur (cv. Karim) en région subhumide. Annales de l'INRGREF, **6**, 95-110.
- Brandle J.R., Wardle T.D. & Bratton G.F., 1992, Opportunities to increase tree planting in shelterbelts and the potential impacts on carbon storage and conservation. In: R.N. Sampson and D. Hair, Editors, Forest and Global Change, American Forests, Washington, DC, pp. 157-176.
- Chirko C.P. et al., 1996, Influence of direction and distance from trees on wheat yield and photosynthetic photon flux density in a paulownia and wheat intercropping system. Forest ecology and management, **83**, 3, 171-180 recommendations.
- Dagnelie P., 1998, Statistique théorique et appliquée. Tome 2, 1998.
- Deghaïs M., Kouki M., Gharbi M.S. & El Felah M., 2007, Les variétés des céréales cultivées en Tunisie. Institut National des Recherches Agronomiques de Tunisie, p. 445.
- Dufour L., Dupraz C. & Mayus M., 2008, Influence of tree competition on durum wheat growth and yield in two mediterranean agroforestry system. Agronomy for sustainable development. Rev. For. Fr n°1 «Spéciale agroforesterie», p. 82.
- Dupraz C. & Liagre F., 2008, Agroforesterie des arbres et des cultures. Edition France agricole p. 413.
- Dupraz C. & Liagre F., 2000, Etudes des pratiques agroforestières associant des arbres fruitiers de haute tige à des cultures ou des pâturages, p.186.
- Gate P., 1995, Ecophysiologie du blé. Technique et Documentation. Lavoisier, p. 429.
- Jose S., 2004, Interspecific interactions in temperate agroforestry. Agrofor. System, **61**, 237-255.
- Rejeb H., Albouchi A., Souayah N., Bouzaïen G. & Radhouan N., 2009, Stimulation chimique de la pousse printanière de cinq variétés de pacanier (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) en Tunisie, Annales de l'INRGREF, n°13 p.163.
- Selamyihun K., Tekalign M. & Stroosnijder L., 2004, Eucalyptus-wheat interactions on Ethiopian -Agricultural Systems Volume **80**, Issue 2, pp. 151-170.
- Soltner D., 2005, Phytotechnie spéciale: les grandes cultures, 20^{ème} édition 2005. p. 472.
- Terral J.F., 1997, La domestication de l'olivier en Méditerranée nord-occidentale: approche morphométrique et implications paléo climatiques. Thèse, université de Montpellier II, France, 136 pages.
- Thevathasan N.V., Gordon A.M., Simpson J.A., Reynolds P.E., Price G.W. & Zhang P., 2004, Biophysical and ecological interactions in a temperate tree-based intercropping system, J. Crop Improv. **12**, 1-2, 339-363.
- Torquebiau E., 2007, L'agroforesterie, des arbres et des champs. Editions Le Harmattan, p.151.
- Zhu Z., 1991, Evaluation and model optimization of *Paulownia* intercropping system. A project report, agroforestry system in China. Chinese Academy of Forestry, IDRC, Canada, pp. 30-43.

J.P. Banga Banga Kalala, Français, Mastère 2, Recherche en Bio-science de l'Environnement de l'Institut National Polytechnique de Toulouse «INPT»- 2007. Doctorant en Sciences Agronomiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie «INAT» et recherches académiques à l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie «INRGREF».

A. Albouchi, Tunisien, Docteur en Biologie (Ecophysiologie), Université de Tunis -1997. Maître de Recherche à l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie «INRGREF» et Chef de l'Unité de Recherche d'Agrosylvopastoralisme.

G. Bouzaïen, Tunisien, Mastère en Agriculture durable de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott- 2007; Doctorant en Sciences Agronomiques à l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie «INRGREF».

Z. Nasr, Tunisien, Docteur en Ecologie d'Université Paris-Sud Orsay. Maître de Recherches Agricoles à l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêt de Tunisie «INRGREF»

K. w.T. Tshibangu, Belge, Docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologiques, de l'Université Libre de Bruxelles (ULB)- 2001 (Belgique). Professeur à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Officielle de Mbuji-Mayi «UOM», Kasai Oriental, RD Congo.

Human Elephant Conflict in the Waza-Logone Region of Northern Cameroon: An Assessment of Management Effectiveness

M.N. Tchamba¹ & D. Foguekem^{2*}

Keywords: Waza Logone- Elephant- Crop raiding- Villages- Management- Cameroon

Summary

An investigation into the current level of human-elephant conflicts in the Waza Logone region was carried out during the 2005 rainy season to assess the effectiveness of conflict management. This was done by talking mainly to wildlife authorities, the local agricultural service, the local communities and consulting sequential reports from the nearest enumerators. The number of villages affected was declining in the dry season compared to the rainy season crop raiding. However, general pattern indicates a decline in the number of villages impacted by elephants since the 1992 to 1993 surveys, but comparatively more damaging as shown by the estimated costs. Therefore, the improve in ecological management of the Waza National Park and its elephant population has had a positive impact in the number of villages crop raided but has not definitely resolved the conflicts between man and elephant. Other approaches are needed to buttress the effort been undertaken in the region to date.

Résumé

Conflit homme éléphant dans la région de Waza Logone du nord Cameroun: évaluation de l'efficacité de gestion

Une enquête sur le niveau actuel des conflits homme-éléphant dans la région de Waza Logone a été réalisée au cours de la saison des pluies 2005 pour évaluer l'efficacité de gestion de ces conflits. Cela a été fait en parlant principalement aux autorités de la faune, les services agricoles locaux, les collectivités locales et la consultation des rapports séquentielle des agents recenseurs la plus proche. Le nombre de villages touchés par la déprédation des cultures était en baisse pendant la saison sèche comparativement à la saison des pluies. Toutefois, la tendance générale indique une baisse du nombre de villages touchés par les éléphants depuis les enquêtes réalisées en 1992 et 1993, mais relativement plus dommageable comme le montre l'estimation des coûts. Par conséquent, l'amélioration de la gestion écologique du parc national de Waza et de sa population d'éléphants a eu un impact positif sur le nombre de villages où les cultures sont attaquées, mais n'a pas définitivement résolu les conflits entre l'homme et l'éléphant. D'autres approches sont nécessaires pour appuyer les efforts ayant été entrepris dans la région à ce jour.

Introduction

Human elephant conflict has become one of the biggest issues facing elephant conservationists today (19) and the costs of dealing with "problem animals" are increasing (15).

Human elephant conflict can take many forms (9) including the direct killing of elephants by people. However, the destruction of crops by elephants is the major concern. The issue of human elephant conflict has differentiated temporal and spatial patterns in many places, but some general trends include it is often seasonal, and conflict is often highest in areas close to migration route and dispersal areas as well as protected areas that act as elephant refuges (6, 9, 16). Farmers' livelihoods can be seriously impacted by crop damage where subsistence cultivation occurs. Many

crop varieties are fed on or damaged by elephants (3, 8, 12). Males elephants have generally been associated with taking higher risks in foraging and for being involved in most crop raiding, but in many sites family groups are also involved (8). The Waza Logone Region is an example of area where human elephant conflict can be complex and logistically challenging problem requiring long-term undertaking. The human elephant conflict in this region has resulted from increase in the human population expansion and combined with the increase in elephant's number. Human population growth remain high in northern Cameroon and growing economic forces want Cameroon to concede more government-owned land around Waza to agricultural interests, especially cotton farming (14). Agricultural

¹Department of Forestry, University of Dschang, P.O. Box 222, Dschang, Cameroon.

²World Wide Fund for Nature, Cameroon Country Programme Office. Po. Box 6776, Yaoundé, Cameroon.

Email: d_fogke@yahoo.fr Phone: (237) 74179235 Fax: (237) 22 21 42 40

*Corresponding author

Received on 02.02.11 and accepted for publication on 06.03.12.

activities mostly fall within the range of elephants and generate human-elephant conflicts. Human population density (49 persons per km sq) in the Waza Logone regions is one of the highest found in Cameroon. The annual population growth rate 3.7% is higher than the national average of 2.9% (13).

Rural farmers and elephants are increasingly coming into conflict, as elephant habitat is converted to farmland (25). Several years of monitoring of elephant movement in this region (6, 10, 21, 22, 23), have improved our understanding into the insights of human elephant conflict. It appears that the migration of elephant outside Waza National Park to feed and the resultant human/elephant clashes due to frequent raids on local crops was a function of land-use changes near the park in 1980. And, especially an ill-fated and partially remediate dam project, which altered the hydrology and vegetation and elephant migration (4, 5, 17). The resultant human elephant interaction has led to retaliatory poaching and has required government officials to kill some nuisance-causing elephants. Rural communities suffer chronic depredations and were unable to overcome the problem (25). An attempt to improve on the management of the region's ecosystem function for the benefit of local people and wildlife has led to the Waza Logone Project of 1991 (11). Therefore, from 1994 to 1997 some of the original feeding areas of elephants in the part of the park have been restored and this has brought major changes in the region ecosystem (11, 18). It has been suggested that as a result of increased water availability and improved vegetation quality from improved ecological management of the Waza National Park, there will be a shift in the elephant movement and consequently, in the level of elephant impact on local agriculture (10). The main reason for assessing the trends of human elephant conflict has been to find out whether elephant damages to croplands have changed as predicted, and to what extent?

Waza elephants were the focus of this study because of considerable damages they inflicted to the local agriculture. A fundamental premise of their conservation is that they should remain viable to conserve their ecological, economical and cultural values. About 2000 of Cameroon's remaining 20,000 elephants is believed to live in northern Cameroon (24) and more than 250 of these animals reside or migrate through Waza National Park (7). Although these elephants were accounting for only 10% of Cameroon's total elephant, the ecological health of the park depends greatly on the viability of this elephant population, and its 170,000 ha is also an important migratory route and site for elephants within the Lake Chad Basin.

Despite their ecological value, recognition of the scale of problems facing Waza elephants has lead, ending 2003, to a reassessment of their management and recognition of the need for better knowledge about their status and habitat; and the effectiveness of

their management. Managers in many Cameroon's protected areas lack the information needed to make an informed assessment of the present situation of their elephant's status and management effectiveness. WWF Cameroon Country Programme Office has been working for about 15 years ago with the government of Cameroon to develop a database for assessing elephants' status, main threats and management effectiveness in protected areas. The major question in the current assessment was then: what is the present situation of human elephant conflict in the Waza Logone region? More specifically, how effective the restoration of the ecosystem in the region has reduced human-elephant clashes? These and other issues are at the centre of this investigation.

Therefore, this study was concentrated on three main specific objectives: (i) To carry out a survey on human-elephant conflicts around the WNP region; (ii) To carry out statistic evaluation from stakeholders data (especially from the gov't—Ministry of Agriculture, Ministry of Forestry and Wildlife and the Ministry of Environment and Protection) for three years period (2003, 2004, 2005) on human-elephants conflicts in the Waza region and; (iii) To compare and analyze data collected from the gov't services to the baseline data from previous author with regards to changes and progress.

Study area and methods

The Waza-Logone region is situated in the extreme north of Cameroon and is defined here as the region extending from the divisions of Mayo Kani (Kaele) and Mayo-Danai (Yagoua) in the south to the Lake Chad in the north. It covers an area of approximately 29,800 km² and lies between 10°25' and 12°50' north, and 14°05' and 15°15' east. Vegetation is under the Sudan type. The climate of the region is characterized by the dry and wet seasons (11), which are however, variable in duration from year to year. This is a common phenomenon in the entire Northern region of Cameroon. These seasons are caused by the two winds (South-West Monsoons which brings moisture and the North-East Trade or harmattan winds which brings dry air) that influence the climate of the entire country. The dry season starts from November, reaching its peak in January (the driest month) and ends in March, while the rainy season starts in April, reaching its peak in August (the wettest month) and ends in October. The rainfall in the area is generally scanty, with an annual mean of 745.6 mm. The mean maxima daily temperature ranges from 30 °C in August to 39.7 °C in April, thus indicating that the hottest months occur during March and April, while the mean minima daily temperature ranges from 17.3 °C in December to 28.1 °C in April, giving December and January (heavy harmattan months) as the coldest months.

The investigation was carried out during the 2005 rainy season by talking mainly to wildlife authorities

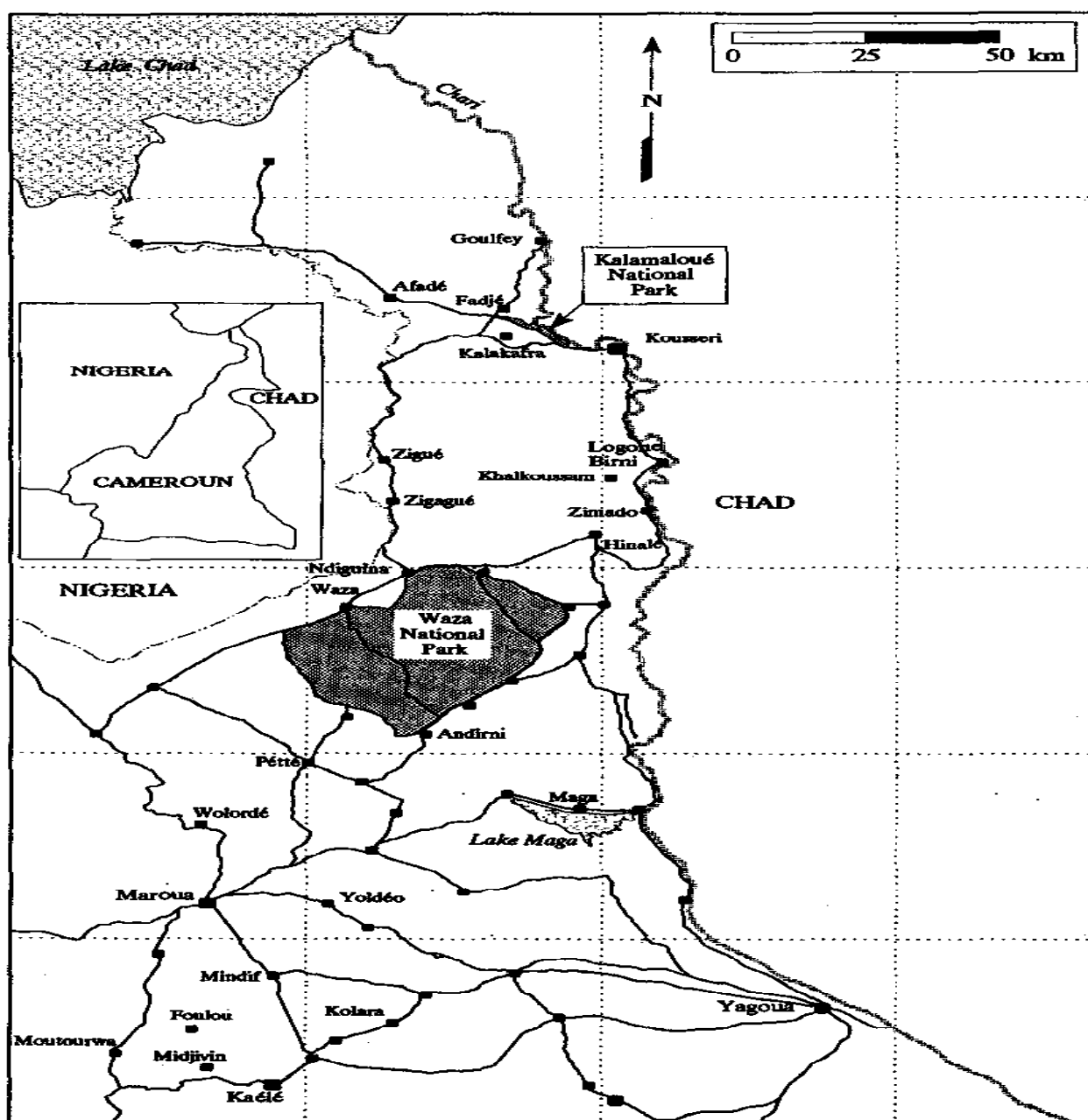


Figure 1: Waza National Park and some of the sampled villages.

and the local agricultural service. Meetings were held in 13 villages with reported elephant damages. The villages Goulfey, Fadje and Afadé are located between Lake Chad and Kalamaloué National Park; Kalakafra, Ndiguina, Zigué and Khalkoussam between Kalamaloué National Park and Waza National Park; Pette, Wolordé, Yoldéo, Kolara, Midjivin and Foulou are situated south of Waza National Park (Figure 1). Population density is around 17 hts/km². A maximum of 2000 peoples live in these villages. The main ethnics groups found are the nomadic pastoral group Fulbe or Fulani. The Shuwa Arabs are of origin nomadic pastoralists, but many of them are now settled agro pastoralists. The Musgum and Kotoko are of origin also pastoralists but they have turned to farming quite some time ago.

These villages were purposefully sampled as they are considered as representative of the economic, ecological, geographical, and cultural diversity of the study area (Table 1). The chief of the villages, the farmers and the nearest enumerators attended these meetings. During these meetings, field visits to discuss current conflict situation with community sections, other relevant people and community representatives were carried out. Basic information on the development of elephant problems' for the past three years (2003, 2004 and 2005) were collected by talking mainly to local administrators and residents, and consulting sequential reports from the local agricultural services. Staff of these services goes in each location to record all crop raids systematically during conflict situation. Semi-structure interviews

Table 1
Elephant impacts in the villages in 2003, 2004, 2005

Elephant incident/visits in the villages										
Villages	Distance from Waza (Km)	Yes/No			Period			Crop type		
		2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Goulfey	100 north	yes	no	no	Dry season	0	0	All crops	0	0
Fadjé	80 north	yes	yes	yes	Rainy season	Rainy season	Rainy season	All crops	All crops	All crops
Afadé	80 north	no	no	no	0	0	0	0	0	0
Kalakaфра	70 north	yes	yes	no	Dry season	Dry season	0	Sorghum	0	0
Ndiguina	0	yes	yes	yes	Rainy season	Rainy season	Rainy season	All crops	All crops	All crops
Zigué	30 north	yes	yes	yes	Dry season	Dry season	Dry season	Millet	Millet	Millet
Khalkoussam	30 north	yes	yes	yes	Dry season	Dry season	Dry season	Maize	Maize	Maize
Pétté	18 south	yes	yes	yes	Dry season	Dry season	Dry season	All crops	All crops	All crops
Wolordé	50 south	no	no	no	Rainy season	Rainy season	Rainy season	All crops	All crops	All crops
Yoldéo	54 south	yes	yes	yes	0	0	0	0	0	0
Kolara	85 south	yes	yes	yes	Rainy season	Rainy season	Rainy season	Millet	Millet	Millet
Midjivin	100 south	yes	yes	yes	Rainy season	Rainy season	Rainy season	Maize	Maize	Maize
Foulou	93 south	no	no	no	Rainy season	Rainy season	Rainy season	All crops	All crops	All crops
		no	no	no	0	0	0	0	0	0
		no	no	no	0	0	0	0	0	0

were conducted with village resource person to freely express his opinion on: types of crops grown.

Elephant impact in the village for the last three years 2003 Yes/No; 2004 Yes/No; 2005 Yes/No. If yes, period: 2003 Dry season/Rainy season; 2004 Dry season/Rainy season; 2005 Dry season/Rainy season; Types of crops destroyed: 2003, 2004, 2005; Villages and cropping areas affected 2003, 2004, 2005; Estimate costs.

Data collected from consulting sequential report of the local agricultural service consist of: date, size of the farm, type of damage, size of farmland damaged, estimated number of plants damaged, history of damage in the farm.

Data analysis

The data analysis consists mainly of data tabulation and graphic presentation. A correlation coefficient was also computed to illustrate the trends in elephant incidences in the villages over time.

Results

Statistic evaluation of elephant incidences in the villages

Table 2 gives a statistic evaluation of elephant incidences in the villages in 2003, 2004 and 2005. Trends observed indicate a reduction in the number and the percentage of villages affected by elephant from year 2003 through year 2005. However, the

Table 2
Percentage of villages affected/not affected by elephants per season and per years (2003, 2004 and 2005)

Years	Number of villages affected per season (N= 13)		Villages affected per year (N = 13)	Villages not affected per year (N=13)
	Dry season (number of villages)	Rainy season (number of villages)		
2003	30.7% (4)	38.46% (5)	69.23% (9)	30,77% (4)
2004	23% (3)	38.46% (5)	61.54% (8)	38,46%(5)
2005	15.4% (2)	38.46% (5)	53.85% (7)	46,15% (6)

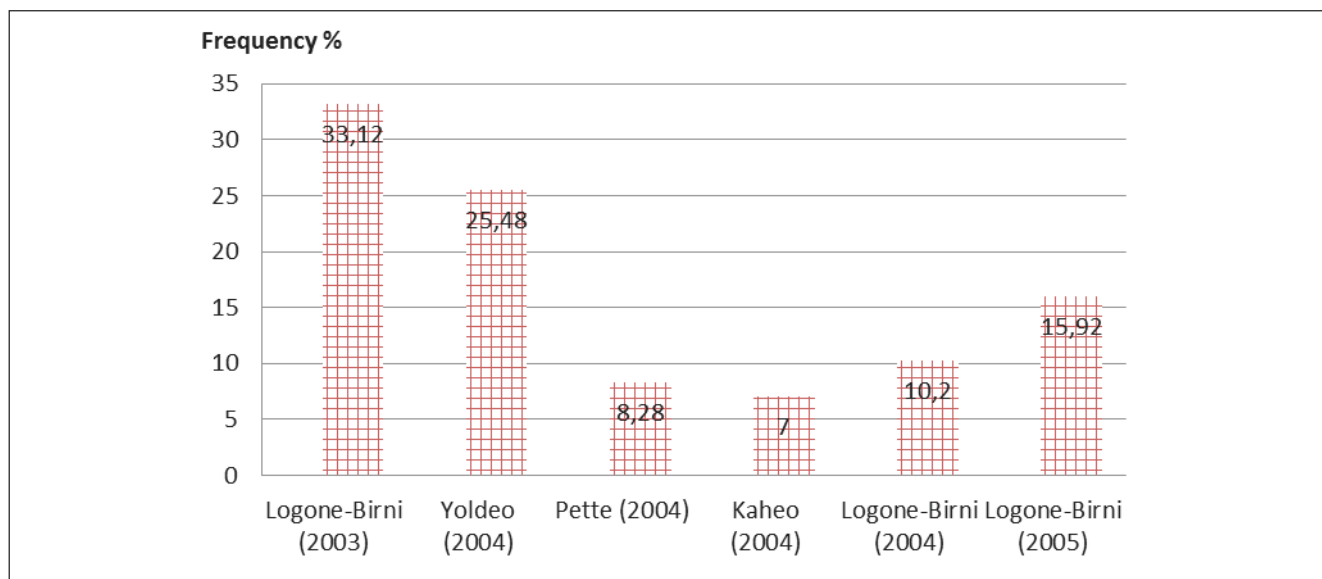


Figure 2: Areas of direct human-elephant conflict.

seasonal pattern of crop raiding shows that the number of villages affected during the wet season is stable. Five out of a sample of 13 villages making up 38.46% are affected each year in the rainy season, while the number of villages impacted by elephants tends to be decreasing in the dry season. It is important to note that many villages including Afade, Wolorde, Midjivin, and Foulou with reported elephants visit did not recorded any damage to crops over time.

Areas of human elephant conflict assessed

Reports on elephant damage to local agricultural crops were obtained and assessed for four (4) villages (Figure 2). Based on the reports frequency, Logone-Birni was the top village that has delivers crop raiding by elephants more intensively during the three years examined and this has occurred in 2003 (35% of reports), followed by Yoldeo in 2004 (25% of reports) and Logone-Birni in 2005 (15% of reports). Comparatively, Logone-Birni, Pette and Kaheo were the village less affected with less than 10% of reports in 2004. The results of the survey indicate that the cash crops of greater concern for crop raiding in the region were sorghum, beans, millet, maize, cotton, ognon, mango, tomato, groundnuts, cassava, tomato, guayava, gombo, lemon, aubergin.

Crop types and level of elephant impact per year per village surveyed

The cropping areas damaged were decreasing from 34.2 ha in 2003 to 9 ha in 2004 and to 7.65 ha in 2005 in Logone-Birni (Figure 3). In this village cropland of greatest concern for elephant impact was sorghum field in 2003 & 2004 as did ognon field in 2005. Other villages surveyed received important elephant impact mainly in year 2004 (Figure 3). Cotton fields were the centre of elephant impact at Pette in 2004; while beans, maize and cotton fields were the most important crops damaged by elephants at Yoldeo in

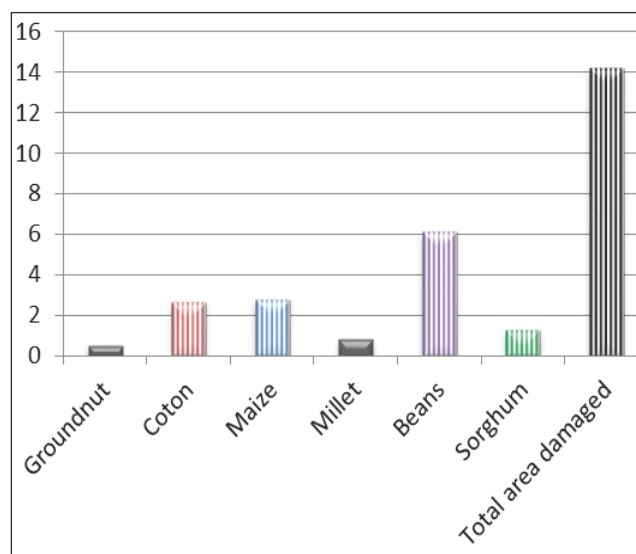
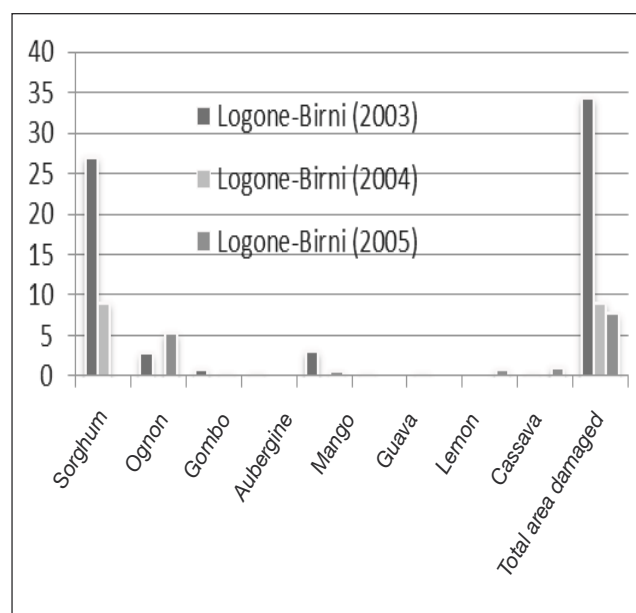


Figure 3: Cropping areas damaged in the villages.

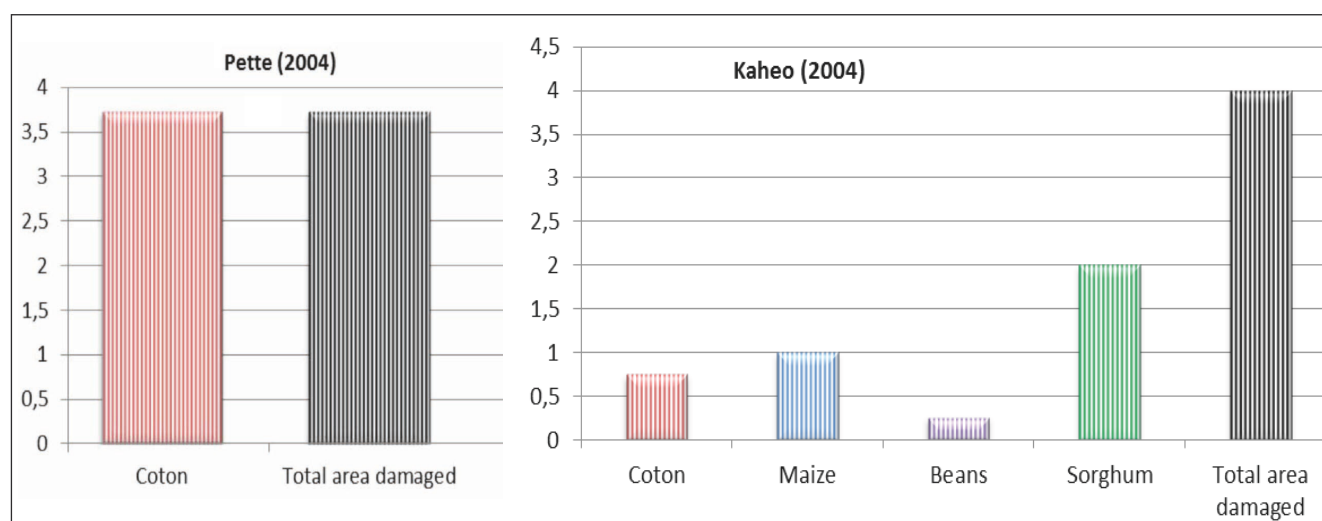


Figure 3: Cropping areas damaged in the villages.

2004 as also did sorghum, maize and cotton fields at Kaheo in 2004.

The total estimated crop loss to elephant at Logone-Birni decreased from \$ 108266.34 in 2003 to \$ 1077.67 in 2004 before increasing to \$ 168 390.74 in 2005. In 2004, crop loss at Yoldeo was high estimated at \$3271.29 and comparatively low at Pette (\$ 989.5) and even more at Kaheo (\$ 551.53).

The total annual crop loss per farmer was estimated at \$ 751.85 in 2003, \$ 40.9 in 2004 and \$ 1169.4 in 2005 in the village surveyed and the total estimated crop loss was \$ 108266.34 in 2003, \$ 5889.99 in 2004 and \$ 168390.7 in 2005 (Table 3).

The disruption of social activities to stay guarding the fields during day and night was indirect impacts difficult to measure. School days were loss by children to assist their parents guarding the farms or scaring the elephants and this is worthy of special note.

Based on reports frequency for the years and villages examined, the most damaged crop was sorghum followed by beans, onions, cotton and mango. Other crops are damaged with minor frequency (less than 5% of reports) including millet and maize.

Current status of human elephant conflict

Figures 4 A & B compare actual number of village affected by elephants in the Waza Logone region with the baseline data from 1992 through 1993 (17). They also provide general trends in the evolution of human

elephant conflicts in the region.

Except for the rainy season, which exhibited increase/stable number of villages affected by elephants each year, the dry season crop raiding is reducing along with the number of villages affected year round. The trends observed followed a linear distribution with highly significant relationship for wet season ($r^2 = 0.99$, $P < 0.05$); the year round crop raiding ($r^2 = 0.99$, $P < 0.05$) and weak but significant relationship in the dry season ($r^2 = 0.48$, $P < 0.05$). There was also significant relationship between the number of villages not affected over time ($r^2 = 0.95$, $P < 0.05$).

Discussion

We found the increase in the number of village affected during the rainy season compared to the dry season. This might be due to seasonal pattern of crop raiding. Crop raiding is seasonal, occurring mainly in the harvest season and, is a man-made problem (1). It is foreseen that the harvesting period of the rainy season is more prone to elephant crop raiding because the fields have the most crops at this time same as in our study area. Crop damage is at its height during the wet season when the majority of crops are grown (16). In the Waza Logone region this is supported with the observations made by previous authors who monitored elephant movement and postulates that, the distribution of location cycle inside and outside

Table 3
Damaged fields and estimated crop loss per year

Villages	Total area destroyed (ha)			Estimated costs (USD)		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Logone-birni	34,2	9	7,65	108266,34	1077,67	168390,7
Yoldeo	0	14,2025	0	0	3271,29	0
Pette	0	3,725	0	0	989,5	0
Kaheo	0	4	0	0	551,53	0
Total	34,2	30,93	7,65	108266,34	5889,99	168390,7

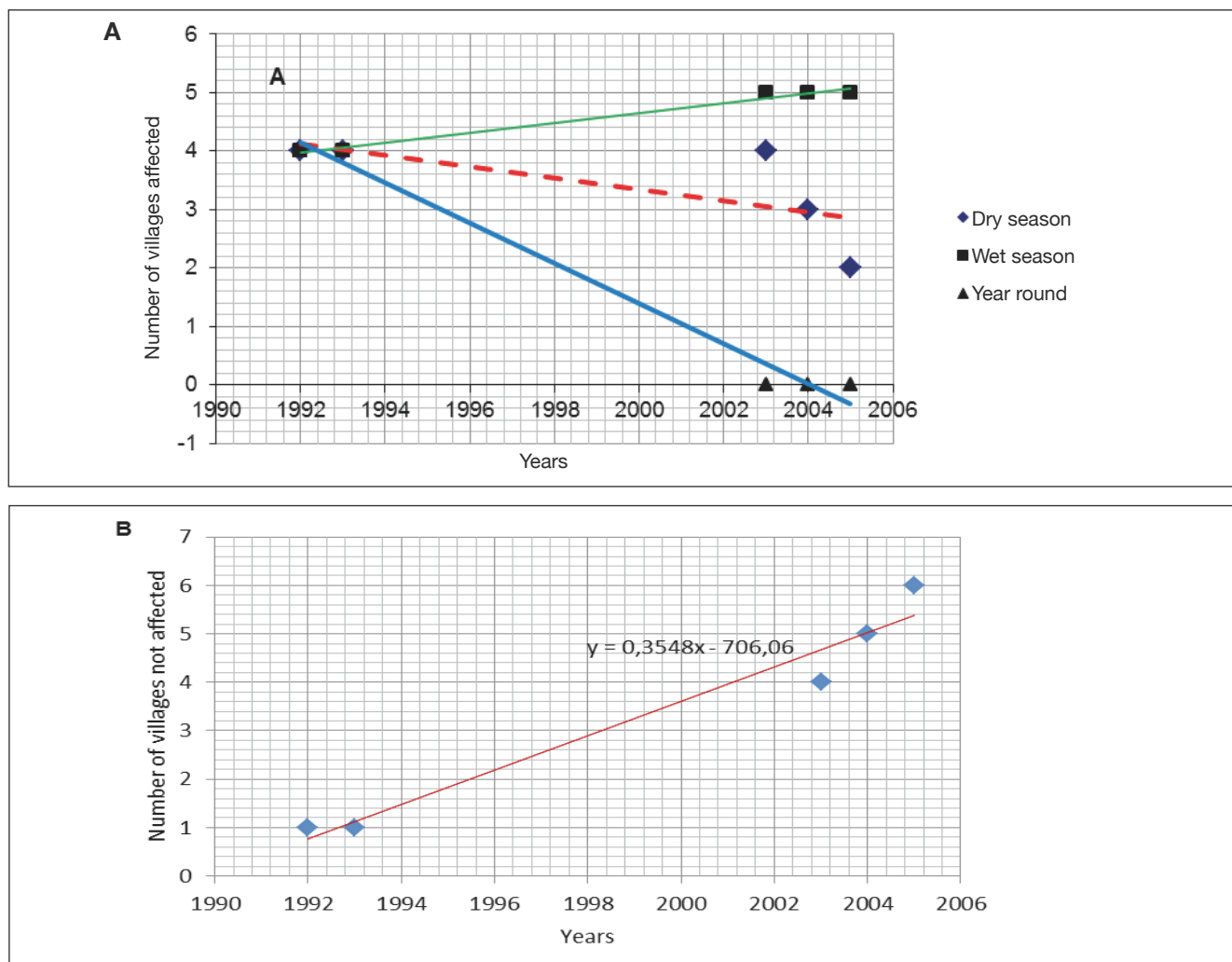


Figure 4: Relationship between time (years) and number of villages affected (A) or not affected (B) by elephants.

the Waza National Park does not indicate a decrease after the re-flooding of the south bound wet season migration routes to areas far south of the park where the elephants cause serious damage to agricultural crops (10). Although there have been changes in the movement pattern (6), as the villages presently affected by elephants in the rainy season are not the same with those affected in 1992-1993 survey. The decrease in the number of village affected during the dry season might be consistent with an adjustment in elephant movement route north of Waza National Park. However, general pattern of crop raiding by elephants in the region indicates a reduction in the total number of villages affected by elephants as a result of a shift in dry season habitat use by elephants inside the park and a longer residence time in the park during the period of migration (10). The conclusion that the total number of villages with reported elephant crop raiding in the region is declining, is consistent with our expectations. This may be viewed as a testimony of the effectiveness of past management of the ecosystem of the region (11). Conversely, this reduction can be viewed also as a decline in the elephant population number (7) because an increase in elephant population

as do human population must have led to increase in competition over the scarce land resources. This hypothesis of elephant population decrease is very likely and should be taken into consideration as recent reliable elephant population estimates inside Waza National Park in 2007 lead to the conclusion of a rapidly declining population number (7). Farmers in the region are largely dependent on small-scale subsistence farming and cash crop production. The crops damaged forms the main component of the staple diet of people in the region. And, the variety of crops associated with crop raiding is conforming to finding of other authors (3, 8, 12). Crop commonly fed on or damaged by elephants include maize, millet, bananas, sweet potatoes, sorghum, beans, cassava, cotton, groundnuts, mangos, melons, etc. It has been suggested that elephants often search out ripe crops, even when wild forage is available (3). However above all the crops found in this study, elephants raid predominantly on sorghum fields. This is in line with the past observations (25) which indicate that in the Waza Logone region elephants are more attracted by the nutritious sorghum fields and they accounted for much of the crop raiding incidences in the rainy

season. But the crop damage assessment indicates an increase in financial loss compare to previous estimates of more than 1000 ha of cropland annually destroyed and the annual cost of crop damage estimated at more than US\$ 200 000 (25). While the current distribution shows that 34.2 ha; 30.93 ha and 7.65 ha were annually destroyed and the annual cost of crop damage evaluated at US\$ 108266,34; US\$ 5889,99 US\$ 168390,7 respectively. This can be attributed to the localized patterns of crop raiding by elephant (20). According to this author, an elephant can eat more than 200 kg of food a day, and even a small herd can wipe out a farmer's annual crop in one night's foraging. Therefore, the localized pattern of crop raiding can be more destructive and costly in a relatively small area. However, we can infer in the local context that as there is always much discussion and publicity about the damage and an increased expectation by complaint regarding compensation, the local agricultural service (also in charge of allocating compensation when available) and the farmers tend to overestimate the damage (25).

Although the ecological management of the Waza National Park and its elephant populations has brought some hope in the mitigation of human elephant conflict in the Waza Logone region, the problem is not definitely resolved. Resolving a very complex problem such as human-elephant conflict at a minor level might be quite impossible in the context of Waza Logone region unless if this can combine strategies such as translocation, fencing, animal problem control activities and sanctuaries creation. To further enhance human-elephant conflict management effectiveness, we recommend (a) the creation of community-based elephant sanctuaries delineated outside Waza National Park to increase available elephant range, thus mitigating conflict. The corridor under consideration in the Waza-Logone region is the habitat connecting Waza and Kalamaloue National Park. Because Kalamaloue National Park is too small to support large number of elephants even for a short period of time, it is anticipated that the creation of a corridor would secure additional areas for use by elephants. The corridor is 100 km long and 15 km wide. While no effort is underway to establish or to provide a status to conservation corridor in the region, elephants are using the vegetation corridor to move between Waza and Kalamaloue National Park. However, the present quality of the corridor under consideration was evaluated on the basis of available information including topographic maps, and 1987 SPOT imagery data, aerial photos of elephant trails, ground observations of elephant sign (tracks and droppings) and kernel home range of tracked elephant herd using satellite telemetry devices (6). (b) Protecting humans and their properties from elephant menace should be one of the priorities for wildlife service in the region of Waza. Animal problem control

activities should be implemented to help reduce conflict. This can help reduced the costs induce by crop raiding elephants and increased the benefits to rural farmers (2). In this case local communities in the Waza Logone region have never received direct assistance in mitigating crop damage for instance, through capacity building in problem animal issues, basic elephant ecology and problem animal control strategies. This intervention has proved to have had a positive impact on Dande community's interactions with problem elephants (Foguekem, pers comm.). (c) The importance of Waza National Park for wildlife tourism cannot be overemphasized. We suggested that part of the park revenue generated through tourism goes to local community as a form of compensation for crop loss due to elephant. Failing to do so, human elephant conflict problem in the area will increasingly favor poaching if people don't receive any return from wildlife.

Current methods to mitigate human elephant conflict in northern Cameroon

HEC has been increasing in northern Cameroon and was for quite some time a major focus of national and international attention. The methods used for its mitigation are simple, traditional methods used by villagers. Expensive technologies have never been implemented by state agencies. A brief overview of the various traditional methods is given below.

1. Collective prayers and magical practices. These have prove to be ineffective as they do not affect elephant behavior.
2. Beating drums or empty barrels to scare elephants. This only has the effect of moving the problem to other areas.
3. Sheep dung has been burnt in the fields. People believe that elephants dislike its smell, but is ineffective.
4. Light fires piles around croplands or sleep in the crop fields to guard them from elephants (vigilance methods to alert farmers to approaching elephants and increase the chance of driving them away).
5. Sticks and stones are thrown at elephants. This sometimes ends in fatal incidents
6. Wound elephants by shooting them with light shotguns.
7. Disturbance or control shooting has been applied by wildlife staff to kill some nuisance causing elephant. Quantitative evaluation of control shooting has not been carried out so far and there is no evidence that it reduces the magnitude of the damage.
8. Limited wet season safari hunting is opened in high conflict sites. In addition to generating revenue for the state coffers (\$ 4000 US and \$ 2000 US for the female and male elephants respectively), the launching of safari hunting helps regulating wildlife population of the park. The remote consequence

of this measure is the regain of confidence by local farmers on the part of government authorities in charge of wildlife. The killing of some elephants (be they problem ones or not) every year by licensed tourists (within the quotas fixed by CITES and national regulation in force) for their trophies is in one way or other beneficial to the local populations. They benefit from the meat and have the moral satisfaction of "seeing justice take its course"

The methods used for its human elephant conflict mitigation and their effectiveness in elephant range in northern Cameroon are available (25). However, gaps in knowledge do exist, and require studies to document the quantitative effects of human elephant conflict and to determine the most appropriate combination of methods that can mitigate human elephant conflict under the specific conditions. To

improve on this study in the future the percentage of farms that is raided along with the proportion of farm per crop grown need to be calculated. This will help to properly assess the intensity of the problem and design appropriate measure.

Aknowledgement

We wish to thank the World Wide Fund for Nature (WWF), Cameroon Country Programme Office for financing this study. We also acknowledge the logistic support of WWF Northern Sudan Savanna and especially Dr. P. Donfack for logistic support. Our thanks also go to Mr S. Tyawoum and T.S. Tekem for their assistances in the field. We are thankful to the Conservator of Waza National Park, Adam Sale for providing some facilities. Our special thanks go to Dr H. Njiforti for reading through the script.

Literature

1. Barnes R.F.W., 1996a, Facing the storm: five year of research in and around Kakum National Park, Ghana. Proceedings of a course in elephant biology and management: Ghana Wildlife Dept, Conservation International and University of Cape Coast.
2. Barnes R.F.W., 1996b, The conflict between humans and elephants in the central African forests. *Mammal review*, **26**, 2/3, 67-80.
3. Chiyo P.I., Cochrane E.P., Naughton L. & Basuta G.I., 2005, Temporal patterns of crop raiding by elephants: a response to changes in forage quality or crop availability? *Afr. J. of Ecol.* **43**, 48-55.
4. DDA, 1981, Rapport annuel d'activités. Délégation départementale d'agriculture du Diamaré, Maroua, Cameroun.
5. Eijs A.W.M. & Ekobo A., 1987, Les éléphants du Parc National de Waza et les interactions avec l'agriculture dans la région. Série Environnement et Développement au Nord du Cameroun. Université de Leiden, Pays-Bas.
6. Foguekem D., Tchamba M.N., Le Breton M., Ngassam P. & Loomis M., 2009, Changes in elephant movement and home ranges in the Waza region, Cameroon. *Scientific Research and Essay*, **4**, 12, 1423-1431.
7. Foguekem D., Tchamba M.N. & Omondi P., 2010, Aerial survey of elephants (*Loxodonta africana africana*), other large mammals and human activities in Waza National Park, Cameroon; *Afr. J. Envir. Sc. & Tech.* **4**, 6, 401-411.
8. Hoare R.E., 1999a, Determinants of human-elephant conflict in a land-use mosaic. *J. of Appl. Ecol.* **36**, 689-700.
9. Hoare R.E., 2000, African elephants and humans in conflict: the outlook for coexistence. *Oryx*. **34**, 34-38.
10. Iongh H. de, Tchamba N.M., Tamis W., Zelfde V.M., Prins H., Haes H.U. de., Bauer H. & Tyawoun S., 1999, Results of four years' satellite tracking of elephant in northern Cameroon. *Pachyderm*, **27**, 62-65.
11. Loth P., 2004, The return of the water: restoring the Waza Logone Floodplain in Cameroon. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Xvi + 156 pp.
12. Malima C., Hoare R. & Blanc J., 2004, Systematic recording of human-elephant conflict: a case study in south-eastern Tanzania. *Pachyderm*, **38**, 29-38.
13. MINEF, 1993, Gestion de l'espace et utilisation des ressources dans la région soudano-sahélienne. projet pnud/unso, no cmr/89/x0₂, ministère de l'environnement et des forêts, Yaoundé, Cameroun.
14. Mope J.A.S., 1997, Case study of population involvement in the management of protected areas in Cameroon: Korup and Waza National parks. Consultancy report, WWF. Yaoundé, Cameroun.
15. Omondi P., Bitok E. & Kagiri J., 2004, Managing human-elephant conflicts: the Kenyan experience. *Pachyderm*, **36**, 80-86.
16. Parker G.E. & Osborne F.V., 2001, Dual season crop damage by elephants in eastern Zambezi Valley, Zimbabwe. *Pachyderm*, **30**, 49-56.
17. Steehouwer G. & Kouahou E., 1988, Olifanten, milieuveranderingen gebiedsinrichting. Serie environnement et développement au Nord Cameroun. Université d'Etat de Leyde, Pays-Bas.
18. Scholte P., Kort S., Weed M.V., 2000, Flood plain rehabilitation in far north Cameroon: expected impact on birdlife. *Ostrich*. **7**, 1, 112-117.
19. Stephenson P.J., 2004, The future for elephants in Africa. In: N. Burgess, J. D'Amico Hales, E. Underwood, E. Dinerstein, D. Olson, I. Itoua, J. Schipper, T. Ricketts, and K. Newman (eds.), *Terrestrial Ecoregions of Africa and Madagascar: A Conservation Assessment*. Island Press, Washington DC, USA. Pp. 133-136.
20. Stephenson P.J., 2006, WWF species action programme, African elephants 2006-2011. World Wide Fund for Nature, CH-1196, Gland, Switzerland.
21. Tchamba N.M., 1993, Numbers and movement patterns of savanna elephants (*Loxodonta africana africana*) in northern Cameroon. *Pachyderm*, **16**, 66-71.
22. Tchamba M.N., Bauer H., Hunia A., De Iongh H.H. & Planton H., 1994, some observations on the movements and home range of elephants in Waza national park, Cameroon. *Mammalia*, **58**, 527-533.
23. Tchamba M.N., Bauer H. & Iongh H.H., 1995, Application of radio and satellite telemetry on elephants in the extreme north province of Cameroon. *Afr. J. Ecol.* **33**, 335-346.
24. Tchamba M.N. & Elkan P., 1995, Status and trends of some large mammals and ostriches in Waza National Park, Cameroon. *Afr. J. Ecol.* **33**, 366-376.
25. Tchamba M.N., 1996, History and present status of the human/elephant conflict in the Waza-Logone region, Cameroon, West Africa. *Biol. Cons.* **75**, 35-41.

M.N. Tchamba, Cameroonian, Ph.D, Associate Professor, University of Dschang, Head of the Forestry Department.

D. Foguekem, Cameroonian, Ph.D, World Wide Fund for Nature, Biodiversity Officer.

Biologie de la reproduction du Cyprinidae, *Barbus callensis* dans le lac de barrage Hamiz (Algérie)

Sonia Ould Rouis^{1*}, A. Ould Rouis¹, J.C. Micha² & A. Arab¹

Keywords: Cyprinidae- *Barbus callensis*- Hamiz dam- Reproductive biology- Algeria

Résumé

L'espèce autochtone, *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 largement répandue dans les rivières d'Algérie, est étudiée pour la première fois dans un lac de barrage algérien. L'échantillonnage à l'aide de filets trémails, a été réalisé dans le réservoir du Hamiz pendant les années 2005-2007. Le suivi mensuel de l'indice gonadosomatique (IGS) et du facteur de condition (K) révèle que la période de ponte se situe au printemps, entre avril et mai et que cette espèce s'est adaptée aux eaux bien oxygénées de ce lac où apparaissent les alevins en période sèche. Notons que le plus petit individu immature rencontré mesure 35 mm de longueur totale correspondant à un poids de 0,15 g. Le rapport des sexes est en faveur des femelles (1:2,8) pour les grandes classes de taille (supérieures à 26 cm de longueur totale). Par ailleurs, la taille de première maturité sexuelle (L_{50}) de *Barbus callensis* a été estimée à 19,6 cm pour les mâles et à 27,7 cm pour les femelles.

Summary

Reproductive Biology of the Cyprinidae, *Barbus callensis* in an Algerian Dam

The freshwater fish, *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) was studied from 2005 to 2007 for the first time in Hamiz dam. This species endemic of North African continent is widely spread in the rivers of Algeria. This reservoir is situated in Boumerdes 35 km southeast of Algiers. During these three years, the monthly sampling was carried out by trammel nets, fishing near the dike during one night. At the same time, the fry was captured with a transparent plastic bottle baited with breadcrumbs put down near the lakeshore. The monthly follow-up of the gonadosomatic ratio (RGS) reveals that the spawning period occurred between April and May. The evolution of the condition factor (K) shows low seasonal variations. However, a lower value appears in spring when the temperature increases and the breeding begins. The sex ratio is higher for the adult females (1:2.8, more than 26 cm). The first sexual maturity size (L_{50}) is lower for males (19.6 cm) than for females (27.7 cm).

Introduction

L'espèce *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 est endémique à la partie nord-africaine du continent africain dont la faune des eaux douces est dominée par les Cyprinidés (1, 16). Cette espèce autochtone vit dans le lac de barrage en harmonie avec d'autres cyprins allochtones représentés par *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) et *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844).

En Tunisie, nombreuses sont les études réalisées aussi bien sur la systématique de ce poisson (1, 6, 7, 12, 16) que sur l'écobiologie (12, 13, 14, 16, 17).

Au Maroc, les études concernant ce cyprinidé ont touché beaucoup d'aspects. Certains auteurs (10) se sont penchés sur l'étude du régime alimentaire du barbeau (constitué principalement de larves d'insectes et de débris de végétaux) des petits cours d'eau. D'autres (4, 5) se sont intéressés à son écologie, ce poisson est le plus commun et le plus abondant dans les eaux continentales marocaines.

En Algérie, malgré sa large répartition dans les cours d'eau, cette espèce synonyme de *Barbus setivimensis* Valenciennes, 1842 (15), demeure mal connue et les informations qui la concernent sont minimales et fragmentaires. Toutefois une étude a été réalisée essentiellement sur les parasites (2). Par ailleurs, il apparaît que cette espèce rhéophile, probablement migratrice holobiotique comme le sont les grandes espèces eurasiatiques proches *Barbus barbus* (L.) et *B. meridionalis* Risso (8), a probablement été enfermée dans de nombreux lacs de barrage (barrages Keddara et Ghrib, Arab (com. pers.) et barrage de Bou Roumi, Ould Rouis (com. pers.) construits depuis des décennies sur diverses rivières algériennes. En raison de l'absence de travaux se rapportant à l'écologie de cette espèce dans un lac de barrage, nous sommes intéressés à la biologie de la reproduction de la population de *B. callensis* installée dans la retenue du barrage Hamiz, construit en 1933.

¹Laboratoire d'écologie et environnement, Équipe d'écologie animale, Faculté des sciences biologiques (FSB)-USTHB, BP 32, El Alia Bab Ezzouar, Alger, Algérie;

²Unité d'écologie des eaux douces (UNECED), Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix, Rue de Bruxelles 61, B-5000 Namur, Belgique.

*Corresponding author: Sonia Ould Rouis <tabetsonia@yahoo.fr>

Reçu le 19.07.10 et accepté pour publication le 07.03.12.

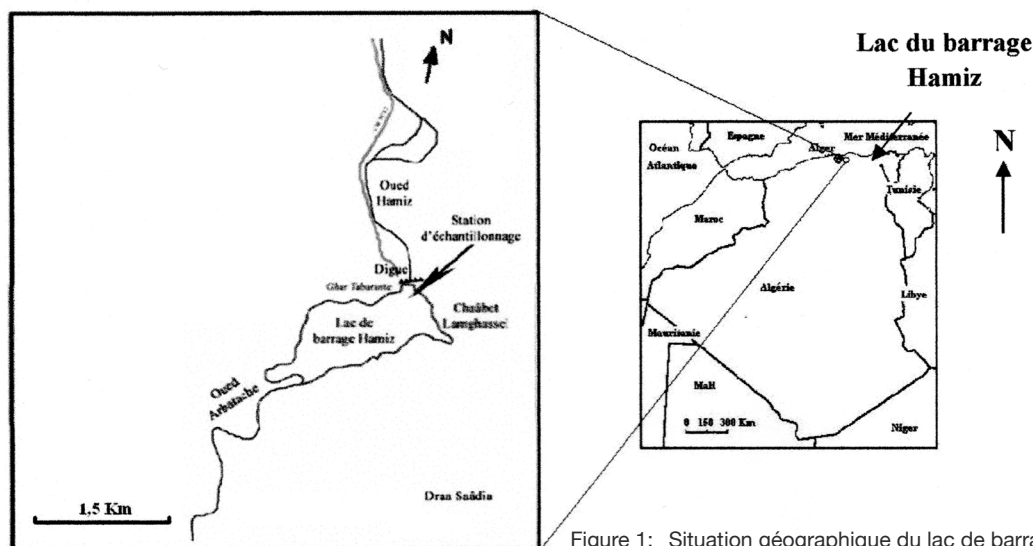


Figure 1: Situation géographique du lac de barrage Hamiz.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

Le réservoir Hamiz (36°35'59"N, 3°20'50"E) est l'un des plus anciens barrages algériens. Situé dans la plaine orientale de la Mitidja (Figure 1), à 35 km au Sud-Est d'Alger (Wilaya de Boumerdès) et à 25 km de la mer (à 158 m d'altitude). La mise en eau du barrage a été effectuée en 1935. Cette cuvette relativement régulière, orientée du nord-est vers le sud-ouest est soumise à des vents faibles à modérés de direction sud-ouest et nord-est. La profondeur maximale du lac est de 45 mètres, correspondant à une capacité initiale de 22 millions de m³ et à une superficie de 128 ha. Cette retenue construite sur le trajet de l'oued Arbatache, a une longueur moyenne de 1,375 km et une largeur moyenne de 0,625 km. Le bassin versant Nord a une longueur maximale de 16,4 km. De fortes pentes caractérisent le bassin versant Sud.

Échantillonnage

Les pêches mensuelles ont été faites à l'aide de deux filets trémails en fil de nylon transparent, ayant chacun 50 m de long sur 1,50 m de chute. Les vides de mailles de la grande nappe et de la petite nappe de chaque filet sont respectivement 155 mm/20 mm et 155 mm/35 mm. Les filets sont posés près de la digue et restent immergés dans l'eau pendant une nuit. Le lendemain, ces derniers sont retirés de l'eau puis les poissons sont démaillés.

La capture des juvéniles a été réalisée grâce à une bouteille en plastique d'une capacité de 2 litres dans laquelle, on découpe une petite ouverture rectangulaire. On introduit à l'intérieur un mélange de vase et de mie de pain. Ce piège est déposé horizontalement au bord de la retenue. Les petits poissons attirés par la mie de pain gonflée d'eau, sont aussitôt piégés.

Collecte et traitement des données

Les poissons capturés sont examinés le jour même au laboratoire. La longueur totale (Lt) a été mesurée

en centimètre (0,1 cm). Le poids total (Pt) a été obtenu à l'aide d'une balance de précision (0,1 g). Les sexes ont été identifiés par l'observation macroscopique des gonades après dissection. Celles-ci ont été prélevées et pesées (0,01 g).

Le rapport des sexes est exprimé par $R_s = (N_f / N_m) \times 100$ où (N_f): nombre de femelles, (N_m): nombre de mâles.

Le coefficient de condition $K = (P \text{ éviscéré} / Lt^3)$, avec $P \text{ éviscéré}$ = poids total du poisson (g) - poids des viscères (g).

L'indice gonadosomatique $IGS (\%) = (Pg / P \text{ éviscéré}) \times 100$, avec Pg : poids des gonades (g).

Résultats

Caractéristiques du lac

Le lac de barrage appartient à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais. La période sèche s'étale de mai à septembre, soit une durée de cinq mois. La saison humide est plus longue et couvre les sept mois de l'année allant d'octobre à avril. Les moyennes mensuelles des températures de l'air varient de 12 °C à 26 °C et commencent à remonter dès le mois d'avril mai. Le sirocco souffle en été, en direction sud-nord et en moyenne cinq jours par an.

Le lac de barrage Hamiz est alimenté principalement par oued El Had, oued Hamiz et oued Djemaâ. Ce dernier est très ramifié et caractérisé par un régime irrégulier.

Le niveau d'eau dans le barrage dépend de la pluviométrie, de l'évaporation et de l'utilisation de cette eau pour l'irrigation, ce qui conduit à un marnage important de l'ordre de 13 m. Les précipitations sont extrêmement variables: janvier est le mois le plus arrosé avec 839,4 mm de précipitations alors que juillet est le mois le plus sec avec seulement 53,1 mm.

La profondeur maximale de la station choisie est de 20 m, la température minimale relevée en janvier 2006 était de 11,9 °C et la maximale relevée en août 2006 était de 28 °C. La salinité des eaux n'excède pas 0,3‰. Les valeurs du pH oscillent entre 6,93 et 8,28 et la minéralisation totale de l'eau à 25 °C ne dépasse pas 1042 µS/cm. La valeur maximale de l'oxygène dissous saisie en novembre 2005 était de 15,53 mg/l soit 157% de saturation et la valeur minimale prise en janvier 2007 était de 5,38 mg/l.

Caractéristiques de la population de *Barbus callensis*

Rapport des sexes

Le rapport des sexes est en faveur des mâles (Tableau 1) chez les jeunes (inférieures à 26 cm Lt), ce rapport balance en faveur des femelles pour les tailles comprises entre 26 cm et 46 cm de longueur totale. Le rapport des sexes de 1 mâle pour 2,8 femelles est significativement différent du rapport des sexes théorique 1: 1 ($\chi^2 = 80,91$ avec $p < 0,05$).

Au cours de chaque année d'échantillonnage, nous avons à chaque fois pêché plus de femelles que de mâles. De plus, 2006 reste l'année où nous avons capturé l'effectif maximal de femelles, soit 165 sur un total de 324 femelles capturées pendant les trois années successives d'étude. Les individus dont le sexe n'a pu être déterminé ont été considérés comme juvéniles.

Taille de première maturité sexuelle

La taille de première maturité sexuelle est définie comme étant la longueur du poisson pour laquelle 50% des individus sont aptes à se reproduire. La figure 2 (A et B) montre que les mâles de *B. callensis* atteignent la maturité sexuelle à une taille (Lt= 19,6 cm) inférieure à celle des femelles (Lt= 27,7 cm). À ces tailles, les mâles pèsent 80 g et les femelles 220 g.

Facteur de condition K

L'évolution mensuelle des valeurs moyennes de la condition K des poissons échantillonnés montre des

variations saisonnières de l'embonpoint assez faibles. Ces modifications indiqueraient l'influence des facteurs externes (milieu) ou internes (physiologiques). En effet, la figure 3A montre une légère baisse au printemps, période au cours de laquelle a lieu la ponte et qui correspond à la remontée en température des eaux du lac.

Évolution de l'indice gonadosomatique (IGS)

Les courbes mensuelles (Figures 3, B et C) de l'IGS moyen des femelles et des mâles évoluent d'une manière presque similaire cependant, cet indice est plus élevé chez les femelles. En effet, il est de $2,03 \pm 1,45$ et de $1,30 \pm 0,78$ chez les mâles. L'IGS le plus élevé 23,24%, a été observé chez une femelle pesant 475 g de poids total et mesurant 35,5 cm de longueur totale, cette femelle a été capturée en mai 2006, pendant la période de ponte.

La valeur élevée de l'IGS indique la période de ponte. Cette dernière a lieu au printemps entre avril et juin,

Tableau 1
Variations du rapport des sexes (femelles/mâles) en fonction des classes de taille chez *B. callensis* dans le barrage Hamiz.
F: femelles et M: mâles

Lt (cm)	Nombre Total	sex-ratio (F:M)	χ^2
16-21	24	1:0,3	6
21-26	32	1:0,4	6,13
26-31	112	1:2,3	17,29
31-36	105	1:7,8	62,49
36-41	47	1:14,7	35,77
41-46	23	1:22,0	19,17
46-51	7	1:6,0	-
Total	350	1:2,8	80,91

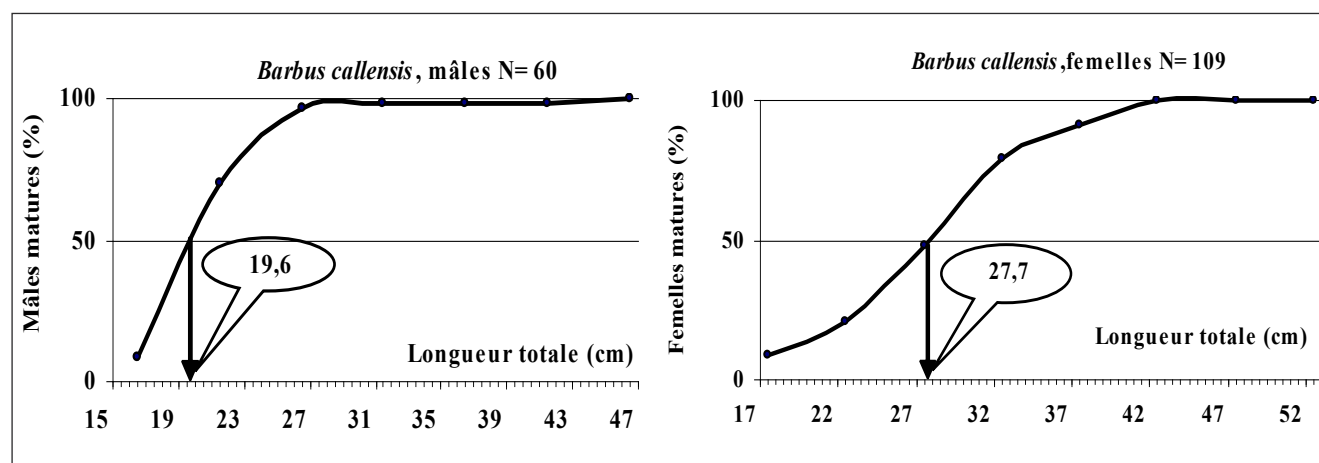


Figure 2: Taille de première maturité sexuelle chez *Barbus callensis*.

A: Mâles; B: Femelles.

juste au moment où la température de l'eau du lac s'élève.

À ce moment la température de l'eau atteint 18 °C (Figure 3D). Les résultats du test d'Anova I ont montré une variation significative ($p < 0,05$) de l'IGS des deux sexes suivant les mois.

L'indice gonadosomatique augmente à partir de mars pour les deux sexes et atteint son maximum ($6,11 \pm 4,08$) chez les femelles en avril 2007.

Apparition des juvéniles dans la population

Après la période de ponte, les juvéniles de *B. callensis* apparaissent dans le lac de juillet à novembre, avec

un maximum (49 individus immatures) en octobre. Ce nombre élevé de juvéniles correspond à un nombre important de femelles au cours de chaque année.

La taille (Lt) moyenne de ces poissons à sexes indéterminés est de 168 mm avec une taille moyenne minimale de 44 mm et une taille moyenne maximale de 188 mm. Tout récemment, le 9 mai 2010, nous avons capturé, à l'aide d'un piège confectionné avec une bouteille en plastique déposé au bord du lac, un lot de 70 individus immatures qui ont une taille moyenne de 48 ± 5 mm. Nous signalons que le plus petit juvénile capturé mesure 35 mm et pèse 0,15 g.

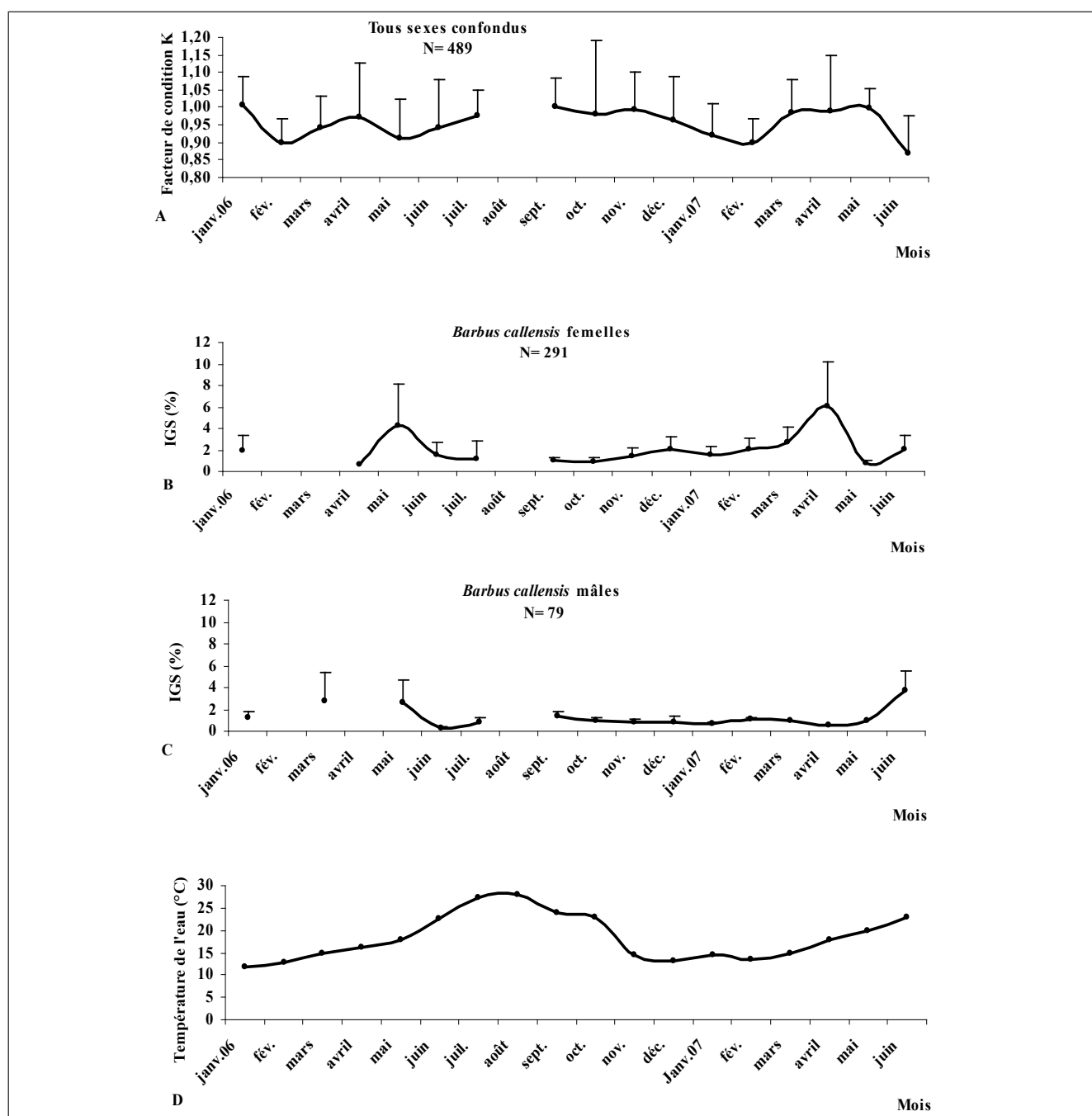


Figure 3: Variations mensuelles. A: Du coefficient de condition K moyen de *B. callensis* (tous sexes confondus); B: De l'indice gonadosomatique (IGS) chez *B. callensis* femelles; C: De l'indice gonadosomatique (IGS) chez *B. callensis* mâles; D: De la température de l'eau dans le lac de barrage.

Discussion

Nos pêches dans le lac Hamiz démontrent la présence permanente d'une population de *B. callensis*, espèce pourtant naturellement rhéophile et fluviatile comme ses proches espèces *B. barbus* et *B. meridionalis* (8), bien que présente aussi naturellement dans des gueltas en Algérie (11) et dans les lacs naturels tels que celui de l'Ichkeul en Tunisie (9).

Elle semble relativement bien équilibrée avec présence de mâles et femelles toutefois plus nombreuses (rapport des sexes 1: 2,8) mais aussi de juvéniles immatures.

La taille de première maturité est atteinte pour les mâles à 19,6 cm et pour les femelles à 27,7 cm ce qui démontre un dimorphisme sexuel classique chez les barbeaux (9). Toutefois au Maroc, à partir de 15,4 cm de taille le mâle de *B. callensis* arrive à maturité sexuelle, alors que les femelles sont légèrement plus grandes, soit 16,8 cm. En effet, les mâles grandissent moins rapidement que les femelles (5).

Il apparaît que la condition de *B. callensis* tous sexes confondus, reste légèrement élevée durant la saison humide, elle diminue sensiblement au cours de la période de ponte qui coïncide en partie avec la petite saison sèche. La baisse du coefficient de condition pendant la période de ponte s'expliquerait, entre autres, par l'utilisation des réserves énergétiques pour la reproduction. Au contraire, l'accroissement avant la période de ponte met en évidence l'importance du poids des gonades (21, 22).

Néanmoins vers la fin 2007, le nombre de barbeaux capturés par les filets était faible. Ce phénomène s'est rencontré dans la retenue de Sidi Salem (Nord de la Tunisie) bien que cette espèce colonise la plupart des oueds tunisiens.

Au Maroc, il a été démontré que l'indice gonadosomatique maximal (4,44%) de *B. callensis* mâle a été enregistré en mai 1997 (5). Toutefois, cet indice chez les mâles n'est pas un indicateur de la maturité sexuelle aussi sensible que celui des femelles. En effet chez les mâles, la phase finale de maturation des spermatozoïdes n'implique pas une augmentation très accrue du volume de la gonade, contrairement aux femelles, où l'hydratation des ovocytes lors de la maturation finale entraîne une augmentation du poids des gonades (5).

Selon Poncin *et al.* (17), la température reste le facteur le plus important dans la détermination de la période de ponte chez les cyprinidés. En effet notre espèce fraie, entre avril et juin, au moment où la température de l'eau atteint 18 °C.

Au Maroc, les mêmes femelles pondent à 21 °C, alors qu'en Tunisie, Kraiem (13) note 20 °C au moment de la ponte.

Par contre, chez le barbeau fluviatile européen *B. barbus*, les femelles entrent en reproduction naturelle sur les gravières en eaux courantes à une température optimale comprise entre 13,5 °C et 14 °C (3).

Conclusion

Cette étude démontre qu'une population de *Barbus callensis*, espèce naturellement fluviatile, s'est bien adaptée dans un lac de barrage avec présence d'immatures, de mâles et de femelles tout au long de l'année.

Mâles et femelles effectuent leur ponte lorsque la température de l'eau atteint 18 °C. Les juvéniles capturés au cours des trois années successives de l'échantillonnage avaient une taille moyenne de 44 mm d'autres encore plus petits l'ont été début mai. Ceci pourrait indiquer que la reproduction a lieu dans le lac et serait une adaptation remarquable à cet environnement artificiel.

De plus, il est important de signaler que les poissons semblaient être en bonne condition dans la retenue tout au long de notre échantillonnage.

La population de *B. callensis* suivie tend à se féminiser, mais la raréfaction des mâles reste difficile à expliquer. Dans ce lac mésotrophe, la ponte est donc printanière, cependant il est à remarquer que la ponte des femelles en 2007 a eu lieu plus tôt qu'en 2006.

La comparaison de nos résultats avec ceux des auteurs marocains et tunisiens, quant à la taille de première maturité sexuelle et à la température seuil de reproduction chez *B. callensis*, indiquerait qu'il existe une variation mésoclimatique.

Ces observations précisent des éléments de biologie qu'il faudra prendre en compte pour préserver la survie de *B. callensis* vivant dans la retenue du Hamiz qui est soumise à des conditions climatiques et hydrologiques instables.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement M. le Professeur J.C. Philippart (Université de Liège, Tihange, Belgique) pour ses conseils, ses critiques objectives, et ses orientations scientifiques. Notre gratitude va également au Dr E. Vreven (Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique) pour la confirmation de la détermination de *Barbus callensis*.

Références bibliographiques

- Almaça C., 1972, Sur la systématique des barbeaux (genre et sous genre *Barbus*) de la péninsule Ibérique et de l'Afrique du nord. Arch. Mus. Boc. **2**, 3, 319-346.
- Baki C.A. & Haoui N., 2003, Contribution to the study of the Cestoda, Pseudophyllidea of *Barbus setivimensis* from Keddara Lake, Algeria in: 31st Annual Conference of the Parasitological Society of Southern Africa. JI S. Afr. vet. Ass. **74**, 3, 87-101.
- Baras E., 1992, Étude des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez le barbeau fluviatile, *Barbus barbus*, (L.). Cah. Ethol. **12**, 2-3, 125-442.
- Benabid M., 1990, Bioécologie de deux espèces de barbeau: *Barbus barbus callensis* (Val.) et *Barbus Labeobarbus fritschii* (Gthr.) d'un cours d'eau du Haut-Atlas du Maroc. Thèse de 3^e cycle, 170 p. Faculté des sciences, Marrakech, Maroc.
- Bouhbouh S., 2002, Bioécologie de *Barbus callensis* (Valenciennes, 1842) et *Barbus fritschii* (Günther, 1874) au niveau du réservoir Allal El Fassi (Maroc). Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Fès, Maroc. 197 p.
- Boulenger G.A., 1911, Catalogue of Freshwater Fishes of Africa in British Museum.. London: British Museum. 529 p
- Boumaïza M. & Quignard J.P., 2002, Sur la systématique des poissons des eaux continentales de Tunisie. Revue FSB, **1**, 174-199.
- Brusle J. & Quignard J.P., 2001, Biologie des poissons d'eau douce européens. 625 p. Paris: Éditions Tec & Doc.
- Chaouachi B. & Ben Hassine O.K., 1998, Le barbeau *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Poisson, Téléostéen) de la lagune de l'Ichkeul. Arch. Inst. Pasteur Tunis, **75**, 3-4, 211-218.
- Cherghou S., Khodari M., Yaâkoubi F., Benabid M. & Badri A., 2002, Contribution à l'étude du régime alimentaire du barbeau (*Barbus barbus callensis* Valenciennes, 1842) d'un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc): oued Boufekrane. Rev. Sci. Eau, **15**, 1, 153-163.
- Froese R. & Pauly D., 2010, FishBase. World wide web electronic publication. www.fishbase.org, version (05/ 2010).
- Kraiem M.M., 1994, Systématique, biogéographie et bioécologie de *Barbus callensis* Valenciennes 1842 (Pisces, Cyprinidae) de Tunisie. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des sciences, Tunis, Tunisie. 227 p.
- Kraiem M.M., 1997, Chronologie de la reproduction et cycle de développement des gonades chez *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Pisces, Cyprinidae) de Tunisie. Bull. INSTM, **24**, 1, 74-88.
- Kraiem M.M., 1998, Étude synthétique de la systématique et de la biogéographie *Barbus* Cuvier, 1817 (Pisces, Cyprinidae). Cas des barbeaux tunisiens. Bull. INSTM, **25**, 11-117.
- Lévêque C. & Daget J., 1984, Cyprinidae. In: CLOFFA 1: Check List of the Freshwater Fishes of Africa (Daget J., Gosse J.P. & Thys van den Audenaerde D.F.E., eds), Paris: Orstom & Tervuren: MRAC. 410 p.
- Pellegrin J., 1939, Les barbeaux de l'Afrique du Nord française: description d'une espèce nouvelle. Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc, **19**, 1, 1-10.
- Poncin P., Melard C. & Philippart J.C., 1987, Utilisation de la température et de la photopériode pour contrôler la maturation sexuelle en captivité de trois espèces de poissons Cyprinidés européens: *Barbus barbus* (L.), *Leuciscus cephalus* (L.) et *Tinca tinca* (L.). Résultats préliminaires. Bull. Fr. Pêche Piscic. **304**, 1-12.

Sonia Ould Rouis, Algérienne, Magister en zoosystématique (3^{ème} cycle), Chargée de cours à la Faculté des sciences biologiques (FSB/USTHB) Bab Ezzouar, Algérie.

A. Ould Rouis, Algérien, Magister en écologie animale (3^{ème} cycle), Chargé de cours à la Faculté des sciences biologiques (FSB/USTHB) Bab Ezzouar, Algérie.

J-C. Micha, Belge, Docteur en sciences zoologiques, Professeur émérite aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (FUNDP) Namur, Belgique.

A. Arab, Algérien, Docteur en éco-éthologie, Maître de conférences à la Faculté des sciences biologiques (FSB/USTHB) Bab Ezzouar, Algérie.

Description concise et analyse des systèmes utilisés dans la région Sud du Cameroun pour le séchage du cacao

A. Kanmogne^{1*}, Y. Jannot² & J. Nganhou¹

Keywords: Dryer- Cocoa- Rural zone- Farmer- Cameroon

Résumé

Les modes de séchage et les types de séchoirs agricoles utilisés par les agriculteurs en zone rurale du Sud-Cameroun ont été recensés. Il s'agit du séchage solaire direct (prédominant) et du séchage thermique utilisant l'énergie de la combustion du bois. Différents types de séchoirs sont associés à chacun de ces modes de séchage. Il s'agit du séchoir autobus dans la zone du Sud, du séchoir sur aire cimentée dans la zone du Centre, du séchoir à bois dans la zone du Sud Ouest et du séchoir au sol dans la région Sud du Cameroun. Une analyse des besoins réels en séchage en zone rurale et une évaluation des moyens disponibles pour les satisfaire sont menées à partir d'une enquête conduite auprès des agriculteurs en zone rurale. La conservation du cacao est très difficile en raison de la condition climatique défavorable pendant la production. L'unité locale de mesure qui est le sac pèse entre 50 et 80 kilogrammes. Le prix d'achat du cacao au producteur est plus élevé vers la fin de la production. La durée moyenne de fermentation est de 7 jours. La détermination au laboratoire de la teneur en eau en base sèche des échantillons de cacao après séchage prélevés durant les enquêtes montre qu'elle varie de 10 à 20% au lieu de 8% qui est la teneur en eau recommandée. La plage de la teneur en eau trouvée démontre une insuffisance de séchage.

Summary

A Concise Description and Analysis of Methods Used for Cocoa Drying in the South Region of Cameroon

An inventory of drying methods and types of cocoa dryers used by farmers in rural zone of South Cameroon was made. These include direct solar drying which is predominant and thermal drying using energy from burning wood. Different types of dryers are associated with each of these drying methods. These consist of "autobus" dryer in south zone, dryer on cemented area in center zone, firewood dryer in south -west zone and ground dryer used in the South Region of Cameroon. An analysis of real needs in drying in the rural zone and an appraisal of available means to accomplish them were done using an investigation carried out among rural farmers. Cocoa conservation is very difficult because climatic condition is unfavorable during production. Local unit of measurement, which is bag, weighs about 50 to 80 kilograms. Cocoa buying price from the producer is very high at the end of production. Mean duration of fermentation is 7 days. A laboratory determination of water content in dry base of cocoa samples used during the investigation shows that it varies from 10 to 20% instead of the 8%, which is the recommended water content. The range of water content found shows that drying is inadequate.

Introduction

Les filières café-cacao constituent un secteur vital pour l'économie des pays tropicaux. Elles représentent plus de 46% des recettes d'exportation et emploient plus de 2/3 de la population (4). Le premier objectif des traitements post-récoltes est de transformer les produits récoltés en produits commercialisables ou directement consommables. A cette fin, la succession de traitements la plus simple est: la cueillette ou récolte, la préparation du produit et le séchage. Toutes ces opérations agissent sur les caractéristiques du produit et sont fortement interdépendantes. Elles constituent ainsi une chaîne déterminante pour la qualité du produit final. On peut intervenir sur l'un ou l'autre des maillons de cette

chaîne et adapter l'ensemble en fonction du produit que l'on souhaite obtenir. Le séchage, dernier maillon de la chaîne est incontournable pour bon nombre de produits agricoles et plus déterminant quant à la qualité désirée pour le produit. C'est en agissant sur les conditions de séchage que l'amélioration la plus importante de la qualité est obtenue (15). De ce fait, dans le but de rajuster les nouvelles technologies aux problèmes que pose le séchage du cacao au Cameroun, le Laboratoire d'Énergétique de l'Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) de Yaoundé s'est assigné une mission de recherche, celle de faire l'inventaire des problèmes liés au séchage du cacao. Cet inventaire est basé sur :

¹Laboratoire d'Energétique, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) BP 8390 Yaoundé, Cameroun.

*Auteur correspondant: E-mai: abraham_kanmogne@yahoo.fr

²Université de Nancy, CNRS, 2, Avenue de la Forêt de Haye, BP 160-54504 Vandoeuvre, CEDEX, France.

Reçu le 29.10.10 et accepté pour publication le 22.03.12.

- l'analyse des besoins réels et des solutions actuelles de séchage du cacao qui est mise en évidence en répondant aux questions pourquoi, où, quand et comment on sèche le cacao au Cameroun;
- la mise en évidence des besoins insatisfaits traduite par la réponse à la question suivante: quels sont les problèmes non résolus liés aux modes de séchage actuels;
- l'évaluation des moyens disponibles pour les satisfaire qui sont les ressources financières des producteurs, les ressources énergétiques, matériels et humaines des demandeurs.

L'objectif visé dans cette démarche est de proposer des améliorations sur les modes de séchage qui répondent bien aux besoins et aux possibilités des producteurs ruraux camerounais par la recommandation d'un type de séchoir à cacao. L'effet escompté est d'accroître le pouvoir d'achat du paysan par la simple logique qui veut que la qualité d'un produit conditionne son prix sur les marchés. Pour atteindre cet objectif, nous avons émis comme hypothèses que le mode de séchage, le type de séchoir et la durée de fermentation exercent une influence sur la qualité du produit séché. Pour ce faire une série d'enquêtes a été ouverte auprès des cultivateurs de cacao en zone rurale dans la partie du grand Sud Cameroun qui jouit d'un climat propice à la culture cacaoyère. Dans cette partie du pays, trois zones de grande production ont été identifiées pour mener les enquêtes: la zone du Centre dont le chef lieu est Yaoundé situé à 3°50 de latitude Nord et 11°30 de longitude Est, la zone du Sud dont le chef lieu est Ebolowa situé à 2°55 de latitude Nord et 11°10 de longitude Est et la zone du Sud-ouest dont le chef lieu est Kumba situé à 4°39 de latitude Nord et 9°25 de longitude Est.

Matériel et méthode

1. Enquête

Dans la très grande majorité des cas, le cacao est produit par des petits planteurs (90% de la production mondiale sont issues de plantations d'une surface inférieure à 5 hectares) qui ont un revenu modeste (2). Au Cameroun, plus de 80% de la production

cacaoyère proviennent des zones du Sud Ouest, Centre et Sud (6).

L'enquête a été menée dans 43 exploitations dans la zone du centre, 21 dans la zone du Sud et 5 dans la zone du Sud-ouest. Les exploitations comptabilisées ici sont celles où les réponses aux questionnaires diffèrent sur au moins un des paramètres. Dans chacune des trois zones, les agriculteurs interrogés ont été choisis dans les départements de grande production. La taille de l'échantillon par rapport au département est présentée dans le tableau 1.

2. Méthode

La collecte des informations sur le terrain est faite par déclaration directe des exploitants. On interviewe le planteur ou à défaut le conjoint pour obtenir des informations sur la production récoltée, la période de production et de récolte, le mode de séchage, la quantité séchée, le type de séchoir utilisé, les pertes après séchage, le prix d'achat au producteur, la superficie de l'exploitation, les problèmes non résolus liés au séchage, l'amélioration souhaitée, les ressources disponibles. L'exploitant déclare les quantités récoltées suivant l'unité locale de récolte (sac en général). L'enquêteur la convertit en kilogramme à l'aide d'une procédure d'étalonnage de poids. Les quantités vendues sont obtenues par le même procédé. Quant à la superficie, si l'exploitant ne peut pas la déclarer de prime abord, nous l'amenons progressivement à l'estimer lui-même ou nous l'estimons à partir du nombre de pieds de cacaoyer plantés. Cette gymnastique exige non seulement la disponibilité de l'exploitant, mais aussi une bonne mémoire. Ces contraintes ont souvent conduit à des réticences ou à de la réserve de la part des interviewés.

Au laboratoire, les échantillons du cacao sec sont pesés à l'aide de la balance électronique, puis ils sont mis dans l'étuve. Après 72 heures, ils sont retirés de l'étuve, puis repesés pour déterminer la masse anhydre du produit qui permet de déterminer la teneur en eau des échantillons.

3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est le cacao fermenté et séché. Après avoir interrogé les planteurs et rempli les fiches d'enquête, nous prélevons un échantillon de cacao que les planteurs déclarent sec pour déterminer sa teneur en eau au laboratoire.

4. Matériel technique

4.1. Etuve ventilée

Il s'agit d'une enceinte de dessiccation de puissance 900 W qui peut fonctionner dans une plage de température de 30 °C à 250 °C. Elle est dotée d'un système de régulation à consigne mécanique et un thermomètre à mercure pour la lecture de la température intérieure. La température de consigne, fixée au moyen d'un potentiomètre, est de 103 ± 1°C (14). Le système fonctionne en convection naturelle.

Tableau 1
Taille et répartition de l'échantillon pour les enquêtes.
La taille est le nombre total des planteurs interrogés soit 69

Régions (zones)	Département	Chef-lieu	Nombre de planteurs interrogés
Centre	Mbam et Inoubou	Bafia	29
	Lekié	Obala	08
	Mfoundi	Yaoundé	01
	Mefou et Akono	Ngoumou	02
	Nyong et So'o	Mbalmayo	03
Sud	Mvilia	Ebolowa	21
Sud-Ouest	Mémé	Kumba	05

S: Superficie.

L'étuve est équipée d'étagères en acier inoxydable sur lesquelles on dispose les échantillons du produit à tester. Cette étuve permet d'obtenir un produit anhydre.

4.2. Balance électronique

Elle est de marque Sartorius. La charge maximale est de 3000 g. La précision de lecture sur les mesures est de $\pm 0,01$ g pour les pesées inférieures ou égales à 300 g et $\pm 0,1$ g pour les pesées supérieures à 300 g. Elle a un temps de stabilisation de l'ordre de deux secondes.

Résultats et discussions

1. Production et exploitation

Au Cameroun, la culture cacaoyère est favorable dans la zone méditerranéenne qui est en général caractérisée par une longue saison des pluies (8 mois) et une courte saison sèche (4 mois). C'est une zone forestière et la conservation du cacao dans cette zone est difficile en raison de la condition climatique particulièrement défavorable (5). La figure 1 présente la zone d'étude qui s'étend entre 2° et 5° de latitude Nord, 9° et 15° de longitude Est.

Parmi les 69 planteurs enquêtés, 11,60% ont une superficie > 10 hectares, 37,70% ont une superficie > 5

hectares et < 10 hectares et 50,70% ont une superficie ≤ 5 hectares comme indiqué dans le tableau 2.

Par ailleurs, la production à l'hectare est plus élevée dans la région du Sud Ouest et vaut 279,60 kg/ha (confère tableau 3).

2. Unité locale de mesure

Dans toutes les zones parcourues, l'unité locale de mesure est le sac. Le poids d'un sac varie d'une zone à l'autre. C'est ainsi que dans la zone du Sud-ouest un sac de cacao pèse entre 50 et 65 kg, alors que dans les zones du Centre et du Sud, il pèse entre 65 et 80 kg.

3. Prix d'achat au producteur du cacao

Le prix d'achat au producteur varie en fonction de la zone et de la période de production. Il est fortement influencé par la filière de distribution qui demeure artisanale. La vente du cacao se fait directement de manière individuelle sur les marchés périodiques ou directement dans les plantations entre les producteurs et les revendeurs appelés « coxeurs » qui proposent des prix d'achats bas. Si les producteurs s'organisent en coopérative avant de vendre leur produit, le prix proposé par les « coxeurs » au producteur aurait une

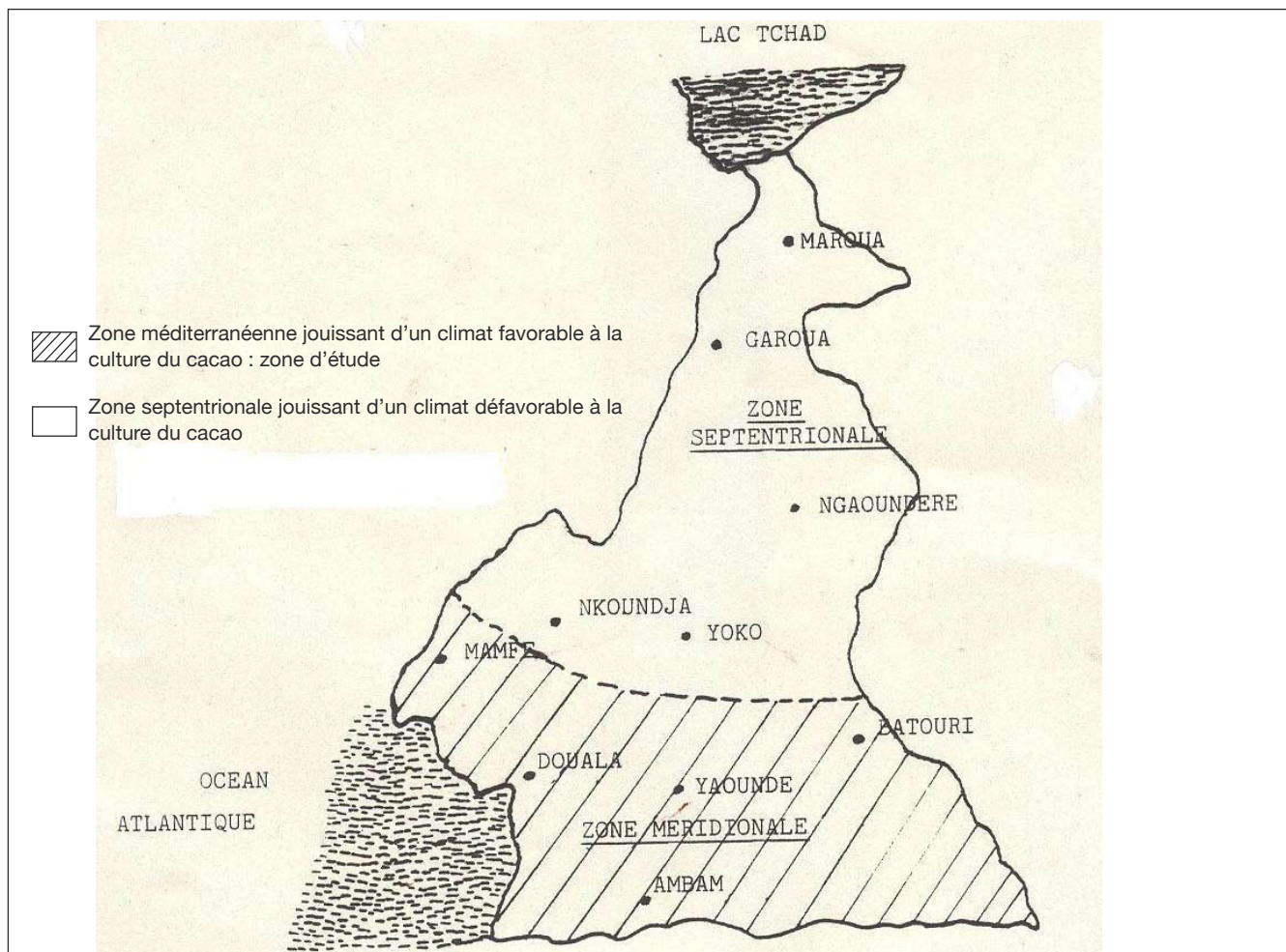


Figure 1 : Carte du Cameroun présentant la zone d'étude (Région Sud du Cameroun).

Tableau 2
Répartition des planteurs par rapport à la surface cultivée

Départements	S ≤ 5 ha		5 ha < S < 10 ha		S ≥ 10 ha		total	
	effectif	%	effectif	%	effectif	%	effectif	%
Mbam et Inoubou	10	14,49	18	26,10	1	1,44	29	42,00
Lékié	6	8,69	0	0	2	2,89	8	11,60
Mfoundi	0	0	0	0	1	1,44	1	1,44
Mefou et Akono	0	0	2	2,89	0	0	2	2,89
Nyong et so'o	1	1,44	1	1,44	1	1,44	3	4,32
Mvilla	17	24,64	3	4,35	1	1,44	21	30,40
Mémé	1	1,44	2	2,89	2	2,89	5	7,22
Total	35	50,70	26	37,67	8	11,63	69	100

Tableau 3
Production et taux de production par zone
Taux de production: Production/Superficie

Régions	Nombre d'exploitation	Superficie (ha)	Production (tonne)	Taux de Production (kg/ha)
Centre	43	334	34,94	104,6
Sud	21	85	19,37	227,9
Sud Ouest	05	73	20,41	279,6

plus value. Le prix proposé est compris entre 300 et 450 FCFA le kilogramme dans la zone du Centre et entre 310 et 410 FCFA dans la zone du Sud-ouest. Le kilogramme de cacao est à son prix le plus élevé à la fin de la période de production. Ce prix varie de 400 à 500 FCFA le kilogramme.

4. Durée de séchage et fermentation

La fermentation et le séchage du cacao conduisent à la formation d'un arôme sur le plan qualitatif du cacao (12). L'étape de la fermentation des fèves de cacao dure en général 6 à 8 jours (7). La fraction non volatile de l'acidité rencontrée sous forme libre ou liée représente en général 1 à 2% de la masse de la fève (3). La durée de fermentation varie peu selon les

zones, mais dépend du planteur. Dans les réponses à nos requêtes, elle varie de 3 à 7 jours dans toutes les zones. La durée de séchage varie en fonction de la nature de séchoir, de la saison et par conséquent de la zone de production. D'une manière générale, elle varie de 4 à 21 jours dans la zone du Sud, de 4 à 14 jours dans la zone du Centre, de quelques heures (22 à 28 heures) dans la zone du Sud-ouest.

5. Différents types de séchoir utilisés au Cameroun

Plusieurs types de séchoirs ont été recensés au cours de nos enquêtes. Nous pouvons les classer en fonction des zones de production en quatre grands groupes:



A- Cacao sur une plate forme coulée en béton à Obala.



B- Cacao étalée sur une voie bitumée (ancienne route Yaoundé-Bafoussam).

Figure 2: Séchage sur aire cimentée à Obala (3°50 N, 11°30 E); zone du Centre.

- l'aire cimentée dans la zone du Centre;
- le séchoir autobus au Sud ;
- le séchoir à bois au Sud-ouest;
- le sol nu dans toutes les zones.

5.1. Aire cimentée

Le séchage solaire sur aire cimentée, généralement pratiqué dans la région du Centre a l'avantage que le cacao est exempt des corps étrangers tels que les cailloux et les morceaux de bois. L'inconvénient est que le produit n'est pas protégé contre les pluies et les intempéries. Il se présente en deux variantes: l'ancienne route bitumée Yaoundé-Bafoussam et des plates formes coulées en béton (Figure 2). Les dalles

de ciment surchauffent la coque et la font éclater (5). Ceci constitue un inconvénient pour la qualité du produit obtenu car c'est cette coque qui protège la masse du cacao.

5.2. Séchoir « autobus »

C'est une plate forme de séchage construite en matériaux locaux (bambou de raphia, natte tissée). La toiture en natte est fixe. Les claies en natte de bambou coulissent sur des rails constitués de bambou de raphia fixés de chaque côté sous la toiture. Quand il pleut on pousse les claies sous la toiture. Les dimensions des nattes tressées en bambou sont généralement de 3 m x 4 m. La densité du cacao frais au mètre carré



A: Toiture fixe; la plate forme de séchage est coulissée pour se positionner en dessous de la toiture en cas de pluie.



B: Toiture mobile; la toiture est coulissée pour protéger le produit sur la plateforme de séchage en cas de pluie.

Figure 3: Séchoirs autobus à Ebolowa (2°55N, 11°10 E); zone du Sud.

varie de 10 à 25 kg, la densité recommandée étant de 10 kg/m² (1). La figure 3 illustre le séchoir autobus en deux variantes.

Ce type de séchoir est le plus utilisé par les planteurs du Sud Cameroun. Son avantage est la protection des produits contre la pluie et son inconvénient est que le produit n'est pas protégé contre les insectes.

5.3. Séchoir à combustible bois

C'est le mode de séchoir utilisé par les planteurs de cacao dans le Sud-ouest. L'avantage est que le temps de séchage est réduit et le cacao est protégé contre les insectes pendant le séchage. L'inconvénient est le risque de contamination du cacao par la fumée.

Le séchoir à bois est aussi appelé séchoir de type «Samoan».

5.4. Séchage au sol

Au Cameroun, 90% des cultures alimentaires de rente sont réalisées par des petits agriculteurs qui se chargent également du séchage. Ces exploitants ne peuvent investir des sommes élevées dans un séchoir étant donné que le séchage ne représente qu'une partie de la chaîne de production-consommation. Si le séchage à l'air libre demeure si populaire chez les petits agriculteurs, c'est surtout à cause de son coût peu élevé. L'agriculteur construit lui-même le séchoir et l'énergie qu'il utilise est gratuite (11).



A: Tas de cacao sec



B: Tas de cacao humide

Figure 4: Séchage du cacao sur natte de bambou à Ebolowa (2°55N, 11°10 E); zone du Sud.

Le séchage au sol se rencontre dans toutes les zones de production du cacao au Cameroun. Il regroupe le séchage solaire sur natte posée au sol, le séchage solaire sur bâche et le séchage solaire sur film polyane. L'avantage du séchage au sol est le coût réduit du séchoir et l'inconvénient est la présence des corps étrangers dans le cacao séché. La figure 4 présente le cacao entrain d'être séché sur natte posée au sol.

6. Perte après récolte

Les pertes sont évaluées à plusieurs niveaux, de la pourriture des cabosses jusqu'à la vente en passant par le séchage.

La pourriture des fèves représente une perte importante. Les pertes après le séchage ne sont en général qu'une conséquence de la pourriture et de l'immaturité des fèves. Il y a également les pertes par moisissure dues au type de séchoir utilisé et aux pluies abondantes. Une mauvaise conservation occasionne également des pertes par moisissure. Tous les problèmes cités ci-dessus amènent les acheteurs à déclasser le produit et leur permettent de diminuer le poids payé pour un sac. Cette diminution atteint parfois dix kilogrammes pour quatre-vingt kilogrammes de produit. Certaines pertes dues à la qualité du produit ne sont pas quantifiables pendant nos enquêtes. C'est le cas du cacao au goût de fumée qui se retrouve généralement dans le Sud-ouest.

7. Critère d'appréciation de la qualité du produit sec par les planteurs

Le négoce aborde le problème de la qualité des fèves de cacao aux travers de références standards définies dans les contrats de vente. Les normes françaises, peu différentes des normes américaines ou anglaises stipule que la marchandise livrée (cacao sec) doit être

raisonnablement exempte des fèves à goût étrangers au cacao et des fèves défectueuses. Au Cameroun, le Décret N°97/130/PM du 21 mars 1997 réglementant le conditionnement et la commercialisation des fèves de cacao définit les critères de qualité et le classement du cacao marchand en quatre types: grade I, grade II, hors standard et résidus du cacao. Ainsi, le cacao ne peut être commercialisé que s'il satisfait aux conditions suivantes:

- être fermenté;
- être sec (avoir un taux d'humidité ou teneur en eau inférieur ou égal à 8%);
- être propre et exempt de corps étrangers notamment les débris des cabosses, les débris de bois et des parties minérales diverses;
- être dépourvu d'odeur de moisi, de fumée ou d'insecticide;
- entrer dans l'un des types commerciaux de grade I, II, hors standard ou résidus de cacao.

Le cacao de grade I en abrégé GI est composé de lots homogènes quant à la couleur et à la taille des fèves. La proportion des fèves dont le poids s'écarte de plus ou moins un tiers du poids moyen de 1 gramme ne doit pas excéder 10%. Il ne doit pas renfermer plus de 3% en nombre de fèves moisies, 3% en nombre de fèves ardoisées, 3% en nombre de fèves défectueuses. Le cacao de grade II en abrégé GII est composé de lots d'aspect général homogènes quant à la couleur. Il ne doit pas renfermer plus de: 4% en nombre de fèves moisies, 8% en nombre de fèves ardoisées, 6% en nombre de fèves défectueuses. Le cacao hors standard en abrégé HS est composé de lots comportant par quantité examinée plus de: 4% en nombre de fèves moisies, 8% en nombre de fèves ardoisées, 6% en nombre de fèves défectueuses, sans que le total des défauts dépasse 85%. Les résidus du

cacao en abrégé RC sont constitués des lots dont le pourcentage en nombre de fèves moisies, ardoisées et défectueuses dépasse 85%.

Pendant la campagne d'enquête sur le terrain, une fève de cacao est reconnue sèche par les planteurs si elle se décortique facilement et si l'intérieur de la fève présente une couleur uniforme. La détermination de la teneur en eau au laboratoire des échantillons prélevés par zone est consignée dans le tableau 4. L'analyse des résultats obtenus montre que le séchage est insuffisant dans beaucoup de zone de production, car la teneur en eau des échantillons est supérieure à la teneur en eau limite recommandée qui est de 8% en base sèche (9). Seul le cacao en provenance des départements du Mfoundi et de Nyong et So'o approche la limite recommandée.

8. Coût des séchoirs et ressource des planteurs

Les ressources des planteurs ici, s'entend ressources financières et ressources énergétiques présentes dans les zones de production.

8.1. Disponibilité des différentes sources d'énergie

- Electricité: il est distribué uniquement par AES Sonel. L'électricité est disponible dans les zones urbaines et pratiquement inexistantes dans les villages sauf ceux situés sur un axe reliant deux villes (8). Les habitants considèrent à priori l'électricité comme coûteuse et ne l'utilisent qu'à des fins d'éclairage.
- Pétrole: le pétrole est une source d'énergie bien connue en zone rurale et s'utilise dans beaucoup de villages grâce à la lampe à pétrole, principal moyen d'éclairage.
- Gaz: la distribution du gaz n'atteint pas les zones rurales. Il se trouve principalement en zone urbaine.
- Energie solaire: le grand Sud Cameroun bénéficie d'un ensoleillement moyen qui connaît cependant une baisse en saison des pluies. Le rayonnement global sur un plan horizontal est en moyenne annuelle de 4,5 kWh/m²/jour.
- Bois: en zone forestière, le bois est une source d'énergie moins coûteuse que le pétrole.

Tableau 4
Teneur en eau des échantillons de cacao prélevés par zone

Régions (zones)	Département	Chef -lieu	Teneur en eau (%)
Centre	Mbam et Inoubou	Bafia	12,9
	Lekié	Obala	16,2
	Mfoundi	Yaoundé	08,9
	Mefou et Akono	Ngoumou	19
	Nyong et So'o	Mbalmayo	10
Sud	Mvilla	Ebolowa	11,3
Sud-Ouest	Mémé	Kumba	13,7

Teneur en eau déterminée au laboratoire grâce aux échantillons prélevés lors des enquêtes.

8.2. Ressources financières

Le coût du séchoir varie en fonction des zones de séchage et du type de séchoir. Au Sud-ouest les séchoirs à combustible bois sont les plus utilisés et leur coût varie entre 500 000 et 900 000 francs CFA. Dans les régions du Centre et du Sud, les aires cimentées et les séchoirs autobus sont abondants et leur coût est bas. Le prix des séchoirs autobus est de l'ordre de 20 000 francs CFA car ils se fabriquent avec les matériaux locaux.

Sur 69 planteurs interrogés, 4 désirent avoir un séchoir à combustible bois à un coût acceptable, 30 sont prêts à un financement personnel compris entre 10 000 et 100 000 francs CFA, et 7 proposent un apport en nature (bois, bambou) pour construire un séchoir. Le reste souhaite avoir un séchoir sans aucun financement personnel.

9. Besoins par rapport au séchage du cacao

D'une manière générale, le séchage naturel est plus utilisé dans les provinces du Centre et Sud et le séchoir à bois est beaucoup plus utilisé dans le Sud-ouest. Chacun de ces types de séchoirs pose un certain nombre de problèmes liés à son utilisation.

9.1. Les séchoirs naturels

Pendant nos enquêtes, les planteurs nous ont fait part des problèmes auxquels ils sont confrontés pendant le séchage. Il s'agit notamment de :

- la pluie: le séchage se faisant sur aire cimentée à l'air libre, le cacao en fin de séchage reçoit les pluies qui font augmenter la durée de séchage et font moisir le produit;
- l'entretien: les séchoirs solaires autobus étant généralement construits en matériaux locaux (nattes, bambou) l'entretien n'est pas aisé: toiture perméable à la pluie, détérioration fréquente des rails en bambou;
- le temps de séchage très long: l'inconvénient majeur du séchage solaire est le temps de séchage très long, quatre à sept jours en saison sèche, dix à vingt et un jours en saison des pluies, ce qui entraîne parfois une mauvaise qualité du produit: fèves violettes compactes;
- l'insuffisance des aires de séchage: elle est la conséquence du temps de séchage car si le temps de séchage est court il est possible de faire plusieurs cycles de séchages qui permettent de pallier au problème.

9.2. Les séchoirs à combustible bois

La réponse des planteurs aux questionnaires a permis de dégager les anomalies suivantes:

- le goût de fumée: il est principalement lié à l'entretien du séchoir (fissuration de la dalle de béton ou perforation de l'échangeur de chaleur);
- la température du séchage: la température du séchage n'étant pas contrôlée, on obtient parfois un produit calciné;
- séchage non uniforme: le séchage n'est pas uniforme. On a des zones où le produit est sec et des zones où il est encore humide.

Conclusion

La filière cacao-café représente plus de 46% des recettes d'exportation des pays tropicaux dont le Cameroun. C'est pourquoi le séchage du cacao est une opération très importante pour la préservation de la qualité du produit. Au Cameroun, plus de 80% de la production cacaoyère proviennent des zones rurales qui sont des zones forestières, caractérisées par un climat tropical humide.

Deux modes de séchage du cacao sont actuellement utilisés dans ces zones:

- le séchage naturel où le produit est directement exposé au soleil sur une aire cimentée, une natte en bambou ou sur un film polyéthylène. Le séchage naturel est plus utilisé dans les zones du Centre et du Sud;
- le séchage à biomasse bois de type Samoan où le produit est étalé sur une dalle en béton en dessous de laquelle on brûle du bois qui transmet sa chaleur par conduction au produit. Ce type de séchage est plus utilisé dans la zone du Sud Ouest, qui est une zone fortement pluvieuse.

Le système de séchage actuel du cacao entraîne une perte post-récolte estimée à 10% (10), pertes causées par l'humidité, le goût de fumée et les corps

étrangers tels que morceaux de bois, cailloux dans le cacao séché.

Les séchoirs à cacao actuellement utilisés au Cameroun ne donnent pas satisfaction aux planteurs qui souhaitent disposer d'un séchoir capable de réaliser les fonctions suivantes:

- assurer le séchage en toute saison;
- coûter moins en construction;
- utiliser préférentiellement l'énergie solaire quand elle est suffisamment disponible car elle permet d'obtenir un produit de qualité;
- éviter le goût de fumée dans le produit;
- introduire et remuer facilement le produit dans le séchoir;
- protéger le produit contre la pluie et les insectes;
- conserver mieux la chaleur dans le séchoir.

Le séchoir voulu par les producteurs est destiné au séchage du cacao dont la saison de récolte se situe en partie en saison pluvieuse. Un séchoir biénergies bois- solaire que nous recommandons serait mieux adapté, le bois étant choisi en raison de sa disponibilité et son coût en zone de production qui est en général une zone forestière.

Références bibliographiques

1. Ahouannou C., 1998, Analyse et optimisation des performances du séchoir hybride du GIC BANZA de Lagdo (Garoua-Cameroun), rapport de mission d'étude effectuée à l'URTA/IRAD (station de Garoua) du 28/03/1998 au 20/06/1998, 35 p.
2. Augier F., 1999, Transport d'eau et d'acide en milieu complexe. Application au séchage de fève de cacao. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier.
3. Augier F., Nganhou J., Barel M., Benet J. & Berthomieu G., 1998, Réduction de l'acidité du cacao lors du séchage. Plantation, Recherche, Développement, Volume 5 N° 2 Mars-Avril, 127-133.
4. Dembele A. *et al.*, 2009, Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A (OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation. Tropicultura 2009, 27, 1, 26-30.
5. FAO, 1986, Fiche N°6 – cacao. Conservation des grains en région chaude, fiches signalétiques de quelques produits-cacao, café, 10 p.
6. Folefack D., 2010, Pauvreté et répartition des revenus en zone cacaoyère du Cameroun. Tropicultura, 28, 1, 5-9.
7. GRET-GERES, 1986, Le point sur le séchage solaire des produits alimentaires. Dossier N° 8, 215 p.
8. Jannot Y., 1987, Coûts comparés des différentes sources d'énergie au Nord Cameroun en vue d'applications domestiques en zone rurale, rapport d'étude, 35 p.
9. Kanmogne A., 2003, Contribution à l'étude du séchage du cacao au Cameroun, conception, réalisation et modélisation d'un séchoir adapté aux conditions locales. Thèse de Doctorat/PhD, Université de Yaoundé I, 142 p.
10. Kanmogne A., Jannot Y., Nganhou J. & Ahouannou C., 1997, Analyse des systèmes utilisés au Cameroun pour le séchage des produits agricoles, communication présentée à la 5^{ème} conférence à Yaoundé au Cameroun du 10 au 12 décembre 1997, 15 p.
11. Minka C., 1986, Possibilités d'amélioration des séchoirs traditionnels de récoltes au Cameroun: recherche et développement, compte rendu du colloque tenu à Dakar au Sénégal du 21 au 24 juillet 1986, 211-219.
12. Nganhou J., 1987, Etude des transferts de chaleur et de matière en convection forcée dans une opération de séchage en lit épais de produits agricoles tropicaux: application aux fèves de cacao. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier.
13. Njomo D., 1986, Estimation du potentiel énergétique solaire du Cameroun, communication présentée au séminaire international sur l'énergie solaire à Yaoundé au Cameroun du 15 au 19 décembre 1986, 42-66.
14. Norme Internationale ISO 2291-1980 (F). Fève de cacao, détermination de la teneur en eau (Méthode pratique), 1-4.
15. Sadoux F., 1961, Etude de la fermentation et du séchage du cacao au Cameroun. Café, Cacao, Thé, Vol 5, 251-262.
1. A. Kanmogne, Camerounais, Ingénieur électromécanicien, Docteur/PhD en Energétique, Laboratoire d'Energétique, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) BP 8390, Yaoundé, Cameroun. E-mail: abraham_kanmogne@yahoo.fr
2. Y. Jannot, Français, HDR, LEMTA, Université de Nancy, CNRS, 2, Avenue de la Forêt de Haye, BP 160-54504, Vandoeuvre, CEDEX, France.
3. J. Nganhou, Camerounais, Professeur de l'Université de Yaoundé I, Laboratoire d'Energétique, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique (ENSP) BP 8390, Yaoundé, Cameroun.

***In vitro* Antifungal Activity of Various Local Plant Extracts in the Control of *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema *et al.* and *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, as Sorghum Seed Mold Pathogen in Burkina Faso**

S. Bonzi¹*, I. Somda¹, E.P. Zida² & P. Séré²

Keywords: Aqueous extract- *Colletotrichum graminicola*- *Phoma sorghina*- Mycelium growth- Inhibition percentage- Burkina Faso

Summary

The use of phytosanitary products is becoming increasingly restricted, due to their high cost, as well as the unavailability of certain products on the local market and their damaging effects on the environment and health. These different reasons motivated the search for alternative solutions to the use of synthetic pesticides. On this basis, we took on the task of evaluating the anti-fungal effectiveness of aqueous plant extracts from *Balanites aegyptiaca*, *Cymbopogon citratus*, *Cassia occidentalis* and *Portulaca oleracea*. These extracts, at 30% concentration, were obtained after different maceration periods (6, 12, 24 and 48 hours) and tested *in vitro* against *Colletotrichum graminicola* and *Phoma sorghina*. The effect of the extracts on the mycelium growth of various fungi, when evaluated 10 days after incubation (DAI), shows that extracts of *C. citratus*, *B. aegyptiaca*, *P. oleracea* and *C. occidentalis* inhibit the growth of *C. graminicola* by 100%, 65%, 43% and 38%, respectively. The extract of *C. citratus* prevents the development of *C. graminicola*, regardless of the maceration period. This extract produces a greater inhibitory effect than the fungicide Calthio DS (20% Lindane and 25% Thirame). Compared to *P. sorghina*, inhibition percentages of 100, 72 and 16 were recorded for extracts of *C. citratus*, *P. oleracea* and *C. occidentalis*. However, extracts of *C. citratus* (macerated for 24 and 48 hours) and extract of *P. oleracea* (macerated for 48 hours) were more effective than the other extracts.

Résumé

Efficacité *in vitro* de quelques extraits de plantes locales dans la lutte contre *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema *et al.* et *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, agents de moisissure des semences de sorgho au Burkina Faso

Les produits phytosanitaires connaissent de plus en plus des limites d'emploi du fait de leur coût élevé, de la non disponibilité de certains produits sur le marché local et aussi de leurs conséquences néfastes sur l'environnement et la santé. Ces diverses raisons ont motivé la recherche de solutions alternatives à l'usage des pesticides synthétiques. C'est ainsi que nous avons entrepris d'évaluer l'efficacité antifongique des extraits aqueux de plantes de *Balanites aegyptiaca*, de *Cymbopogon citratus*, de *Cassia occidentalis* et de *Portulaca oleracea*. Ces extraits concentrés à 30% ont été obtenus après différentes durées de macération (6, 12, 24 et 48 heures) et testés *in vitro* contre *Colletotrichum graminicola* et *Phoma sorghina*. L'effet des extraits sur la croissance mycélienne des différents champignons, évalué 10 jours après incubation (JAI), montre que les extraits de *C. citratus*, *B. aegyptiaca*, *P. oleracea* et *C. occidentalis* inhibent la croissance de *C. graminicola* respectivement de 100%, 65%, 43% et 38%. L'extrait de *C. citratus* empêche le développement de *C. graminicola* quelle que soit la durée de macération appliquée. Cet extrait induit un effet inhibiteur plus important que le fongicide calthio DS (20% de Lindane et 25% de Thirame). Contre *P. sorghina*, les pourcentages d'inhibition de 100, 72 et 16 sont notés pour les extraits de *C. citratus*, *P. oleracea* et *C. occidentalis*. Toutefois, les extraits de *C. citratus* macérés pendant 24 et 48 heures et celui de *P. oleracea* macéré pendant 48 heures sont plus efficaces que les autres extraits.

Introduction

Fungi are responsible for agricultural product losses, both while crops are growing and when they are later stored. In fact, during storage, fungi can make

food crops unfit for consumption, by changing the nutritional value of the seeds or producing mycotoxins that are harmful for human and animal health. At global

¹Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, Institute of Rural Development, 01 BP. 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

*Email: ouakobonzi@yahoo.fr

²Institute of the Environment and Agricultural Research, CRREAF de Kamboinsé, BP. 476, Ouagadougou, Burkina Faso.

Received on 17.02.10 and accepted for publication on 28.03.12.

level, over 25% of cereals are contaminated by known mycotoxins and more than 300 of the metabolites produced by fungi are toxic for human beings and animals (9). *Phoma sorghina* is a fungus frequently found on sorghum seeds. Studies were conducted in 2006, with the aim of evaluating fungal populations, on 50 sorghum samples from different regions of Burkina Faso and again in 2008 on 67 sorghum samples collected from different regions of the same country. These studies revealed that this fungus was present in all the samples collected. Somda *et al.*, (10) show that, out of 37 samples of the different species that were cultivated and evaluated, 33 were infected with *Phoma sorghina*. Studies by Boiron (2) have shown that *Phoma sorghina* secretes a toxin called tenuazonic acid, which is dangerous to human health. *Phoma sorghina* also contributes to the pre-emergent and post-emergent mortality of cultivated plants (8). *Colletotrichum graminicola* is known to be one of the most damaging fungal agents affecting sorghum in Burkina Faso. It is responsible for stunted growth, seed rot, leaf necrosis, red rot on the stems and seed discoloration. Losses caused by *C. graminicola* can range from 30-70%, depending on which organ is infected (11).

The use of synthetic products makes it possible to effectively control fungi transmitted by seeds. However, the use of these synthetic pesticides is limited as they are not available on the local market. In addition, if they were available, their cost would often be considered excessive for most growers. At the same time, the use of pesticides has damaging effects on the environment and, because of their toxicity, they cannot be used for protecting stored seeds (4, 5).

For these reasons, it is necessary to search for alternatives to the use of synthetic products. Laboratory studies have shown that aqueous plant extracts have anti-bacterial, insecticide and anti-fungal properties (5, 7). Natural pesticides represent a sound alternative to the use of synthetic fungicides, as they generally have less damaging effects on the environment and human health (12). This study aims to test the *in vitro* effectiveness of several local plants against *Colletotrichum graminicola* (Ges.) Wilson and *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema *et al.*

Materials

Plant species tested

Cassia occidentalis L., *Portulaca oleracea* L., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del and *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf were tested. Most of these species have medicinal properties.

The fungi tested

The fungus species tested were *C. graminicola* and *P. sorghina*. These fungi were isolated from the following samples: 751So06 (from Dieboungou) and So32-06 (from the country's central region) in potato dextrose agar medium (PDA).

Methods

Plant organ powder macerations

Preparation of macerations

An aqueous extract concentrated at 30% was prepared for each plant species. The extract was obtained by leaving 30 g of the plant, in its ground state, to macerate for 6, 12, 24 and 48 hours, respectively, in 100 ml sterile water at 25 °C.

Preparation of PDA medium base aqueous extract and fungicide

The plant extract-based medium was obtained, by adding 39 g PDA to 1 litre of the 30% extract. The mixture was sterilised in the autoclave for 30 minutes at 120 °C. The medium base containing Calthio DS (20% Lindane and 25% Thirame) was obtained by adding 2.5 g/litre of this product, after cooling, to the agar medium.

Inoculation and incubation of media

The fungi to be tested were cultivated in a PDA medium. Using a 5-day old colony, four mycelium explants of identical size (5 mm) were placed in the centre of Petri dishes and incubated in the heat chamber at 28 °C and kept in the dark for 10 days.

Evaluation, data analysis and results exposition

Evaluating radial growth involved tracing two perpendicular lines on the Petri dish lid, which pass through the centre of the explant. The diameters of the mycelium colonies (in cm) were measured at 10 DAI (days after incubation). An average diameter was calculated for each of the three Petri dishes.

A variance analysis was then conducted using SAS INC software and the average diameters for each fungus were compared, using the Newman-Keuls multiple comparison test based on a 5% threshold.

Results

Effectiveness of aqueous extracts on the mycelium growth of *Colletotrichum graminicola*

All the plant species tested saw significantly lower radial growth of *C. graminicola* compared to the water control (Table 1). Comparison with the fungicide control indicated that only the citronella extract produces a total inhibitory effect, regardless of the maceration period (Table 1). It fully controls the development of *C. graminicola* for all the maceration periods applied and produces a significantly different inhibitory effect when compared tested with the fungicide control (Table 1). Extracts of *B. aegyptiaca*, *Cassia occidentalis* and *Portulaca oleracea* were the least effective in terms of inhibiting radial growth of the fungus, compared to the fungicide control (Table 1).

Effectiveness of aqueous extracts on mycelium growth of *P. sorghina*

The variance analysis shows significant differences

Table 1

Effect of plant extracts macerated for different lengths of time on radial growth of *Colletotrichum graminicola*

Treatments	Radial growth (in cm)			
	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>P. oleracea</i>
T.E.	8.13a	7.30a	6.33a	9.00a
T.F.	1.00d	1.06b	0.83c	1.20c
M6	5.26bc	0c	2.53b	5.26b
M12	5.63b	0c	2.20b	5.46b
M24	5.40bc	0c	2.30b	5.73b
M48	5.03c	0c	2.50b	5.13b

T.E.: Water control, W.C.: Fungicide control, M6, M12, M24, M48: Macerated for 6, 12, 24, 48 hours. Averages followed by the same letter, in the same column, are not significantly different to the 5% threshold, according to the Newman-Keuls multiple comparison test.

between treatments for all the plant species used (Table 2).

Extracts of *C. citratus* that have been macerated for 6 and 12 hours stimulate the mycelium growth of *P. sorghina*. However, after longer maceration periods (24 and 48 hours), extracts of *C. citratus* completely inhibit the mycelium development of *P. sorghina*. After these maceration periods, citronella significantly reduces the mycelium growth of *P. sorghina* compared to the fungicide control (Table 2).

The inhibitory effect of the extracts of *P. oleracea*, which were macerated for 6 and 12 hours, on the mycelium growth of *P. sorghina* is weak and does not differ significantly from the water control. The toxicity of the extracts increases with the duration of maceration. For example, after 24 hours of maceration, the extract of *P. oleracea* significantly reduces the mycelium growth rate of *P. sorghina* compared to the water control. When macerated for 48 hours, the extract of *P. oleracea* produces a significantly different inhibitory effect from the water and fungicide controls (Table 2).

When it came to extracts of *C. occidentalis*, only the extract that was macerated for 48 hours significantly reduced the mycelium growth of *P. sorghina*, compared to the water control. Regardless of the *C. occidentalis* extract used, the reducing effects observed were significantly weaker than those produced by the fungicide control (Table 2).

The macerated extracts of *B. aegyptiaca* do not in any way inhibit the mycelium growth of *P. sorghina* (Table 2).

Comparative effectiveness of plant extracts, after different maceration periods, on the mycelium growth of *Colletotrichum graminicola* and *Phoma sorghina*

The comparative effectiveness of extracts of the different plants tested shows that the extract of *C.*

Table 2

Effect of plant extracts macerated for different periods on the radial growth of *Phoma sorghina*

Treatments	Radial growth (in cm)			
	<i>C. occidentalis</i>	<i>C. citratus</i>	<i>B. aegyptiaca</i>	<i>P. oleracea</i>
T.E.	4.63a	5.26b	5.03a	4.43a
T.F.	0.90c	1.00c	0.96b	2.56b
M6	4.60a	6.20a	5.06a	3.16ab
M12	4.53a	6.70a	4.40a	4.36a
M24	4.06ab	0d	5.00a	2.16b
M48	3.86b	0d	4.4a	1.23c

T.E.: Water control, T.F.: Fungicide control, M6, M12, M24, M48: Macerated for 6, 12, 24, 48 hours. Averages followed by the same letter, in the same column, are not significantly different from the 5% threshold, according to the Newman-Keuls multiple comparison test.

citratus significantly reduces radial growth of *C. graminicola*, compared to the other plant species tested, regardless of the maceration period applied. It is followed by *B. aegyptiaca*. No difference could be observed between *C. occidentalis* and *P. oleracea*. However, the extract of *C. occidentalis* causes a slight reduction in mycelium growth, after being macerated for longer periods (24 and 48 hours).

Comparison of the effectiveness of the plant extracts tested with *P. sorghina* indicates that extracts of *C. citratus* macerated, or 24 and 48 hours, are the most effective, followed by extracts of *P. oleracea* that were macerated for the same periods (Table 3). Extracts of *C. citratus* produce slightly greater growth than other plant extracts after the shortest maceration periods (6 and 12 hours). After six hours of maceration, the extract of *P. oleracea* was more effective than the other extracts tested. The extracts of *C. occidentalis*, *B. aegyptiaca* and *P. oleracea* differed significantly from that of *C. citratus* (Tables 1 and 2).

Discussion

The effectiveness of the plant extracts varies according to the fungus species. In fact, the results obtained show that *Colletotrichum graminicola* is more sensitive to the toxicity of the plant extracts tested, unlike *Phoma sorghina*. These results are in line with those obtained by Adekunle and Ikumapayi (1), which showed that *Aspergillus flavus* Link ex Fries, *Candida albicans* Brown, *Microsporium audouinii* TER, *Penicillium* sp., *Trichophyton mentagrophytes* Ger., C. Takashio M., *Trichoderma* sp. and *Trichosporon cutaneum* Has. present different levels of sensitivity, when using aqueous extracts of *Funtumia elastica* Fresen. and *Mallotus oppositifolius* (Geiss) Muell. Arg. Fresen.

Depending on the fungus and maceration period, plant extracts can produce contrasting effects. Extracts of

Cymbopogon citratus that were macerated for 6 and 12 hours stimulate the radial growth of *P. sorghina*, while those macerated for 24 and 48 hours completely inhibited development of the fungus. At weak doses, extract of *C. citratus* behaves like a nutritive substance for *P. sorghina*. It then enriches the culture medium and produces greater mycelium growth than the water control. Increasing the maceration period increases the active substance concentration in extracts that were macerated for 24 and 48 hours, which then become more effective in terms of inhibiting the mycelium growth of the fungus. Similar results were obtained by Coventry and Allan (3), who showed that a weak dose of neem extract contains substances, which promote radial growth of *Aspergillus flavus* Link ex Fries. Similarly, studies by Nwachukwa and Umechuruba (6) reveal that diluting extracts of *Carica papaya* L., *Azadirachta indica* A. Juss., *Ocimum basilicum* L. and *Vernonia amigdalina* L. reduces the inhibitory effect of these extracts on *Aspergillus flavus*, *A. niger* Van Tieghem and *Botryodiplodia theobromae* Pat.

The study also shows that the sensitivity of *C. graminicola* varies, according to which plant species is tested. The fungus is more sensitive to the extract of *C. citratus*, followed by extract of *B. aegyptiaca*. Extracts of *C. occidentalis* and *Portulaca oleracea* show lower levels of effectiveness. The difference in effectiveness observed between the plant species could be explained by a variation in the concentration of the active substance(s), depending on the plant species. Similar results were obtained by Wilson *et al.* (12) who show that *Allium* and *Capsicum* species are more effective in terms of inhibiting fungal conidial germination, compared to other plant species, such as *Adenocalyma* sp., *Tulbaghia* sp., *Amaranthus* sp.,

etc., by evaluating the anti-fungal properties of 345 plant species compared to *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.

Our studies show that the toxicity of certain plant species only targets a very limited number of fungi. This seems to be true of *B. aegyptiaca*, the macerated extracts of which significantly reduce radial growth of *C. graminicola*, but have no effect on mycelium growth of *Phoma sorghina*. However, others are effective against several fungi at the same time. This difference can be explained by the nature of the compounds found in the different extracts. The diverse variety of extracts identified in this case is due to the specific synthesis capacity of each plant species.

If we consider *P. sorghina*, it emerges that increasing the maceration period would increase the toxicity of extracts of *C. occidentalis*, *P. oleracea* and *C. citratus*. When it comes to these plants, the liberation of the active substance(s) therefore depends on the maceration period. With *B. aegyptiaca*, increasing the maceration period does not seem to have any effect on the active substance concentration(s) in the extract. The solubility of the active substance(s) would therefore be high for *B. aegyptiaca*, whereas the solubility would gradually increase in the other species, depending on the maceration period.

Acknowledgements

We would like to thank the SHIP Project and all its contributors, who were willing to provide us with the financial and material support that made this study possible. We also wish to thank Mrs N. Josiane for her suggestions and feedback, which helped us to improve the quality of our english summary.

Literature

1. Adekunle A.A. & Ikumapayi A.M., 2006, Antifungal property and phytochemical screening of the crude extracts of *Funtumia elastica* and *Mallotus oppositifolius*. Indian Medical Journal. 55, 205-210.
2. Boiron P., 2009, Champignons toxigènes et mycotoxicoses. <http://www.ispb.univ-lyon1.fr>. Consulté le 5 janvier 2009.
3. Coventry E. & Allan E.J., 2001, Microbiological and chemical analysis of neem (*Azadirachta indica*) Extracts: new data on antimicrobial activity. Phytoparasitica, 29, 441-450.
4. Dukic N.M., Bozin B., Sokovic M. & Simin N., 2004, Antimicrobial and antioxidant activity of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) essential oil. Journal of Agricultural Food Chemistry, 52, 2485-2489.
5. Gomes D.C., Alegrio LV., De lima M.E., Leon L.L. & Araujo C.A., 2002, Synthetic derivatives of curcumin and their activity against *Leshmania amazonensis*. Arzneimi Heilforschung, 52, 120-124.
6. Nwachukwu E.O. & Umechuruba C.I., 2001, Antifungal activities of some leaves extracts on the seed-borne fungi of African yam been, seed germination and seedling emergence. J. Appl. Sci. Environ.1, 29-32.
7. Polyanna A.S., Denilson F.O., Ney R.T.P., Douglas A.C. & Gilvane A.C., 2007, Evaluation of the antifungal activity by plant extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Ciênc agrotec, Lavras, 32, 420-428.
8. Punithalingam E., 1985, Description of pathogenic fungi and bacteria. Plant Pathology, 55, 1234.
9. Satish S., Mohana D.C., Raghavendra M.P. & Raveesha K.A., 2007, Antifungal activity of some plants extracts against important seed borne pathogens of *Aspergillus* sp. Journal of Agricultural technology, 3, 109-119.
10. Somda I., Leth V. & Sérémé P., 2007, Evaluation of lemongrass, eucalyptus and neem aqueous extracts for controlling seed-borne fungi of sorghum grown in Burkina Faso. World Journal of Agricultural Science, 3, 218-223.
11. Thomas D.M., Ibrahim S. & Sako M., 1996, Development of leaf anthracnose and its effect on yield and grain of sorghum in West Africa. Plant Disease, 8, 151-153.
12. Wilson C.L., Solar J.M., El Ghaouth A. & Wisniewski M.E., 1997, Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Disease, 81, 204-210.

S. Bonzi, Burkina Faso, PhD Student of Phytopathology, Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, Institute of Rural Development, 01 BP. 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

I. Somda, Burkina Faso, PhD, Senior Lecturer in Phytopathology, Polytechnic University of Bobo-Dioulasso, Institute of Rural Development, 01 BP. 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

E.P. Zida, Burkina Faso, PhD, Research Associate in Phytopathology, Institute of the Environment and Agricultural Research, CRREAF Kamboinse, BP. 476, Ouagadougou, Burkina Faso.

P. Sérémé, Burkina Faso, PhD, Senior Lecturer in Phytopathology, Institute of the Environment and Agricultural Research, CRREAF Kamboinse, BP. 476, Ouagadougou, Burkina Faso.

Propagation of Black Plum (*Vitex donania* Sweet) Using Stem and Root Cuttings in the Ecological Conditions of South Benin

A. Sanoussi¹, L.E Ahoton^{2*} & Th. Odjo²

Keywords: Vegetative regeneration- Growth- Black plum- Benin

Summary

The black plum is a multi-purpose tree well known to the rural and urban populations of tropical Africa. Its uses are well documented, but its regeneration possibilities have not yet been studied, despite the importance of this species. The objective of this study is to ensure that this tree can be propagated from other organs instead of seeds. In order to achieve this, a trial propagation, using stem and root cuttings, was conducted on two types of substrate: topsoil at the planting site (sand mixed with poultry manure) and soil taken from undergrowth at the forest research station in Pobe, which focuses on the oil palm tree. The trial was based on a randomised complete block, two factors and four treatments. The results show that it is possible to propagate black plum trees from stem cuttings (46.62% of developed cuttings) but especially from root cuttings (96.25% of developed cuttings). The compared treatments significantly influenced the recovery rate of the cuttings. The first leaf produced by the stem cuttings is multi-lobed (3-5 lobes), while that produced by root cuttings is generally single-lobed. One year after transplanting, the substrate (2/3 sand and 1/3 chicken manure in volume) produced the best plant growth from cuttings.

Résumé

Bouturage de racines et de tiges du prunier des savanes (*Vitex donania* Sweet) dans les conditions écologiques du Sud-Bénin

Le prunier des savanes est un arbre à usages multiples bien connu des populations rurales et urbaines d'Afrique tropicale. Ses usages sont bien documentés mais ses possibilités de régénération ne sont pas encore étudiées malgré l'importance de l'espèce. L'objectif du travail est d'assurer la propagation de cette espèce à partir d'autres organes que les graines. Pour ce faire, un essai de bouturage à partir de fragments de tige et de racine a été installé sur deux types de substrats: la terre de surface du lieu de l'implantation (sable) mélangée à la fiente de volaille et le terreau de sous-bois prélevé dans la forêt de la station de recherche sur le palmier à huile de Pobé. Le dispositif utilisé pour cet essai est un bloc aléatoire complet avec deux facteurs et quatre traitements. Les résultats montrent qu'il est possible d'obtenir non seulement des plants à partir de tiges (46,62% de reprise) mais surtout à partir de racines (96,25% de reprise). Les traitements comparés ont significativement influé ($P < 0,0001$) le taux de reprise des boutures. La première feuille émise par les boutures de tige est polylobée (3 à 5 lobes) tandis que celle produite par les boutures de racine est généralement unilobée. Un an après le repiquage, le substrat composé en volume de 2/3 de sable et de 1/3 de fiente de volaille a assuré la meilleure croissance des plants issus du bouturage.

Introduction

The black plum (*Vitex doniana* Sweet) is a tree with thick five-lobed leaves, which is found in all Benin's regions. This tree is used for its fruit, whose pulp is consumed when ripe and used to make a refreshing drink. It is, however, the immature leaves that are most used and consumed as a leafy vegetable. This type of use is equally valued in rural and urban areas, where this leafy vegetable is called "fon-man", which means 'local spinach' in order to distinguish it from leafy vegetables introduced from the West. Apart from its leaves, which are greatly in demand,

the black plum tree also has many other domestic uses. For example, it is reported that the bark and root are used in traditional pharmacopoeia. In the same way, an infusion of its leaves is said to cure arterial hypertension (5). Highly valued as a food and commodity, this pan-tropical tree essence is consumed and sold in all parts of Benin (8). It belongs to the Verbenaceae family and the *Vitex* genus. The black plum tree can actually be found all over Africa's tropical regions. Okafor (22) cites it as being one of Nigeria's nutritionally important savannah trees. Leafy

¹Oil Palm Research Station, National Institute for Agronomic Research of Benin

²Faculty of Agronomical Sciences, University of Abomey-Calavi, BP 526 Cotonou, Bénin.

Email Corresponding author: essehahoton@yahoo.fr

Received on 10.01.12 and approved for publication on 24.04.12.

vegetables represent an important source of nutrients and provide the essential vitamins for a balanced diet, especially vitamins A, B and C, as well as vital minerals, fibres, carbohydrates and proteins (20). As they are accessible to low-income communities in rural and urban areas, traditional leafy vegetables provide an opportunity to improve the nutritional status of poor families. In addition to their nutritional importance, they play an important socio-economic role. Women are the main players in the spread, use, preparation and marketing of these vegetables. Many vegetable cultivation projects have shown that the production of traditional leafy vegetables by small businesses may represent an important source of income for poor populations and especially for women with little capital and limited access to land (19). The intensive and repeated picking of young leaves for the preparation of sauces, systematic picking of fruit, collection of firewood and 'slash and burn' represent the main anthropological factors threatening the survival of the plum tree in its biotope (12). The strong anthropic pressure affecting this species has caused its numbers to fall increasingly in its natural environment. In addition, the seeds of this tree have a very weak germinative capacity (29). In order to get around this problem (2) and ensure the adequate regeneration of this plant, it is necessary to identify other methods of propagation. In order to meet this need, this study aims to evaluate the possibilities of growing black plum tree plants from stem and root cuttings.

Materials and methods

Study environment

The experiment was conducted at the research station at Seme-Podji (longitude 06° 22' 40" north; latitude 02° 37' 08" east and altitude 13m), which lies 20 km east of Cotonou. The soil at the site consists of a fairly narrow band of highly humus-rich coastal quartz sand. It becomes less rich in humus further inland, before becoming snow-white at the most northerly point of the concession, along the Cotonou-Porto-Novo road (6). The ground water is very close to the surface. The climatic conditions are as follows: an average rainfall of 1308 mm per year, a long rainy season (April-July) and short rainy season (September-October) and 2075 hours of sunshine per year.

Plant material

The plant material used was collected within a radius of 7 km of the experiment site. The material consists essentially of stem and root cuttings harvested from young *V. donania* plants, which have probably grown from seeds disseminated by frugivorous animals, and particularly bats. These young plants are uprooted from the soil, after digging with a hoe and machete around their bases, in order to avoid damaging their roots. Stem and root cuttings are taken from the young

plants obtained in this way, using a pair of secateurs. The lengths and diameters of a sample of 30 cuttings of each type were measured. The average stem length was 62.25 ± 9.13 cm, while average root length was 21.1 ± 1.9 cm. The average stem diameter was 13.75 ± 4.07 mm and 7.3 ± 5.33 mm for roots.

Cutting cultivation method

The cuttings thus obtained were planted out in 30 cm x 199 cm² perforated black polythene bags. Two types of substrate were used to fill the bags. The topsoil at the planting site (sand) was mixed with poultry manure (2/3 sand to 1/3 poultry manure). The second substrate was made from soil taken from the forest undergrowth at the research station in Pobe, which is the substrate generally used for young nursery plants.

After the bags were filled, they were placed in the shade of a cashew tree (*Anacardium occidentale* L.). Watering was conducted 2-3 times per week in order to keep the substrate moist. The cuttings were planted out according to their polarity (with the part closest to the meristem of the terminal stem pointing upwards) in the bags, which were arranged according to a randomised complete block design, with four treatments per block and four repeats. Each experimental unit included 20 plant pots, each of which contained a cutting. The test was conducted from 9 July 2010 - 4 July 2011. The various treatments were as follows:

B1S1: stem cuttings planted out in sand substrate containing poultry manure;

B1S2: stem cuttings planted out in undergrowth soil substrate;

B2S1: Root cuttings planted out in sand substrate containing poultry manure;

B2S2: Root cuttings planted out in undergrowth soil substrate.

Observations

Every week for three months, the number of cuttings that had taken root in each type of substrate was recorded, together with the number of buds produced and morphology of the first leaf as soon as it developed. A final count was taken after three months for each type of substrate. Three months after planting out, the plants that had taken root were first acclimatised, before their height was measured, based on a sample of 10 plants per treatment between the point of sprouting and the terminal bud, one year after planting out.

Statistical analysis

The average values for the different parameters studied were calculated. The significance or insignificance of the differences observed was evaluated by means of a variance analysis (ANOVA) and the Newman-Keuls test for the classification of averages. The variance analysis model used was the 3-factor crossed model: a random factor (block) and

two fixed factors: substrate and cutting type. The variance analyse was conducted with SAS software (version 9.1).

Results

Budding capacity and recovery of cutting types

In general, budding and recovery varied according to the types of organ used for plant propagation (Table 1). One week after planting out, the stem cuttings produced buds, which only appeared on the root cuttings during the third week. For stem cuttings, the cumulative recovery rate from the fourth to the sixth week represented the highest percentage and 50.7% of the total percentage of cuttings that budded after planting out. In terms of root cuttings, the cumulative recovery rate from the 3rd to 5th week was the highest

and represented 80.5% of the total percentage of cuttings that recovered after planting out. During the first two weeks of planting, the cumulative recovery rate was 19.16% for stem cuttings, compared to 0.6% for root cuttings. This result shows that recovery begins very early for stem cuttings, even if their final recovery rate is low compared to that of roots.

Percentage of stem and root cuttings that produced 1 or 2 buds per cutting and substrate type

The number of buds produced varied very little according to the cutting and substrate type. The percentage of cuttings that produced a bud was 56.2% for stem cuttings, compared to 63.6% for root cuttings. The percentage was practically the same (30%) for stem and root cuttings that produced

Table 1
Number and percentage of stem and root cuttings that recovered, according to the number of weeks

Parameters observed	Weeks												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Number (%) of stem cuttings that recovered	10 (6.25)	4 (2.50)	1 (0.62)	13 (8.12)	9 (5.62)	15 (9.37)	7 (4.37)	4 (2.5)	1 (0.62)	5 (3.12)	2 (1.25)	2 (1.25)	73 (45.62)
Cumulative recovery % for stem cuttings	6.25	8.75	9.37	17.50	23.12	32.50	36.87	39.37	40.00	43.12	44.37	45.62	45.62
Number (%) of root cuttings that recovered	0 (0)	1 (0.62)	27 (16.87)	57 (35.62)	40 (25)	13 (8.12)	6 (3.75)	6 (3.75)	2 (1.25)	1 (0.62)	0 (0)	1 (0.62)	154 (96.25)
Cumulative recovery % for root cuttings	0	0.62	17.50	53.12	78.12	86.25	90.00	93.75	95.00	95.62	95.62	96.25	96.25

Table 2
Number and percentage of stem and root cuttings that produced 1-2 buds per cutting and substrate type

Cutting and substrate type	Number of buds				Total
	1	2	3	4	
Stem cuttings in sand mixed with poultry manure	17 (23.3)	12 (16.4)	5 (6.9)	0 (0)	34 (46.6)
Stem cuttings in undergrowth soil	24 (33)	10 (14)	4 (5)	1 (1.4)	39 (53.4)
Total stem cuttings	41 (56.2)	22 (30.1)	9 (12.3)	1 (1.4)	73 (100)
Root cuttings in sand mixed with poultry manure	47 (30.5)	22 (14.3)	6 (3.9)	2 (1.3)	77 (50)
Root cuttings in sand mixed with poultry manure	51 (33.1)	25 (16.2)	1 (0.6)	0 (0)	77 (50)
Total root cuttings	98 (63.6)	47 (30.5)	7 (4.5)	2 (1.3)	154 (100)

The figures without brackets represent the number of stem and root cuttings that produced 1, 2, 3 or 4 buds per cutting and substrate type. The figures in brackets represent the number of stem and root cuttings that produced 1, 2, 3 or 4 buds per cutting and substrate type, compared to the total number of stem or root cuttings that recovered.

Table 3
Average number of stems and roots that recovered per treatment

Treatments	Average number of stem and root cuttings that recovered
Stem cuttings in sand mixed with poultry manure	8,500 b
Stem cuttings in undergrowth soil	9,750 b
Root cuttings in sand mixed with poultry manure	19,000 a
Root cuttings in undergrowth soil	19,250 a
P	0,0001***
CV %	14,78

*** Highly significant difference with a 0.1% threshold; averages followed by the same letter are not statistically different.

two buds (Table 2). The percentage of cuttings that produced 1-2 buds was 86.3% for stem cuttings and 94.1% for root cuttings.

In terms of substrates, the percentage of stem cuttings that produced one bud per plant in sand was 23.3% compared to 33% for undergrowth soil. However, the percentage of root cuttings that produced a bud in sand was 30.5% compared to 33.1% for undergrowth soil (Table 3). The percentage of stem cuttings that produced two buds was 16.4% in sand compared to 14% for undergrowth soil. For root cuttings, it was 14.3% in sand compared to 16.2% in undergrowth soil.

Recovery rate according to treatment

The average number of stems and roots that recovered per treatment after three months ranges from 8.5 (42.5%) to 19.25 (96.25%). The variance analysis shows highly significant differences between treatments (Table 3). After 12 weeks in the nursery, the best recovery rates were observed for root cuttings, whether the latter were planted out in sand containing poultry manure or in undergrowth soil. In general, the two substrates compared did not influence the recovery rate of the two types of cutting in a different way.

Morphology of the first leaf

It is generally believed that the morphology of the first leaf varies according to the type of material being propagated. The first leaf on the stems was multi-lobed (3-5 lobes, Photo 1), while those on the roots were generally single-lobed (1 lobe, Photo 2). The different percentages obtained for the cutting types are as follows: 55% 3-lobed and 30% 5-lobed for stem cuttings; 88% single-lobed and 10% three-lobed for root cuttings.



Photo 1: *Vitex donania* plant produced from a stem cutting with 1st multi-lobed leaf.



Photo 2: *Vitex donania* plant produced from a root cutting with 1st single-lobed leaf.

Height of plants one year after planting out

One year after planting out, the growth in height of plants produced from different cutting types varied according to the treatment. Statistical analysis shows a highly significant difference between treatments (data

not provided). The treatment that produces plants with the highest growth (53.4 cm) is that applied to root cuttings in sand mixed with poultry manure. Stem cuttings in undergrowth soil produced the weakest growth (29.6 cm).

Discussion

This preliminary study on stem and root cuttings taken from black plum trees shows that it is possible to regenerate the whole plant from other organs than the seeds. The recovery rate obtained for roots is very high (96.25%), but significantly lower for stems (45.62). The less positive regeneration rates obtained from stem cuttings may be due to several factors: age, sampling period, origin (samples from young or old parent plants), cutting type (basal, intermediate and terminal cuttings) and environmental conditions (1, 3, 9, 10, 11, 16). The good recovery of cuttings is also linked to the internal factors of the latter. According to various authors (1, 14, 26), the following internal factors may influence the recovery rate: carbohydrate content of plants, growth hormones, nitrogen, etc. The significant difference in recovery observed between roots and stems may be due to these internal factors. It has also been observed that the morphology of the first leaf on stems is different from that observed on roots. The first leaf on the stems that appeared after recovery was multi-lobed, while that on roots was single-lobed. Branches on stems develop from axillary buds at the leaf axils, whereas branches form on roots from the *inner initial cell mass* produced by the dedifferentiation of pericambial cells, which return to their meristematic state, then redifferentiate and begin to split again, in the same way as cells in the apical meristem (15). This mechanism forms the basis for the appearance of the first single-lobed leaves on the roots. In all cases (stems and roots), according to Heller (15), the caulogenesis (development of the stem and branches) is followed by the organisation of a caulinary meristem, of the same structure as the apical meristem in the main stem, and comparable tissue elongation and differentiation processes (histogenesis). This shows that the internal composition of the cuttings (stem and root) varies from one place to another and the action of their components is also different. The strong recovery rate observed at root level can be explained by the collection period of the latter. In fact, according to various authors (1, 9, 24), carbohydrate reserves in the roots are high at the end of the rainy season, but low when the plants begin to grow again. Our roots were collected in July, which marks the end of the long rainy season in South Benin. In relation to the substrates that were compared, no difference was observed in the recovery rate for the cutting types used. Studies by several authors on the use of cuttings have shown that physical characteristics, such as particle size, are less

decisive for rhizogenesis than the air and humidity of the substrate (27, 30).

The addition of growth substances in the rooting medium used for black plum stem cuttings could improve their recovery rate. Several studies have shown that soaking cuttings in an auxin solution at a concentration of between 300-500 mg/l or adding this hormone to the rooting medium makes it possible to stimulate rhizogenesis and increase the proportion of newly formed roots, with a marked improvement in the recovery rate of some forest trees (4, 13, 17, 21, 23, 27, 28). The new root formation process is intensified by the action of indole butyric acid (IBA), which hydrolyses the polysaccharides, thus increasing the physiological activity of the sugars required to provide vital energy for the formation of the meristematic tissues, which will later produce roots (17, 18). In addition, the interactions between auxin and carbohydrates have been recognised as vital for new root formation (17, 18, 25).

Regeneration techniques, using either stem or root cuttings, make it possible to obtain huge quantities of clones from the selected genotypes, if this propagation method can be used. The cultivation of plants from root cuttings is rare, as they are naturally without buds. Danthu *et al.* (9) have regenerated plants from the roots of species, such as *Ficus platyphylla* Del. and *Ficus elasticoides* De Wild. No comparable studies are currently available on plant propagation using tree roots from the *Verbenaceae* family from the tropical African savannah. This study is therefore the first of its kind to show that it is possible to regenerate a forest species from the *Verbenaceae* family, using organs other than stems and seeds. Clément (7) states that it is possible to propagate catalpas and paulownias from roots. Our study has proven that the plant propagation technique using roots can be used for the propagation of black plum plants, which may have originated from a genetic improvement programme, without this damaging the resulting clones. This propagation method is an important tool for the conservation of the genetic resources of the black plum tree and also for the implementation of domestication programmes focusing on this species. A considerable number of plum tree clones could be produced using simple root cuttings from elite trees selected for their qualities. The nursery and materials used in this study were appropriate, inexpensive and accessible to growers in developing countries. The use of root cuttings is a mass propagation method for *V. doniana*, which makes it possible to overcome the limitations linked to low germination power of seeds of this species.

The improved growth observed one year after planting out in sand mixed with poultry manure can probably be explained by this substrate's richness in nutrients (particularly nitrogen).

Conclusion

This study has shown that the root cutting technique is efficient and can be used for rapid, large-scale propagation of *V. doniana*. However, regeneration from stem cuttings is less efficient than that obtained from root cuttings. The best recovery rate is obtained from root cuttings planted in substrates containing poultry manure. This underlines the good response of saplings obtained from this type of cutting. The

development of an efficient propagation method for black plum trees represents the first vital stage, in terms of promoting the cultivation of this plant as a source of leafy vegetables. Additional investigations are necessary in order to determine the most suitable cropping practices for this new crop (planting density, frequency and height of cutting, response to the application of organic and mineral fertilisers).

Literature

- Agbo C.U. & Obi I.U., 2006, Macro-propagation technique for different physiological ages of *Gongronema latifolia* Benth cuttings. *African Journal of Biotechnology*, **5**, 13, 1254-1258.
- Ahoton L.E., Adjakpa J.B., Gouda M., Daïnou M. & Akpo L.E., 2011, Effet des prétraitements de semences du prunier des savanes (*Vitex doniana* Sweet) sur la germination et la croissance des plantules. *Annales des Sciences Agronomiques*, **15**, 1, 21-35.
- Aminah H., Dick JMcP. & Grace J., 1997, Rooting of *Shorea leprosula* stem cuttings decreases with increasing leaf area. *Forest Ecology and management*, **91**, 247-254.
- Amri E., Lyaruu H.V.M., Nyomora A.S. & Kanyeka Z.L., 2010, Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. *New Forests*, **39**, 183-94.
- Arbonnier M., 2002, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Deuxième édition, revue et augmentée CIRAD – MNHN, France.
- Briolle C-E., 1962, La station de Sèmè-Podji. *Oléagineux*, **17**, 4, 337-341.
- Clément J.M., 1991, Larousse agricole. Larousse, Montparnasse, Paris.
- Codjia J.T., Assogbadjo A.E. & Ekue M.R., 2003, Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales, forestières alimentaires au Bénin. *Cahiers d'études et de recherches francophones /Agriculture*, **12**, 5, 321- 331.
- Danthu P., Soloviev P., Gaye A., Sarr A., Seck M. & Thomas I., 2002, Vegetative propagation of some West African *Ficus* species by cuttings. *Agroforestry systems*, **55**, 57-63.
- Dick JMcP. & Aminah H., 1994, Vegetative propagation of tree species indigenous to Malaysia. *Commonwealth Forestry review*, **73**, 3, 164-171.
- Donovan N.J., Offord C.A. & Tylen J.L., 1999, Vegetative cutting and *in vitro* propagation of the tree waratah, *Alloxylon flammeum* P. Weston and Crisp (family Proteaceae). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **39**, 225-229.
- Eyog-Matig O., Vodouhè R., Atta-Krah K., Achigan-Dako G.E. & Avohou H., 2004, Plant genetic resources and food security in West and Central Africa, IPGRI/INIBAB, 365 p.
- Gateable G. & Pastor M., 2006, Ontogenic stage, auxin type and concentration influence rooting of *Oxera sulfurea* stem cuttings. *Acta Hort.* **723**, 269-272.
- Hartmann H.T. & Kester D.E., 1975, Plant propagation: principles and practices. 3^{ed}. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Heller R., 1985, Abrégé de physiologie végétale: II Développement 3^{ème} édition, Masson, Paris.
- Husen A., 2004, Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. by softwood nodal cuttings: effects of genotypes, application of IBA and position of cuttings on shoots. *Silvae Genet.* **53**, 50-55.
- Husen A., 2008, Clonal propagation of *Dalbergia sissoo* Roxb. and associated metabolic changes during adventitious root primordium development. *New For.* **36**, 13-27.
- Husen A. & Pal M., 2007a, Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. *New For.* **33**, 309-323.
- Lewis I., 1997, Network vegetable production Africa: its contribution to conservation and use of traditional vegetables. In: Guarino L. (eds) *Traditional African vegetables: promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Proceeding of IPGRI, Workshop on GRTV in Africa: 29-31 August 1995, CRAF-HQ Nairobi, Kenya, pp. 159-160. IPGCPR, Gatersleben/IPGRI, Rome, Italy.
- Mnzava N.A., 1997, Comparing nutritional values of exotic and indigenous vegetables. In: African indigenous vegetables, (eds) R. Schippers and L.L. Budd. *Proceedings of the NRI/IPGRI/CPRO workshop 13-28 January 1997*, pp. 70-75 Limbe, Cameroon, ODA, UK.
- Mohammed M. Al-Salem & Nabila S.K., 2001, Auxin, Wounding, and propagation medium affect rooting response of stem cuttings of *Arbutus andrachne*, *Hortiscience*, **36**, 5, 976-978.
- Okafor J., 1980, Trees for food and fodder in the savannah areas in Nigeria. *Int. Tree Crops J.* **1**, 131-134.
- Opuni-Frimpong E., Karnosky D.F., Storer A.J. & Cobbinah J.R., 2008, Key roles of leaves, stockplant age, and auxin concentration in vegetative propagation of two African mahoganies: *Khaya anthotheca* Welw. and *Khaya ivorensis* A. Chev. *New For.*, **36**, 2, 115-123.
- Robinson J.C., 1975, The regeneration of plants from root cuttings with special reference to the apple. *Horticultural Abstracts*, **45**, 305-315.
- Sorin C., John D.B., Camus I., Ljung K., Kowalczyk M., Geiss G., McKhann H., Garcion C., Vaucheret H., Sandberg G. & Bellini C., 2005, Auxin and light control of adventitious rooting in *Arabidopsis* require ARGONAUTE1. *Plant Cell*, **17**, 1-17.
- Stomquist L. & Hansen J., 1980, Effects of auxin and irradiance on the rooting of cuttings of *Pinus Sylvestrie*. *Physiol. plants*, **49**, 346-350.
- Tchoundjeu Z., Avana M.L., Leakey R.R.B., Simons A.J., Asaah E., Duguma B. & Bell J. M., 2002, Vegetative propagation of *Prunus africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. *Agroforestry Systems*, **54**, 183-192.
- Teklehaimanot Z., Mwang'ingo P.L., Mugasha A.G. & Ruffo C.K., 2004, Influence of the origin of stem cutting, season of collection and auxin application on the vegetative propagation of African Sandalwood (*Osyris lanceolata*) in Tanzania. *S Afri For. J.* **201**, 13-24.
- Thiès E., 1995, Principaux ligneux agro forestiers de la Guinée, Zone de transition. Guinée Bissau, Guinée, Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigéria, Cameroun. *Schriftenreihe der, GTZ*, N° 253.
- Tilt K.M. & Bilderback T.E., 1987, Physical properties of propagation media and their effects on rooting of three woody ornamentals. *HortScience*, **22**, 245-247.

A. Sanoussi, Benin, DEA in Plant Genetics at the University of Cocody (2007), Abidjan (Ivory Coast). Researcher at the National Institute of Agricultural Research of Benin (INRAB), coordinator of the research programme on the coconut tree.

L.E. Ahoton, Benin, Doctorat in Agronomic Sciences and Biological Engineering of the University Faculty of Agronomic Sciences of Gembloux, Belgium, 2002. Research lecturer at the Faculty of Agronomic Sciences of the University of Abomey-Calavi, Benin.

T. Odjo, Benin, PhD student, DEA in Phyto-genetic Resources and Crop Protection: Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 2009. DEA in Biometrics: University Faculty of Agronomic Sciences of Gembloux, Belgium, 1998. Agronomic Engineering option: Plant Pathology: Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey-Calavi, 1995. Research lecturer at the Faculty of Agronomic Sciences of the University of Abomey-Calavi, Benin.

Estudio sobre la contaminación del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos con el sistema de cama profunda a pequeña escala

Elizabeth Cruz^{1*}, R. E. Almaguel¹, M. Robert² & J. Ly¹

Keywords: Soil- Organic matter- Fecal coliforms- *Salmonella* spp. - Cuba

Resumen

El presente trabajo refiere los resultados obtenidos de los estudios físico-químicos y microbiológicos realizados al suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos en el sistema de cama profunda a pequeña escala. La determinación de la composición físico-química abarcó los parámetros de materia orgánica, pH, fósforo total y nitrógeno total. La caracterización microbiológica incluyó la determinación de *Salmonella* spp., coliformes fecales y huevos de helmintos. Para el procesamiento estadístico de los resultados se aplicó un análisis de varianza, mediante un modelo matemático de clasificación simple. En la muestras de suelo no se registraron diferencias significativas para la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo al inicio y al final de los tres ciclos de crianza: (15,4 vs 14,4; 0,39 vs 0,43 and 0,45 vs 0,40) respectivamente. No hubo un incremento de coliformes fecales y *Salmonella* spp. en el mismo y no se encontraron huevos de helmintos viables. Se concluyó que el sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala después de tres ciclos de crianza no genera contaminación al suelo.

Summary

Study on the Contamination of the Soil after Three Rearing Cycles of Pigs with Deep Bedding System at Small Scale

This paper concerns the results of physical, chemical and microbiological studies to the soil after three breeding cycles of pigs in deep bed system at small scale. The physical and-chemical parameters included organic matter, pH, total phosphorus and total nitrogen. The microbiological analyses were: *Salmonella* spp., fecal coliforms and helminths eggs. For the statistical analysis of the results was applied to analysis of variance, using a mathematical model of simple classification. In the soil samples are not significant differences for organic matter, nitrogen and phosphorus at the beginning and end of the three breeding cycles: (15.4 vs 14.4; 0.39 vs 0.43 and 0.45 vs 0.40) respectively. There was not an increase of fecal coliforms and *Salmonella* spp. in it and not found viable helminths eggs. It was concluded that the deep bedding system in the swine production at small-scale after three breeding cycles, not generates pollution to the soil.

Résumé

Étude sur la contamination du sol après trois cycles d'élevage des porcs avec le système de lit profonde à petite échelle

Cet article concerne les résultats des essais physico-chimiques et microbiologiques réalisés sur le sol après trois cycles de l'élevage de porcs dans le système de lit profond à petite échelle. La détermination des paramètres physico-chimiques inclus la matière organique, le pH, le phosphore total et l'azote total. La caractérisation microbiologique inclus la détermination de *Salmonella* spp., coliformes fécaux et les œufs d'helminthes. Le traitement statistique des résultats a été soumis à une analyse de la variance, en utilisant un modèle mathématique de classification simple. Dans les échantillons du sol, il n'y a pas de différences significatives pour les matières organiques, en azote et de phosphore au début et à la fin des trois cycles d'élevage: (15,4 vs 14,4; 0,39 vs 0,43 et 0, 45 vs 0,40) respectivement. Il n'y avait aucune augmentation des coliformes fécaux et *Salmonella* spp. dans le sol et

aucun œuf d'helminthes n'était viable. Il a été conclu que le système de lit profond dans la production porcine à petite échelle au bout de trois cycles d'élevage ne génère aucune pollution du sol.

Introducción

El sistema de cama profunda para la crianza de cerdos se originó en China y Hong-Kong en la década de los 70. En Europa se comenzó a utilizar a finales de la década de los 80 como un sistema amigable con el medio ambiente que le brinda calor y bienestar a los animales en climas templados. En el trópico, se ha desarrollado en Venezuela, México, Colombia, entre otros (1).

Este sistema consiste en la producción de cerdos en instalaciones donde el piso de concreto se sustituye por una cama de heno, cascarilla de arroz o de café, hojas de maíz, bagazo de caña seco, paja de trigo, paja de soya, viruta de pino, aserrín, entre otros, de 50-60 cm de profundidad (2, 3). Cuba comenzó el

^{1*}Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) Gaveta Postal No. 1, Punta Brava, La Habana, Cuba. C. P. 19200 ecruz@iip.co.cu / georcruz@infomed.sld.cu

²Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental Ave. 27, No. 18822, Playa, La Habana, Cuba. Recibido el 07.02.11 y aceptado para publicación el 02.05.12.

estudio y transferencia de esta tecnología en el año 2007 e identificó la temperatura como uno de los puntos críticos más importantes a considerar para su implementación y extensión en el trópico. Sin embargo, los aportes de las experiencias desarrolladas en la producción atenuaron en gran medida la incidencia de este factor y a partir de ese momento constituyó una alternativa excelente para la crianza porcina a pequeña y mediana escala en el país (1).

En la actualidad la producción de cerdos con este sistema de crianza ha tomado considerable importancia dentro del sector campesino y cooperativo en Cuba, tanto en términos productivos, económicos como ambientales y contribuye al incremento de la producción de carne de cerdo en el país con menor impacto ambiental. (2, 3) refieren el ahorro considerable de agua que genera este sistema, la baja emisión de residuos líquidos al ambiente y la reducción considerable de moscas y malos olores. Los resultados en el comportamiento productivo de los cerdos son también satisfactorios y comparables a los obtenidos con el sistema de crianza en piso de concreto (2, 3). No obstante, estudios relacionados con el efecto de este sistema de crianza sobre el suelo donde se implementa la cama profunda, no se han realizado en Cuba hasta la fecha. Evaluar este aspecto se hace imprescindible teniendo en cuenta que en este sistema se produce un compostaje "*in situ*" que si bien puede o no concluir fuera de la instalación, conlleva el riesgo de la incorporación de residuos al suelo o la generación de lixiviados que drenen al mismo y contaminen su porción superficial. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del suelo después de tres ciclos de crianza de cerdos en el sistema de cama profunda a pequeña escala.

Materiales y métodos

La experiencia se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Porcinas situado en la provincia de La Habana. En esta zona la temperatura media anual varía entre 25 y 37 °C y la humedad relativa es aproximadamente de 85-90%. El suelo se clasifica como Fersialítico Pardo Rojizo Típico.

La crianza de cerdos en el sistema de cama profunda

abarcó tres ciclos de 106 ± 1 días cada uno, con una diferencia de siete días entre ciclos utilizados para la limpieza, reparación y desinfección de la instalación. Se utilizaron 36 cerdos en cada ciclo (hembras y machos castrados) de la raza Yorkshire x Landrace, de aproximadamente 23,4 kg de peso vivo y 75 días de edad como promedio. Los animales fueron seleccionados al azar y no recibieron tratamiento antiparasitario y/o antibiótico durante el estudio. Se alojaron en una instalación techada de estructura metálica dividida en cuatro corrales de piso de tierra con cama de heno de gramíneas (100%), de 13 m² cada uno. Los cerdos se distribuyeron a razón de nueve animales por corral y se alimentaron con un pienso concentrado basado en cereales y harina de soya que garantizó un consumo promedio de proteína bruta en toda la etapa de 354 g/cerdo/día. La cama se ubicó a 40 cm por debajo del nivel de la tierra y alcanzó una altura de 55 cm. Se usó de forma continua durante los tres ciclos de crianza, rellenándose semanalmente con heno seco al inicio de la crianza y diariamente a partir de los 70 días de estancia en cada crianza.

Se muestreó al inicio y al final de los tres ciclos de crianza. Se tomaron 16 muestras en total (dos por cada corral al inicio y al final de la experiencia). Cada muestra se conformó a partir del material obtenido en cinco puntos diferentes del suelo a una profundidad de 20 cm a partir del mismo, en cada corral. El material obtenido de estos cinco puntos fue mezclado uniformemente y se procesó acorde al método de cuarteo (5) hasta conformar una muestra que consistió en un pool de 2 kg. La mitad de la muestra se envió al laboratorio de microbiología y la otra se envió al laboratorio de análisis físico-químico.

La determinación de la composición físico-química abarcó los siguientes parámetros: materia orgánica (MO), pH, Fósforo total (Pt) y Nitrógeno total (Nt) y los métodos empleados para cada uno de estos análisis fueron acorde a (4). La caracterización microbiológica de las muestras se realizó acorde a (9) e incluyeron la determinación de *Salmonella* spp y coliformes fecales. Se determinó huevos de helmintos por el método de sedimentación de Schawatzbord (9).

Para el procesamiento estadístico de los resultados se aplicó un análisis de varianza acorde (13), mediante un modelo matemático de clasificación simple.

Tabla 1

Composición físico-química del suelo al inicio y final de tres ciclos de crianza en cama profunda (20 cm de profundidad, n= 16)

Indicadores	Inicio	Final	E.S ±	Norma NOM-SEMARNAT-021-2000 (11)	
	Media	Media		Rango	Clase
MO, (%)	15,4	14,4	0,05	> 6,0	Muy alto
Nt, (%)	0,39	0,43	0,02	> 0,25	Muy alto
Pt, (%)	0,45	0,40	0,015	(-) ²	-
pH	7,4	7,1		7,4-8,5	Medianamente alcalino

²La norma refiere P disponible.

Tabla 2
Caracterización microbiológica del suelo al inicio y final
de tres ciclos de crianza en cama profunda (20 cm de
profundidad, n= 16)

Indicadores	Inicio	Final
Coliformes fecales, NMP/100 ml	Menor de 1000	Menor de 1000
Salmonella spp, NMP/100 ml	Menor de 1000	Menor de 1000
Huevos de helmintos/100 ml	0	0

Resultados

La composición físico-química del suelo analizado se muestra en la tabla 1. No se registraron diferencias significativas para la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo y el pH, al inicio y al final de los tres ciclos de crianza de cerdos bajo el sistema de cama profunda a pequeña escala.

La tabla 2 refiere los resultados en la caracterización microbiológica del suelo. En este caso, tampoco se observaron diferencias significativas en coliformes fecales, *Salmonella* spp y huevos de helmintos, al inicio y al final de los tres ciclos de crianza.

Discusión

Como se expone en la tabla 1, no hubo diferencias significativas para los parámetros físico-químicos estudiados en las muestras de suelo tomadas al inicio y al final de la crianza, por lo que se infiere que no se produjo incorporación al suelo de residuales porcinos o lixiviados generados del proceso de compostaje que tiene lugar en este sistema.

Este resultado puede ser consecuencia de la retención de los residuales porcinos en el material de cama, donde se produce la degradación de los mismos, a través de un proceso de compostaje aeróbico. Es importante señalar que el compostaje aeróbico se debe al manejo mismo del sistema, que requiere el volteo de la cama regularmente para sustituir los sitios humedecidos por la excreta y la orina de los cerdos. Los resultados microbiológicos en el análisis de suelo muestran que no hubo un incremento de coliformes fecales y *Salmonella* spp. en el mismo. No obstante la cuantificación de bacterias en el suelo tiene alta variabilidad, ya que es un ambiente heterogéneo, donde un simple raicilla puede causar efectos microecológicos que cambian los cálculos de 10 a 100 veces (7). En esta prueba no hubo presencia de huevos de helmintos viables.

Es imprescindible evaluar estos parámetros en los suelos cuando se implantan tecnologías o se aplican sistemas para tratamiento de residuos orgánicos por vías biológicas, debido al riesgo que lleva implícito para la porción superficial del suelo.

Silva *et al.* (12) plantea que todo sustrato orgánico debe someterse a un control físico-químico y microbiológico para evitar la penetración de contaminantes al suelo con la consecuente incorporación a la cadena alimenticia a través de las plantas, potencializando

cierto grado de toxicidad en humanos, animales y plantas.

También es conocido que la capacidad de supervivencia de los patógenos en el suelo es muy variable y va de pocos días (como es el caso de los quistes de protozoos) a varios años (como los huevos de *Áscaris lumbricoides*). Además en ausencia de radiaciones solares, prevalencia de bajas temperaturas y elevados contenidos de agua, los patógenos tienen mayor tiempo de resistencia (12).

En los estudios realizados se evidenció un alto contenido inicial de materia orgánica y nitrógeno en el suelo según (8), determinados por la actividad porcina desarrollada en este lugar con el sistema de piso de concreto sólido durante 30 años. Este sistema de crianza convencional se caracteriza por la emisión de residuales líquidos al ambiente y para este caso en particular, estos líquidos drenaban a una laguna de oxidación. Sin embargo, esta instalación presentaba deficiencias en sus pisos y en otros aspectos constructivos, por lo que se reconstruyó y se implementó el sistema de cama profunda como alternativa para la crianza de cerdos.

Estos aspectos antes señalados con respecto al deterioro de la nave unido a un manejo no adecuado de los residuales, influyeron en los resultados físico-químicos obtenidos en las muestras de suelo analizadas al inicio de la crianza y constituyen una muestra de que si bien el sistema de cama profunda en la crianza de cerdos conlleva riesgos de contaminación del suelo por la incorporación de residuales al mismo o por los lixiviados que se puedan generar en el proceso de compostaje, también la crianza convencional sobre piso de concreto implica los mismos riesgos o aún mayores por los grandes volúmenes de residuales líquidos que emite al ambiente y el difícil manejo de los mismos.

El mayor problema que posee la producción convencional de cerdos es el alto nivel de contaminación causado por residuos líquidos, producto del agua de lavado de corrales y orina de los animales; el cual no puede ser eliminado directamente a cursos de agua o como agua de riego, por poseer alta carga contaminante de coliformes fecales, de sólidos suspendidos y totales, de materia orgánica, residuos con alta demanda química y biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo (11). Es por ello que existe una creciente preocupación en cuanto a los altos volúmenes de excretas generados en la producción porcina y los altos niveles de contaminación presentes en los mantos acuíferos primarios. Los efluentes de las granjas de producción superan hasta por el doble la capacidad de utilización de nitrógeno del suelo en que se depositan (11).

El sistema de producción porcina en cama profunda debido al manejo sólido de las excretas, reduce al mínimo la posibilidad de contaminación de las aguas, el cúmulo de desechos en lagunas y no hay emisión de residuales líquidos al ambiente, sino solamente de

residuos sólidos en forma de composta.

Esta composta puede ser utilizada según (12) como abono orgánico de diferentes cultivos si aporta nutrientes al suelo, como enmienda húmica si evita la pérdida de materia orgánica del suelo, como enmienda de corrección si aporta materia orgánica al suelo o como sustrato de cultivo cuando se utiliza como soporte total o parcial de los cultivos.

En este sentido (6) plantea que los lixiviados generados por los procesos de compostaje y lombricompostaje mejoran las características físicas y previenen la erosión de los suelos, favorecen la nutrición y sanidad de las plantas, además de proveer un valor ecológico y económico, dependiendo de su procedencia, preparación del compostaje, composición, calidad y grado de maduración.

Quiroz *et al.* (10) reportan un potencial reducido de contaminación en los lixiviados generados del compostaje de lodos de aguas residuales urbanas y del compostaje de residuos sólidos urbanos, materiales que son igualmente agresivos desde el punto de vista físico-químico y sanitario que las excretas porcinas.

A pesar de todo lo anteriormente expuesto existen aspectos sumamente importantes al implementar el sistema de cama profunda en la crianza porcina, tales como: tipo de materiales a utilizar para la cama, ciclos de crianza sobre la misma cama y tipo de suelo.

Los materiales de cama, dependiendo de su composición serán más o menos absorbentes, y por consiguiente permitirán más o menos filtrado de los residuales al suelo.

Para la extensión de los ciclos de crianza sobre una misma cama es imprescindible realizar los análisis establecidos internacionalmente, para conocer el comportamiento físico-químico y microbiológico de todos los elementos que participan en el proceso y de esta forma evitar el deterioro de la cama, los problemas sanitarios y de salud en el sistema, así como, la contaminación no deseada al suelo.

Determinar el tipo de suelo sobre el cual se va a implementar el sistema es otro aspecto de importancia, ya que dependiendo de su textura será mayor o menor la posibilidad de incorporar materia orgánica al manto freático.

Conclusiones

Con este estudio se demostró que el sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala en Cuba, después de tres ciclos de crianza no genera contaminación al suelo desde el punto de vista físico-químico y microbiológico.

Recomendaciones

Se hace necesario un análisis del suelo acorde a las normas internacionales establecidas, durante la crianza porcina en el sistema de cama profunda, para implementar este sistema sin riesgos de contaminación al suelo.

Se recomienda realizar un estudio microbiológico de las canales después de la refrigeración para confirmar la ausencia de *Salmonella* sp.

Referencias bibliográficas

1. Anónimo, 2007, Camas profundas. Crianza porcina a pequeña y mediana escala. Revista de la ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal). La Habana, 4, 37-40.
2. Cruz E., Almaguel R.E., Mederos C.M. & González C., 2009, Sistema de Cama Profunda en la producción porcina a pequeña escala. Revista Científica FCV-LUZ/VOL.XIX 5, 495-499.
3. Cruz E., Almaguel R. E., Mederos C. M., González C. & Ly J., 2009, Rasgos de comportamiento de cerdos de engorde alojados en cama profunda de bagazo y alimentados con dietas basadas en mieles enriquecidas de caña de azúcar. Livestock Research for Rural Development. Volume 21, Article #145, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/cruz21145.htm>
4. EPA, OSW 486: 2002, 2002, Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste. Test Methods for Evaluating Solid Waste. E.U.
5. Franjo C., Palacios J., Rodríguez J., Carrazco A., Fustes E., Martínez J., Menéndez H., Fernández O. & Cabezas H., 1998, CITMA: Metodología de muestreo. Proyecto: Estudio para la actualización de los Residuos Sólidos de la Ciudad de La Habana, p. 22-45.
6. Larco R.E.S., 2004, Desarrollo y Evaluación de Lixiviados de Compost y Lombricompost para el manejo de *Sigatoka* negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Tesis en opción al grado de Magister Scientiae, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica, 77 p.
7. Mangas P.J.M., Echegaray A.A., Cuenca A.E. & Riestra D.D., 2001, Uso de aguas residuales y control de organismos patógenos en la producción de cebolla. Revista Agrociencia, 35, 003, 255-265.
8. Norma Oficial Mexicana NOM-021. SEMARNAT: 2000, 2000, Especificaciones de salinidad, fertilidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.
9. OMS, 1989, Organización Mundial de la Salud. Guidelines on studies in environmental health. Ginebra. Criterios de Salud Ambiental. Schawatzbord sedimentation method. 27 p.
10. Quiroz E.C., Larraín P.S. & Sepúlveda R.P., 2005, Evaluación de corteza de pino y residuos urbanos como componentes de sustratos de cultivo. Revista Agricultura. Técnica, 65, 4, 378-387.
11. Rodríguez V.L., Ortega P.A., Machain C.Y. & Santos R.R., 2001, Parásitos gastrointestinales en marranas mantenidas en dos sistemas de producción (interior y exterior) en el trópico mexicano. Livestock Research for rural Development, 13, 5, 1-10.
12. Silva V.J.P., Piedad L.M. & Pady V.A., 2003, Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Apresentado em: Curso Internacional de Sistemas Integrados Sostenibles para el Tratamiento de Aguas Residuales y Opción de Reuso, Guayaquil, 6-10 mayo 2003. Versión electrónica disponible en: www.ingenieroambiental.com/4014/compostaje.pdf (Consultado 18 de febrero de 2011).
13. Steel R.G.W., Torrie J.H. & Dickey M., 1997, Principles and Procedures of Statistics. A biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company Inc. (third edition). New York. 666 p.

Elizabeth Cruz, Cubano, Licenciada en Microbiología, Master en Ciencias del Agua, Investigadora Auxiliar del Grupo de Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.

R.E. Almaguel, Cubano, Doctor en Medicina Veterinaria, Master en Nutrición Porcina, Investigador Auxiliar del Grupo de Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.

M. Robert, Cubano, Licenciada en Microbiología, Master en Microbiología, Investigador Agregado, Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba.

J. Ly, Cubano, Licenciado en Química, Master en Ciencias Biológicas, Doctor en Ciencias Veterinarias, Investigador Titular, Instituto de Investigaciones Porcinas de Cuba.

Biosécurité et productivité du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1958) élevé en zone rurale ivoirienne

M. Kone^{1*}, M. Cisse², M. Ouattara² & Agathe Fantodji¹

Keywords: Fish farming- Ponds- Tilapia- Biosecurity- Compliance- Zootechnical- Ivory Coast

Résumé

Des alevins de tilapia Oreochromis niloticus ont été mis en grossissement dans trois types de fermes piscicoles rurales de Côte d'Ivoire ayant des taux d'observance de mesures de biosécurité respectifs de 5%, 55% et 83%. L'étude a consisté à déterminer et à comparer les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau des étangs et des paramètres zootechniques des poissons entre ces trois types de ferme. Aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs moyennes des paramètres physiques et chimiques de l'eau des étangs des différentes fermes piscicoles. Concernant les paramètres zootechniques, la ferme piscicole possédant 83% de taux d'observance des mesures de biosécurité a enregistré les meilleures performances zootechniques avec des différences significatives par rapport aux deux autres types de fermes.

Summary

Biosecurity and Productivity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1958) Bred in Ivorian's Rural Zone

Fingerlings of tilapia Oreochromis niloticus were bred in three types of fish farming of rural zone in Ivory Coast to determine impacts of the compliance of biosecurity measures on zootechnical parameters of these bred fishes. Fish farming were shared out in three types of farming based on the value of biosecurity measures compliance, which were 5%, 55%, and 83%. No significant differences were observed between mean values of physic and chemical parameters of ponds water from three types of fish farming. Concerning mean values of zootechnical parameters, the fish breeding with 83% of rate compliance of biosecurity measures had registered better values of zoo technical performance with significant differences compared with others types of fish farming.

1. Introduction

Comparée à la demande nationale annuelle qui est de 250.000 à 300.000 tonnes de produits halieutiques, la production aquacole en Côte d'Ivoire reste très faible (1.000 tonnes/an en moyenne) soit 1% de la production halieutique nationale qui se situe entre 70.000 et 100.000 tonnes par an (7). Cette faible production n'a pas permis d'atteindre l'objectif de production à l'horizon 2000-2010, de 10.000 tonnes de tilapias, 3.000 tonnes de mâchoiron et 6.000 tonnes de crevettes malgré le développement d'une aquaculture continentale en milieu rural. Cette faiblesse de production serait attribuée au coût élevé de l'alimentation des poissons. Pourtant, plusieurs travaux tels que ceux de Bamba *et al.* (2) et Ogunji *et al.* (13), ont traité ce problème d'alimentation avec des résultats encourageants.

Par ailleurs, suite à une étude prospective réalisée récemment en milieu rural dans les régions des lagunes, de l'Agnéby-Tiassa et du Sud-Comoé de la Côte d'Ivoire, le développement d'une pisciculture continentale se trouve confronté à des cas de mortalité massive et inexpliquée et aussi à des comportements anormaux des tilapias en étangs. A ces mortalités

massives et inexpliquées, s'ajoutent des retards de croissance observés au cours des phases d'alevinage et de pré-grossissement alors que les comportements anormaux apparaissent dans la plupart des cas pendant la phase de grossissement. De plus, les poissons concernés présentent des tâches blanches avec des branchies pâles. Face à ce dernier constat, il paraît impérieux de prévenir, maîtriser et gérer autant que nécessaire les risques pesant sur les piscicultures rurales et la biosécurité semble être un outil de choix. En effet, la biosécurité est définie comme l'ensemble des mesures mises en place sur une ferme pour diminuer ou éviter le risque d'introduction de maladies ou d'agents pathogènes et de réduire les pertes financières suite à une infection par des agents biologiques (6).

Le présent travail a pour but de déterminer et comparer les valeurs des paramètres zootechniques du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* issu de trois types de fermes piscicoles rurales réparties en fermes possédants un taux d'observance des mesures de biosécurité de 5%, de 55% et de 83%.

¹Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales/ Département des Sciences de la Nature (SN)/ Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique/ Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE)/ Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Tel: (225) 04 16 14 27 / (225) 60 06 33 84 E-mail: necosko04@yahoo.fr

Reçu le 06.03.12 et accepté pour publication le 02.05.12.

2. Matériel et méthodes

Trois fermes piscicoles rurales situées dans la région de l'Agnéby-Tiassa (6 00' 00" latitude nord et - 4 00' 00" longitude ouest) ont été retenues pour cette étude de mai à novembre 2011, soit 7 mois d'élevage. Elles sont situées dans un rayon de 500 m du seul barrage hydraulique servant à leur alimentation en eau. Dans chaque ferme, neuf étangs contigus d'une superficie de 400 m² chacun ont été utilisés pour l'étude de la croissance et de la survie (essais répétés 3 fois en raison de trois étangs par essai) de 1.600 alevins mâles de poids moyens de $25,6 \pm 2,2$ g à une densité de 4 alevins/m² (10). Neuf autres étangs de même superficie ont été pris par type de ferme pour l'étude de la fertilité (essais répétés 3 fois en raison de trois étangs par essai) de 800 femelles par étang de 400 m² et de poids moyens 150 ± 5 g; tous nourris avec un même aliment granulé dosant 30% de protéine en raison 4% de la biomasse et distribué deux fois par jour (9 h et 15 h).

Sur la base des mesures de biosécurité minimales proposées par Arthur *et al.* (1), les taux d'observance ont été préalablement calculés pour chacune des trois fermes piscicoles. Les mesures de biosécurité considérées ont concerné : 1) Disposition des étangs en parallèle, 2) Analyses parasitologiques des poissons, 3) Analyses parasitologiques de l'eau, 4) Espace réservé aux visiteurs, 5) Présence de rotolue ou de pédiluve, 6) Port de tenue de travail par le personnel, 7) Protection des tuyaux d'amenée d'eau à l'entrée des étangs, 8) Isolement des fermes de l'extérieur par un système de clôture, 9) Mise en quarantaine des poissons venant d'autres fermes piscicoles, 10) Traitement antiparasitaires préventifs des poissons, 11) Vide sanitaire des étangs après chaque cycle d'élevage, 12) Désinfection du matériel d'élevage avant usage, 13) Désinfection du matériel d'élevage après usage, 14) Non échange de matériel d'élevage avec les autres fermes piscicoles, 15) Gestion des visites à travers des consignes d'hygiène sanitaire, 16) Visites vétérinaires autorisées, 17) Absence d'autres animaux sur la ferme, 18) Enfouissement des poissons morts avec de la chaux. Les trois types de ferme ont été constitués selon Haynes *et al.* (8). Ainsi, une première ferme où seule la mesure 1) a été appliquée avec un taux d'observance de 5% a été définie et nommée FP5 (servant aussi de témoin). Une deuxième ferme où les mesures 1), 2), 4), 6), 7), 11), 14), 15), 17) et 18) ont été observées avec un taux d'observance de 55% a été retenue et identifiée FP55. Enfin une troisième ferme où seules les mesures 2), 3) et 16) n'ont pas été appliquées avec un taux d'observance des mesures de biosécurité de 83% a été désignée FP83. La température de l'eau, le potentiel d'hydrogène, l'oxygène dissous et la turbidité ont été relevés avant chaque pêche de contrôle. Différents paramètres de performances zootechniques et de production ont été calculés selon

Khwanjai Hengsawat & Pornchai Jaruratjamorn (11). Le nombre d'ovocytes par femelle a été déterminé selon la méthode de Haiji *et al.* (7) à la fin de chaque mois. Le logiciel Statistica 7.1 a été utilisé pour les différents tests statistiques.

3. Résultats

3.1- Paramètres abiotiques

Les valeurs moyennes des paramètres abiotiques de l'eau relevées dans les étangs des trois types de fermes piscicoles rurales sont illustrées dans le tableau 1. Les valeurs de température relevées sur ces fermes piscicoles ont des moyennes de 28,46 °C; 28,46 °C et 28,45 °C respectivement dans les fermes piscicoles FP5, FP55 et FP83. Des valeurs moyennes de pH de 7,9; 7,85 et 7,86 ont été enregistrées dans les fermes piscicoles respectives FP5, FP55 et FP83. Les valeurs moyennes de 5,9 ppm; 5,92 ppm et 5,88 ppm ont été notées comme oxygène dissous dans les fermes piscicoles respectives FP5, FP55 et FP83. Les valeurs moyennes de turbidité notées étaient de 27,9 cm; 27,88 cm et 27,93 cm respectivement dans FP5, FP55 et FP83.

Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été constatée entre les valeurs moyennes des paramètres abiotiques relevés au niveau des essais de chaque type de ferme piscicole ainsi que celles des trois types de fermes comparées entre elles.

Tableau 1
Valeurs moyennes des paramètres abiotiques de l'eau relevées dans les étangs des trois types de fermes piscicoles rurales

Paramètres abiotiques	Types de fermes piscicoles		
	FP5	FP55	FP83
Température (° C)	28,46 ^a	28,46 ^a	28,45 ^a
Ecart-type	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,03$
Potentiel d'hydrogène (pH)	7,9 ^b	7,85 ^b	7,86 ^b
Ecart-type	$\pm 0,07$	$\pm 0,08$	$\pm 0,06$
Oxygène dissous (ppm)	5,9 ^c	5,92 ^c	5,88 ^c
Ecart-type	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$
Turbidité (cm)	27,9 ^d	27,88 ^d	27,93 ^d
Ecart-type	$\pm 0,07$	$\pm 0,09$	$\pm 0,08$

Les valeurs ayant une même lettre alphabétique sur chaque ligne du tableau ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$).

3.2- Paramètres zootechniques

Les valeurs moyennes des paramètres zootechniques de *Oreochromis niloticus* dans les trois types de ferme piscicole rurale sont indiquées dans le tableau 2. Dans les fermes piscicoles FP5, FP55 et FP83 le gain de poids des poissons (GM) sur la durée de l'élevage a été respectivement de $121,8 \pm 4,4$ g; $153,92 \pm 5,7$ g et $225,25 \pm 8,5$ g. En termes de gain de poids quotidien (GMQ), il a été noté $0,811 \pm 0,03$ g pour les poissons

Tableau 2
Valeurs moyennes des paramètres zootechniques de *Oreochromis niloticus* dans les trois types de fermes piscicoles rurales

Paramètres zootechniques	Types de fermes piscicoles		
	FP5	FP55	FP83
Poids final (Pf) (g)	146,8 ^a	179,49 ^b	251 ^c
Ecart type	± 5,5	± 6,4	± 7,3
Gain de poids (GM) (g)	121,8 ^a	153,92 ^b	225,25 ^c
Ecart type	± 4, 4	± 5.7	± 8.5
Gain de poids quotidien (GMQ) (g/j)	0, 811 ^a	1,031 ^b	1,503 ^c
Ecart type	± 0,03	± 0,07	± 0,08
Nombre d'ovocytes/ femelle (Nov)	223,9 ^a	260,03 ^b	365,8 ^c
Ecart type	± 35	± 41	± 39
Taux de survie (Ts) (%)	60 ^a	75 ^b	95 ^c

Les différentes lettres alphabétiques sur la même ligne indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les trois types de fermes piscicoles.

provenant de la ferme piscicole FP5, $1,031 \pm 0,07$ g pour ceux issus de la ferme FP55 et $1,503 \pm 0,07$ g pour ceux élevés sur la ferme piscicole FP83. Ces paramètres de croissance ont abouti, après 7 mois, à des poids finaux (Pf) de $146,8 \pm 5,5$ g; $179,49 \pm 6,4$ g et $251 \pm 7,3$ g pour les poissons issus respectivement des fermes piscicoles FP5, FP55 et FP83.

Concernant la fertilité (Nov) des femelles, il a été dénombré par femelle de *Oreochromis niloticus* $223,9 \pm 35$ ovocytes; $260,03 \pm 43$ ovocytes et $365,8 \pm 39$

ovocytes dans le même ordre des fermes ci-dessus citées. Les taux de survie (Ts) enregistrés, ont été de 60% pour les poissons de FP5, 75% pour ceux de FP55 et 95% pour les poissons de FP83. Les meilleures performances zootechniques ont été enregistrées au niveau de la ferme piscicole dénommée FP83 suivie de celle identifiée FP55.

L'analyse de variance effectuée sur les valeurs du gain de poids quotidien et du nombre d'ovocytes et le test de Kruskal-Wallis effectué sur les valeurs du gain de poids, du poids final et du taux de survie n'a indiqué aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les essais répétés de chaque type de ferme piscicole. En revanche, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été relevées entre les paramètres zootechniques des trois types de fermes piscicoles comparées entre elles.

3.3- Paramètres de productivité

Le tableau 3 indique les valeurs moyennes des paramètres de productivité de *Oreochromis niloticus* dans les trois types de fermes piscicoles rurales. Avec des biomasses initiales (Bi) respectives de $122,8 \pm 3$ kg; $122,74 \pm 2,5$ kg et $122,6 \pm 2$ kg de poissons dans les fermes piscicoles FP5, FP55 et FP83, on obtient dans les mêmes fermes piscicoles des biomasses finales (Bf) respectives de $422,784 \pm 3,5$ kg, $646,164 \pm 2,5$ kg et $1\ 144,56 \pm 2$ kg de poissons. Les taux d'augmentation de la biomasse (Tab) par rapport à la ferme piscicole FP5 (témoin) ont été de 52,8% pour la ferme piscicole FP55 et de 170,7% pour celle dénommée FP83. Les rendements de production (r) ont été de 35,23 kg/ are; 53,85 kg/ are et 95,38 kg/ are par cycle d'élevage respectivement dans les fermes piscicoles FP5, FP55 et FP83. La ferme piscicole FP83 a enregistré les meilleures performances de productivité par rapport aux deux autres types de ferme soumises à l'étude.

Tableau 3
Valeurs moyennes des paramètres de productivité de *Oreochromis niloticus* dans les trois types de fermes piscicoles rurales

Paramètres de productivité	Types de fermes piscicoles		
	FP5	FP55	FP83
Biomasse initiale (Bi) (kg)	122,8 ^a	122,74 ^a	122,6 ^a
Ecart type	± 3	± 2,5	± 2
Biomasse finale (Bf) (kg)	422,784 ^a	646,164 ^b	1 144,56 ^c
Ecart type	± 3,5	± 3	± 3,3
Taux d'augmentation de la biomasse par rapport au témoin (Tab) (%)	-	52,8	170,7
Rendement (r) (kg/are/cycle)	35,23 ^a	53,85 ^b	95,38 ^c

Les différentes lettres alphabétiques sur la même ligne indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les trois types de fermes piscicoles. Les valeurs partageant au moins une lettre alphabétique en commun sur chaque ligne du tableau ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$).

L'analyse de Kruskal-Wallis a révélé des différences significatives ($p < 0,05$) entre les valeurs moyennes des paramètres de productivité des trois types de ferme comparées entre elles sauf pour les biomasses initiales. Il n'a été observé aucune différence significative ($p > 0,05$) entre celles des essais au sein de chaque type de ferme piscicole.

4. Discussion

Comme indiqué plus haut, les fermes sont situées dans la même région de l'Agnéby-Tiassa et dans un rayon de 500 m autour de l'unique barrage hydraulique qui les alimente. Par ailleurs, les valeurs moyennes des différents paramètres abiotiques relevés ne présentent pratiquement aucune différence significative. Ces différents éléments permettent de dire que les fermes appartiennent à la même zone écologique. En d'autres termes, des différences constatées au niveau des performances zootechniques ne pourraient être attribuables à un effet "milieu". Indiquons également que les valeurs moyennes de paramètres abiotiques enregistrées dans les trois types de ferme se situent dans les intervalles de normes indiquées pour l'élevage du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (5). L'examen des résultats obtenus montrent une augmentation des valeurs tant au niveau de la zootechnie que de la productivité en allant de la ferme FP5 à celle notée FP83. Rappelons que la ferme FP5 est celle où l'observance des conditions de biosécurité est de 5%; donc mauvaise, FP55, la ferme où ces mêmes conditions sont moyennement appliquées (55%); donc intermédiaire et enfin FP83, la ferme où l'observance des conditions de biosécurité est la meilleure possible (bonne) avec 83%. On pourrait dès lors affirmer que dans une ferme piscicole, plus les conditions d'hygiène s'améliorent plus les rendements sont meilleurs. On observe une évolution parallèle entre les deux phénomènes. Cette observation encourageante permettrait aux éleveurs du tilapia *Oreochromis niloticus* de constater les biens faits de l'application des mesures de biosécurité au sein de leurs fermes piscicoles. En effet, de telles expériences seraient les biens venues car la plupart des éleveurs des pays en voie de développement ne perçoivent pas les avantages liés à l'adoption des mesures de biosécurité au niveau de leurs structures. Ils considéreraient les dépenses liées aux dispositifs de biosécurité comme fortuites car n'ayant aucun effet sur la productivité du cheptel.

On a très souvent attribué à l'aliment le rôle de moteur de la croissance des poissons dans les étangs. Si effectivement, l'aliment joue ce rôle majeur, à telle enseigne qu'il est qualifié même de facteur limitant en pisciculture, c'est bien parce que, source d'énergie et de protéines, quand l'aliment est donné dans les meilleures conditions d'observance des mesures de biosécurité, il potentialise les rendements et les réduit drastiquement dans les cas de mauvaises conditions.

C'est ce qu'affirment Brister & Zimmer (4) en indiquant que l'application des dispositifs de biosécurité tels que les rotoluves et les aires réservées aux visiteurs par les fermiers a pour but de désinfecter les objets roulant et les personnes extérieurs venant sur leurs fermes et pouvant être des porteurs ou vecteurs de pathogènes. D'autres auteurs montrent également que certains parasites ont des effets néfastes sur la croissance du poisson (3) et sont capables de provoquer des cas de morbidité et de mortalité massive (15). Néanmoins, les différentes valeurs des paramètres zootechniques relevées dans les trois types de ferme piscicole sont différentes de celles obtenues par Bamba *et al.* (2) et Legros (12). Les valeurs de paramètres zootechniques obtenues par ces auteurs, suite aux expérimentations d'aliment qu'ils ont eu à formuler, sont apparemment inférieures à celles issues des trois types de fermes piscicoles soumises à la présente étude. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part par le fait que ces derniers aient travaillé dans des milieux écologiques différents et d'autre part par le type d'aliment. Aussi le fait que ces auteurs, dans leurs travaux respectifs, n'aient pas pris en compte le côté biosécurité pourrait expliquer les différences observées entre leurs valeurs et les nôtres.

Quant aux valeurs moyennes de paramètres de productivité enregistrées, elles ne sont que le reflet des paramètres zootechniques observés pendant l'élevage des poissons car le niveau de productivité d'une ferme serait lié aux paramètres zootechniques des animaux élevés. Ainsi, il va de soit que la ferme piscicole FP83 ait enregistré de bons rendements de production comme cela a été le cas pour les paramètres zootechniques. La supériorité de la productivité de la ferme piscicole FP83 par rapport à celles des deux autres types de ferme FP5 et FP55 s'expliquerait par la différence de taux d'observance des mesures de biosécurité. Aussi, les valeurs élevées de paramètres de productivité au niveau de la ferme piscicole FP83 sont-elles les preuves visibles par le pisciculteur pessimiste du résultat positif qu'entraîne l'application effective et rigoureuse des mesures de biosécurité. Selon Johnson *et al.* (9), l'évaluation de l'impact économique des parasites en aquaculture n'a toujours pas été le souci premier des chercheurs. Ces genres d'expérience ainsi que la divulgation de leurs résultats seraient les bienvenus dans les élevages des pays en voie de développement afin de dissiper chez l'éleveur les remarques faites par Racicot & Vaillancourt (14). En effet, ces derniers indiquent que le déni des risques potentiels liés à l'inobservance des mesures de biosécurité et les contraintes économiques liées à son application sont autant de raisons qui expliquent le manque de respect des mesures de biosécurité par les éleveurs. Etant donné que tout éleveur a pour souci premier de maximiser ses bénéfices en cherchant à réduire au maximum ses coûts de production, toutes mesures venant alors leurs imposer une augmentation

du coût de production devraient pouvoir dans le même temps leur démontrer les bénéfices financiers qui en résultent.

5. Conclusion

Des trois types de fermes piscicoles soumises à l'étude de l'impact de la biosécurité sur la productivité

du tilapia *Oreochromis niloticus*, la ferme FP83 a obtenu les meilleures performances zootechniques et de productivités. La ferme FP55 vient en seconde position. Le respect ou l'application des mesures de biosécurité contribue à l'amélioration des paramètres de production du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*.

Références bibliographiques

1. Arthur J.R., Baldock C.F., Bondad-Reantaso M.G., Perera R., Ponia B. & Rodgers C.J., 2008, Pathogen risk analysis for biosecurity and the management of live aquatic animal movements. *Diseases in Asian Aquaculture*, VI, 21-52.
2. Bamba Y., Ouattara A., Da Costa K.S. & Gourène G., 2008, Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles. *Sciences & Nature*, 5, 1, 89-99.
3. Bazari Moghaddam S., Mokhayer B., Masoumian M., Shenavar Masouleh A., Jalilpour J., Masoumzadeh M. & Alizadeh M., 2010, Parasitic infection among larvae and fingerlings of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) in Vnro tanks and earthen ponds. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9, 3, 342-351.
4. Brister D. & Zimmer K., 2010, Best management practices for aquaculture in Minnesota. University of Minnesota and University of St. Thomas. 32 p.
5. Colin E.N. & Craig B.K., 1989, Techniques actuelles de reproduction et d'alevinage. <http://www.fao.org/docrep/t8655f/t8655f01.htm#TopOfPage:29/04/2012>.
6. Dvorak G.D., 2009, Biosecurity for aquaculture facilities in the North Central Region. North Central Regional Aquaculture Center. 45-57 p.
7. Haiji T., Ben Hassine O.K. & Farrugio H., 1994, Impact du copépode parasite *Perodermis cylindricum* Heller, 1868 sur la croissance et la fécondité des stocks exploités de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). *Ifremer*. 8 p.
8. Haynes R.B., Taylor D.W. & Sackett D.L., 1979, Compliance in health care. Baltimore, John Hopkins University Press. 516 p.
9. Johnson S.C., Treasurer J.W., Bravo S., Nagasawa K. & Kabata Z., 2004, A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zoological Studies*, 43, 2, 229-243.
10. Kestemont M.M.P., Micha J.C. & Falter U., 1989, Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. Programme de mise en valeur et de coordination de l'aquaculture, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Programme des Nations Unies pour le développement. 132 p.
11. Khwuanjai Hengsawat F.J. & Pornchai Jaruratjamorn W., 1997, The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) cultured in cages. *Aquaculture*, 152, 67-76.
12. Legros D., 1988, Guide technique pour l'élevage du tilapia. CDI, Bruxelles, 1^{ère} édition. 45 p.
13. Ogunji J., Toor R.U.A.S., Schulz C. & Kloas W., 2008, Growth performance, nutrient utilization of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Housefly Maggot Meal (Maggot) Diets. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8, 141-147.
14. Racicot M. & Vaillancourt J.-P., 2009, Evaluation des mesures de biosécurité dans les fermes avicoles au Québec par vidéosurveillance et principales erreurs commises. *Bull. Acad. Vét.*, Tome 162, 3, 265-272.
15. Scholz T., 1999, Parasites in cultured and feral fish. *Veterinary Parasitology*, 84, 317-335.

M. Kone, Ivoirien Titulaire d'un Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) en Biologie et production Animales. Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire. Département des Sciences de la Nature (SN)/Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales.

Tel: (225) 60 06 84 33 / 04 16 14 27

E-mail: necosko04@yahoo.fr

M. Cisse, Ivoirien, Maître Assistant en parasitologie des poissons, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire. Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE)/Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique.

Tel: (225) 08 53 26 43

E-mail: cciscom@yahoo.fr

M.Ouattara, Ivoirien, Maître de Conférences en reproduction des poissons, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire. Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE)/Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique.

Tel: (225) 05 09 14 06

E-mail: ouattara_bognan@yahoo.fr

Agathe Fantodji, Béninoise, Professeur Titulaire en Biologie des poissons, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire. Département des Sciences de la Nature (SN)/Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales.

Tel: (225) 05 09 22 25

E-mail: tobega2002@yahoo.fr

LES ACTIONS DE LA DGD

DGD'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD

LAS ACTIVIDADES DEL DGD

Increasing Benefits from Agroforestry Tree Products in West and Central Africa

Introduction

Innovative strategies are needed for poverty reduction and environmental sustainability in West and Central Africa, which is home to some of the world's poorest people. Forest resources in this area are under threat from logging and agricultural expansion. The recent move to increase protected areas squeezes people into smaller areas and reduces their access to forest resources, leaving them with very few options to make a living.

Despite the importance of non-timber forest products for the nutrition and incomes of poor farmers, they have so far received little attention from development practitioners. In response, ICRAF and its national partners in 1998 initiated a programme on domestication and conservation of agroforestry species in West and Central Africa. Since then, major advances have been made with regards to the production, post-harvest and commercialisation of agroforestry products (AFTPs). Nevertheless, a number of issues remain to be addressed in order to improve poor farmers' participation in AFTP value chains.

The project and its components

The project "Increasing small-scale farmer benefits from agroforestry tree products in West and Central Africa" (AFTP4A), funded by the Belgian Development Cooperation, is being implemented in Cameroon and the Democratic Republic of Congo between 2009 and 2012 by the World Agroforestry Centre (ICRAF) and its main partners (IRAD, INERA, University of Ghent-Belgium, Institut Facultaire d'Agronomie de Yangambi-DRC). The project AFTP4A aims at improving participation of smallholder farmers in agroforestry tree product markets in order to increase and diversify their incomes, while at the same time preserving the natural resources and improving nutrition. These agroforestry products are 'safou' (*Dacryodes edulis*), 'bush mango' or ndo'o (*Irvingia gabonensis*), 'njansang' (*Ricinodendron heudelotii*), 'kola' (*Cola spp.*) and 'okok'/'fumbua' (*Gnetum africanum*), 'anguto'/'bombi' (*Anonidium manii*) and honey as a by-product.



Photo 1: Safou (*Dacryodes edulis*) for sale a road market, Makenene, Centre Region of Cameroon.

The project that follows the value chain approach is built on 5 pillars, which complement one another:

1. *Development and promotion of improved techniques for production, harvest and post-harvest of target AFTPs.* This pillar must ensure the supply of quality products in sufficient quantities to sustain growing AFTP markets, without depleting the natural resource base. On the one hand, there are research-oriented activities which aim to fill knowledge gaps on the propagation and on-farm production of target species. On the other hand, development-oriented activities are carried out with the objective of increasing farmers' access to quality germplasm. More specifically, the project deals with the set-up of Rural Resource Centres for diffusion of tree domestication, training of relay organisations and farmers in tree domestication



Photo 2: Kola nuts (*Cola nitida*): an important income source and culturally valuable product for farmers all over the African humid tropics (white are unpeeled and red are peeled nuts).



Photo 3: Njansang producers and traders weighing a bag of njansang during a group sales in Ondeck, Centre Region of Cameroon.

and supporting of farmer nurseries with technical backstopping and small nursery tools. In terms of harvest and post-harvest techniques, bottlenecks were identified in a participatory diagnosis prior to the project and project activities so far have concerned 3 products: njansang (*Ricinodendron heudelotii*), bush mango (*Irvingia spp.*) and kola nuts (*Cola spp.*).

2. *Development of adequate organisational mechanisms and arrangements to improve the integration of poor farmers in AFTP value chains.* Main activities developed under this output are: (i) analysing value chains in order to identify actors, costs, benefits, opportunities and constraints related to the marketing of the product; (ii) strengthening producers and traders so they can engage in collective action and link up with each other; and (iii) develop and test financial mechanisms to overcome some of the barriers that both producers and traders face when wanting to increase their participation in value chains. To put the research on mechanisms and arrangements to strengthen linkages between actors in the AFTP value chain to action, substantial work has been done on organizing and training producer groups to increase their bargaining power and management skills with a view to organizing group sales. Likewise, contacts have been made with traders of targeted

AFTPs in main markets with a view of linking them with collaborating producer groups. As the financial needs, the environment and the experience of target groups are not similar; the project identified different options allowing producers and traders to access financial resources more easily.

3. *Establishment of a community-based market information system.* The market of AFTPs in Cameroon, as in many other African countries, is characterised by incomplete or asymmetric market information. A Market Information System (MIS) has two objectives: (i) to improve the functioning of the markets because of better information leading to enhanced power of negotiation by producers, broader choices for consumers and better flow of products for traders; and (ii) to provide deeper understanding of the markets for decision makers. Taking into consideration the needs of the various actors contacted, a system thought appropriate and more adapted to the needs of direct beneficiaries was developed and is currently under evaluation in a number of project sites. This system makes use of relay organizations as major focal points for information exchange. On the supply side, producer groups diffuse information on quantities and quality of the product available in their area to the relay organization and propose a selling price. On the demand side, individual traders, or trader associations where they exist, send to the same relay organization information on quantities of products they are willing to buy and propose a buying price. The role of the relay organization is to facilitate the gathering of information on both sides and to facilitate linkages between these actors to debate on the price. It is however expected that with time, producers and traders would have established strong relationships and would be able to communicate directly with each other to exchange market information, eliminating the role of the relay organization



Photo 4: Improved packaging has helped beekeepers in Kiduma, Bas-Congo (DRC) to commercialise their honey in urban centres.

4. *Analyse policy and institutional context and develop policy guidelines to create an enabling environment for cultivation and commercialisation of AFTPs.* This is a very crucial element for the success of the project as it is widely known that external factors largely affect the outcomes of marketing efforts of small-scale farmers in rural areas. In this output we study how valorisation and domestication of NTFPs, together with the institutional environment and existing policies, have shaped the behaviour and performance of actors in selected AFTP value chains in Cameroon and the DRC. Research activities are divided into two main axes: (i) analyses of national and regional policies; formal and informal institutions as they impact access and trade in AFTPs and (ii) effect of informal institutions on the choice of coordination mechanism/governance structure adopted by AFTPs producers and traders, and on the performance of the value chain. Preliminary findings indicate that existing policies and legislations make way for forests and police officials to increasingly seek rents from traders who commercialise AFTPs. These again stand as disincentives for traders to obtain formal papers and operate legally.
5. *Training and dissemination* to bring the benefits of this project beyond the scope of contact farmers and pilot zones. Activities under this output focus on the need to build rural actors' capacities to access knowledge, technologies and information related to tree domestication and AFTP marketing; and adapt these to their respective social, cultural, political and ecological environments. Apart from the organisation of training sessions at different levels in the value chain, activities under this output include the development of learning material in the form of technical leaflets, videos on different propagation and cultivation techniques and other publications.

Conclusion

This project is really a research for development project whereby useful and valued agroforestry tree species are incorporated in the landscape, producing AFTPs that are in high demand in markets. In doing so, tree resources are conserved, biodiversity is enhanced, agricultural systems become more sustainable and farmers get more income through diversification and specialization, thus improving their livelihoods, particularly women farmers. Currently, the project is working with about 2500 households gathered in 100 producer groups. The action focuses on Rural Resource Centers where groups of farmers, in many cases women groups, come together centred around a nursery where a number of key species are multiplied at large scale through seedlings, cuttings, grafting and marcotting. The project not only addresses production but also every aspect of the value chain, including post-harvest, processing and marketing, as well as policy and institutional aspects of agroforestry production. Marketing actions focus on collective actions with producers and traders for better market information and group sales. This is also new and income via group sales has already been increased substantially, thus encouraging them to increase production and sales. Finally, capacity development of all concerned in the value chain is taking place through trainings. For the research aspects, an impressive number of M.Sc. and Ph.D. candidates are benefiting from the project (both in Belgium and abroad).

For more information: a.degrande@cgiar.org

ORGANISATION

Concept of editors and objectives of TROPICULTURA

Agri-Overseas is an association created in order to establish common-interest professional relationships between people working on overseas rural development. It publishes the scientific and information publication "TROPICULTURA" which covers rural problems in developing countries. This publication is published every three months with the financial support of the «Directorate- General for Development Cooperation (D.G.D.), Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation Belgium». It benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS), of the support of the "Commission Universitaire pour le Développement" of the "Conseil Interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF-CUD)", the authority of "Universitaire/Ontwikkelingssamenwerking" of the "Vlaamse Interuniversitaire Raad" (VLIR-UOS), and the "Région Bruxelles-Capitale".

Agri-Overseas is composed of both individual members and members of the following Belgian Institutions: the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS), the "Commission Universitaire pour le Développement" of the "Commission Universitaire pour le Développement du Conseil interuniversitaire de la Communauté française" (CIUF-CUD), the authority of "Universitaire/Ontwikkelingssamenwerking" of the "Vlaamse Interuniversitaire Raad" (VLIR-UOS), the four Faculties of Agronomy (Liège/Gembloux, Ghent, Leuven and Louvain-la-Neuve), the two Faculties of Veterinary Medicine (Ghent and Liège), the Department Animal Health of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp, the Inter-faculty Section of Agronomy of the Université Libre de Bruxelles (Brussels), the Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur), the Department of Environment Sciences and Management from the University of Liège and the Directorate General for Development Cooperation.

Board

The Board of Agri-Overseas is as follows: Professor Dr J. Vercruysse, President; Professor Dr Ir G. Mergeai, Administrator; Dr E. Thys, Secretary; Professor Dr B. Losson, Treasurer; Professor J. Bogaert, CIUF-CUD representative member; Professor Ch. De Cannière, ULB representative member; Honorary Professor Dr S. Geerts, RAOS representative member; Professor R. Merckx, VLIR-UOS representative member and Honorary Professor Dr Ir J. Hardouin, member.

Editorial Staff

The Publication Committee of TROPICULTURA is made up of Professor Dr Ir G. Mergeai, Chief editor, and the following editorial staff: Professor Ch. De Cannière for "The forestry, Service of Ecology of the landscape, and, the systems of vegetable production", Professor Dr J.-P. Dehoux for "Animal Production and Animal Life Control", Dr D. de Lame for "Sociology", Honorary Professor Dr Ir F. Malaisse for "Forestry and Ecology", Professor Emeritus Dr J.-C. Micha for "Fishing and Pisciculture", Professor Emeritus Dr Ir E. Tollens for "Rural Economy", Professor Dr Ir P. Van Damme for "Agronomy and Forestry", Professor Dr E. Van Ranst for "Soil Science", Professor Dr J. Vercruysse and Dr E. Thys for "Animal Health" and Ir. F. Maes, scientific associate. The secretariat deals directly with the other topics relevant to the revue (economy, sociology, etc ...).

Publication secretariat

11, rue d'Egmont B- 1000 Brussels – Belgium
Telephone: ++32.2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Distribution

The distribution of TROPICULTURA is free and may be obtained on request by writing to the publication Secretariat.

SCOPE OF THE PUBLICATION

TROPICULTURA publishes original articles, research and synthesis notes, book and thesis summaries as well as reviews of films and videos relative to all aspects of rural development: plant and animal production, veterinary science, forestry science, soil science, rural engineering, environmental sciences, bio-industry, agro-food science, sociology and economy.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The themes of articles published in Tropicultura concern all that is relative to rural development and sustainable management of the environment in warm regions of the planet. Priority is given to articles with original subjects, with as wide a scope as possible, i.e. for which the content concerns especially methodological aspects which can be transposed in a wide range of environments and regions of the world. A particular accent is put on the reliability of the information published, which means, for experimental results, on the number of trial repetitions, in time and in space, at the origin of the data obtained.

Manuscripts must be original reports that have not been previously published, or simultaneously submitted elsewhere. They may be drafted in one of the following languages: English, Spanish, French or Dutch. Manuscripts should be sent in triplicate to the chief of the editorial board, either by post in paper form or directly, by electronic mail to the publication Secretariat, in the form of electronic files. Manuscripts should be typed with double spacing on one side of the paper (27 lines of 60 characters per DIN A4 page), with a margin of 3.5-cm minimum around the printed page. Texts should be no longer than ten pages (cover page, abstracts and references not included).

The cover page should include the title, the abridged title (55 characters maximum), the complete names and forenames of the authors, the complete professional address of each one, and any acknowledgements. The name of the corresponding author- to whom all correspondence should be sent should be marked with an "*" and the address should contain telephone and fax numbers as well as the electronic address. The following pages should provide: (i) an abstract (200 words maximum) in the manuscript's language and in English, preceded by the translated title and followed by a maximum six keywords in both languages; (ii) the main text; (iii) the references; (iv) only three tables numbered in Arabic numerals will be accepted; (v) illustrations clearly identified with a number on the back; (vi) captions of the illustrations and tables. All the pages should be continuously numbered. Only three figures will be accepted. They should be drawn in a professional manner. Photographs should be non-mounted, well contrasted on shiny paper.

Only the co-authors which have given a written agreement that their name may be published in a manuscript will appear in the final version of the article published in Tropicultura. The written agreements of the co-authors for this matter can be transmitted to the editorial committee by post or by e-mail. The agreement of the author's responsible organism is supposed accepted for all publication in Tropicultura. Agri-Overseas declines all responsibility in this matter.

The original submission may be in paper or electronic form. If possible, after acceptance, submission of the final revision is strongly encouraged on diskette or as an attached file. Word is the preferred software, but ASCII and RTF versions of the files are acceptable.

The text normally should be divided into Introduction, Material and methods, Results, Discussion and Conclusion. Text subdivision should not exceed two levels. Sub-titles, very concise, should be written in lower case letters and never underlined.

All references should be cited in the text with numbers in parentheses. For more than two references, numbers should follow in ascending order. References will be given in alphabetical order of author's name and in chronological order for a given author. They will be continuously numbered beginning with the number 1.

For journal publications, references will include author names preceded by forename initials, year of publication, complete title of the publication in the original language, name of the Journal, underlined volume number, number of the first and last page separated by a hyphen.

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

For monographs, the following elements are essential: author name followed by forename initials, year of publication, complete title of the publication, editor name, place of edition, first and last page of mentioned chapter, total number of pages in the publication. Conference proceedings are to have the same format as monographs; plus, they should mention if possible the place and date of the conference and the scientific editor(s).

Example: 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 pp. 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), *Sphingolipids and allied disorders*, Plenum, New-York, 205 p.

The Publication Committee is entitled to refuse any article which does not comply with the prescriptions above.

The articles are submitted to one or more referees chosen by the Editor and these referees will remain anonymous to the authors.

Once accepted for publication, the publication committee requires the different authors to transfer their publication rights to TROPICULTURA.

TROPICULTURA

2012 Vol. 30 N° 2
Four issues a year (April - May - June)
CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Ichthyological Communities of Baoule River in Mali (*in French*)
Y. Sanogo, D. Traoré, F. Samaké & A. Koné 65
- Productivity of Wheat and Barley in Plots Associated with Young Pecan in Sidi Mbarek at North of Tunisia (*in French*)
J.-P. Banga Banga Kalala, A. Albouchi, G. Bouziaen, Z. Nasr & K.W.T. Tshibangu 72
- Human Elephant Conflict in the Waza-Logone Region of Northern Cameroon: An Assessment of Management Effectiveness (*in English*)
M.N. Tchamba & D. Foguekem 79
- Reproductive Biology of the Cyprinidae, *Barbus callensis* in an Algerian Dam (*in French*)
Sonia Ould Rouis, A. Ould Rouis, J.-C. Micha & A. Arab 88
- A Concise Description and Analysis of Methods Used for Cocoa Drying in the South Region of Cameroon (*in French*)
A. Kanmogne, Y. Jannot & J. Nganhrou 94
- In vitro* Antifungal Activity of Various Local Plant Extracts in the Control of *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema *et al.* and *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, as Sorghum Seed Mold Pathogen in Burkina Faso (*in English*)
S. Bonzi, I. Somda, E.P. Zida & P. Sérémé 103
- Propagation of Black Plum (*Vitex donania* Sweet) Using Stem and Root Cuttings in the Ecological Conditions of South-Benin (*in English*)
A. Sanoussi, L.E. Ahoton & Th. Odjo 107
- Study on the Contamination of the Soil after Three Rearing Cycles of Pigs with Deep Bedding System at Small Scale (*in Spanish*)
Elisabeth Cruz, R.E. Almaguel, M. Robert & J. Ly 113
- Biosecurity and Productivity of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1958) Bred in Ivoirian's Rural Zone (*in French*)
M. Kone, M. Cisse, M. Ouattara & Agathe Fantodji 117
- DGD'S ACTIVITIES 122

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

With the support of
**THE BELGIAN
DEVELOPMENT COOPERATION** 



Con el apoyo de
**LA COOPERACIÓN BELGA
AL DESARROLLO** 