



Annales de l'Université de Parakou

ISSN : 1840-8494 *Dépôt légal n°9802 du 24/11/2017*
4^{ème} Trimestre, Bibliothèque Nationale
Parakou, Bénin

Série

« Sciences Naturelles et Agronomie »
Décembre 2017, Volume 7, Numéro 1



Rejets d'ananas (*Ananas comosus*) devant un champ à Adjadji-Cossoé (Commune d'Allada, Bénin).
Photo : Sèdjro Gilles Armel NAGO (2012).

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire de l'Université de Parakou (RU/UP)

BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

Email : revue.sna.annaes-up@fa-up.bj

Dépôt légal N° 9802 du 24/11/2017, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale

ISSN : 1840-8494

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Décembre 2017, Volume 7, Numéro 1

Equipe d'édition

Président : Dr Prosper GANDAHO, Professeur titulaire

Vice-Président : Dr Bertrand SOGBOSSI BOCCO, Professeur titulaire

Membres :

Dr Ibrahim ALKOIRET TRAORE, Maître de Conférences

Dr Marc-Abel AYEDOUN, Professeur titulaire

Secrétaires d'édition :

Dr Simon AKPONA, Professeur titulaire

Dr Moutawakilou GOMINA, Maître-assistant

Mr Kayodé Roland CHABI, Infographe

Comité de Publication

Directeur de Publication : Dr Ibrahim ALKOIRET TRAORE, Maître de Conférences

Secrétaire de publication : Dr Samadori S. Honoré BIAOU, Maître de Conférences

Membres :

Dr Léonard AFOUDA, Maître de Conférences

Dr Jacob YABI, Professeur titulaire

Dr Eloi ATTAKPA, Maître de Conférences

Dr Is Haquou DAOUDA, Maître-assistant

Dr Franck HONGBETE, Maître-assistant

Dr Sedjro Gilles Armel NAGO, Assistant

Stagiaire :

Mr Rodrigue BALAGUEMAN (MSc)

Comité de lecture :

Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Comité scientifique

Prof A. AHANCHEDE (Malherbologie, Bénin)

Prof A. AKOEGNINO (Botanique, Bénin)

Prof A. FANTODJI (Biologie de la reproduction, Côte d'Ivoire)

Prof A. SANI (Biochimie et de Biologie Moléculaire, Bénin)

Dr B. BIAO (Economie, Bénin) - Maître de Conférences agrégé

Prof B. SINSIN (Ecologie Végétale et Animale, Bénin)

Prof D. KOSSOU (Phytotechnie, Bénin)

Prof E. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin)

Prof F. A. ABIOLA (Ecotoxicologie, Bénin)

Dr Ir. G. A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier) - Directeur de Recherche

Prof G. BIAOU (Economie Rurale, Bénin)

Prof J. HOUNHOUNGAN (Technologie Alimentaire, Bénin)

Prof J. LEJOLY (Ecologie Tropicale, Belgique)

Prof J. ZOUNDJIEKPON (Génétique, Bénin)

Prof J.C. GANGLO (Foresterie, Bénin)

Prof J.C.T. CODJIA (Zoologie, Bénin)

Prof K. AKPAGANA (Ecologie Végétale, Togo)

Prof L. J. G. VAN der MAESEN (Botanique, Pays-Bas)

Prof M. BOKO (Climatologie, Bénin)

Prof M. C. NAGO (Biochimie Alimentaire, Bénin)

Prof M. OUMOROU (Ecologie Végétale, Bénin)

Prof N. FONTON (Biométrie, Bénin)

Prof P. ATACHI (Entomologie, Bénin)

Prof Ph. LALEYE (Hydrobiologie, Bénin)

Prof R. GLELE KAKAI (Biométrie et Statistiques, Bénin)

Prof R. MONGBO (Sociologie Rurale, Bénin)

Prof S. A. AKPONA (Biochimie, Bénin)

Prof S. ADOTE-HOUNZANGBE (Parasitologie, Bénin)

Prof S. ALIDOU (Sciences de la Terre, Bénin)

Prof V. AGBO (Sociologie, Bénin)

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire de l'Université de Parakou (RU/UP)

BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12

Email : revue.sna.annales-up@fa-up.bj

Dépôt légal N° 9802 du 24/11/2017, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale

ISSN : 1840-8494

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Décembre 2017, Volume 7, Numéro 1

Sommaire

Contenu et auteurs	Pages
Productivité et rentabilité des modes d'élevage d'Agneaux Djallonké de pré-sevrage au nord du Bénin Pamphile K. DEGLA, Sanni-Yô DOKO ALLOU, François-Xavier S. BACHABI, Jonas DJENONTIN	1-9
Paramètres démographiques des troupeaux bovins en transhumance dans la commune de Djidja au Sud Bénin M. AZALOU, T.I. ALKOIRET, Y. TOUKOUROU, B.G.C. ASSOGBA	10-18
Diagnostic participatif des facteurs responsables de la faible production de la lentille de terre (<i>Macrotyloma geocarpum</i>. HARMS) dans la commune de Dassa-Zoumé Zachari TONOUKOUIN et Fabien C.C. HOUNTONDI	19-24
Inventaire des principales maladies du manguier dans les savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin V.A. ZINSOU, A. FERDINAN, C.G. TCHEMADON, L.A.C. AFOUDA, F. GAGNON	25-31
Distribution et importance des symptômes de viroses de piment (<i>Capsicum spp.</i>) de contre saison dans le Département de la Donga au Nord-Bénin et caractérisation moléculaire des accessions André Antoine FANOU, Hugues BAIMEY, Octave BEHOUNDJA-KOTOKO, Achille DEDJIHO, Antoine Abel MISSIHOUN, Pierre SOVEGNON et Clément AGBANGLA	32-40
Histologie des gonades mâle et femelle du tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> exposé aux pesticides agricoles dans les retenues d'eau du Nord-Bénin Rodrigue O.E. PELEBE, Akimou TOKO IMOROU, Ibrahim IMOROU TOKO, Léa N. GUEDEGBA, Prudencio T. AGBOHESSI, Honoré ZOCLANCLOUNON, Issa N. OUATTARA, Patrick KESTEMONT	41-46
Caractérisation structurale des populations de <i>Borassus aethiopum</i> Mart. dans la commune de Savè au Bénin Mèssétin Vital AHISSOU, Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN, Samadori S. Honoré BIAOU, Armand Kuyéma NATTA, B.S. Céline DAN	47-53

Possibilités d'utilisation de Google Earth™ pour le suivi du couvert forestier de forêts claires en zone soudanienne au Bénin	54-63
Shègoun Eudes IDJIGBEROU et Bernard TYCHON	
Diversité de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin	64-72
Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN, Bruno Yéhowanes DETCHI, Samadori S. Honoré BIAOU, Cyrille KANLINDOGBE, Armand Kuyéma NATTA	
Dynamique des espèces végétales et productivité des pâturages naturels de Kèrou, Péhunco, Djougou au Nord-Ouest du Bénin	73-82
Yacoubou BONI, Armand Kuyéma NATTA, A.R.A. SALIOU, André Jonas DJENONTIN	
Effets du climat, du sol et du diamètre sur la phénologie de <i>Lophira lanceolata</i> (Ochnaceae) au Bénin	83-97
Aliou DICKO, Armand Kuyéma NATTA, Eben-Ezer EWEDJE, M'Mouyohoun KOUAGOU	
Potentiel semencier et contraintes à la régénération par graines de <i>Haematostaphis barteri</i>, espèce fruitière autochtone au Nord-Ouest Bénin	98-103
Béranger MEDETON, Samadori S. Honoré BIAOU, Eben-Ezer EWEDJE, Armand Kuyéma NATTA	
Services écosystémiques fournis par les parcs à karité et leur contribution au bien-être des populations rurales dans la commune de Savè (Centre Bénin)	104-112
Rivelyn Mattéoti GNANGLE, Samadori Sorotori Honoré BIAOU, Paul Césaire GNANGLE, Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN, Malicki RAPHIOU, Aliou DICKO, M'Mouyohoun KOUAGOU et Armand Kuyéma NATTA	
Ecologie des populations de <i>Coptodon guineensis</i> (Pisces, Cichlideae) dans les eaux douces et saumâtres au sud-Bénin	113-120
Aliou FOUSSENI, Vincent Joseph MAMA, Antoine CHIKOU, Philippe LALEYE	
Vulnérabilité des plantes ligneuses à haute importance socioéconomique au Sud-Bénin	121-129
J. AVIKPO, G.H. DASSOU, G.A. FAVI, G.A.H. HOUENON, C.A. ADOMOU, A.H.B. TENTE, B. SINSIN	
Caractéristiques des itinéraires techniques de la production de l'ananas (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.) chez les petits producteurs de la Commune d'Allada au Bénin.	130-137
Saturnin AZONKPIN, Chèpo Daniel CHOUGOUROU, Mansourou Mohamed SOUMANOU	
Capital social et transmission du capital humain chez les femmes peulhs transformatrices de lait de vache au Bénin	138-144
Paul JIMMY, Ismail MOUMOUNI, Florent OKRY, Nadia FANOU FOGNY	

Le développement rural à l'échelle locale au Bénin ou l'histoire des réformes du CARDER de 1969 à 2017	145-159
I. Sonya M. ADJOVI	
Influence de l'approvisionnement en intrants sur la performance des systèmes de cultures d'ananas au sud Bénin	160-167
Vidédji Naéssé ADJAHOSSOU, Bai Sêdami ADJAHOSSOU, Edia Flavien DOVONOU	
Protective effects of vitamin C on kidney, liver and brain: a study in wistar rats intoxicated with mercury	168-177
Armelle S. Y. HOUNKPATIN, Roch C. JOHNSON, Maximin SENOU, Léonce DOVONON, Chibuisi G. ALIMBA, Sêdjro G. A. NAGO, Jean Marc GNONLONFOUN, Isabelle GLITHO	
Instructions aux auteurs	178-185



Productivité et rentabilité des modes d'élevage d'Agneaux Djallonké de pré-sevrage au nord du Bénin

Pamphile K. DEGLA¹, Sanni-Yô DOKO ALLOU², François-Xavier S. BACHABI³, Jonas DJENONTIN⁴

¹ Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), Bénin

² Ecole Nationale Supérieure de Transformation et de Conservation des Produits Agricoles

³ Département de Production Végétale, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, (UP), Bénin.

⁴ Département de Sciences et Techniques de Productions Animales et Halieutiques, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), Bénin

Reçu le 13 Août 2017 - Accepté le 13 Octobre 2017

Productivity and Profitability of pre-weaning Djallonké sheep's rearing systems in Northern Benin

Abstract: Low productivity of sheep is a major problem for the livestock in Northern Benin. This is due to the high mortality of lambs when their suckling period coincides with the full rainy season. To prevent this situation and in order to reduce rural poverty in Benin, we tested hygienic measures and medication in improved housing conditions on 80 lambs from 70 ewes living in 38 herds. The effects of the two treatments applied separately and in combination on lamb performance were compared to "control". For each treatment, survival and growth were observed in 20 lambs. Good housing and hygienic conditions (daily cleaning and fortnightly disinfection of stable and water and feed troughs) reduced mortality and increased growth of suckling lambs until 3 months. Good housing plus medication reduced mortality, but growth was not higher than the control. As for the total production cost, it was higher for hygiene plus medication than for hygiene or medication applied separately. The highest net margin was observed in hygiene plus medication treatment followed respectively by "Hygiene", "Medication" treatments and then "Control". Accounting for the labor opportunity, the Internal Return Rate was the lowest in Hygiene or Medication treatments, but higher in hygiene than in Medication treatment; however, the difference was not significant. Labor productivity and Cost-Benefit Ratio showed no significant differences between the improved treatments and the control.

Keywords: Sheep production, Lamb Mortality, Livestock income, Livestock innovation, Benin.

Résumé : L'un des problèmes majeurs auxquels est confronté l'élevage des ovins au Bénin est la faible productivité dû au fort taux de mortalité des agneaux de pré-sevrage. Pour lever cette contrainte et contribuer à la réduction de la pauvreté en milieu rural au Nord du Bénin, trois modes d'élevage améliorés d'agneaux, « Hygiène », « Médicaments » et « Hygiène-Médicaments » ont été testés et comparés à un mode témoin. Ainsi pour apprécier l'effet des différents modes, 80 agneaux provenant de 70 brebis et de 38 troupeaux ont été répartis équitablement dans les quatre modes. Il ressort de l'expérimentation que les modes « hygiène » et « hygiène-Médicament » réduisent la mortalité et assurent la croissance des agneaux jusqu'à trois mois mieux que les modes « médicament » et « témoin ». Le mode « médicament » comparé au mode « témoin » réduit la mortalité, mais n'améliore pas significativement la croissance. Si les coûts totaux de production les plus élevés s'observent respectivement avec le mode «Hygiène-Médicaments» et «Hygiène», ce sont cependant ces deux modes qui offrent de façon significative les marges nettes les plus élevées. Quant au taux de rentabilité interne, le ratio bénéfice-coût, et la productivité apparente du travail il n'a aucune différence significative entre les différents modes.

Mots clés: Elevage ovin, mortalité de bétail, innovation, revenu d'élevage, Bénin.

1. Introduction

Dans leur stratégie de diversification de sources de revenu, les agriculteurs au nord du Bénin accordent une grande importance à l'élevage des petits ruminants, notamment celui du mouton, à cause des avantages qu'il offre. Comparativement à l'élevage du gros bétail, celui des petits ruminants n'exige pas de gros investissements, étant donné son cycle de reproduction et son exploitation précoce, le cheptel, quoique d'importance modeste au départ, peut devenir rapidement rentable (Edoun, 2009). Le cheptel est facile à manipuler, facile à conduire et à garder, ce qui rend l'exploitation des moutons plus commode que celle des bovins. A cela s'ajoute la possibilité de vendre un grand nombre de moutons à des intervalles courts (Toukourou, 2012). C'est donc une réserve financière, un gage pour les emprunts, un capital reproductible, d'une grande valeur d'usage à travers les échanges et transactions (Lhoste et al., 1993 ; De Haan, 2004). Parmi les races de moutons les plus élevées se trouve la race Djallonké, une race trypanotolérante et très rustique d'Afrique de l'Ouest et du centre, de format réduit et représentant environ 80 à 90% des cheptels ovins nationaux (Medenou, 1997). Du fait de leur adaptation aux différentes régions agro-écologiques d'Afrique subsaharienne, les ovins Djallonké peuvent jouer un rôle important dans la sécurité alimentaire des populations en protéines animales et dans la lutte contre la pauvreté rurale (Faye et Alary, 2001 ; Toukourou, 2012).

Au Bénin et particulièrement au Nord du Bénin, région à vocation agro-pastorale, le système d'élevage des ovins est de type extensif. L'évolution des effectifs est souvent schématisée par une courbe en dents de scie, avec des périodes où les moutons abondent dans les villages suivis d'autres où l'effectif est considérablement réduit (Soulemana, 2008). Le plus souvent on assiste à des phénomènes de dégénérescence par suite de la consanguinité, d'une alimentation insuffisante et à des saillies anarchiques de jeunes agnelles ou des mères venant d'agneler. Ces problèmes conduisent les reproductrices à donner des agneaux malingres et de faible constitution, dont la survie avant le sevrage est souvent hypothéquée (Edoun, 2009). Les revenus résultant de cette activité complémentaire de la production agricole deviennent aussi incertains. Comment améliorer alors les conditions d'élevage de ces agneaux afin d'augmenter leur productivité et ce faisant accroître la rentabilité financière et économique de l'élevage ? C'est à cette question de recherche que se propose de répondre la présente étude en mettant en place un dispositif visant l'augmentation de la productivité à travers la réduction du taux de mortalité pendant la saison de pluie. Il s'agit ainsi d'une expérimentation dans les troupeaux locaux afin de voir si la performance des agneaux de pré-sevrage peut être améliorée à coût réduit.

2. Matériels et méthodes

2.1. Concepts de productivité et de rentabilité agricoles

La productivité est généralement définie comme le rapport entre la production d'un bien ou d'un service et l'ensemble des intrants nécessaires pour le produire. Elle est ainsi une mesure de l'efficacité d'une économie dans l'utilisation des ressources disponibles pour produire des biens et services (Gamache, 2005). Pour rendre compte de l'évolution de la productivité il existe plusieurs approches, regroupées généralement en deux catégories : l'approche unifactorielle et multifactorielle. L'approche unifactorielle met en relation la production avec un seul intrant, par exemple le travail ou le capital, alors que l'approche multifactorielle combine simultanément les effets de plusieurs intrants (Gamache, op. cit.). L'approche unifactorielle donnant la contribution de chaque facteur à la production, il y a ainsi théoriquement autant de mesures unifactorielles qu'il existe de facteurs de production. Ainsi l'augmentation de la production peut être comparée à celle de tous les intrants ou juste à celle d'un seul facteur de production à la fois (Kaci, 2006). Bien que les productivités unifactorielles soient le plus souvent utilisées, par exemple la productivité du travail (quantité d'output/quantité de main d'œuvre utilisée) ou la productivité de la terre, encore appelée « rendement par hectare » dans une exploitation agricole, on ne peut cependant pas conclure que cette productivité dépend uniquement de la performance de la seule main d'œuvre ou de la seule superficie, car il y a l'influence de tous les autres facteurs de production et l'environnement dans lequel fonctionne l'exploitation (Gamache, 2005). Dans l'analyse microéconomique de la production cette mesure unifactorielle définit, *ceteris paribus*, la productivité moyenne mais également la productivité marginale lorsqu'on s'intéresse à la variation de la production par rapport à la variation de l'intrant considéré. On déduit généralement de cette productivité marginale la loi des rendements marginaux décroissants qui stipule un accroissement décroissant de la production par rapport à l'accroissement d'une unité supplémentaire de l'intrant utilisé.

La limite de l'approche unifactorielle est qu'elle attribue théoriquement la totalité de la production à un seul facteur. Pour prendre en compte l'efficacité de l'ensemble des facteurs entrant dans le processus de production, on recourt à l'approche multifactorielle. Mesurer la productivité multifactorielle permet ainsi de départager la contribution de chacun des facteurs de production à la croissance économique. Souvent cette productivité est considérée comme une moyenne pondérée de la productivité du capital et de la productivité du travail, où les pondérations sont respectivement les parts du capital et du travail dans la production (Gamache, 2005). D'autres mesures similaires de la productivité multifactorielle encore appelée « Total Factor Productivity » utilisent le « Malmquist productivity index », qui est un indice basé sur le rapport entre un indice des outputs et celui des inputs et relevant de l'approche non paramétrique DEA (cf.

* Auteur Correspondant : pamphile.degla@yahoo.fr

Bjurek and Durevall, 1998 ; Knox Lovell, 2003). Indépendamment de l'approche utilisée il est communément admis que l'amélioration de la productivité en agriculture est liée aux innovations technologiques (Ellis, 1993 ; Sadoulet De Janvry, 1995; Beitone et al., 2008 ; Hayami and Rutan, 1985). Ainsi c'est par l'introduction des techniques nouvelles dans le système de production traditionnel qu'une amélioration de la productivité est assurée. Sur cette base on peut, dans la présente étude, s'attendre à ce que l'amélioration des conditions d'élevage des agneaux Djallonké contribue à accroître la productivité des modes d'élevage traditionnels dans la zone d'étude.

Dans l'étude des performances des exploitations agricoles il y a, outre la productivité qui est une mesure d'efficacité technique, la rentabilité qui est un indicateur de performance économique. Mais contrairement à la productivité exprimant une mesure physique, la rentabilité est une mesure de valeur qui implique la notion de coûts et de profit. Elle est généralement définie comme étant la capacité d'un capital à générer de revenu. Il est dans ce sens assimilé au profit (cf. Ellis, 1993). Pour survivre durablement, une entreprise doit optimiser ses facteurs de production et en tirer un profit, elle doit être rentable. La rentabilité est donc une condition nécessaire de survie de l'entreprise, même si elle n'est pas une condition suffisante (Fanou, 2008). En comptabilité analytique la rentabilité d'un capital investi est alors le rapport entre le revenu réalisé ou attendu et les ressources engagées pour l'obtenir. Elle représente ainsi l'évaluation de la performance de ressources investies par l'exploitation. Elle peut être utilisée pour comparer des exploitations de différentes structures économiques. L'analyse de la rentabilité d'une exploitation peut être abordée à deux niveaux : celui de l'exploitation agricole et celui de la collectivité. Du point de vue du paysan individuel ou de l'exploitation agricole, l'analyse de la rentabilité faite est de nature financière. L'analyse financière s'intéresse aux flux monétaires réels de sortie (coûts) et d'entrée (recettes) concernant les individus ou groupes d'individus déterminés à l'intérieur de la société (agriculteurs, entreprises privés organismes publics etc.). Elle traite ainsi des paiements réels en argent effectués, par exemple pour la main d'œuvre, le capital, la terre. L'analyse économique, en revanche, s'intéresse aux coûts et bénéfices pour l'ensemble de la société sans se préoccuper de savoir qui paie et qui gagne (Gregersen et Contreras, 1994). Il existe donc deux formes de rentabilité, la rentabilité financière et la rentabilité économique, dont le trait distinctif fondamental est l'origine des ressources employées. Ainsi la rentabilité économique est un indicateur de la performance économique d'une exploitation agricole ou d'une firme utilisant l'ensemble de ses capitaux (propres et étrangers). Elle est donc indépendante du type de financement du capital et exprime la capacité du capital investi à générer un niveau donné de revenus avant paiement des intérêts sur les emprunts. A l'opposé la rentabilité financière se rapporte seulement à la capacité des capitaux propres à générer de revenu. D'un point de vue comptable les deux notions peuvent être alors utilisées de façon interchangeable si l'exploitation ne bénéficie pas de crédits extérieurs.

2.2. Estimation de la productivité et de la rentabilité agricoles

En économie agricole, il existe plusieurs approches d'évaluation de la rentabilité d'une activité ou d'un système de production. Il s'agit par exemple de la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP) (Ibro et al., 2002; Fanou, 2008), de la méthode basée sur le bilan ou celle utilisant le compte de résultat ou compte d'exploitation (Mae et al., 2002 ; Hamadou et Bouyer, 2005 ; Kane 2010). Mais du fait de sa simplicité c'est la méthode basée sur le compte d'exploitation qui est retenue pour la présente étude. A partir du compte d'exploitation plusieurs indicateurs permettant de mesurer la productivité et la rentabilité des différents modes d'élevage des agneaux Djallonké sont établis comme suit (cf. Upton 1996 ; Carles 1999 ; Yegbemey 2009) :

La Marge brute (MB) : La marge brute est une notion qui n'est pas normalisée. Elle est en économie agricole considérée comme étant la différence entre le produit brut en valeur (PBV) et les charges variables (CV) ou charges opérationnelles. Soit :

$$MB = PBV - CV \quad (1)$$

Compte tenu de la nature des charges variables engagées dans l'élevage des ovins et qui se limitent aux consommations intermédiaires (coût de médicaments et de soins) nous utiliserons ici de façon interchangeable la marge brute et la valeur ajoutée (VA). Cette dernière indiquant la richesse créée par l'élevage des ovins et par là sa contribution au PIB du pays. La marge brute ou valeur ajoutée peut s'exprimer en FCFA par unité d'input (ex. par tête d'ovin), avec 1 Euro correspondant à 656 FCFA.

La Marge Nette (MN) : La marge nette, encore appelée bénéfice net ou profit mesure la différence entre le produit brut en valeur (PVB) et le coût total de production (CT), charges variables (CV) et charges fixes (CF) ou encore la différence entre la marge brute (MB) et les coûts fixes (CF). Elle est exprimée en FCFA par unité d'input ou d'output par la formule suivante:

$$MN = PVB - CT = PVB - CV - CF = MB - CF \quad (2)$$

- Si $MN > 0$, l'activité de production est dite rentable, car le produit brut arrive ainsi à couvrir toutes les charges engagées.

- Si $MN < 0$, l'activité n'est pas rentable.

La Productivité de la Main d'Œuvre (PMO) : Elle peut être estimée de plusieurs façons:

- **En utilisant la Valeur ajoutée**

Dans ce cas la productivité de la main d'œuvre encore appelée « Productivité apparente du travail » s'obtient en rapportant la richesse créée au facteur travail. Soit :

$$PMO = \frac{\text{Valeur Ajoutée}}{MOF} \quad (3)$$

Avec MOF désignant la quantité de main d'œuvre familiale totale par unité d'input utilisé (en homme-jours (Hj)/unité d'input)

- **En utilisant la marge nette**

Dans ce cas on parle de la productivité moyenne de la main d'œuvre (cf. Upton 1996, Carles 1999). Cette productivité

qui s'obtient en rapportant la marge nette à la quantité de main d'œuvre familiale utilisée, s'exprime par :

$$PMO = \frac{MN}{MOF} \quad (4)$$

Avec MN la marge nette par unité d'input (ex tête d'animaux) et MOF la quantité de main d'œuvre familiale totale par unité d'input utilisé (en Homme-jours) et PMO la productivité moyenne de la main d'œuvre (en Francs CFA/Homme-Jours). En analyse de rentabilité économique, la PMO est comparée au coût d'opportunité de la main d'œuvre familiale, c'est-à-dire au taux de salaire, w , dans la zone d'étude. Ainsi :

- Si $PML > w$, l'activité est économiquement rentable du point de vue du salaire obtenu.
- Si $PMI < w$, l'activité n'est pas rentable et le producteur a intérêt à aller vendre sa force de travail hors de son exploitation

Le Taux de rentabilité Interne (TRI) : Il représente la marge nette par unité de capital total investi, c'est-à-dire la somme des coûts totaux de production et la valeur de la main d'œuvre familiale. Il s'exprime par :

$$TRI = \frac{MN}{CT + VMOF} \quad (5)$$

Avec MN marge nette de la production (en FCFA/unité d'input), CT les coûts totaux (en FCFA/unité d'input) et VMOF la valeur de la main d'œuvre familiale (en FCFA/unité d'input) c'est à dire le produit de la main d'œuvre familiale par son coût d'opportunité. Ainsi le TRI est exprimé en %. Pour une grande rigueur d'analyse financière, il est aussi possible de déduire de la marge nette la valeur de la main d'œuvre familiale, c'est-à-dire le salaire du producteur. Ainsi le TRI peut aussi s'écrire :

$$TRI = \frac{MN - VMOF}{CT + VMOF} \quad (6)$$

En comparant le TRI au taux d'intérêt, i , appliqué par les institutions financières compétitives de la zone d'étude, on a deux cas possibles:

- Si $TRI > i$, l'activité est économiquement rentable du point de vue de l'investissement du capital
- Si $TRI < i$, l'activité n'est pas économiquement rentable du point de vue de l'investissement. Ainsi le producteur qui contracte un prêt au taux d'intérêt i pour mener l'activité considérée ne pourra pas rembourser sa dette à partir de la marge nette générée par cette activité.

2.3. Zone d'étude et échantillonnage

La zone d'étude est la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin et située entre les parallèles 9° et 10° de latitude Nord et les méridiens 1° et 2° de longitude Est. D'une superficie d'environ 1 500 km² et peuplée d'environ 45 710 habitants (recensement de 2002), la commune de Ouaké est caractérisée par une saison de pluie et une saison sèche bien marquée, une précipitation annuelle moyenne de 1 250 mm. Les températures journalières moyennes varient entre 29 et

33° C avec un maximum de 40° pendant la saison sèche. La végétation est de type savane arborée. Ces conditions écologiques et climatiques définissent des activités économiques où dominant l'agriculture et l'élevage. C'est l'importance de l'élevage de petits ruminants et surtout celui des ovins dans la commune qui justifie le choix de cette localité. Dans la commune, les villages accessibles où dominant l'élevage des ovins et où la disponibilité des éleveurs est acquise, ont été sélectionnés. Il s'agit au total de 13 villages. Après un recensement exhaustif des éleveurs d'ovins possédant des agneaux de 0 à 7 jours, un échantillon de 38 éleveurs sur un total de 40 sur combien (total). Étant donné que le recensement a été exhaustif tirés au hasard a été retenu. La collecte des données est basée sur un dispositif expérimental qui se présente comme suit.

2.4. Dispositif expérimental

2.4.1. Matériel animal

L'étude a porté sur 80 agneaux répartis en trois lots expérimentaux et un lot témoin. Chacun des lots est composé de 20 agneaux mâles et femelles tous âgés de 1 à 2 jours. Les agneaux proviennent de 38 troupeaux différents, soit en moyenne 2 agneaux par troupeau. Le nombre de brebis en fin de gestation, le nombre d'agneaux âgés de moins d'une semaine, la disponibilité et l'expérience des éleveurs ont été les critères de choix des troupeaux ayant servi pour constituer la base de sondage. Ainsi le suivi des animaux a été réalisé auprès de 38 éleveurs dont 4 éleveurs professionnels, 20 agriculteurs et 14 commerçants. La plupart des éleveurs (52%) sont de sexe féminin. Les conditions d'élevage traditionnel sont similaires d'un éleveur à un autre.

2.4.2. Matériel d'expérimentation et mode de conduite

L'étude repose sur 4 lots d'expérimentation dont un lot témoin constitués pendant la saison de pluie entre juin et octobre, période de forte mortalité des agneaux. Tous les lots sont gardés dans leur troupeau d'origine pour être le plus proche possible des conditions naturelles. Chaque éleveur garde son troupeau d'expérience dans un enclos, dont les parois sont partiellement ouvertes pour assurer la ventilation. La litière de la bergerie est composée de fanes d'arachides, renouvelées après deux ou trois semaines. L'alimentation est constituée exclusivement de pâturage naturel (*Panicum maximum* et de *Bracharia ruzizensis*). Au pâturage les animaux sont attachés au piquet afin de protéger les cultures. Pour les besoins de l'étude une durée de pâture de 8 heures par jour, généralement à partir de 7 heures le matin, a été recommandée aux éleveurs. Après 4 à 5 heures de pâture les animaux reçoivent de l'eau et sont déplacés par les éleveurs pour leur permettre de pouvoir brouter les herbes de leur choix. Les trois premiers jours après la mise bas, les brebis sont nourries à la bergerie. Entre le 7-10^{ème} jour elles rejoignent les autres animaux au pâturage, pendant que les agneaux sont gardés à la bergerie et alimentés en eau et avec des restes d'aliment de ménage surtout de la pâte de céréales

diluée dans de l'eau. La période entre le 3^{ème} et le 14^{ème} jour après la naissance est considérée comme une période de stress pour les agneaux et c'est d'ailleurs en cette période que les animaux reçoivent le traitement prophylactique (Tableau 1). En cas de diarrhée dans un lot autre que le lot témoin, les animaux sont traités.

Tableau 1 : Lots d'expérimentation et leur traitement

Table 1 : The four treatments of the experiment

Lot	Désignation	Traitement
0	Témoin	Aucun traitement Ni préventif, ni curatif
1	Hygiène	Nettoyage quotidien et désinfection par quinzaine des étables, des abreuvoirs et mangeoires à base de : Abotik : solution antiparasitaire externe contre tiques, gales et poux Crésyl : antimicrobien pour désinfecter les locaux
2	Mesures prophylactiques à base de médicament	Stress-Vitam: carences alimentaires, troubles de la croissance ^a Ivermectine : déparasitant ^b Oxycline : Antibiotiques contre les infections à germes ^c Veto- Anti-Diar : anti-diarrhéique contre les affections gastro-intestinales
3	Hygiène et mesures prophylactiques	Traitement du lot 1 + traitement du lot 2

2.5. Collecte et estimation de données

Du jour de la naissance jusqu'à l'âge de 3 mois, les agneaux sont suivis régulièrement. Ils sont pesés tous les 15 jours à partir de la naissance, c'est-à-dire aux jours J1, J15, J30, J45, J60, J75 et J90. Les pesées ont lieu le matin entre 7 h et 9 h avant le départ au pâturage. Une désinfection des animaux et des matériels d'expérimentation se fait à l'aide de crésyl tous les 15 jours. Pour la pesée ce sont des pesons à ressort de capacités maximales respectives de 5 kg (à précision de 50 g) et de 20 kg (à précision de 200 g) qui sont utilisées. Les premiers servent à la pesée des agneaux de 0 à 60 jours d'âge et les seconds à la pesée des agneaux de 75 à 90 jours. Les prévalences et types de maladie et de mortalité sont enregistrés au fur et à mesure sur des fiches individuelles d'agneaux. Les données relatives aux éleveurs sont enregistrées séparément sur la base de questionnaire.

Pour estimer les coûts de la main d'œuvre, le nombre d'heures consacrées à l'alimentation, aux soins, à la conduite au pâturage des animaux, et à la collecte de fourrage, le temps consacré est revoir la formulation de la phrase d'abord enregistré pour chaque type de participants (hommes, femmes et enfants entre 6 et 14 ans). Au niveau de chaque troupeau la quantité totale de la main d'œuvre (QT) en homme-jours a été ensuite obtenue en utilisant les coefficients de conversion de Norman (1972) :

$$QT = \frac{NHH + NHF * 0,75 + NHE * 0,50}{8} \quad (7)$$

Avec QT quantité totale de main d'œuvre (en homme-jours), NHH Nombre d'heures des hommes, NHF nombre d'heures des femmes et NHE Nombre d'heures des enfants de 6 à 14 ans. Le nombre 8 correspond à la durée de la journée de travail dans la zone d'étude. En appliquant le coût d'opportunité moyen de la main d'œuvre dans le secteur d'élevage, dans la zone d'étude, soit 850 FCFA/Hj (cf. Edoun, 2009) on obtient le coût effectif de la main d'œuvre.

La valeur de la production est par contre obtenue en multipliant le gain de poids vif en kg par le prix moyen du kg d'agneau de trois mois, qui est de 1000 F/kg dans la zone d'étude. Les coûts variables sont constitués des coûts de produits utilisés, obtenus en multipliant la quantité de chaque intrant par son prix unitaire, et le coût de la main d'œuvre. Les coûts fixes sont les coûts de la dépréciation des équipements et matériels utilisés. La marge brute et marge nette sont estimées en appliquant les formules précédemment définies.

Le traitement des données a été fait grâce au logiciel Word et les calculs ont été effectués dans Excel. L'analyse statistique a été faite à l'aide du logiciel SPSS 16.0.

3. Résultats

3.1. Types de main d'œuvre utilisé dans l'élevage des ovins

La main d'œuvre familiale est le seul type de main d'œuvre utilisé dans le cadre de l'élevage des ovins dans la zone d'étude. Provenant de la plupart des membres actifs du ménage, cette main d'œuvre est consacrée à l'alimentation, la conduite au pâturage et la mise en piquet, aux soins. La distribution de la main d'œuvre familiale par rapport aux différentes opérations est très variable. Les femmes participent avec 50% de la main d'œuvre disponible à l'alimentation d'une part et avec 52% d'autre part aux soins des animaux et à l'approvisionnement des aliments plus que les hommes et enfants du ménage. Dans la conduite au pâturage et la mise au piquet des animaux les enfants du ménage dominent avec 77% de la main d'œuvre totale disponible pour cette activité. Bien que les hommes participent aux différentes opérations, ils n'investissent que 23% de la main d'œuvre totale, loin derrière les femmes, dans l'approvisionnement des aliments du bétail où n'interviennent pratiquement pas les enfants. En moyenne pour toutes les activités les femmes et les enfants ont alloué par catégorie plus de deux fois de main d'œuvre que les hommes (Tableau 2).

Tableau 2. Distribution de la main d'œuvre familiale selon les activités d'élevage et les membres du ménage

Table 2 : The distribution of labor input (percent) for four sheep-maintenance activities by three gender groups

Type d'activité	Femmes (%)	Homme (%)	Jeunes (%)
Approvisionnement en aliment	77	23	0
Alimentation	50	18	32
Pâturage et mise au piquet	13	11	77
Soins	52	14	34
Moyenne	48	17	36

3.2. Taux de mortalité des agneaux

Durant la période d'expérimentation, le taux de mortalité des agneaux est en moyenne de 14%. Ce taux est plus élevé dans le mode témoin (30%) suivi du mode « médicaments », avec 15%. Les modes « Hygiène » et « Hygiène-Médicaments » n'enregistrent que 5% chacun de taux de mortalité (Tableau 3).

Tableau 3 : Evolution du poids et du taux de mortalité des agneaux dans les différents traitements

Table 3 : The weight development and the mortality of the four treatments and the overall average (mean) in rainy season

Traitemen t	Taux de Mortalité		Poids (en kg)			
	(%)	N (vi- vants)	Nais- sance	30 jours	60 jours	90 jours
Témoin	30	14	1,45 ± 0,28	2,31 ± 0,48a	4,1 ± 0,4a	5,2 ± 0,5a
Hygiène	5	19	1,46 ± 0,50	3,25 ± 0,84b	5,6 ± 0,9b	7,9 ± 0,9b
Médica- ments	15	17	1,44 ± 0,46	2,61 ± 0,41a	4,8 ± 0,3a	6,6 ± 0,6a
Hygiène et médica- ments	5	19	1,49 ± 0,38	3,81 ± 0,51c	6,6 ± 0,6c	9,3 ± 0,9c
Moyenne	14	69	1,46 ± 0,46	3,08 ± 0,82	5,4 ± 1,1	7,3 ± 1,8

a=Stress-Vitam: carences alimentaires, troubles de la croissance

b=Ivermectine : déparasitant

c=Oxycline : Antibiotiques contre les infections à germes.

À la naissance, la différence de poids entre les agneaux des différents modes n'est pas significative. Le poids est presque le même pour les agneaux (cf. tableau 3). Mais à partir du 30^{ème} jour on observe une évolution de poids. Comparé au « témoin » le mode « hygiène » indique un poids vif moyen (3,25 kg ± 0,84) plus élevé et une différence significative au seuil de 5%. Avec un poids moyen de 2,61 kg ± 0,41, le mode « Médicament » n'est pas significativement différent du mode « témoin ». Par contre entre le mode « hygiène- médicaments » et le mode « témoin » la différence de poids est significative ($p < 0,05$). Les mêmes tendances de différence de poids entre les différents modes s'observent aussi au 60^{ème} et au 90^{ème} jour. Les coûts totaux engagés diffèrent aussi d'un mode à un autre. C'est le mode « Hygiène » et le mode « Hygiène-Médicaments » qui occasionnent avec respectivement 22 941 FCFA et 35 517 FCFA, les coûts totaux moyens les plus élevés. Ce sont ces deux modes également qui offrent les marges nettes, 92 979 FCFA et 105 063 FCFA, les plus élevées (cf. tableau 4). Entre les marges nettes de ces deux modes et celle du mode « Témoin », il y a une différence significative ($p < 0,01$). Par contre il n'y aucune différence significative entre les marges nettes des modes « Témoin » et « Médicaments » d'une part et celles des modes « Hygiène » et « Hygiène-Médicaments » d'autre part.

Le taux de rentabilité interne (TRI) des trois modes de traitement n'est pas significativement différent du celui du mode «Témoin».

Tableau 4 : Indicateurs de performance économique des différents modes d'élevage

Table 4 : Financial results of the four treatments for the herds

Paramètre et indicateurs écono- miques (en FCFA)	Modes de traitement			
	Témoin	Hygiène	Médica- ments	Hygiène et médi- cament
Produit brut en valeur	52 500	115 920	87 720	140 580
Coûts opération- nels	2 070	9 916	7 267	18 401
Coût de la main d'œuvre	4 830	11 500	8 021	14 663
Coût fixe	1 937	1 525	1 779	2 454
Coût total	8 837	22 941	17 067	35 517
Marge brute ou Valeur ajoutée	45 600	94 504	72 432	107 517
Marge nette	43 663	92 979	70 653	105 063
Taux de rentabilité interne (%)	4,94	4,89	4,14	3,60
Productivité appa- rente du travail (FCFA/HJ)	8 875	7 835	8 526	7 083
Productivité moyenne de la main d'œuvre (FCFA/Hj)	7 684	6 872	7 487	6 091
Ratio Bénéfice- Coût	5,94	5,05	5,14	3,96

Le TRI du mode « Hygiène-Médicament » est même avec 3,60% relativement plus faible. La même tendance s'observe au niveau du ratio bénéfice-coût et de la productivité de la main d'œuvre familiale (cf. tableau 4)

4. Discussion

L'expérimentation a montré qu'une amélioration des conditions d'élevage en milieu paysan peut contribuer à améliorer la productivité des troupeaux d'ovins et ce faisant accroître le revenu des éleveurs. En effet le poids à la naissance des agneaux est presque le même dans tous les modes, étant donné que les conditions d'élevage traditionnel sont similaires pour tous les troupeaux de la zone d'étude. Après le 30^{ème} jour on note cependant un gain de productivité significatif en termes de poids par agneau. Les poids ont plus que doublé dans les modes « Hygiène » et « Hygiène-Médicament ». Ce sont ces deux modes qui offrent également aux 60^{ème} et 90^{ème} jour les valeurs les plus élevées par rapport au mode « témoin » et au mode «Médicament». Il en résulte que l'hygiène, une pratique peu coûteuse et accessible à tous les éleveurs, peut jouer un rôle déterminant dans l'amélioration de la productivité de l'élevage des ovins. Mais en même temps ce résultat témoigne que le seul apport de médicaments dans les systèmes d'élevage traditionnel ne peut être le moyen approprié pour assurer la croissance optimale des animaux, confirmant ainsi la thèse de Iniguez (2011) dans

son étude sur l'élevage de petits ruminants des régions sèches et selon laquelle, « les médicaments ne sauraient remplacer l'hygiène, des conditions institutionnelles et autres sont d'abord des préalables avant que la pratique des médicaments ne soit efficace ». Les résultats de poids obtenus après 3 mois au niveau des deux modes de traitement les plus performants sont supérieurs à ceux obtenus par Gbangboché et al. (2005) et variant de 6,61 kg à 7,13 kg, mais inférieurs à ceux de N'GERE et al. (1993) et Youssao et al. (2008) qui obtiennent respectivement pendant la période sèche pour la même race d'ovins 9,80 à 10,15 kg et $10,56 \pm 1,88$ kg à l'âge de 90 jours. La différence peut être liée à la période d'expérimentation, car pendant la saison sèche, bien que le fourrage soit limité, les animaux sont moins exposés aux maladies et aux attaques parasitaires. Comme le confirment aussi Fall et al. (1992), London et Weniger (1994), Yapi-Gnaore et al. (1997) l'année et la saison ont une influence sur la croissance étant donné la variation de la conduite et de l'environnement physique au cours des saisons.

Le taux de mortalité le plus élevé (30%) est observé au niveau du mode « Témoin », celui le plus faible (5%) au niveau des modes « hygiène » et « hygiène-médicaments ». En l'absence d'hygiène la bergerie est boueuse et sale et les animaux sont plus exposés à des attaques parasitaires, des infections et maladies, cause d'une forte mortalité. Ces résultats sont concordants avec ceux de Akimboade (1983) et Stachurski et al. (1988) qui affirment que les tiques et les poux peuvent dans le lot témoin réduire la croissance des animaux directement et transmettre indirectement des agents pathogènes, source de mortalité des animaux. Les taux de mortalité obtenus dans le mode « témoin » et « médicament » sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Abassa et al. (1992) dans leur étude sur les montons Djallonké au Togo, mais restent dans la marge de 20 à 48% établis par Vallerand et Branckaert (1975), Strutz et Glombitza (1986) et Armbruster (1991).

Par rapport aux charges engagées dans l'élevage des ovins au Nord du Bénin, il y a une différence significative entre les différents modes et le mode témoin. Les charges moyennes les plus élevées s'observent dans le mode « hygiène » (22 941 FCFA/tête) et « hygiène-médicament » (35 517 FCFA/tête). La quantité de produits utilisés et leur coût respectif expliquent le niveau relativement élevé des charges dans ces deux modes. Comparées aux coûts évalués par Diaw (2005) dans son « étude diagnostique de l'élevage des ovins à Saint-Louis au Sénégal » et qui sont de 42 165 FCFA/tête, les charges moyennes de nos différents modes d'élevage sont relativement faibles, la charge la plus élevée étant 35 517 FCFA/ tête dans le mode « Hygiène-Médicaments ». Sur la base de la marge nette qui est positive dans chacun des modes d'élevage on peut déduire que l'activité d'élevage des ovins est économiquement rentable dans la zone d'étude. Cette rentabilité varie cependant d'un mode à un autre. Les modes d'élevage procurant les meilleurs revenus nets aux éleveurs sont le mode « Hygiène » et le mode « Hygiène-Médicament » qui par rapport aux modes « Témoin » et « Médicaments » sont aussi les modes à moindre taux de mortalité, à

fort taux de croissance pondérale, et à charges élevées. La marge nette du mode le plus performant c'est-à-dire le mode « Hygiène-Médicaments » (105 063 FCFA/tête) est supérieure à celle du mode équivalent de Diaw (2005) qui est de 49 217 FCFA/tête mais inférieure à celle de Bâ (2007), 194 923 FCFA/tête. Avec ce dernier auteur la différence peut être due à l'effet du complément alimentaire utilisé.

Bien que tous les modes étudiés soient aussi économiquement rentables du point de vue du salaire obtenu, ce sont cependant les modes « hygiènes » et « Hygiènes-Médicaments » qui offrent les productivités moyennes de la main d'œuvre familiale ou les productivités apparentes du travail les moins élevées. Ceci est dû au fait que ce sont ces deux modes qui ont requis les quantités de main d'œuvre les plus abondantes. Mais sur la base des résultats des différents modes, on peut déduire que les éleveurs ont plus intérêt à consacrer leur main d'œuvre à l'élevage des ovins dans leur troupeau que d'aller vendre leur force de travail hors de leur exploitation. Comparée au résultat de Bâ (2007) qui est de 839,22 FCFA/HJ, la productivité apparente du travail de chacun des modes étudiés reste supérieure sûrement à cause de la quantité élevée de main d'œuvre chez cet auteur, étant donné qu'il a réalisé une marge nette plus importante comme précédemment mentionné.

L'analyse du Ratio Bénéfice-Coût (RBC) révèle qu'il n'y a aucune différence significative entre les différents modes. Le RBC du mode «Hygiène-médicaments », jusque-là le plus performant sur la base des autres indicateurs a même le RBC le plus faible (3,96) pendant que le mode « Témoin » montre un RBC, plus élevé (5,94). Ceci s'explique par le niveau de charges qui sont plus élevées dans le mode «Hygiène-médicaments ». Ainsi 1 franc investi ne rapporte que 3,96 francs dans le mode « Hygiène-Médicament », 5,14 francs, dans le mode « Médicaments » et 5,05 francs dans le mode « Hygiène » pendant que le mode « Témoin » rapporte 5,94 francs par unité de capital investi. Une amélioration de la productivité et une réduction de coûts dans les autres modes contribueront à améliorer la rentabilité de l'investissement par rapport au mode témoin.

En ce qui concerne le taux de rentabilité interne (TRI), on remarque également la même tendance qu'avec le RBC. Bien qu'il n'y ait aucune différence significative entre les TRI des différents modes, c'est le mode « Témoin » qui offre le TRI le plus élevé (4,94). L'effet des coûts élevés dans les autres modes et surtout dans le mode « Hygiène-Médicaments » explique aussi ce résultat. En comparant chacun de ces TRI au taux d'intérêt moyen (12%) des institutions financières compétitives de la zone d'étude, on s'aperçoit qu'aucun des modes étudiés n'est économiquement rentable par rapport à cet indicateur. On ne saurait donc conseiller aux éleveurs d'aller solliciter des prêts pour assurer leur élevage, puisqu'au aucun effet de levier d'endettement ne peut être attendu.

De façon générale, il ressort de l'analyse des différents résultats qu'une amélioration des conditions d'élevage dans la zone d'étude peut contribuer à augmenter de façon significative la productivité des ovins et le revenu net des éleveurs

dont la majorité (53%) est avant tout des agriculteurs. Dans le contexte actuel de changement climatique caractérisé au nord du Bénin par l'instabilité des revenus agricoles, du fait de la précarité des saisons agricoles (retard de pluie, sécheresse prolongée, etc.), l'élevage des ovins constitue ainsi une importante source de revenu monétaire d'appoint, représentant environ 40 à 62% du revenu total des producteurs et permettant de minimiser les risques agricoles. C'est grâce à ce revenu que la plupart des éleveurs (94%), dont la majorité est composée de femmes (52%), assurent leurs dépenses quotidiennes de ménage et surtout celles de la période de soudure (période entre le semis et la récolte des cultures), financent la scolarisation de leurs enfants, les soins de santé, les cérémonies familiales courantes (baptême, décès) mais aussi des investissements dans la production agricole. Ainsi l'élevage des ovins joue en milieu rural au Bénin un important rôle économique et social et constitue un élément essentiel dans la stratégie de survie qu'adoptent la plupart des petits exploitants agricoles. Ce qui confirme la thèse de Lhoste et al. (1993) qui attribuent à l'élevage d'ovins Djallonké un rôle déterminant dans l'économie paysanne et celle de De Haan (1997) qui considère que l'élevage des ovins est une activité importante du secteur rural en région aride et semi-aride d'Afrique de l'Ouest. En améliorant la rentabilité économique et financière de l'élevage des ovins, comme le montre la présente étude, on peut alors contribuer à assurer de meilleures conditions de vie aux producteurs et ce faisant réduire la pauvreté en milieu rural.

5. Conclusion

Dans les conditions actuelles d'élevage, la productivité des ovins est relativement très faible du fait de leur fort taux de morbidité et de mortalité comme le montre le mode «Témoin» de l'expérimentation. Une amélioration de ces conditions par de simples mesures d'hygiène, peu coûteuses, donc accessibles aux éleveurs est possible pour accroître la productivité des ovins. Bien que l'utilisation des médicaments associée à l'hygiène améliore le résultat d'élevage, il faut toutefois noter que le seul usage de ces médicaments ne contribue qu'à un faible gain de productivité. C'est donc un signal auquel doit tenir compte les services de vulgarisation animale dans leur approche d'amélioration de la productivité, exclusivement par de soins vétérinaires.

De par les valeurs de la marge nette des différents modes, l'élevage des ovins est rentable dans la zone d'étude. Ainsi les facteurs impayés des éleveurs tels que leur capital et capacité managériale peuvent être rémunérés à travers les revenus obtenus. Mais c'est en appliquant des mesures d'hygiène et prophylactiques appropriées qu'ils pourront accroître plus la rentabilité de leur activité. Bien que la main d'œuvre des éleveurs soit mieux rémunérée par rapport à leur coût d'opportunité dans chacun des modes de l'expérimentation, c'est cependant le mode «Témoin» et «médicament», les deux modes les moins performants sur la base de la marge nette,

qui offrent la productivité moyenne de la main d'œuvre ou productivité apparente du travail les plus élevées. Les éleveurs tout en optant pour l'application de mesures d'hygiène et prophylactiques doivent chercher à optimiser le temps de travail pour réaliser plus de gain. Le niveau de coûts élevés dans les modes «Hygiène» et «Hygiène-Médicaments» a engendré de faibles Ratios Bénéfice-Coût et de faibles Taux de Rentabilité Interne par rapport aux modes «Témoin» et «Médicaments». La réduction des médicaments onéreux en faveur des mesures d'hygiène plus approfondies pourrait contribuer à mieux rentabiliser le capital investi.

En somme, si des résultats concluants, comme l'effet de l'hygiène sur la réduction du taux de morbidité et de mortalité, mais aussi sur les performances économiques de l'élevage traditionnel ont été obtenus, on pourrait toutefois dans une perspective future s'intéresser à l'effet des compléments alimentaires. Ainsi la recherche de l'influence de la complémentarité alimentaire avec des sous-produits agricoles tels que les sons de céréales, les fanes d'arachides, les épluchures séchées d'igname et de manioc pourrait contribuer à élaborer une bonne stratégie d'amélioration des performances économiques du système d'élevage des ovins au Bénin ou dans toute région aride et semi-aride de l'Afrique de l'Ouest.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Abassa K.P., Pessinaba J., Adeshola L., Ishola A., 1992. Croissance pré-sevrage des agneaux Djallonké au centre de Kolokopé (Togo). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 45, 49-54.
- Akimboade A.P., 1983. Experimental transmission of Babesiabigemina in sheep using infective tick of Boophilus decoloratus. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 34, 271-273.
- Armbruster T., Peters K.J., Hadji-Thomas A., 1991. Sheep production in the humid zone of West Africa -Mortality and productivity of sheep in improved production Systems in Côte d'Ivoire. *J. Anim. Breed. Genet* 108, 220-226.
- Bâ A., 2007. Evaluation des revenus des agropasteurs, leurs demandes de formation et d'éducation, et leurs capacités contributives: cas de l'unité pastorale de Bélél Bogal dans le département de Podor au Sénégal. Mémoire ENEA (Sénégal)
- Beitone A., Cazorla A., Dollo C., Draï A.M., 2008. Dictionnaire des Sciences économiques. Paris: Armand Colin
- Bjurek H., Durevall D., 1998. Does Market Liberalization Increase Total Factor Productivity: Evidence from the Manufacturing Sector in Zimbabwe. Working Papers in Economics, n° 10, Göteborg University. Department of Economics Göteborg University
- Carles R., 1999. Audit et Gestion de l'entreprise agricole. Centre d'Economie Rurale. Edition France Agricole.

- Diaw Y., 2005. Etude diagnostic de l'élevage ovin dans la commune de Saint-Louis. Mémoire DEA, ENCR de Bambey (Sénégal).
- De Haan L.J., 2004. Agriculteurs et éleveurs au Nord- Bénin : écologie et genres de vie. Paris: Karthala
- Edoun O.G., 2009. Eléments de conduite technique pour la sauvegarde des agneaux Djallonké de pre-sevrage dans la commune de Ouake, Nord-Ouest du Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, UP/FA, Université de Parakou (Bénin).
- Ellis F., 1993. Peasants Economics: Farm Households and Agrarian Development, Second Edition, Cambridge University Press.
- Fall A., Diop M., Sandford J., Gueye E., Wissocq Y.J., Durkin J., Trail J.C.M., 1992. Etude sur la productivité de moutons Djallonké au Centre de Recherches Zootechniques de Kolda, au Sénégal. 1. Paramètres de reproduction et viabilité des agneaux. Dakar (Sénégal).
- Faye B., Alary V., 2001. Enjeux des productions animales dans les pays du sud. Prod. Anim. 14, 3-13.
- Fanou L., 2008. Rentabilité financière et économique des systèmes de production maraichers au Sud-Benin: une application de la Matrice d'Analyse des Politiques. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, Abomey Calavi (Benin).
- Gamache R., 2005. La productivité: Définition et enjeux. Bibliothèque nationale du Québec, Canada
- Gbangboche A.B., Hornick J.L., N'diaye M.A., Edoth A.P., Farnir F., Abiola F.A. and Leroy P.L., 2005. Caractérisation et maîtrise des paramètres de la reproduction et de la croissance des ovins djallonké (*Ovis aries*). Annales Médecine Vétérinaire 149, 148-160
- Gregersen H., Contreras A., 1994. Evaluation économique des impacts des projets forestiers. Etude FAO forêt 106, Rome.
- Hamadou S., Bouyer J., 2005. Production Laitière en Zone Périurbaine, Calcul de la rentabilité des fermes. CIRDES/CIRAD, Fiche 21. France
- Hayami Y., Ruttan V., 1985. Agricultural Development: An International Perspective. 2. rev. and ext. ed., Baltimore, London.
- Ibro M., Bokar M., Alio K., Nouhoheflin T., 2002. Analyse Coût-bénéfice des Technologies du Niébé: Une Application de la Matrice d'Analyse des Politiques (MAP). Communication à la conférence annuelle de l'Association Africaine d'Evaluation, Nairobi, 10-14 Juin 2002. ReNSE. www.ird.ne-rens (30.01.2014)
- Iniguez L., 2011. The challenges of research and development of small ruminant production in dry areas. Small Ruminant Research, 98 (1-3), 12-20
- Kaci M., 2006. Comprendre la productivité : un précis. La Revue canadienne de productivité, 2006, n° 15-206-XIF au catalogue, Statistique Canada, Ottawa, Canada.
- Kane G.Q., 2010. Analyse des performances productives des exploitations familiales agricoles de la localité de Zoetele. Mémoire du DEA/Master, Université de Yaoundé (Cameroun).
- Knox Lovell C.A., 2003. The Decomposition of Malmquist Productivity Indexes. Journal of productivity analysis, 20, 437-458.
- Lhoste P., Dolle V., Rousseau J., Soltner D., 1993 : Manuel de zootechnie des régions chaudes: les systèmes d'élevage. Collection précis d'élevage.
- London J.C., Weniger J.H., Schwartz H.J., 1994. Investigation into traditionally managed Djallonké-Sheep production in humid and subhumid zones in Assaonye in Ghana II. Reproductive events and prolificacy. J. Anim. Breed. Genet, III, 432-450.
- Mae, Cirad, Gret et Cta 2002. Mémento de l'agronome. Ministère des Affaires Etrangères (MAE), Centre de coopération Internationale en recherche agronomique pour le Développement (CIRAD), Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET). Paris (France)
- Medenou A., 1997. Diagnostic participatif sur la production des agneaux dans le département du Mono au Bénin. Cotonou (Benin).
- Ministère des Affaires Etrangères (MAE), Centre de coopération Internationale en recherche agronomique pour le Développement (CIRAD), Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET). Paris (France) (2002). Mémento de l'agronome. France
- N'gere L.O., 1993. Size and growth rate of the west african dwarf sheep and new breed, the Nungua black head of Ghana. Ghana J. Agric. Sci., 6, 113-117
- Norman D.W., 1972. An economic survey of three villages in Zaria province 2. Input-output study. Samaru miscellaneous papers 37. Ahmadu Bello University Zaria (Nigeria).
- Sadoulet E., de Janvry A., 1995. Quantitative Development Policy Analysis. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Soulemana M.A., 2008. Diagnostic participatif de la productivité des troupeaux ovins Djallonké dans les Communes de Gogounou et de Ouaké au nord du Bénin. Thèse d'ingénieur agronome. FA, Université de Parakou.
- Stachurski F., Barre N., Camus E., 1988. Incidence d'une infestation naturelle par la tique *Amblyomma variegatum* sur la croissance des bovins et des caprins créoles. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop, 41, 395-405.
- Strutz C., Glombitza F., 1986. Moutons Djallonké élevés par les villageois au Congo, peuvent-ils être sélectionnés pour l'augmentation du poids. Rev. Elev Méd. Vét. P Trop, 39, 107-111
- Toukourou, Y., 2012. Evaluation des performances zootechniques des agneaux djallonké complémentés avec du lait de soja dans la commune de Parakou (Benin). Rapport technique.
- Upton M., 1996. The economics of tropical farming systems, Cambridge University Press.
- Vallerand F., Branckaert R., 1975. La race ovine Djallonké au Cameroun: potentialités zootechniques, condition d'élevage, avenir. Rev. Elev. Med. Vét. Pays Trop, 28 (4), 523-545.
- Yapi-Gnaore C.V., Oya A., Rege J.E.O., Dagnogo B., 1997. Analysis of an open nucleus breeding programme for Djallonké sheep in the Ivory Coast. 1. Examination of non-genetics factors. Anim. Sci., 64, 291-300.
- Yegbemey R.N., 2009. Analyse économique des exploitations rizières de la Commune de Malanville, Thèse d'Ingénieur Agronome, FA/UP, Parakou (Bénin).
- Youssao A.K.I., Farougou S., Koutinhoun B.G., Bio Bagou G., Kora B.D., 2008. Aptitudes maternelles de la brebis Djallonké en élevage traditionnel dans la Commune de Banikoara au Bénin. Rev Méd. Vét., 159 (11), 538-544.



Paramètres démographiques des troupeaux bovins en transhumance dans la Commune de Djidja au Sud Bénin

M. AZALOU¹, T. I. ALKOIRET¹, Y. TOUKOUROU¹ et B. G. C. ASSOGBA¹

¹ Laboratoire d'Ecologie de Santé et de Production Animale (LESPA), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), BP123 Parakou, Bénin.

Reçu le 12 Octobre 2017 - Accepté le 04 Décembre 2017

Demographic parameters of transhumant livestock in the municipality of Djidja in South Benin

Abstract: A study of 30 transhumant cattle herds with a total number of 2,526 heads was carried out in the commune of Djidja in southern Benin to compare the demographic parameters of three transhumant breeding systems: trans-boundary transhumant (type 1), inter-communal transhumant (Type 2) and semi-sedentary transhumant (Type 3). These different types were identified following a typology set up in a previous study. Study data collected from transhumant pastoralists through a retrospective survey of the last 12 months (12MO). The different demographic parameters were calculated and analyzed under software R3.4.1 with the t12mo package. The demographic parameters of the surveyed herds were significantly ($p < 0.05$) influenced by the type of rearing. Thus, the overall mortality rate was higher ($P < 0.05$) in type 1 farms (0.07 vs. 0.03 and 0.04 year⁻¹ for types 2 and 3 respectively). The abortion rate was lower in type 2 and 3 (0.05, 0.04 vs 0.11 year⁻¹ for type 1). Year 1 herd rates were higher ($P < 0.05$) than type 2 and 3 (0.07 vs 0.05 and 0.03 year⁻¹). The annual growth rates of herds of Type 2 and 3 were also higher ($p < 0.05$) than those of the Type 1 (0.3 and 0.4 vs 0.1 year⁻¹). This study showed that type 1 herds pay a higher price for different causes of mortality, whereas type 2 and type 3 herds have a good disposition; including their adaptation to the environment and their reproductive qualities.

Keywords: Productivity, transhumant breeding systems; herd structure; cattle, Djidja.

Résumé : Une étude concernant 30 troupeaux bovins transhumants ayant un effectif total de 2526 têtes a été réalisée dans la commune de Djidja au sud du Bénin pour comparer les paramètres démographiques de trois systèmes d'élevage transhumants : les transhumants transfrontaliers (type 1), les transhumants inter-communaux (type 2) et les transhumants semi-sédentaires (type 3). Ces différents types ont été identifiés à la suite d'une typologie mise en place lors d'une précédente étude. Les données d'étude ont été collectées auprès des éleveurs transhumants à travers une enquête rétrospective des douze derniers mois (12MO). Les différents paramètres démographiques ont été calculés puis analysés grâce au package t12MO sous le logiciel R3.4.1. Les paramètres démographiques des troupeaux enquêtés ont été influencés significativement ($p < 0,05$) par le type d'élevage. Ainsi le taux de mortalité global était plus élevé ($P < 0,05$) dans les élevages de type 1 (0,07/an vs. 0,03 et 0,04/an pour les types 2 et 3 respectivement). Le taux d'avortement était plus bas dans les élevages de types 2 et 3 (0,05 ; 0,04/an vs 0,11 /an pour le type 1). Les taux annuels d'exploitation des troupeaux de type 1 étaient plus élevés ($P < 0,05$) que celui des troupeaux du type 2 et 3 (0,07/an vs 0,05 et 0,03/an). Les taux de croît annuel des troupeaux de type 2 et 3 ont été également plus élevés ($p < 0,05$) que ceux des élevages de type 1 (0,3 et 0,4/an vs 0,1/an). Cette étude a montré que les troupeaux de type 1 payaient un plus lourd tribut aux différentes causes de mortalité alors que les troupeaux de type 2 et 3 présente une bonne disposition ; notamment leur adaptation au milieu et leurs qualités pour la reproduction.

Mots clés : Productivité, transhumance ; structure troupeau ; bovin ; Djidja.

1. Introduction

L'élevage animal en général et celui des ruminants en particulier joue un rôle central dans l'économie des pays ouest-africains avec par exemple une contribution au PIB agricole allant de 5 % à 44 % pour les pays du Sahel (Kamuanga et al., 2008). Au Bénin, sa participation au PIB agricole et nationale était estimée respectivement à 44 % et 12 % (MAEP, 2011). Malgré cette contribution, les systèmes traditionnels extensifs méritent d'être améliorés. La productivité est fortement liée à la disponibilité en pâturage, qui commande les mouvements de troupeaux et définit les modes de production nomades ou transhumants (Kamuanga et al., 2008). Augmenter significativement la productivité animale ne peut donc résulter que d'une seule amélioration des pratiques (Faye et Alary, 2001). La commune de Djidja est devenue aujourd'hui une zone d'accueil privilégiée des transhumants nationaux comme étrangers malgré les conflits qui les oppose aux agriculteurs. La typologie des élevages bovins en transhumance dans la commune de Djidja a été le point de départ de ce diagnostic zootechnique. Selon le CNRTL, la transhumance est un système d'élevage fondé sur le déplacement de troupeaux de régions vers d'autres dont les périodes de végétation sont décalées en fonction des saisons ou en raison de climats différents ; déplacement de troupeaux dans ces conditions ; plus particulièrement, déplacement saisonnier, sous la conduite de bergers (moutons) ou des bouviers (bovins), de troupeaux appartenant à des éleveurs d'autres régions. Trois types d'élevage bovin transhumants ont été identifiés (Azalou et al., 2017) :

Le type 1 regroupe les troupeaux bovins qui ont effectué une transhumance transfrontalière et sont conduits en majorité par des éleveurs Haoussa (75,7%) venant du Nigéria. L'âge moyen de ces bouviers est de 26 ± 5 ans et ils participent aux prises de décisions avec le chef du troupeau.

Le type 2 est constitué des troupeaux d'éleveurs transhumants inter-communales, avec un effectif moyen de 80 ± 28 têtes. Les troupeaux de ce type, dans leur grande majorité sont gardés par 2 à 3 bouviers Peulh relativement jeunes (24 ± 4 ans), parentés aux chefs de troupeaux et qui ne sont pas impliqués dans les prises de décision.

Le type 3 regroupe les troupeaux semi-transhumants effectuant des déplacements saisonniers vers les réserves lors des périodes de production agricole et vers les zones d'exploitation dès que les récoltes sont faites. Leur troupeau a effectué la transhumance dans la commune depuis plus d'un an. Ces troupeaux sont conduits par de jeunes bouviers (25 ± 3 ans) parentés aux chefs troupeau. Ces troupeaux sont conduits en général par 1 ou 2 bouviers avec un effectif de petite taille (53 ± 24 têtes), constitués de la race Borgou en majorité. De nombreux travaux scientifiques ont été réalisés pour évaluer et améliorer la productivité des systèmes d'élevage bovins au

Bénin (Alkoiret et al., 2010a, 2010b ; Youssao et al., 2013 ; Assani et al., 2016 ; Assogba et al., 2017). La plupart de ces travaux ont été réalisés dans la zone septentrionale du Bénin. Cet article a pour but de comparer la productivité des différents troupeaux bovin transhumants identifiés dans la commune de Djidja et de présenter les principaux résultats obtenus concernant la démographie et la structure des troupeaux ainsi que les principaux paramètres de reproduction et d'exploitation.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Cette étude a été réalisée dans la Commune de Djidja située au sud-ouest du Bénin (Figure 1) dans le département du Zou à 183 mètres d'altitude, entre $7^{\circ} 20' 46''$ de latitude Nord et $1^{\circ} 56' 8''$ de longitude Est. Elle s'étend sur une superficie de 2184 km² (41,66% de la superficie totale du département) (Guidibi et Akomagni, 2006). La Commune de Djidja est limitée au sud par les Communes d'Abomey et de Bohicon, au sud-ouest par le département du Couffo (Commune d'Aplahoué), à l'est par la Commune de Za-Kpota et Covè et au nord par le département des collines (Communes de Dassa et Savalou). Elle jouit d'un climat de type tropical humide caractérisé par quatre saisons : une grande saison des pluies de mi-mars à fin juillet ; une petite saison sèche de mi-juillet à début septembre ; une petite saison pluvieuse du début septembre à mi-novembre et une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars. A Djidja, la hauteur des pluies annuelles est de l'ordre de 1100 à 1200 mm. En année moyenne la saison pluvieuse commence en mars-avril où les hauteurs de pluies mensuelles atteignent 90 mm (Vissin, 2015). La température moyenne est de $28,5^{\circ} \text{C}$; les maxima, enregistrés entre février et mars sont de l'ordre de 36°C et 37°C et les minima varient de 22°C à 25°C au cours des mois de juillet et novembre. La commune de Djidja dispose d'une variété de sols à savoir, les sols ferrallitiques, les sols ferrugineux tropicaux, les vertisols et les sols hydromorphes. S'agissant de l'hydrographie, la commune est drainée par 145 km de cours d'eau dont deux (2) fleuves, à savoir le Zou et le Couffo. Les autres cours d'eau sont des rivières saisonnières qui se jettent dans l'un ou l'autre fleuve. Notons que seul le Zou possède un régime permanent en toute saison.

* Auteur Correspondant : maxazaloux@yahoo.fr
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

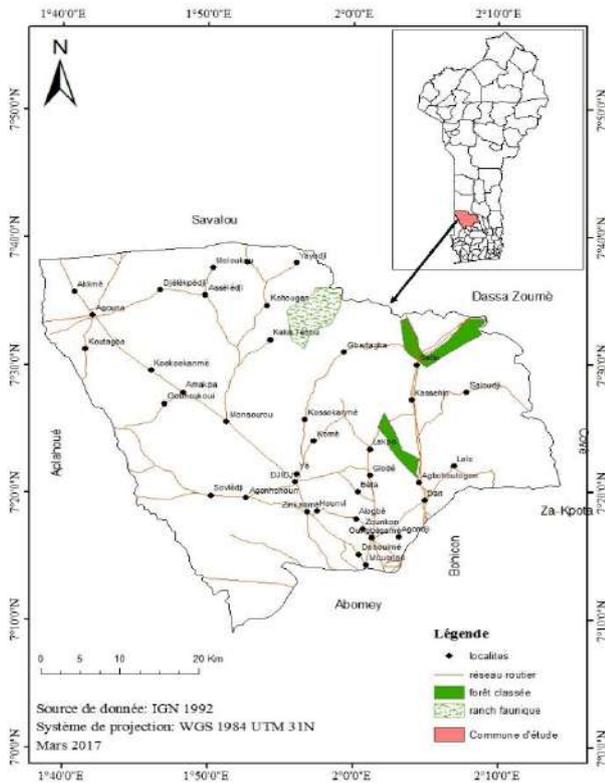


Figure 1. Situation géographique et administrative de la Commune de Djidja

Figure 1. Geographic and administrative localization of Djidja municipality

2. Matériel et méthodes

2.1. Méthodes de collectes des données

Les paramètres zootechniques des troupeaux bovins en transhumance dans la commune de Djidja ont été recensés entre Octobre 2014 et Mars 2015. Dix troupeaux ont été choisis aléatoirement à partir de chacun des trois groupes de troupeaux identifiés lors de la typologie (Azalou et al., 2017) pour constituer l'échantillon servant de base pour la détermination des différents paramètres démographiques. Ces troupeaux comptent un effectif total de 2526 têtes. L'enquête sur le terrain a été conduite en compagnie d'un éleveur Peulh choisit de concert par les agents et responsable du SCDA-Djidja pour assurer la qualité des données collectées. La méthode d'enquête rétrospective « 12MO » développée par Lesnoff et al. (2009 ; 2013 ; 2016) a été utilisée lors de la collecte des données dans les différents troupeaux. 12 MO est une méthode d'enquête transversale rétrospective utilisé pour l'estimation des paramètres démographiques d'un cheptel de ruminants domestiques (taux annuels de reproduction, de mortalité et d'exploitation). Cette méthode des douze derniers mois (12MO) a déjà été mise en œuvre et utilisée dans plusieurs pays sahéliens, aussi bien au niveau local que national (Lesnoff et al., 2009 ; Alkoiret et al., 2011 ; Ba et al., 2011 ; Jorat, 2011 ; Assani et al., 2016 ; Assogba et al., 2017).

Il est actuellement utilisé par l'ILRI (International Livestock Research Institute) dans quatre pays d'Afrique de l'ouest (Gambie, Guinée, Mali, Sénégal) dans le cadre d'un projet sur la préservation des races endémiques de petits et grands ruminants domestiques (projet PROGEBE) (Lesnoff et al., 2008). Comme toutes les méthodes rétrospectives basées sur la mémoire et les déclarations des éleveurs, 12MO consiste à reconstituer la démographie du troupeau dans la période des douze derniers mois précédant l'enquête. L'outil 12MO propose une chaîne complète allant du protocole de terrain au calcul des paramètres zootechniques et dispose de deux sous questionnaires Q1 et Q2. Le premier sert à la collecte des informations sur les données de la structure du troupeau et la reproduction et le Q2 sert à collecter les différents mouvements ayant lieu dans les troupeaux au cours des 12 derniers mois. Les questions posées aux éleveurs sont relatives à leurs troupeaux en présence des animaux. Ces animaux ont été exhaustivement recensés pour un certain nombre de données de base (telles que la race, le sexe, l'âge, etc.) ainsi que les événements démographiques (naissances, mortalités, ventes, etc.) survenus au cours des 12 derniers mois.

2.2. Méthodes de traitement des données

Les données collectées sur le terrain ont été enregistrées dans la base MS Access, avant d'être importées dans le logiciel R. La structure des différents types de troupeau a été réalisée grâce au package Pyramid (Nakazawa, 2015). Les paramètres zootechniques sont ainsi calculés grâce au package t12MO du logiciel R3.4.1. Trois types de paramètres démographiques ont été estimés à partir des données collectées (Lesnoff et al., 2010; 2016). Il s'agit de:

- variables décrivant l'état du troupeau au moment de l'enquête (taille du troupeau, classes d'âge en fonction du sexe) ;
- taux démographiques annuels (dont aussi bien les taux naturels tels que de parturition, d'avortement et de mortalité, que les taux de gestion tels que taux d'exploitation et d'importation) ; et
- indicateurs démographiques généraux synthétisant la dynamique et les productions du troupeau au cours des 12 mois (tels que taux annuels de croît et taux de production). Les différents paramètres démographiques calculés ont été résumés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres démographiques estimés pour l'enquête rétrospective sur 12 Mois (Lesnoff et al., 2010)

Table 1 : Demographic parameters estimated based on 12 months of interview data (Lesnoff et al., 2010)

	Taux naturels
Taux d'avortement	Taux annuel instantané de risque d'avortement (nombre attendu d'avortements par femelle lorsque séjournant toute l'année dans le troupeau ; un avortement est une gestation qui n'a pas atteint son terme). Il est également calculé sur l'histoire reproductive complète des femelles (sous forme de courbe de régression ajustée entre âges et parités des femelles présentes dans le troupeau)
Taux de prolificité	Nombre moyen de produits (mort-nés ou nés vivants) par parturition
Taux de mortalité	Taux annuel instantané de risque de mort naturelle (mort naturelle concerne tous les types de mort sauf l'abattage)

Taux de gestion	
Taux d'exploitation	Taux annuel instantané de risque d'exploitation (traction, abattage, ventes, prêts, dons etc.)
Taux d'importation	Taux annuel instantané de risque d'importation (achats, prêts, dons, etc.)
Taux démographiques additionnels dérivés des taux démographiques annuels de base	
Taux de prolificité net	Nombre moyen de produits nés vivants par parturition, calculé directement ou par : Taux de prolificité * (1 - taux de mortinatalité)
Taux de Fécondité	Nombre moyen de produits (nés vivants ou mort-nés) par femelle reproductrice par an, calculé directement ou par : Taux de parturition * Taux de prolificité.
Taux de fécondité net	Nombre moyen de produits nés vivants par femelle reproductrice par an, calculé directement ou par : taux de parturition rate * Taux de prolificité net
Indicateurs démographiques généraux	
Taux de multiplication	Taux annuel de multiplication, calculé ainsi : Taille de troupeau au moment de l'enquête / Taille de troupeau 12 mois avant. Une valeur >1 indique un taux de croît positif dans l'année
Taux de croît	Taux de croît annuel de la population, calculé ainsi : 100 * (Taux annuel de multiplication - 1)
Taux de production	Taux de production annuel, sous la forme P/N, où P est (Taille de troupeau au moment de l'enquête - Taille de troupeau 12 mois avant) + (Nombre de prélèvements pendant l'année - Nombre d'importations pendant l'année), et N la taille moyenne du troupeau pendant l'année. Noter que le numérateur (P) représente la différence entre le nombre de naissances et le nombre de morts.

Pour comparer ces différents paramètres démographiques entre les trois types de troupeaux bovins transhumants, deux méthodes ont été ensuite utilisées.

La première concerne les différents taux démographiques qui représentent des proportions annuelles qui suivent la distribution de Poisson. Ces différentes proportions calculées pour l'ensemble des cheptels des différents types de troupeaux transhumants identifiés ont été soumises à une analyse de proportion beta régression au moyen de la fonction betareg du logiciel R3.4.1 et les résultats ont été présentés sous forme de Taux instantané ± Intervalle de confiance (IC) et exprimé en Année-1. Le test bilatéral de Z a été ensuite utilisé pour la comparaison deux à deux des proportions.

Pour chaque proposition (P) calculée, un intervalle de confiance (IC) à 95% a été calculé suivant la formule :

$$IC = 1,96 * \sqrt{(P(1-P)) / N}$$

Le taux instantané (h) encore appelé taux de risque instantané est estimé pour une catégorie particulière d'animaux (par exemple tous les animaux, tous les mâles de plus d'un an d'âge, etc.) par la formule :

$$h = m/T$$

où m est le nombre d'évènements (par exemple, nombre de mortalités, nombre d'animaux entrant dans le troupeau, etc.) survenus au cours des 12 mois, et T est le "temps total sous risque" (temps passé par les animaux dans la catégorie au cours des 12 derniers mois).

T est donné approximativement en établissant la moyenne du nombre d'animaux dans cette catégorie depuis 12 mois

(nt-1), et le nombre actuel d'animaux dans cette catégorie (nt). nt-1 pour une classe particulière d'âge (i) est calculée comme suit :

$$nt-1,i = nt,i+1 - ((ment,i - mexi,i)/2) - ((ment,i+1 - mexi,i+1)/2)$$

où ment et mexi sont, respectivement, les entrées et sorties dans la classe d'âge i pendant les 12 derniers mois. nt,i est connu à partir des données.

La deuxième méthode concerne les indicateurs globaux d'exploitation qui suivent une distribution normale. Ces différents indicateurs ont été soumis à une analyse de variances et la structuration des moyennes a été faite à partir du modèle linéaire généralisé (GLM) utilisé pour comparer les indicateurs globaux d'exploitation. La fonction glm du logiciel R3.4.1 a été utilisée à cet effet et lorsque, la probabilité est significative (p<0,05), le test de Student Newman et Keuls (SNK) est utilisé pour comparer les moyennes.

3. Résultats

3.1. Structure des types de troupeau bovin transhumant à Djidja

La composition des troupeaux bovins en transhumance dans la commune de Djidja a été présentée dans le tableau 2.

Tableau 2: Composition des troupeaux de bovins enquêtés selon les types identifiés.

Table 2: Livestock composition according to their categories.

Types de troupeau	Mâles		Femelles		Prob
	N	Proportion	N	Proportion	
Type1	350	0,29 ± 0,01a	857	0,71 ± 0,01b	0,0001
Type2	216	0,29 ± 0,02a	545	0,71 ± 0,02b	0,0001
Type3	153	0,27 ± 0,01a	405	0,73 ± 0,01b	0,0001

Les taux instantanés sur une même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes à 5 (p < 0,05).

L'analyse de ce tableau montre que les troupeaux bovins transhumants dans cette Commune ont été constitués à plus de 70% de femelle quel que soit le type de troupeau.

La structuration en tranche d'âge des animaux des trois types de troupeaux bovins illustrée par la pyramide des âges montre une forte proportion de jeunes animaux (veaux et velles).

Les pyramides des âges des troupeaux de types 2 et 3 présentent un profond creux au niveau des jeunes femelles et mâles de la tranche d'âge de 1 à 3 ans indiquant la mise à reproduction de ces jeunes animaux. Ainsi, les femelles de 3 à 5 ans sont les plus nombreuses et plus utilisées pour la reproduction du troupeau quel que soit le type de troupeau bovin transhumant. Les vaches de 10 ans et plus ont été plus retrouvées dans les troupeaux de type 2 et 3. Par contre, chez les mâles, aucun taureau n'avait plus de 10 ans. Les taureaux de 6 ans et plus ont été plus faible dans les troupeaux de type 2 et 3 comparativement au type 1 ou la proportion des mâles de 6 à 7 ans est élevée.

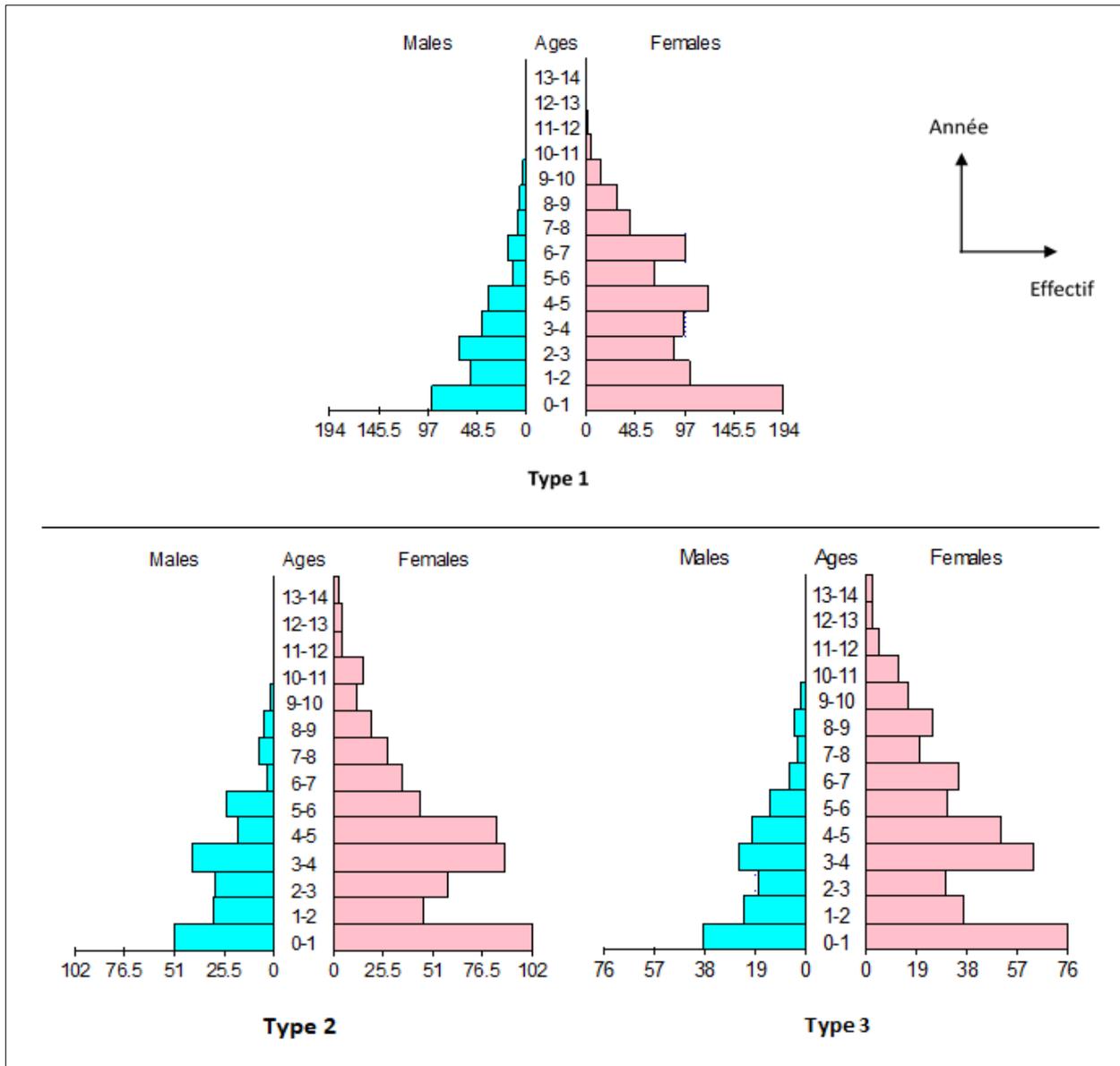


Figure 2 : Pyramide des âges (en année) des différents types de troupeau bovin transhumant identifiés dans la commune de Djidja.

Figure 2 : Age pyramid of different livestock categories identified in the study area

3.2. Paramètres démographiques annuels des différents types de troupeau bovin à Djidja

Les différents paramètres démographiques annuels calculés selon les types de troupeaux bovins transhumants identifiés à Djidja sont présentés dans le tableau 3. Le type de troupeau a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur les paramètres naturels démographiques de mortalité et de reproduction. Ainsi, il y a deux fois plus de veaux morts nés dans les troupeaux transhumants de type 1 que dans les troupeaux de type 2 et 3. La mortalité globale a été également plus élevée dans le troupeau du type 1. Ainsi sur 100 sujets que compte un troupeau transhumant du type 1, il est probable d'avoir annuellement environ 7 cas de mortalité contre à peine 4 cas

dans les élevages de type 3 et environ 3 cas de mortalité par ans dans les élevages du type 2.

Les troupeaux de type 2 et 3 ont les meilleurs ($p < 0,05$) paramètres démographiques de reproduction, caractérisés par les taux de prolificité, de mise bas et de fécondité les plus élevés ($p < 0,05$). Le taux de mise bas du type 2 occupe une position intermédiaire entre les types 1 et 3. Les cas annuels d'avortement ont été plus fréquents ($p < 0,001$) dans les élevages du type 1, soit 11 cas probable d'avortements à enregistrer annuellement sur 100 vaches que compte les élevages de ce type.

Les taux annuels globaux d'exploitation des troupeaux de type 1 a été plus élevés ($p < 0,05$) que celui des troupeaux du type 2 et 3. Alors que le type d'élevages n'a pas affecté

($p > 0,05$) le taux d'importation des troupeaux. Toutefois, le taux d'importation des troupeaux de type 2 et 3 sont plus élevés que ceux des élevages de type 1.

Tableau 3 : Paramètres démographiques annuels (en Année-1 \pm SE) selon les types de troupeau.

Table 3: Annual demographic parameters (year-1 \pm SE) according to livestock categories

Paramètres	Type 1	Type 2	Type3	Prob
Taux naturels				
Taux de mortalité	0,088 \pm 0,008 ^a	0,031 \pm 0,01 ^b	0,04 \pm 0,01 ^b	0,004
Taux de mortalité global	0,069 \pm 0,006 ^a	0,028 \pm 0,005 ^b	0,042 \pm 0,01 ^b	0,002
Taux d'avortement	0,113 \pm 0,007 ^a	0,053 \pm 0,01 ^b	0,039 \pm 0,01 ^b	0,0001
Taux de mise de bas	0,712 \pm 0,04 ^b	0,824 \pm 0,03 ^{ab}	0,908 \pm 0,02 ^a	0,002
Taux de prolificité nette	0,832 \pm 0,05 ^b	0,942 \pm 0,06 ^a	0,923 \pm 0,09 ^a	0,0001
Taux de fécondité nette	0,592 \pm 0,02 ^b	0,774 \pm 0,01 ^a	0,841 \pm 0,02 ^a	0,0001
Taux de Gestion				
Taux d'exploitation	0,072 \pm 0,005 ^a	0,053 \pm 0,007 ^{ab}	0,036 \pm 0,01 ^b	0,020
Taux d'importation	0,049 \pm 0,01 ^a	0,067 \pm 0,009 ^a	0,065 \pm 0,02 ^a	0,602

Les taux instantanés sur une même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes à 5 % ($p < 0,05$).

3.3. Indicateurs démographiques globaux

Le tableau 4 présente les indicateurs démographiques globaux en fonction des trois types de troupeaux transhumants identifiés dans la commune de Djidja. De l'analyse de ce tableau, il ressort que le type a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur les indicateurs démographiques globaux des troupeaux enquêtés. Le taux de multiplication supérieur à 1 dans l'ensemble des trois types de troupeau identifiés indique donc un croît positif dans ces différents types d'élevages. Ainsi, le taux de multiplication des troupeaux de type 2 et 3 est supérieur à ceux des troupeaux de type 1. Les meilleurs taux de production ($p < 0,05$) ont été observés au niveau des troupeaux de type 2 et 3 comparativement aux élevages du type 1.

Tableau 4 : Indicateurs démographiques globaux (en Année-1 \pm SE) selon les types identifiés.

Table 4 : Overall demographic indicators (year-1 \pm SE) according to livestock categories

Paramètres	Type 1	Type 2	Type 3	Prob
Taux de multiplication	1,13 \pm 0,03 ^b	1,28 \pm 0,03 ^a	1,4 \pm 0,04 ^a	0,0001
Taux de croît annuel	0,13 \pm 0,01 ^b	0,28 \pm 0,04 ^a	0,4 \pm 0,04 ^a	0,0001
Taux de production	0,15 \pm 0,01 ^b	0,23 \pm 0,02 ^a	0,3 \pm 0,32 ^a	0,0001

Les taux instantanés sur une même ligne avec des lettres différentes sont significativement différentes à 5 % ($p < 0,05$).

4. Discussion

4.1. Structure des troupeaux bovins transhumants des différents types d'élevage

La structure des troupeaux bovins traduit l'objectif premier de tout éleveur qui est de vivre de façon durable de son troupeau (Chabi Toko et al., 2016). Pour Corniaux et al. (2012), c'est un indicateur pertinent pour étudier leur dynamique. Elle dévoile le potentiel de l'outil de production. Les troupeaux rencontrés dans la zone d'étude sont de type extensif et traditionnel. Les résultats de Koutinhoun et al. (2010) et de Youssao et al. (2013) qui rapportent le même système d'élevage adopté dans les régions du nord Bénin qui est de type extensif et traditionnel. Ces troupeaux bovins ont été constitués en moyenne d'un tiers (1/3) de mâles contre deux tiers (2/3) de femelles avec une forte dominance des vaches. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Dehoux et Hounsou-Vê (1993) lors de leurs travaux réalisés en milieu naturel dans l'est du département du Borgou. Selon ces auteurs, les troupeaux comptent un mâle pour trois femelles, soit 26,9 % de mâles pour 73,1 % de femelles. La proportion de reproductrices dans les troupeaux est de 40 %, dont les deux tiers sont en lactation à n'importe quel moment de l'année Dehoux et Hounsou-Vê (1993). Les mêmes observations ont été faites par Assani et al. (2015) dans les élevages de bovin de race Zébu Goudali dans l'extrême Nord du pays. Alkoiret et al. (2009, 2010a) ont également observé dans les élevages sédentaire, semi-sédentaire et transhumant de bovin Borgou, respectivement à Gogounou et à Ouaké des troupeaux composés de 1/3 de mâles contre 2/3 de femelles. Les proportions de mâles et femelles rencontrées dans les troupeaux bovins transhumants à Djidja sont similaires à ceux identifiées par Assogba et al. (2017) dans les différents types d'élevage de taurin de race Lagunaire installé dans la vallée du fleuve Ouémé au sud Bénin.

La proportion des mâles et des femelles a été plus élevée dans les élevages du type 1. Cela pourrait s'expliquer par les lieux de provenance de ces troupeaux. Des proportions similaires ont été rapportées par Chabi Toko et al. (2016) en élevage traditionnel pour les troupeaux bovins du nord du Bénin. Akpa et al. (2012) au Nigéria a également souligné une forte proportion des mâles dans certains troupeaux.

La pyramide des âges est un double histogramme qui fournit une représentation simplifiée et instantanée de la structure de la population par sexe et par âge. Cette représentation est classiquement utilisée (Langlois et Maheut, 1976). Dans la structure des pyramides des âges, on observe une conservation des vaches âgées de 10 à 14 ans dans les troupeaux de type 2 et 3. Cela pourrait s'expliquer par la résistance de ces animaux à la marche et aux maladies endémiques aux différentes régions exploitée par les troupeaux transhumants afin d'assurer la durabilité de l'élevage. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Youssao et al. (2000) qui ont identifiés des femelles âgées de 0 à 15 ans lors de leur étude à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Nord du Bénin. Selon ces auteurs, l'élevage traditionnel (transhumant ou sédentaire)

est caractérisé par une conservation de vieilles vaches productives (ou non) dans les troupeaux de reproduction. L'éleveur traditionnel est souvent intéressé par l'effectif de son cheptel qui représente sa richesse et suscite son admiration et sa fierté. Les vaches du troupeau de type 1 ont des carrières moins longue que celui des types 2 et 3. Elles sont pour la plupart éliminées des troupeaux pour des raisons comme la reproduction, les défauts d'aplomb ou encore la mammite (Brisson et al., 2006). La proportion des femelles de 4 à 6 ans relativement plus élevée observé dans les élevages peut s'expliquer par le fait que les éleveurs transhumants se voient confié beaucoup d'animaux avant le départ en transhumance de la part des fonctionnaires de la région et autres qui ne déstockent que les mâles en cas de besoins. Les mêmes observations ont été faites dans les troupeaux bovins Lagunaires de la vallée de l'Ouémé par Assogba et al. (2017) seulement que les raisons évoquées sont la vente précoce des jeunes mâles pour la couverture des charges liées à l'exploitation.

4.2. Paramètres démographiques des troupeaux bovins transhumants

Les paramètres démographiques de mortalité des troupeaux du type 1 sont significativement supérieurs à ceux des types 2 et 3 identifiés. Ces résultats pourraient s'expliquer par la pratique de la transhumance des éleveurs de ce type qui s'effectue sur de longue distance. En effet, les bouviers du type 3 ont des troupeaux de petits effectifs, alors que ceux des types 1 ont des troupeaux de plus grands effectifs et effectuent la transhumance sur d'autres lieux en dehors de la commune et plus précisément vers Agbangnizoun, Covè et le Togo. Des résultats similaires ont été trouvés par Dehoux et Hounsou-Vê (1993), qui montre que les troupeaux transhumants paient un plus lourd tribut aux différentes causes de mortalité, que les troupeaux sédentaires. Les taux de mortalité enregistrés dans les troupeaux de type 1 ont été supérieur à ceux des troupeaux bovins des Communes de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin (Alkoiret et al., 2010a). Ceci est semblable à d'autres résultats de mortalité des bovins au sud du Mali (Ba et al., 2011) et en Afrique Subsaharienne (Otte et Chilonda, 2002) qui ont pris les valeurs de 6-8 % pour le taux global de mortalité et un taux de mortalité des veaux de 13-22 %. En élevage contrôlé à la ferme de l'Okpara, le taux de mortalité global est de $1,2 \pm 0,5$ % (Youssao et al., 2000). Le taux de mortalité des jeunes selon les mêmes auteurs, est de $2,5 \pm 0,2$ %. Ces résultats ont été possibles grâce au programme de regroupement des naissances, une bonne alimentation, et un bon sevrage (Youssao et al., 2000). A la ferme d'élevage de Samiondji au sud du Bénin, ce taux a été d'environ 2%. Les taux de mortalités enregistrés dans les troupeaux du type 1 sont supérieurs à ceux obtenus par Assani et al. (2015) sur les zébus de race Goudali dans les Communes de Malanville et Karimama à l'extrême du Bénin. Les taux de mortalité des troupeaux bovins transhumants à Djidja sont similaires à ceux obtenus par Assogba et al. (2017) dans les élevages de taurin de race Lagunaire de la vallée du fleuve Ouémé au sud du Bénin.

Les meilleurs paramètres démographiques de reproduction ont été obtenus sur les troupeaux de type 3. Les taux de mise bas et de fécondité nette des élevages de type 2 et 3 ont été plus élevés que ceux des élevages de type 1. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les effectifs des troupeaux du type 3 étant faibles, ils bénéficient de plus de soins de la part des bouviers, ce qui pourrait améliorer les performances de reproduction des élevages de ce type. Le même constat a été fait par Assani et al. (2015), chez les agro-éleveurs de bovin Goudali dans les communes de Karimama et de Malanville dans l'extrême Nord du Bénin. Des observations similaires ont été également faites par Alkoiret et al. (2011, 2010a, 2010b) dans les élevages de bovin Borgou respectivement dans la commune de Gogounou et dans la commune de Ouaké. Les meilleures performances de reproduction obtenue par ces auteurs en milieu paysan ont été obtenues dans les élevages sédentaires de bovin Borgou de taille modeste et gardé par les agro-éleveurs de ces régions. Le même constat a été fait par Assogba et al. (2017) dans les élevages de taurin Lagunaire de la vallée du fleuve Ouémé au Sud du Bénin. D'après l'étude menée sur les bovins Borgou de la ferme de l'Okpara (Youssao et al., 2000), les paramètres de reproduction sont caractérisés par un taux de fécondité de $78 \pm 8,4$ %, un intervalle de vêlage de 441 ± 75 jours soit $14,7 \pm 2,5$ mois, un âge au premier vêlage de $42,1 \pm 5$ mois.

Les cas d'avortement enregistrés ont été significativement plus élevés dans les troupeaux transhumants du type 1 comparativement aux troupeaux des types 2 et 3. Les troupeaux du type 1 ont effectué une transhumance transfrontalière marquée par un déplacement saisonnier, cyclique des troupeaux vers les zones où les ressources pastorales sont disponibles. La longue distance parcourue par ces animaux et le manque de suivi pourrait expliquer les cas d'avortement et de mortalité plus élevé dans ce type de troupeau. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Assani et al. (2016) au Nord-Bénin sur les troupeaux transhumants effectuant leur entrée dans la forêt classée de l'Alibori Supérieur. Les taux d'avortement des troupeaux transhumants à Djidja ne sont pas conformes à ceux obtenus par Alkoiret et al. (2011) dans les régions de Ouaké où les taux d'avortement ont été respectivement de 5,36 % ; 16,9 % et 9,75 % dans les élevages de groupe 1, 2 et 3.

4.3. Paramètres d'exploitation

Les différents taux d'exploitation obtenus dans notre étude pour l'ensemble des trois types de troupeaux ont été plus faibles que ceux rapportés par Assogba et al. (2017) chez les taurins lagunaires dans la vallée du fleuve Ouémé au sud Bénin. De même, Scoones (2009) montre que le bétail au sein des zones communales est principalement conservé pour sa contribution envers la production de culture via la traction animale et le fumier plus que pour son bénéfice final (viande et argent). Les abattages sont restreints aux situations où l'animal est presque mort, ou bien pour les rassemblements sociaux tels que des funérailles. L'exploitation numérique des troupeaux en transhumance dans la commune de Djidja

est inférieure à celle des troupeaux traditionnels des communes de Nikki, Kalalé et Ségbana (Dehoux et Hounsou-Vê, 1993). Selon ces auteurs, le taux d'exploitation numérique des troupeaux sédentaires est de 13,8 % contre 10,2 % pour les transhumants. Ces valeurs sont proches de ceux rapportées par Assani et al. (2016) sur les troupeaux transhumants dans la forêt classée de l'Alibori Supérieur qui étaient de 0,5% ; 1,3% ; 2,7% et 8% respectivement sur les troupeaux de type 1, 2, 3 et 4. L'échange, qui porte de préférence sur les mâles, permet aux éleveurs d'améliorer empiriquement les performances de leurs troupeaux par apport de sang neuf. L'exploitation numérique varie beaucoup selon les catégories de bétail : les mâles sont souvent vendus très jeunes, alors que les femelles sont conservées longtemps pour la reproduction (Youssao et al., 2000). Par contre, la supériorité du taux d'exploitation des troupeaux de type 1 se justifie par le fait que les éleveurs transhumants de ce type de troupeau sont souvent contraints de vente ou d'abattre les animaux en problème (maladie, amende, aliment pour bétail, services etc.) en cours de route.

Le taux de croît de la population animale sur la période de 12 mois était positif pour les trois types de troupeaux bovins enquêtés. Dans ce cas, les interventions visant à améliorer les paramètres de survie et de reproduction ne feront qu'amplifier cet effet. Le faible taux de croît des troupeaux du type 1 pourrait être expliqué par les mauvais paramètres de reproduction et de mortalité associés à une exploitation numérique élevée. Dans les troupeaux traditionnels du Borgou Est, Dehoux et Hounsou-Vê (1993) ont observé un taux de croît de 3,9 % qui correspond bien aux troupeaux de types 2 et 3. Ce taux est également proche de celui rapporté par Alkoiret et al. (2009) dans les élevages de bovin à Gogounou au nord du Bénin.

5. Conclusion

La deuxième étape de l'étude sur les troupeaux bovins transhumants dans la commune de Djidja présente une structure des troupeaux caractérisée par une prédominance des femelles et a permis de montrer que les troupeaux transhumants intra-communautaires et semi-sédentaires ont une meilleure productivité que les troupeaux transhumants transfrontaliers. Les différences les plus significatives entre les types de troupeau bovin résident dans un taux de mortalité et d'avortement plus élevé et un taux de fécondité plus faible dans les troupeaux de grande transhumance, avec, pour corollaire, un rendement numérique plus faible. Les résultats obtenus en élevage montrent la très bonne disposition des bovins; notamment leur adaptation au milieu et leurs qualités pour la reproduction. Qu'il s'agisse d'un système de production ou d'un mode de vie, la transhumance est une voie sans issue car, trop peu productif.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment toutes leurs gratitudeux aux responsables de l'UCOPER-Djidja et éleveurs transhumants bovins de ladite Commune pour leur franche et précieuse collaboration pendant la réalisation de cette étude.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Akpa, G.N., Alphonsus, C., Abdulkareem, A., 2012. Evaluation of herd structure of white Fulani cattle holdings in Zaria-Nigeria. *Afr. J. Anim. Biomed. Sci* 7, p128-131.
- Alkoiret, I.T., Awohouedji, D.Y.G., Akossou, A.Y.J., Bosma, R.H., 2009. Typologie des systèmes d'élevage bovin de la commune de Gogounou au nord-est du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 12. <https://doi.org/10.4314/asab.v12i2.53854>
- Alkoiret, I.T., Awohouedji, D.Y.G., Gbangboche, A.B., Bosma, R.H., 2010a. Productivité des systèmes d'élevage bovin de la Commune de Gogounou au Nord-Est du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 14, 145-163.
- Alkoiret, I.T., Awohouedji, D.Y.G., Yacoubou, A.M., 2010b. Paramètres démographiques des cheptels de bovins Borgou et N'Dama à la Ferme d'Élevage de l'Okpara au Nord-Est du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci* 4, 1657-1666.
- Alkoiret, I.T., Radji, M., Babatoundé, S., 2011. Typologie des élevages bovins installés dans la Commune de Ouaké au nord-ouest du Bénin. *Livestock Research for Rural Development* 23, <http://www.lrrd.org/lrrd23/3/alko23050.htm>.
- Assani, S.A., Alkoiret, I.T., Houinato, M., 2016. Productivity of Cattle Herd in Transhumance in Classified Forest of Upper Alibori Northern Benin. *J. AnimSciAdv* 6, 1802-1810.
- Assani, S.A., Assogba, B.C.G., Toukourou, Y., Alkoiret, I.T., 2015. Productivity of Gudali cattle farms located in the commons of Malancity and Karimama extreme north of Benin. *Livestock Research for Rural Development* 27, <http://www.lrrd.org/lrrd27/7/assa27127.html>.
- Assogba, B.G.C., Assani, S.A., Alkoiret, I.T., Youssao, A.K.I., 2017. Demographic parameters of Lagune cattle herds in the Oueme valley in Southern Benin. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences* 4, 150-169.
- Azalou, M., Assani, S.A., Alkoiret, I.T., 2017. Typology of Cattle Herds in Transhumance in the Municipality of Djidja in Southern Benin. *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences* 2, 65-72.
- Ba, A., Lesnoff, M., Pocard-Chapuis, R., Moulin, C.-H., 2011. Demographic dynamics and off-take of cattle herds in southern Mali. *Trop. Anim. Health Prod* 43, p1101-1109.
- Brisson, J., Lefebvre, D., Lafontaine, S., Roy, R., 2006. Des vaches dans le troupeau, in: 30e Symposium Sur Les Bovins Laitiers. Presented at the « La relève, c'est notre avenir ! », Québec, p. 19p.

- Chabi Toko, R., Adégbidi, A., Lebailly, P., 2016. Démographie et performances zootechniques des élevages bovins traditionnels au Nord Bénin. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 69, 33–39.
- Corniaux, C., Lesnoff, M., Ickowicz, A., Hiernaux, P., Diawara, M.O., Sounon, A., Aguilhon, M., Dawalak, A., Manoli, C., Assani, B., others, 2012. Dynamique des cheptels de ruminants dans les communes de Tessékéré (Sénégal), Hombori (Mali), Dantiandou (Niger) et Djougou (Bénin): ANR ECLIS. Contribution de l'élevage à la réduction de la vulnérabilité des ruraux et à leur adaptabilité aux changements climatiques et sociétaux en Afrique de l'Ouest au sud du Sahara. *LIVRABLE 3.1., TACHE ELEV* 43p.
- Dehoux, J.P., Hounsou-Vê, G., 1993. Productivité de la race bovine Borgou selon les systèmes d'élevage traditionnels au nord-est du Bénin. *Revue mondiale de zootechnie* 74/ 75, 36–48.
- Faye, B., Alary, V., 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. *INRA Prod. Anim* 14, 3–13.
- Guidibi, M., Akomagni, L.A., 2006. Monographie de la commune de Djidja (Rapports d'études). Bénin, 44p.
- Jorat, T., 2011. Simulations de dynamiques de cheptels bovins après une sécheresse au sahel en fonction des types d'exploitation pastorales: cas du Ferlo au Sénégal, Mémoire Master 2 EPSED/SAEPS, CIRAD-Université Montpellier 2, France 60p.
- Kamuanga, M.J.B., Somda, J., Sanon, Y., Kagoné, H., 2008. Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest : Potentialités et défis. 182p.
- Koutinhoun, G.B., Youssao, A.K.I., Kpodekon, T.M., Gantoli, 2010. Influence de la traite précoce des vaches sur la croissance pondérale et l'état sanitaire des veaux en élevage traditionnel : cas de la zone périurbaine de Natitingou (Bénin). *Livestock Research for Rural Development* 22, <http://www.lrrd.org/lrrd21/02/kout22024.htm>.
- Langlois, B., Maheut, I., 1976. Estimation de quelques paramètres démographiques du pur sang anglais en France. *Annales de Génétique et de Sélection Animale, INRA Editions* 8, p315-329. <https://doi.org/hal-00892778>, version 1
- Lesnoff, M., 2013. Méthodes d'enquête pour l'estimation des taux démographiques des cheptels de ruminants domestiques tropicaux. Synthèse, limites et perspectives= Survey methods to estimate demographic rates of tropical ruminant live-stock herds. Review, limits and prospects. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 66, 57-67.
- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2016. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. CIRAD (French Agricultural Research Centre for International Development). 57p. <http://livtools.cirad.fr>.
- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2010. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. Montpellier, France, CIRAD, 52p. <http://livtools.cirad.fr>.
- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2009. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. CIRAD. <http://livtools.cirad.fr>.
- Lesnoff, M., Saley, M., Adamou, K., N'Djafa Ouaga, H., Ayan-tunde, A.A., 2008. 12MO: A retrospective method for estimating demographic parameters in tropical ruminant live-stock populations. CIRAD (French Agricultural Research Centre for International Development), ILRI (International Livestock Research Institute).
- MAEP, 2011. Ministère d'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche : Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA, in: Plan Stratégique de Relance Du Secteur Agricole (PSRSA). Cotonou, République du Bénin, p115.
- Nakazawa, M., 2015. Package "pyramid": Functions to draw population pyramid. <https://cran.r-project.org/web/packages/pyramid/>, 7p.
- Otte, M.J., Chilonda, P., 2002. Cattle and small ruminant production systems in sub-Saharan Africa. systematic review. *Livestock Information Sector Analysis and Policy Branch*. FAO, Rome, Italy 98p.
- Scoones, I., 2009. Livelihoods perspectives and rural development. *The Journal of Peasant Studies* 36, p171-196.
- Vissin, E.W., 2015. Gestion des risques hydro-climatiques et développement économique durable dans le bassin du Zou. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* 17, 191–213.
- Youssao, A.K.I., Ahissou, A., Touré, Z., Leroy, P.L., 2000. Productivité de la race Borgou à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 53, 67–74.



Diagnostic participatif des facteurs responsables de la faible production de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*. HARMS) dans la Commune de Dassa-Zoumé

Zachari TONOUKOUIN¹ et Fabien C.C. HOUNTONDJI¹

¹ Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, B.P. 123, Parakou, République du Bénin

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Diagnosis of technical factors bound to the weak production of Kersting's groundnut (*M. geocarpum*)

Abstract: The Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum*), a tropical grain legume of a high nutritious value is highly appreciated in Benin and is a potential source of income for the producers. However, its production is drastically under recession. The present study aims to analyze the technical factors bound to the weak production of Kersting's groundnut (*M. geocarpum*). A survey was conducted in 12 villages of 4 locations (Paouignan, Soclogbo, Kpingni and Dassa II) of Dassa-Zoumé Township, in which 60 individual producers were interviewed as well as group discussions held. A questionnaire and a conversation guide were respectively used for the purpose. Parameters of production such as seed quality, yield, pests and diseases, and climate are submitted to the appreciation of the producers. Direct observations in the field completed producers' perceptions. It appears from the survey that the culture of *M. geocarpum* remained traditional, based on empirical knowledge transmitted from generation to generation. Fertilization was not in use and main constraints revealed include climatic variability, non-availability of certified seeds and low yield. The culture is subject to pests attacks, mainly orthopterans, lepidopterans; and isopterans (defoliators), as well as hemipterans such as aphids (sap suckers). Diseases such as root and pod rots due to fungi are also noted. The storage pests such as beetles also affect significantly postharvest conservation. Facing these difficulties, producers use a diversity of endogenous methods to control the storage pests but not field pests and diseases. Field research is necessary to appreciate the importance of the constraints in order to design appropriate measures for promotion of the production of this precious legume.

Keywords: Kersting's groundnut, pests, diseases, constraints, yield

Résumé : La lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*), une légumineuse tropicale très nutritive, est très cotée dans l'alimentation béninoise et constitue une source de revenus potentielle pour les producteurs. Cependant, elle est en cours de disparition et l'abandon de sa production par les producteurs devient de plus en plus important. La présente étude s'est consacrée à analyser quelques facteurs techniques liés à la faible production de *M. geocarpum* à partir de l'étude de cas de la commune de Dassa-Zoumé. Des entretiens de groupe suivis d'enquêtes individuelles ont été faits auprès de 60 producteurs répartis dans quatre arrondissements (Paouignan, Soclogbo, Kpingni et Dassa II) de la commune de Dassa-Zoumé sur la base d'un questionnaire et d'un guide d'entretien. Les paramètres de production tels que la qualité des semences, le rendement, les attaques de ravageurs et de maladies, et le climat sont soumis à l'appréciation des producteurs. Des observations directes sur le terrain ont complété les perceptions des producteurs. Il ressort de cette étude que la culture de la lentille de terre est

restée purement traditionnelle et basée sur des connaissances empiriques transmises de génération en génération. La culture de la lentille de terre ne jouit d'aucune fertilisation. Les perturbations climatiques, la non disponibilité de semences certifiées et le faible rendement ont été rapportés comme des contraintes liées à la faible production de cette culture. La culture est sujette à des attaques de ravageurs surtout des défoliateurs appartenant notamment aux ordres des orthoptères, des lépidoptères et des isoptères, ainsi qu'à des sucres de sève tels que les aphides, de l'ordre des homoptères. Des maladies telles que la pourriture des racines et des gousses dues à des champignons sont également signalées. En stock, des ravageurs post-récoltes tels que les bruches (ordre des coléoptères) ont été rapportés et affectent significativement la conservation. Face à ces difficultés, les producteurs utilisent une diversité de méthodes endogènes pour contrôler les ravageurs post-récoltes mais ne disposent pas de techniques de lutte contre les ravageurs et les maladies. Des recherches de terrains sont nécessaires pour apprécier l'importance des contraintes rapportées afin de promouvoir la culture de cette précieuse légumineuse.

Mots clés : Lentille de terre, ravageurs, maladies, contraintes, rendement.

1. Introduction

L'agriculture constitue la base de l'économie des pays en voie de développement comme le Bénin. En effet, le potentiel de croissance économique du Bénin dépend largement du secteur agricole qui contribue à près de 40% au PIB (INSAE, 2008). Ainsi, la performance économique du Bénin reste tributaire des résultats de ce secteur. Les défis auxquels le continent africain en général et le Bénin en particulier fait face, concernent la lutte contre l'insécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté, mais aussi la dégradation des ressources naturelles, des perturbations climatiques, et de la croissance économique. Selon la FAO (2009), le secteur de l'alimentation et de l'agriculture dans le monde se heurte à plusieurs défis dont les changements démographiques, l'évolution des modes d'alimentation, le changement climatique et les contraintes liées à la gestion des ressources naturelles. Il importe donc de dynamiser le secteur agricole en exploitant au mieux les atouts et en levant les divers goulots d'étranglement qui bloquent son plein essor. Cependant, un grand nombre d'espèces sont négligées par la recherche ou sous-utilisées et ne sont donc pas promues par les divers programmes de développement et de soutien au secteur agricole. Ces espèces procurent pourtant des revenus substantiels aux populations et contribuent à la sécurité alimentaire, à l'amélioration de l'état nutritionnel et au potentiel alicament des populations. Les études faites sur les espèces négligées et sous-utilisées au Bénin (Dans et al., 2012) montrent que les légumineuses à graines occupent une place prépondérante dans ce classement. C'est le cas de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*) qui est une légumineuse annuelle cultivée surtout pour ses graines comestibles (Borus et Bosch, 2007).

Ainsi, sa disparition progressive dans les systèmes de production a été observée au Ghana (Amuti, 1980 et Bampuori, 2007); au Togo (Mergeai, 1993) ; au Burkina Faso (Tamini, 1995) et plus récemment au Nigeria (Amujoyegbe et al., 2010) et au Bénin (Assogba et al., 2015). Plusieurs facteurs

ont été identifiés comme responsables de l'abandon et du déclin de la production de la lentille de terre à savoir le faible rendement, la petite taille des graines, la faible valeur marchande, les besoins en main d'œuvre, la non-disponibilité de variétés améliorées et sa susceptibilité aux ravageurs des greniers (Amujoyegbe et al., 2010 ; Achigan Dako et Vodouhè, 2006 et Tamini, 1995). Il est aussi intéressant de noter que, le fait que la culture de la lentille de terre est très spécifique et confinée à la région de l'Afrique de l'Ouest (Mergeai, 1993) est un fait supplémentaire qui peut justifier son statut de négligé (Ayenan et Ezin, 2016). Tout ceci justifie sans doute, le manque de données sur la propagation de la culture, la biodiversité, les caractéristiques agronomiques, le potentiel de rendement, les activités de fixation de l'azote, l'incorporation dans le système agricole traditionnel, les maladies et les ravageurs (Amujoyegbe et al., 2010, Dans et al., 2012). Pour accroître la productivité et favoriser la promotion de cette filière, l'identification des facteurs et éléments qui y interagissent est indispensable. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude qui vise à analyser les facteurs liés à la faible production de la lentille de terre (*M. geocarpum*) à partir de l'étude de cas de la commune de Dassa-Zoumé.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été menée en 2016 dans la commune de Dassa-Zoumé et s'étend sur une durée de 6 mois (Juillet à décembre). Le climat de cette zone est de type subéquatorial et soumis à l'influence du domaine sud soudanien. La répartition des pluies est assez régulière avec un maximum enregistré généralement en juillet. La pluviométrie moyenne annuelle oscille autour de 1100mm. Cette pluviométrie est parfois accentuée par le micro climat qui y règne. La production agricole, environ 70% de la population active constitue la principale source de revenu pour la majeure partie de la population active et est dominée par les cultures vivrières (céréales et tubercules) et les cultures de rente (anacarde, arachide, etc.). La recherche s'est déroulée dans 12 villages répartis dans quatre arrondissements de la commune de Dassa-Zoumé, soit

* Auteur Correspondant : tonoukouinzachari@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

3 villages par arrondissement. Il s'agit des arrondissements de Kpingni, de Paouignan, de Dassa II et de Soclogbo (Figure 1). Ces villages et arrondissements ont été choisis de façon aléatoire dans une liste de villages producteurs de la

lentille de terre car les facteurs liés à la faible production diffèrent d'une localité à une autre. Ladite liste des villages producteurs de la lentille a été obtenue au niveau du CARDER de la commune de Dassa-Zoumé.

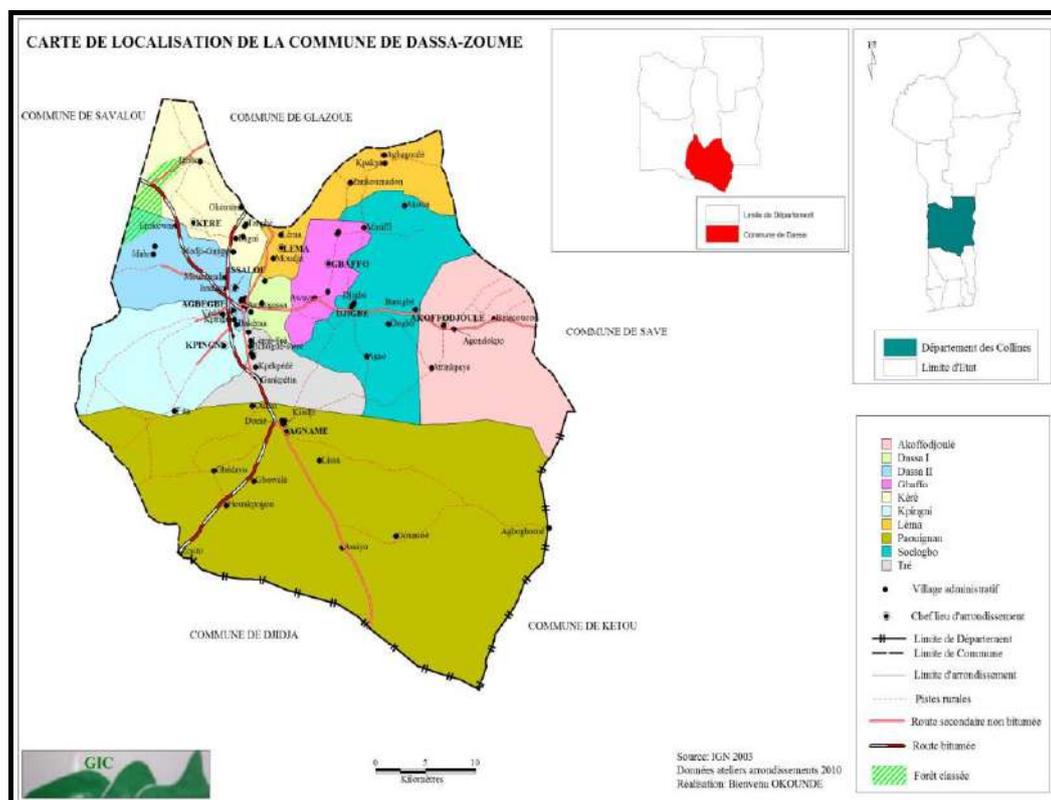


Figure 1 : Carte de la localisation de la Commune de Dassa-Zoumé
 Figure 1 : Map showing the localization of the study area
 Source : Plan de développement communal 2011-2015 de Dassa-Zoumé

2.2. Echantillonnage et collecte de données

L'échantillonnage est constitué de 60 producteurs dont 15 producteurs par arrondissement, soit 5 producteurs par village. Ces chiffres ont été choisis suivant la taille des producteurs de lentille de terre au niveau de chaque localité.

La démarche méthodologique adoptée pour la collecte des données est un ensemble d'approches participative et interactive à travers des visites, des exploitations et des observations participantes et directes. Elle a consisté à organiser des discussions de groupes au niveau de chaque village, des entretiens structurés et semi-structurés avec les producteurs sur la base d'un guide d'entretien et de questionnaire. En effet, ces entretiens et observations ont permis d'une part d'avoir des informations générales sur les techniques de production et d'autre part les facteurs importants liés à la faible production de la lentille de terre.

2.3. Traitement et analyse de données

Les données collectées à travers le questionnaire ont permis de faire une caractérisation socio-démographique des producteurs. Aussi, les perceptions des producteurs ont été croisées avec les différentes observations faites sur le terrain. Une analyse du rendement moyen a été réalisée à l'aide du tableur Excel.

3. Résultats

La production de la lentille de terre est autant pratiquée par les femmes (53,3%) que les hommes (46,7%). Une répartition des producteurs en fonction du groupe ethnique nous montre que les Fon (43,3%) s'adonnent plus à la production que les Idaatcha (35%) et les Mahi (21,7%).

3.1. Qualité de semences

Le capital biologique est constitué de trois variétés de lentille de terre. Il s'agit par ordre d'importance de la variété rouge, la variété noire et la variété blanche qui est la plus cultivée. La plupart des producteurs s'approvisionnent en semences à partir de la campagne précédente. Ainsi, compte tenu de la susceptibilité de la semence aux ravageurs de stock et la non maîtrise des techniques de conservation, bon nombre de producteurs n'arrivent pas à conserver leurs semences jusqu'à la période de semis. Ces producteurs s'approvisionnent donc des semences locales qui reviennent plus chers sur les marchés de Paouignan, Dassa-Zoumé et Glazoué.

3.2. Gestion des ravageurs

Pendant la phase de développement végétative de la lentille de terre, une gamme variée de ravageurs défoliateurs s'attaque aux plants notamment au cours du premier mois, signalé par 35% des producteurs. Les observations faites au cours de cette étude, ont montré que la lentille de terre est sujette à un bon nombre de ravageurs appartenant notamment aux ordres des orthoptères (les criquets); des lépidoptères (les papillons); des isoptères (les termites) et des homoptères (les aphides).

Pour limiter les dégâts causés par l'avifaune (les oiseaux) et les rongeurs, des pièges, des épouvantails et grelots sont réalisés dans les champs par les producteurs. Cependant, aucune méthode de lutte n'est développée par les producteurs pour limiter les dégâts causés par les ravageurs défoliateurs, car selon les producteurs, ces attaques n'ont pas un effet significatif sur la productivité des plants.

À la récolte, surtout juste après le déterrage dans un intervalle de trois jours, les isoptères (termites) attaquent les gousses et font chuter les graines des gousses rendant ainsi la récolte plus difficile.

Voici présenté ci-dessous, quelques images enregistrées sur les dégâts occasionnés par les ravageurs.



Figure 2 : Dégâts des défoliateurs
Figure 2 : Damages of defoliators

3.3. Gestion des maladies

Les producteurs (20% des enquêtés) ont fait cas de maladie comme une contrainte récente de production de la lentille de terre. Ainsi, elle est sujette à des attaques des maladies au cours du stade végétatif. On observe des symptômes de type viral de déformations et de décoloration des feuilles (figure

2), des flétrissements suivis de mort des plantes et des pourritures avec de développement de mycélium au niveau des racines fructifères. Mais, les producteurs ne développent aucune stratégie contre ces maladies.



Figure 3 : Maladies observées dans un champ de lentille de terre
Figure 3: Diseases observed on *Macrotyloma geocarpum* in the field

3.4. Stockage et conservation

Le stockage et la conservation, opérations post-récoltes, sont réalisés par les commerçants et certains producteurs enquêtés. Du fait de la susceptibilité de la lentille de terre aux ravageurs de stock (les bruches surtout), 78% des producteurs utilisent une diversité de méthodes endogènes de stockage et de conservation, respectueuses de l'environnement et de la santé humaine, leur permettant parfois d'avoir une durée (2 ans avec la cendre) de conservation assez longue que l'utilisation des produits chimiques. Il s'agit des techniques de conservation traditionnelles basées sur l'utilisation simple de sable fin, de la cendre, l'utilisation combinée du sable fin et de la cendre, l'utilisation combinée de la cendre et du piment (*Capsicum frutescens*) ou tourteau de graines de neem (*Azadirachta indica*), l'eau chaude, etc. On note aussi l'usage des insecticides de synthèse tels que : le Sofa grain, le Percal, le Protect-DP et le Topstoxin par 28% des producteurs enquêtés. Les grains traités avec ces produits traditionnels et chimiques sont conditionnés dans divers dispositifs de stockage. Parmi ces dispositifs de stockage, nous avons : les sacs de jute, les canaris, les bidons, les plastiques, les Calebasses, les bassines ayant de couvrir et les greniers en terre cuite recouverts de pailles tissées.

3.5. Climat

Les producteurs ont souligné les perturbations pluviométriques comme un facteur important de la productivité de la lentille de terre. Sur les 60 producteurs enquêtés, 70 % ont déclaré que la pluviométrie est un facteur limitant pour la production de la lentille de terre. La figure 3 montre les fluctuations de la pluviométrie pendant la saison de production de la lentille de terre (Juillet à Décembre) sur les quatre dernières années.

3.6. Rendement

Le rendement en grain obtenu varie d'une localité à une autre et varie aussi d'une campagne agricole à une autre. La figure ci-dessous présente le rendement moyen en kg/ha des localités enquêtées de 2012 à 2015.

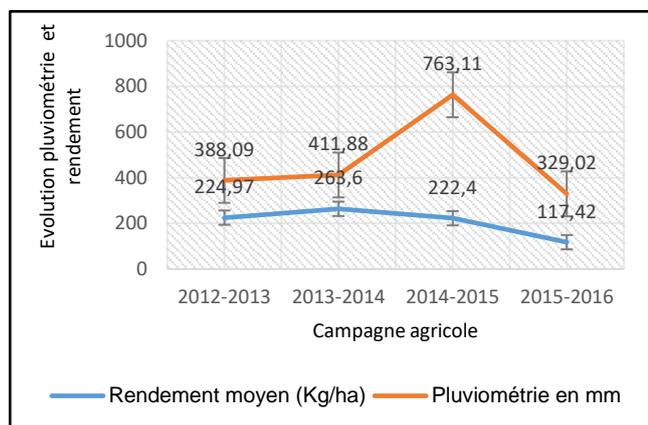


Figure 4 : Evolution de la pluviométrie et du rendement moyen de la lentille de terre au niveau des localités enquêtées

Figure 4 : Evolution of pluviometry and of average yield of Kersting's groundnut on the localities surveyed

Note : Les moyennes de rendement des quatre dernières années montrent de faibles rendements (208 kg/ha) comparativement à la moyenne théorique de 500kg/ha donné par la MAEP.

3.7. Perception des producteurs sur les raisons de la faible production de la lentille de terre

Selon les producteurs, le recul et l'abandon de la production de la lentille de terre s'explique par plusieurs raisons. Les raisons majeures se résument en ces termes : les pratiques culturales contraignantes (surtout la récolte); le problème de conservation post-récolte; la non maîtrise de gestion des nuisibles et maladies; le manque de terre propice; le faible rendement; la non disponibilité de semences de qualités ; certaines considérations ethnosociologiques ou traditionnelles et la variabilité climatique.

4. Discussion

La production de la lentille de terre dans la commune de Dassa-Zoum est pratiquée et le produit est consommé aussi bien par les hommes que les femmes. Ainsi, elle ne fait l'objet d'aucune discrimination de sexe de nos jours contrairement aux observations de Chevalier (1910) cité par Tamini (1995) qui signalait qu'au Dahomey seuls les chefs de famille consomment les graines de lentille de terre et qu'elles sont formellement interdites aux femmes. Il en est de même quant aux observations de Mergeai (1993) et Kay (1979, cité par Duke et al. 1997) qui ont rapporté que les graines de lentille de terre sont un aliment exclusivement réservé aux dignitaires.

Pour produire la lentille de terre, les agriculteurs utilisent des semences enregistrées à partir de la récolte précédente ou achètent des semences sur les marchés parce qu'il n'y a pas de système formel de production de semences fournissant des semences certifiées de la culture dans l'un des pays producteurs en Afrique de l'Ouest (Assogba et al., 2015 ; Amujoyegbe et al., 2010 ; Bampuori, 2007). Ceci qui justifie nos résultats en ce sens que les producteurs ne disposent

d'aucune source d'approvisionnement de semences certifiées ni de qualité.

Selon Achigan-Dako et Vodouhè (2006), la lentille de terre n'est pas sujette à de graves attaques de la part des ravageurs dans les régions semi-arides. Cependant, les espèces ravageuses de la lentille de terre de même que leurs impacts sur le rendement feront l'objet d'une autre investigation ultérieure. Selon Achigan et al. (2015) et Bampuori (2007), la lentille de terre est moins sensible aux maladies et aux attaques des ravageurs dans le champ. Au cours de cette étude, on constate que la lentille de terre est sujette à des attaques des maladies telles que : la pourriture des gousses et du système racinaire des plants (maladie fongique), le dessèchement et le rabougrissement des plants (dû aux aphides), etc. Ce qui est en accord avec l'affirmation d'Achigan-Dako et Vodouhè (2006), qui stipulent que dans les régions humides, des maladies fongiques (rouille, moisissures) peuvent survenir. De même, Assogba et al. (2015) ont observé la présence de maladie virale et de rouille dans un champ de *M. geocarpum* au centre Bénin. En revanche, le temps d'exécution de la présente étude ne nous a pas permis d'évaluer le niveau de prévalence et d'impact des ravageurs et maladies sur le rendement de la lentille de terre.

Par ailleurs, le rendement moyen des quatre dernières années 2012 à 2015 (208 kg/ha) est très faible (moins de 50%) de la moyenne théorique (500 kg/ha). Selon Mergeai (1993), la lentille de terre est particulièrement adaptée aux zones de sécheresse, car il peut encore prospérer pendant des précipitations aussi basses que 500-600 mm, bien réparties sur 4-5 mois. Cette dernière affirmation ne semble pas justifier nos résultats, car l'analyse du rendement moyen des quatre dernières années a montré que les précipitations ne sont pas les seuls facteurs responsables de la prospérité de la lentille de terre. Les principaux facteurs affectant le rendement sont tels que : la texture du sol ; les maladies ; les ravageurs ; la non disponibilité de semences de qualité et les perturbations climatiques. Par ailleurs, le type de travail du sol (crête ou plat) a été signalé pour affecter le rendement de la culture en fonction du type de sol (Kouelo et al., 2012). Selon Assogba et al., 2015, dix raisons justifient la faible production de la lentille de terre au Bénin dont les plus importants facteurs sont tels que : le coût de production élevée (40,7% des réponses), susceptibilité de la culture à l'excès d'humidité du sol (25,5% des réponses) et les pratiques culturales contraignantes (25,2% des réponses). Selon la MAEP (2011), la production de la lentille de terre passe de 2358 à 1050 tonnes de 2005 à 2010.

En général, pour inverser la tendance liée à l'abandon de la culture et au faible rendement, des actions visant la promotion de la culture et l'étude des différents facteurs réduisant le rendement en milieu paysan devraient être des priorités de recherche. L'étude du développement phénologique des maladies ; l'identification et la caractérisation des ravageurs seraient nécessaires dans l'évaluation du niveau d'impact des maladies et des ravageurs sur la productivité et le rendement de la lentille de terre. La mise en place d'un programme de sélection peut favoriser le développement de variétés améliorées.

5. Conclusion

La production de la lentille de terre dans la commune de Dassa-Zoumé est purement traditionnelle et basée sur des connaissances empiriques transmises des parents aux fils avec des rendements de plus en plus faibles. Ainsi, pour inverser la tendance liée à l'abandon de la culture et au faible rendement, des actions visant la promotion de la culture et l'étude des différents paramètres agronomiques, l'identification des nuisibles et l'évaluation du niveau d'impact des maladies réduisant le rendement en milieu paysan devraient être des priorités de recherche.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement Mr Aubin YOLOU, Responsable du Développement Rural (RDR) du SCDA Dassa-Zoumé et tous les agents du SCDA Dassa-Zoumé pour leur collaboration, leurs commentaires et suggestions pertinents pendant la phase de terrain.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Achigan Dako, E.G., Vodouhè, S.R. 2006. *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet. In: PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale). Brink, M., Belay, G. (eds). Wageningen, Netherlands. Consulté le 1 mai 2016 sur : www. Prota4U.
- Amujoyegbe, B.J., Obisesan, I.O., Aderanti, F.A. 2010. Disparition de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) dans le sud-ouest du Nigeria: un indicateur d'érosion génétique. Publié dans le fascicule n° 152. pp. 45-50
- Amuti, K. 1980. *Geocarpa groundnut* (*Kerstingiella geocarpa*) in Ghana. *Economie Botany*, 34 (4). pp. 358-361.
- Assogba, K. E. P. 2015. Etude ethnobotanique et évaluation agromorphologique des variétés de lentille de terre au Sud et au Centre Benin. *International Foundation for Science*. 26p.
- Assogba, P., Ewedje, E.E.B.K., Dansi. A., Loko, Y.L., Adjatin, A., Dansi, M., Sanni, A. 2015. Indigenous knowledge and agromorphological evaluation of the minor crop Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) cultivars of Benin. *Genét Resour Crop Evol.* 63. pp.513-529
- Ayenan, A.T.M., Ezin, A.V. 2016. Potentiel de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) et les perspectives de sa promotion. *Agriculture et sécurité alimentaire*. 5 : 10
- Bampuori, A.H. 2007. Effet des pratiques agricoles traditionnelles sur le rendement de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* Harms) culture indigène dans la région ouest supérieure du Ghana. *J Dev Sustain Agric.* 2. pp. 128-144.
- Borus, D.J., Bosch, C.H. 2007. Céréales et légumes secs. *Ressources végétales de l'Afrique Tropicale*. Agropolis International. 417630
- Dansi, A., Eteka, A., Azokpota, P., Assogba, P. 2012. La diversité des espèces de cultures négligées et sous-utilisées d'importance au Bénin. *Scientifique Mondial Journal*. FAST/FSA/IRDCAM.. Consulté le 27 Avril 2015
- FAO. 2009. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture: le rapport sur l'élevage, FAO. 202 (1). p. 78.
- INSAE. 2013. Recensement général de la population et de l'habitat. Résultats provisoires et définitifs du RGPH4. INSAE, Benin.8 (1). p. 2
- Kay, D.E. 1979. Food legumes. *Crops and Product Digest No 3*. Tropical Products Institute, London, United Kingdom. 435 pp.
- Kouelo, A.F., Badou, A., Hounngandan, P., Francisco, M.M.F., Gnimassoun, C.J-B., Sochime, D.J. 2012. Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51: 3625–3632, 1-9.
- MAEP. 2011. Données sur l'évolution des principales cultures du Benin
- Mergeai, G. 1993. Influence des facteurs sociologiques sur la conservation des ressources phytogénétiques. Le cas de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) au Togo. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux* 28(4). pp.487–500.
- Pilgrim, S.E., Cullen, L.C., Smith, D.J., Pretty, J. 2008. Les connaissances écologiques sont perdues dans les communautés plus riches et les pays. *Sci Technol Environnement* 42. pp. 1004-1009.
- Tamini, Z. 1995. Etude ethnobotanique de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) au Burkina Faso. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, vol. 30, numéro 1. pp. 187-199.



Inventaire des principales maladies du manguier dans les savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin

V.A. ZINSOU^{1*}, A. FERDINAN¹, C.G. TCHEMADON¹, L.A.C. AFOUDA¹, F. GAGNON¹

¹Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), B.P. 123 Parakou, Tél. : (+229) 95 96 25 74

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Inventory of the main mango diseases in the sudan and northern Guinea savanna of Benin

Abstract: Mango due its economic potential occupies an important place in the export fruit speculations of the countries of the sub-region. However, the mango sector faces phytosanitary problems and standards mainly related to different diseases and pests. Surveys were conducted in the main mango production areas in the sudanian and northern Guinean savanna of Benin in order to inventory the main mango-infested diseases and to identify the responsible pathogens. An assessment of the incidence and severity of the diseases was also made to determine the areas of predilection for each disease. Isolates from the survey sites were subjected to virulence tests in the greenhouse. The diseases identified during the study were stem and leaf rots caused by *Lasiodiplodia theobromae* and bacterial angular leaf spot caused by *Xanthomonas axonopodis* pv *mangiferae indicae*. The northern guinean savanna recorded an average incidence of 89.8% and an average severity of 53.6% for mango rot, while an average incidence of 56.4% and an average severity of 25.5% were observed for bacterial angular leaf spot. In the sudanian savanna, an average incidence of 82.8% and an average severity of 44.7% for mango rot were respectively reported, while these were respectively 74.3% and 29.3% for bacterial angular leaf spot. A total of 44 isolates were associated with mango rot, with 45.5% very virulent, 31.8% virulent and 22.7% less virulent. The three most virulent isolates were observed in the northern Guinean savanna. Efforts to improve mango production need to take into account these pathogens in order to increase the production of this fruit quantitatively and qualitatively.

Keywords: Bacterial angular leaf spot, Benin, isolate, mango, rot.

Résumé : La mangue grâce à son potentiel économique occupe une place importante dans les spéculations fruitières à l'export des pays de la sous-région. Cependant, la filière mangue fait face à des problèmes et normes phytosanitaires principalement liés à différentes catégories de maladies et de parasites. Des prospections ont été conduites dans les grandes zones de production de mangue dans les savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin afin d'inventorier les principales maladies inféodées au manguier et d'identifier les agents pathogènes qui en sont responsables. Une évaluation de l'incidence et de la sévérité des maladies a également été faite pour déterminer les zones de prédilection de chaque maladie. Les isolats issus des sites de prospection ont été soumis à des tests de virulence en serre. Les maladies identifiées au cours de l'étude ont été la pourriture due à *Lasiodiplodia theobromae* et la bactériose due à *Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indicae*. La savane nord guinéenne a respectivement enregistré une incidence moyenne de 89,8% avec une sévérité moyenne de 53,6% pour la pourriture, et une incidence moyenne de 56,4% avec une sévérité moyenne de 25,5% pour la bactériose. Dans la savane soudanienne, il a été respectivement relevé une incidence moyenne de 82,8% avec une sévérité moyenne de 44,7% pour la pourriture, et une incidence moyenne de 74,3% avec une sévérité moyenne de 29,3% pour la bactériose. Un total de 44 isolats a été associé à la pourriture de mangue avec 45,5% très virulent, 31,8% virulent et 22,7% moins virulent. Les trois isolats les plus virulents ont été observés dans la savane nord guinéenne. Les efforts d'amélioration de la production de mangue doivent donc tenir compte de ces deux pathogènes afin d'augmenter quantitativement et qualitativement la production de la mangue.

Mots clés : Bactériose, Bénin, isolat, mangue, pourriture.

1. Introduction

Le manguiers (*Mangifera indica L.*), de la famille des Anacardiaceae, est un arbre fruitier largement cultivé dans les pays tropicaux (Vayssières et al., 2015) et l'un des fruitiers les plus répandus en Afrique de l'Ouest où sa culture a pris une forte ampleur dans les années 80 (Vayssières et al., 2008). Fruit tropical par excellence et à haute qualité nutritive, la mangue est le deuxième fruit le plus consommé au monde après la banane (Planetoscope, 2012). Ainsi, grâce à son utilité dans l'alimentation humaine et son potentiel économique, la mangue occupe une place prépondérante dans les spéculations fruitières à l'export des pays de la sous-région (FAO, 2015). En effet, au Bénin, d'importantes quantités de mangues sont produites et principalement commercialisées sur le marché intérieur et régional, au Niger et au Nigeria (Van melle, 2013). Cependant, la filière mangue se trouve menacée par diverses maladies et parasites, qui impactent qualitativement et quantitativement la production et la commercialisation des mangues. En effet, Vayssières et al., (2008) ont observé que beaucoup de fruits sont perdus avant la fin du processus de commercialisation. Les études réalisées dans quelques pays en Afrique de l'Ouest ont signalé la présence de la maladie bactérienne des taches noires du manguiers due à *Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indicae* (Vannière et al., 2004) et une maladie fongique, l'antracnose, due à *Colletotrichum gloeosporioides* (Vannière et al., 2004 ; Yah N'Guettia et al., 2013). Au Bénin, le constat est l'inexistence de données sur les principales maladies du manguiers bien que les maladies inféodées à l'anacardier, arbre de la même famille que le manguiers, aient été identifiées (Afouda et al., 2013).

Mieux, le manque de références bibliographiques est également souligné et constaté sur l'importance des maladies du manguiers dans les zones de production au Bénin. Pourtant, ces informations sont nécessaires pour l'élaboration des mesures efficaces de lutte contre toute maladie de plante.

Afin de faire donc un état des lieux des menaces phytopathologiques auxquelles est confrontée la filière mangue, des prospections ont été conduites dans les grandes zones de production de mangue à travers les savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin. Cette étude a eu pour objectif, d'inventorier les principales maladies inféodées au manguiers et identifier les agents pathogènes qui en sont responsables.

2. Matériels et méthodes

La présente étude a été menée en deux phases : la première à travers des prospections dans les grandes zones de production de mangues des savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin, et la seconde à travers des tests de virulence réalisés sous serre.

2.1. Milieu d'étude

En Juillet 2017, cinquante-six (56) sites de production de mangues distants de 5km au moins ont été prospectés, à raison de quarante-trois (43) dans la savane guinéenne et treize (13) dans la savane soudanienne (Fig 1). La savane soudanienne (SS) comprise entre une latitude de 10.5 à 12° est caractérisée par une saison culturale qui s'étend de Mai à Septembre, un sol ferrugineux tropical plus ou moins sablonneux, une pluviométrie de 900-1000 mm et une température variant de 28 à 45°C. La savane nord guinéenne (SNG) est comprise entre une latitude 8.5 à 10.5° et est caractérisée par une saison culturale qui s'étend d'Avril à Septembre, un sol ferralitique rouge, avec des vertisols et des sols hydromorphes par endroit plus ou moins sableux ou argileux, une pluviométrie de 1000-1100 mm et une température variant de 28 à 40°C (Azontondé, 1991).

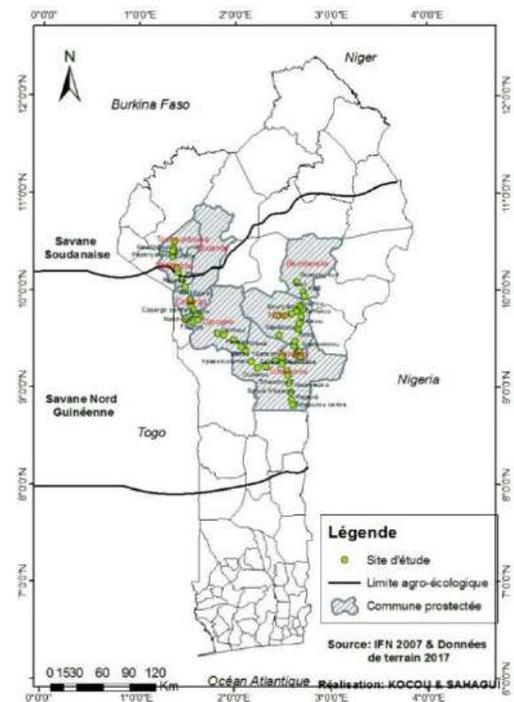


Figure 1 : Carte présentant les sites prospectés dans les savanes nord guinéenne et soudanienne du Bénin.

Figure 1 : Map of the Republic of Benin presenting surveyed sites in the northern Guinea and Sudan savanna

* Auteur Correspondant : valzinsou@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

2.2. Collecte de données

2.2.1. Données de terrain

Au cours de ces prospections, l'incidence et la sévérité des principales maladies du manguier ont été évaluées sur 10 à 30 plants choisis au hasard dans chaque plantation suivant la méthode des diagonales. Pour une bonne représentativité de l'échantillon, l'évaluation a été réalisée sur les côtés Nord, Sud, Est et Ouest de chaque arbre. Sur chacun de ces côtés, une surface de 1m² a été délimitée sur les branches à l'aide d'un quadrant (Shomari et Kennedy, 1999). L'incidence de chacune des maladies a été estimée à partir du rapport entre le nombre d'arbres malades et le nombre total d'arbres évalués (Cooke et al., 2005). Quant à la sévérité, elle a été évaluée en suivant une échelle visuelle de 0 à 6 proposée par Sijaona et al. (2001) avec (0 = pas de symptôme, 1 = <1 % ; 2 = 1-10% ; 3 = 11-25% ; 4 = 26-50% ; 5 = >50%). Ces indices de sévérité ont ensuite servi au calcul de la sévérité moyenne grâce à la formule :

$$S = \frac{\sum n}{N \times 5} \times 100$$

Avec S = sévérité sur la maladie, n = les indices individuels, N = nombre total de plants évalués, 5 : niveau de sévérité le plus élevée de l'échelle.

2.2.2. Tests de virulence sous serre

Les quarante-quatre isolats issus des sites de prospection et associés à la pourriture de la mangue, ont servi à réaliser des tests de virulence sous serre sur des mangues de la variété locale. L'inoculum obtenu pour chacun des isolats après isolement et purification du champignon au laboratoire, a été prélevé de la surface chargée de spores à partir d'un perforateur métallique de 2cm de diamètre, puis introduit dans un creux de même diamètre réalisé dans les mangues. En effet, trois (03) fruits ont été inoculés à partir de chacun des isolats. Sur chacun de ces fruits, a été évalué trois jours (03) après inoculation puis à intervalle de trois jours (03) pendant neuf jours (09), la sévérité de la maladie à travers la mesure de la longueur des lésions induites par le champignon sur les mangues. Les valeurs issues de ces évaluations ont ensuite servi au calcul de la surface sous la courbe d'évolution de la sévérité (AUSPC) grâce à la formule ci-dessous :

$$AUSPC = \sum_i [(S_i + S_{i-1}) * (t_i - t_{i-1})] / 2$$

Avec t_i = date de l'évaluation, S_i = moyenne de la sévérité à la date t_i (Shaner et Finney, 1997; Jeger et Viljanen-Rollinson, 2001 ; Zinsou et al., 2005).

Au terme des évaluations sur les fruits, les pourritures induites sur les fruits par le champignon ont été récupérées, séchées à l'étuve à 80°C pendant 72h puis pesées afin de déterminer le poids des pourritures sèches (PPS).

2.3. Analyse statistique des données

L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée grâce au logiciel R version 3.1.2 sur les valeurs d'incidence, de sévérité, d'AUSPC et de poids de pourritures sèches pour comparer les moyennes au seuil de 5% et le test de Tukey a été complété afin de séparer les moyennes lorsqu'il y avait une différence significative (p ≤ 0,05). Le test de corrélation de Pearson (p ≤ 0,05) a été fait entre les valeurs d'AUSPC et de poids de pourritures sèches. Quant au tableur Microsoft Excel 2007, il a servi à la saisie des données. Les valeurs des tableaux sont les moyennes réelles avec leurs erreurs standards.

3. Résultats

3.1. Principales maladies répertoriées lors des prospections

Deux principales maladies ont été répertoriées sur le manguier lors des prospections dans les savanes soudanienne et nord guinéenne du Bénin. Il s'agit de pourriture de la mangue et de la bactériose du manguier.

3.1.1. Pourriture de la mangue (*Lasiodiplodia theobromae*)

Les symptômes de la pourriture de la mangue causée par *Lasiodiplodia theobromae*, se présentent sur les feuilles sous forme de taches brunes, rondes, qui se nécrosent en leur centre mais sur les fruits, sous la forme de taches épidermiques fréquemment alignées, suivant une disposition caractéristique dite « en traînée de larme ». Ces taches peuvent devenir coalescentes, provoquant des taches plus larges. A un stade plus avancé, la pourriture s'étend progressivement à la chair (Figure 2).

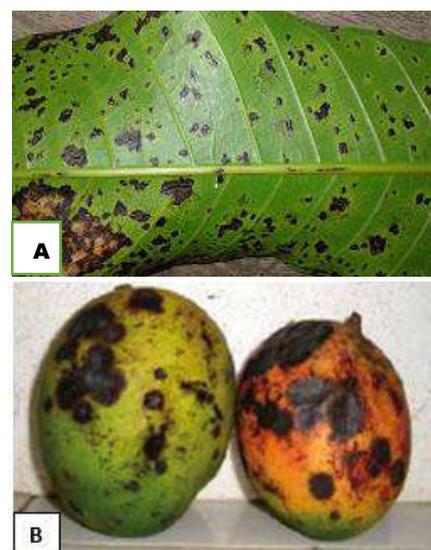


Figure 2 : Symptômes de la maladie sur feuille (A) et fruits (B)

Figure 2 : Disease symptoms on leaf (A) and fruits (B)

3.1.2. Bactériose (*Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indica*)

Les dégâts de la bactériose du manguier causée par *Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indica*, commencent par de petites taches huileuses qui évoluent en taches nécrotiques noires, anguleuses en relief, souvent limitées par les nervures de la feuille (Figure 3). Ces taches noires sont entourées d'un halo plus clair d'aspect huileux sur la face inférieure, et d'un halo jaune sur la face supérieure. Sur les pétioles et la nervure principale, on note la présence de chancres. Les feuilles fortement attaquées tombent et l'on observe alors de longs rameaux défoliés.



Figure 3: Symptômes de taches anguleuses de la bactériose sur feuilles

Figure 3: Bacterial angular leaf spot on leaves

3.2. Incidence et sévérité de la pourriture de la mangue dans les savanes nord guinéenne et soudanienne du Bénin

Les valeurs d'incidence et de sévérité observées au niveau des savanes nord guinéenne et soudanienne, ne sont pas significativement différentes (respectivement $P=0,36$ et $P=0,14$). La maladie est donc présente et sévit pratiquement de la même manière dans les deux savanes même si les valeurs d'incidence et de sévérités ont légèrement plus élevées dans la savane nord guinéenne (Tableau 1).

Tableau 1 : Incidence et sévérité de la pourriture de la mangue dans les zones prospectées

Table 1: Incidence and severity of mango rot in the surveyed zones

Zones agroécologiques	Communes	Incidence (%)	Sévérité (%)
Savane nord guinéenne		89,84±3,44a	53,62±2,90a
	Bembèrèkè	100±0,00	65,00±3,79
	Djougou	96,36±2,01	61,00±5,87
	N'dali	90,17±2,81	53,05±4,43
	Ouaké	98,25±1,76	66,71±2,74
	Parakou	100±0,00	62,08±5,19
Tchaourou		78,10±10,46	41,61±6,57
Savane soudanienne		82,79±8,23a	44,67±5,23a
	Copargo	73,61±15,65	39,31±13,08
	Kouandé	87,50±12,50	47,13±9,09
	Natitingou	75,00±25,00	43,00±14,99
	Toucountouna	95,12±3,23	49,13±3,01
	F		0,84
P		0,36	0,14

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

3.3. Incidence et sévérité de la bactériose du manguier dans les savanes nord guinéenne et soudanienne du Bénin

Les valeurs d'incidence et de sévérité observées au niveau des savanes nord guinéenne et soudanienne, ne sont pas significativement différentes (respectivement $P=0,05$ et $P=0,46$). La maladie est donc présente et sévit pratiquement de la même manière dans les deux savanes même si les valeurs d'incidence et de sévérité sont légèrement plus élevées dans la savane soudanienne (Tableau 2).

Tableau 2 : Incidence et sévérité de la bactériose du manguier dans les zones prospectées

Tableau 2 : Incidence and severity of mango bacterial angular leaf spot in the surveyed zones

Zones agroécologiques	Communes	Incidence (%)	Sévérité (%)
Savane nord guinéenne		56,42±4,61a	25,54±2,65a
	Bembèrèkè	38,33±20,48	33,54±8,79
	Djougou	61,79±11,51	33,54±8,75
	N'dali	66,58±7,96	32,08±4,42
	Ouaké	73,91±5,39	30,96±3,83
	Parakou	41,82±16,58	14,10±6,95
Tchaourou		48,38±8,61	19,35±3,7
Savane soudanienne		74,30±6,31a	29,33±2,58a
	Copargo	87,50±7,21	37,50±7,09
	Kouandé	86,63±8,37	30,47±3,52
	Natitingou	75,22±15,15	28,93±3,51
	Toucountouna	57,31±9,22	23,04±4,1
	F		3,86
P		0,05	0,46

3.4. Virulence des isolats de *L. theobromae* testés en serre

L'analyse du tableau 3, présentant les valeurs de sévérité (AUSPC) et les poids des pourritures sèches induites par les différents isolats testés en serre selon leurs provenances révèle qu'il existe une différence significative entre les valeurs de sévérité des divers isolats testés. En effet, ces valeurs varient de 6,6 à 57 et les plus fortes valeurs ont été notées avec les isolats de la savane nord guinéenne.

Tableau 3 : Caractéristiques de virulence des isolats de *Lasiodiplodia theobromae* testés en serre

Table 3: Virulence characteristics of *Lasiodiplodia theobromae* isolates tested in greenhouse

Isolats	Zones agro-écologiques	Poids secs des pourritures	AUSPC
Nda S8	SNG	3,00±0,00	57,00±5,54 a
Nda S4	SNG	13,00±0,05	51,75±4,05 ab
Oua S3	SNG	6,33±2,40	51,70±5,44 ab
Dj S1	SNG	9,67±1,0	48,65±3,62 abc
Dj S5	SNG	8,33±3,28	48,50±2,77 abc
Tou S1	SS	12,66±8,17	46,60±3,13 abcd
Tcha S2	SNG	3,33±1,33	46,55±3,04 abcd
Dj S2	SNG	3,33±1,33	46,35±6,98 abcd
Nda S5	SNG	7,66±5,17	44,60±3,70 abcd
Bem S1	SNG	7,00±2,08	44,50±8,81 abcd
Nat S1	SS	3,33±0,33	44,50±2,35 abcd
Tcha S11	SNG	4,33±0,89	43,15±2,47 abcd
Tcha S3	SNG	4,00±0,88	42,50±1,52 abcd
Tcha S5	SNG	4,66±0,88	42,20±1,44 abcd
Tou S2	SS	5,66±1,77	42,00±3,98 abcd
Nat S3	SS	3,00±0,58	41,20±4,60 abcd
Dj S6	SNG	6,33±2,85	40,15±1,32 abcde
Nda S7	SNG	2,33±0,88	39,80±3,34 abcde
Pkou S1	SNG	2,33±0,33	39,70±3,95 abcde
Dj S4	SNG	2,00±0,00	38,35±0,40 abcde
Tcha S13	SNG	4,00±2,08	36,80±4,83 bcde
Tcha S4	SNG	2,66±0,33	36,50±4,17 bcde
Tou S4	SS	1,33±0,33	36,50±4,24 bcde
Dj S7	SNG	2,67±1,20	35,35±1,55 bcdef
Nda S1	SNG	3,33±0,66	35,40±2,16 bcdef
Bem S2	SNG	2,66±0,88	35,25±2,32 bcdef
Tcha S10	SNG	3,66±0,33	34,55±3,42 bcdef
Oua S1	SNG	3,33±1,20	33,85±6,60 bcdef
Nda S3	SNG	2,67±0,33	31,70±3,56 cdef
Nda S11	SNG	2,00±0,58	30,65±5,21 cdefgh
Tcha S6	SNG	3,00±0,06	30,50±2,93 cdefgh
Koua S1	SS	4,00±1,53	30,45±3,26 cdefgh
Nda S9	SNG	4,00±1,15	28,00±1,03 defgh
Nat S2	SNG	2,66±1,20	27,15±2,89 defghi
Bem S3	SNG	2,33±0,88	21,70±1,32 efghi
Tou S3	SS	5,33±0,88	17,80±5,18 fghij
Tcha S7	SNG	2,66±0,33	16,60±1,89 fghij
Pkou S3	SNG	1,00±0,00	15,45±0,46 ghij
Nda S4 (b)	SNG	1,00±0,00	13,70±4,17 hij
Cop S3	SS	1,00±0,00	11,80±0,51 ij
Koua S2	SS	2,66±0,33	10,60±1,92 j
Nda S6 (B)	SNG	3,33±1,20	9,90±1,09 j
Nda S7 (b)	SNG	9,33±5,84	8,20±1,52 j
Dj S3	SNG	7,00±3,05	6,60±3,06 j

Le dendrogramme ci-dessous (Fig 4) réalisé à partir des valeurs de sévérité (AUSPC) et de poids des pourritures sèches permet de regrouper les isolats de *L. theobromae* testés suivant leurs niveaux de virulence. Ainsi, des 44 isolats associés à la pourriture de la mangue, 20 isolats (45,5%) se sont révélés très virulents, 14 virulents (31,8%), et 10 moins virulents (22,7%).

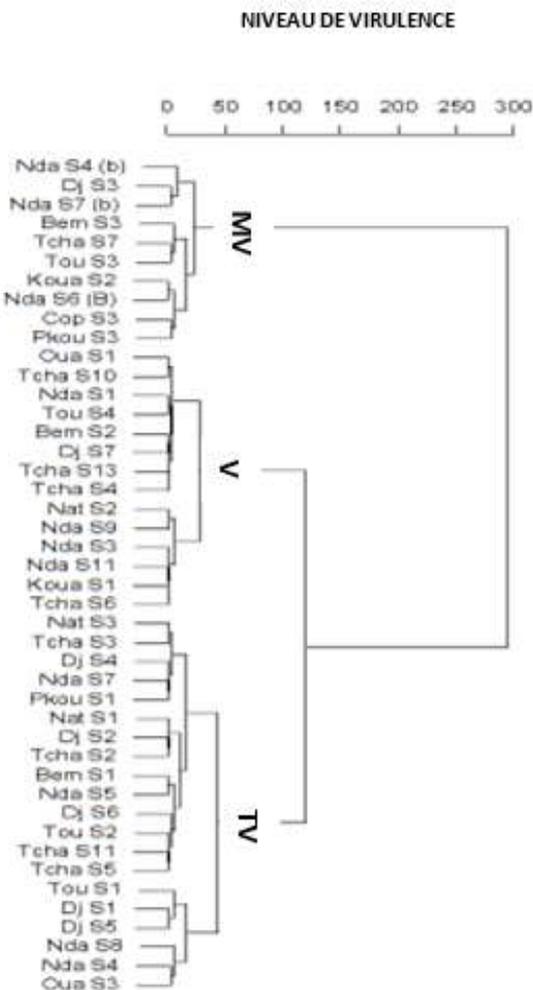


Figure 4: Dendrogramme illustrant le niveau de virulence des isolats de *L. theobromae* testés

Figure 4: Dendrogram illustrating the level of virulence of *L. theobromae* isolates tested

4. Discussion

Deux principales maladies ont été identifiées sur le manguiier : la pourriture de la mangue causée par *Lasiodiplodia theobromae* et la bactériose du manguiier causée par *Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indica*. La pourriture de la mangue a été signalé sur le manguiier au Pakistan (Ullah et al., 2017) et au Brésil (Costa et al., 2010). *L.theobromae* a été également signalé sur plusieurs autres cultures : manioc (Daniel et al., 1981), pastèque, melon, luffa (Blancard, 2013); papayer et cacaoyer (Nishijima, 1993) comme responsable

des pourritures. Mais en Côte d'Ivoire, Yah N'Guettia et al. (2013) ont isolé des pourritures de mangue dues à *Colletotrichum gloeosporioides* (l'agent causal de l'antracnose du manguier). La variabilité dans le comportement pathogénique au sein des isolats de *L. theobromae* en milieu contrôlé, serait due aux caractéristiques intrinsèques de chacun des isolats.

La bactériose du manguier présente en Afrique du Sud et de l'Est est également signalée ces dernières années en Afrique de l'Ouest (Vannière et al., 2004). Des études épidémiologiques et de caractérisations morphologiques et moléculaires des isolats de *Xanthomonas* présentes sur le manguier au Bénin sont nécessaires pour appréhender l'importance de la maladie et anticiper sur les méthodes appropriées de lutte.

Aucune différence significative n'a été notée entre les valeurs d'incidence et de sévérité de pourriture de la mangue et de la bactériose au niveau des deux zones prospectées. Cependant, une légère variabilité a été constatée entre ces valeurs. Cet état de chose pourrait s'expliquer par les conditions climatiques (pluviométrie 900 à 1000 mm et température de 28 à 45°C en savane soudanaise ; pluviométrie de 1000 à 1100 mm et température de 28 à 40°C), les pratiques culturales, les variétés de mangue cultivées et même les techniques de récolte adoptées dans chacune de ces zones. En effet selon Arshad et al. (2007), les techniques de récolte et les conditions environnementales jouent un rôle crucial dans le développement de la maladie (climat chaud et humide avec une humidité relative comprise entre 54 et 95%). De plus, les mêmes auteurs ont rapporté que différentes sources de carbone et d'azote influencent le développement de *Lasiodyplodia theobromae* et que le maximum de croissance est observé avec le sucrose et le nitrate de potassium.

5. Conclusion

La présence des principaux agents pathogènes que sont (*Lasiodyplodia theobromae* et *Xanthomonas axonopodis* pv *Mangiferae indicae*) peut justifier en partie la chute des rendements de mangue au Bénin depuis quelques années. Il est nécessaire de poursuivre les travaux afin de préciser les maladies qui méritent une attention particulière. Les efforts d'amélioration de la production de mangue doivent donc tenir compte de ces deux pathogènes afin d'augmenter quantitativement et qualitativement la production de la mangue au Bénin.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Afouda L. C. A., Zinsou V., Balogoun R. K., Onzo A., Ahohuendo B. C., 2013. Inventaire des agents pathogènes de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. 73 : 13-19. <http://www.slire.net>. ISSN/EISSN : 1025-2355/1840-1840-7099.
- Arshad M., Saleem M., Hussain S., 2007. Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation. Trends Biotechnol 25:356–362.
- Azontonde, A., 1991. Propriétés physiques et hydrauliques des sols au Bénin. Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991. IAHS Publ. no. 199.
- Blancard D., 2013. *Lasiodyplodia theobromae* (Pat.)Griffon &Maubl., (1909).5p
- Cooke B.M., Jones D.G. et Kaye B., 2005. Disease assessment and yield loss. The epidemiology of plant diseases. 2nd Edn., Springer Netherlands. pp. 43-80. ISBN: 10 1-4020- 4580-8.
- Costa V.S., Michereff S.J., Martins R.B., TuaoGava C.A., Mizubuti E.S.G., Camara M.P.S., 2010. Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. European Journal of Plant Pathology.127(4):509-519. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9616-y>.
- Daniel J.-F., Boher B., Kohler F., 1981.Les maladies bactériennes du manioc (*Manihot esculenta*Crantz) en République Populaire du Congo et en République Centrafricaine. Agronomie,EDP Sciences.1(9):751-756. <hal-00884320>
- FAO, 2015. Données statistiques sur la production de mangues. (Consulté le 7 Décembre 2016 à 13:35:25).
- Jeger M. J., Viljanen-Rollinson L. H., 2001.The use of the area under the diseaseprogresscurve (AUDPC) to assess quantitative diseaseresistance in crop cultivars. Theoretical and Applied Genetics 102(1):32-40.
- Nishijima, W., 1993. *Lasiodyplodia theobromae*; Fruit and Stem End Rot of Papaya.University of Hawaii.http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/l_theob.htm.(Consulté le 23Juin 2017 à 09:13:21).
- Planetoscope. 2012. Production mondiale de mangues. <https://www.planetoscope.com/fruits-legumes/1481-production-mondiale-de-mangues.html>. (Consulté le 18Avril 2017 à 17:51:42).
- Shaner G., Finney R. E., 1977.The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildew in resistance in Knox wheat. Phytopathology 67(8):1051-1056.
- Shomari S.H., Kennedy R., 1999. Survival of *Oidium anacardii* on cashew (*Anacardium occidentale*) in southern Tanzania. Plant Pathology 48:505-513.
- Sijaona M.E.R., Clewer A., Maddison A., Mansfield J.W., 2001.Comparative analysis of powderymildew development on leaves, seedlings and flowerpanicles of differentgenotypes of cashew. Plant Pathology 50(2):234-243. doi: 10.1046/j.1365-3059.2001.00544.x.
- Ullah S.F., Hussain Y., Iram S., 2017. Pathogenic characterization of *Lasiodyplodia* causing stem end rot of mango and its control using botanicals. Pakistan Journal of Botanic. 49(4):1605-1613.

- Vannière H., Didier C., Rey J-Y., Diallo T M., Keita S., Sangaré M., 2004. La mangue en Afrique de l'Ouest francophone : les systèmes de production et les itinéraires techniques. *Fruits* 59:383–398. doi: 10.1051/fruits:2005001.
- Van Melle C. et Buschmann S., 2013. Analyse comparative des chaînes de valeur de la mangue au Bénin, au Ghana et au Burkina Faso, Dans : *Reconstruire le potentiel alimentaire de l'Afrique de l'Ouest*, A. Elbehri (ed.), FAO/FIDA.34p.
- Vayssières J.-F., Korie S., Coulibaly O., Temple L., Boueyi S., 2008. The mango tree in central and northern Benin: cultivar inventory, yield assessment, infested stages and loss due to fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Fruits* 63(6):335–348.
- Vayssières J.-F., Ouagoussounon I., Adandonon A., Sinzogan A., Korie S., Todjihoundé R., Alassane S., Wargui R., Anato F., Goergen G., 2015. Seasonal pattern in foodgathering of the weaverant *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera:Formicidae) in mangoorchards in Benin. *Biocontrol Science Technology*. 25(12): 1359-1387. doi:10.1080/09583157.2015. 1048425.
- Yah N'Guettia M., Diallo H. A., Kouassi N., Coulibaly F., 2013. Diversité morphologique et pathogénique des souches de *Colletotrichum sp.* responsables de l'antracnose de la mangue en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 18(3):2775-2784. ISSN 2071-7024.
- Zinsou V., Wydra K., Ahohouendo B., Hau B., 2005. Genotype environment interactions in symptom development and yield of cassava genotypes with artificial and natural cassava bacterial blight infections. *European Journal of Plant Pathology* 111(3):217-233.



Distribution et importance des symptômes de viroses de piment (*Capsicum spp.*) de contre saison dans le Département de la Donga au Nord-Bénin et caractérisation moléculaire des accessions

André Antoine FANOU¹, Hugues BAIMEY¹, Octave BEHOUNDJA-KOTOKO¹, Achille DEDJIHO¹, Antoine Abel MISSIHOUN², Pierre SOVEGNON² et Clément AGBANGLA²

¹Faculté d'Agronomie, Université de Parakou BP 123, Parakou, Bénin
²Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Distribution and importance of pepper (*Capsicum spp.*) viral disease symptoms of off-season in Donga department in North Benin and molecular characterization of the accessions

Abstract: Pepper (*Capsicum spp.*) is an important economic spice and is widely cultivated in Benin for its fruits, but the yields are low due to diseases especially viral diseases. To develop an integrated strategy to control off-season pepper viral diseases and improve the yields, a survey was conducted. During that survey, the severity of four major symptoms (mosaic, leaf embossing, leaf rolling and leaf size reduction) was evaluated using a scale varying from 1 to 5. The incidence and the occurrence of each symptom were calculated. The pepper accessions were collected and characterized using nuclear microsatellite markers. The severity of the symptoms reached the mean value (2.5) in the communes as well as in the districts. More than 75,00 % of the plants showed the symptoms of mosaic, leaf embossing and leaf size reduction, while the incidence of leaf rolling varied from 65.56 % to 85.55 % in the communes. The occurrence of each symptom is 100 % in the communes and also in the districts. Molecular characterization of accessions showed relatively large genetic variation with an average discriminating power of 0.39. The polymorphism rate was estimated at 83.33% and the average number of alleles per locus is estimated at 2.8 alleles. The rate of rare alleles obtained in this study was 11.76% with a monomorphic locus (GPMS 194). The UPGMA hierarchical classification of Nei dissimilarity coefficient as well as the Coordinate Analysis (PCoA) based on genetic distances made it possible to distinguish two relatively homogeneous genetic groups. In short, off-season pepper accessions can be classified into two groups, all of which are highly susceptible to viruses, which require the development of an integrated management program.

Keywords: Pepper, Viral disease, Occurrence, Genetic diversity, Donga, Benin

Résumé : Le piment (*Capsicum spp.*) est une épice d'importance économique et largement cultivée pour ses fruits au Bénin. Ses rendements sont faibles suite à de sévères attaques de maladies, dont les maladies virales. Dans la perspective de contribuer à l'élaboration d'une stratégie de gestion intégrée contre les viroses rencontrées en culture de piment de contre saison dans le Département de la Donga au Bénin, afin d'améliorer les rendements, une prospection a été conduite. Lors de cette

prospection, la sévérité de quatre symptômes majeurs (mosaïque, frisolée, enroulement des feuilles et rétrécissement foliaire) de virose a été évaluée en utilisant une échelle variant de 1 à 5. L'incidence et la prévalence de chacun des symptômes ont été calculées. Les accessions de piment ont été collectées et caractérisées en utilisant des marqueurs microsatellites nucléaires. La sévérité des symptômes a atteint presque la moyenne (2,5) aussi bien au niveau des communes qu'au niveau des arrondissements. Plus de 75 % des plants ont présenté les symptômes de la mosaïque, de la frisolée et du rétrécissement foliaire alors que l'incidence de l'enroulement des feuilles a varié de 65,56 % à 85,55 % selon les communes. La prévalence de chacun des symptômes est de 100 % au niveau de chaque commune et arrondissement. La caractérisation moléculaire des accessions a montré une variation génétique relativement grande avec un pouvoir discriminant moyen de 0,39. Le taux de polymorphisme a été estimé à 83,33 % et le nombre moyen d'allèles par locus est estimé à 2,8 allèles. Le taux d'allèles rares obtenus dans cette étude était de 11,76 % avec un locus monomorphe (GPMS 194). La classification hiérarchique faite par la méthode UPGMA du coefficient de dissemblance de Nei ainsi que l'Analyse de la Coordonnée (PCoA) basée sur les distances génétiques ont permis de distinguer deux groupes génétiques relativement homogènes. Somme toute, les accessions de piment de contre saison peuvent être classées en deux groupes tous fortement sensibles aux viroses nécessitant le développement d'un programme de lutte intégrée.

Mots clés : Piment, Virose, Prévalence, Diversité génétique, Donga, Bénin.

1. Introduction

Le piment (*Capsicum spp.*) est une culture maraîchère de grande importance connue et cultivée de par le monde pour ses fruits. Par son goût généralement épicé et piquant, le piment est un ingrédient indispensable pour la préparation des mets à travers le monde (Green and Kim, 1991) et est bien apprécié dans l'alimentation humaine. C'est un légume fruit très riche en vitamine C. Outre son importance dans l'alimentation humaine, le piment est très utilisé dans les industries cosmétiques, pharmaceutiques, et d'élevage des poulets (Jin et al., 2009). La production mondiale du piment est évaluée à plus de 461,452 millions de tonne par an (FAO, 2013). Le Viet Nam est le plus gros producteur avec 152,3 millions de tonne. La production de l'Afrique est estimée à plus de 21,682 millions de tonne, avec le Ghana à 3,5 millions de tonne comme premier producteur en Afrique de l'Ouest (FAO, 2013). C'est l'une des plus importantes cultures maraîchères cultivées au Bénin et à travers le monde (Uddin et al., 2012). Le piment est l'une des plus grandes sources de revenus pour les producteurs des pays en voie de développement tels que l'Asie (Chine, Inde, Pakistan, Bangladesh, Thaïlande et Indonésie) et l'Afrique (Egypte, Ethiopie, Nigéria et Ghana). Ainsi, le piment reste au niveau mondial l'une des épices qui génèrent des revenus énormes aux ménages producteurs et contribue de ce fait à la lutte contre la pauvreté et à l'amélioration du statut social des femmes. Au Bénin, le piment est cultivé dans presque tous les départements et fait l'objet de transformation. Il est produit dans des jardins de case, des périmètres d'aménagements agricoles en culture pure ou en association avec d'autres cultures (tomate, maïs, arachide, niébé, soja, manioc, igname, etc.). Le piment est la spéculatation maraîchère la plus importante après la tomate en

termes de rentabilité économique sur toute l'étendue du territoire Béninois et constitue ainsi une importante source de revenu pour le producteur averti. L'analyse quantitative de l'offre et de la demande par rapport au piment suivant les statistiques de l'INSAE (2013) montre que la demande de consommation du Bénin en piment est de 96565 tonnes (INSAE, 2013). Le Bénin dégage un solde négatif de -72379 tonnes avec une production nationale de 27867 tonnes. Remarquons aussi que ces statistiques sont nettement inférieures à celles du Nigéria avec qui, le Bénin partage une similitude de climat. Selon Simeni et al. (2009), cet état de chose est dû au fait que le piment demeure dans de nombreux pays une culture négligée, une culture reléguée au second plan qui fait rarement objet de priorité nationale en termes de développement agricole (Dansie et al., 2008). En conséquence, sa culture reste encore traditionnelle et confrontée à de nombreuses contraintes biotiques (insectes ravageurs, maladies) et abiotiques (stress hydriques, stress salin, pauvreté du sol, etc.) qui occasionnent des pertes énormes de rendement. Dans le Département de la Donga, le piment de contre saison est largement cultivé aussi bien pour la consommation locale que pour l'exportation. Cependant, les problèmes phytosanitaires notamment les maladies virales constituent l'une des contraintes majeures qui limitent la production du piment dans le Département. Quelques 35 virus ont été reportés comme agents biotiques infectant les piments à travers le monde causant de considérable perte économique en termes de qualité des fruits et de rendement (Jin et al., 2009). Sur 11 virus reportés sur le piment en Afrique (Gafalla, 2003), des études conduites au Bénin pendant la saison des pluies ont montré la présence de plus de 7 virus sur le piment (Afouda et al., 2013 ; Leonard et al., 2017). Ces infections virales causées par plusieurs virus, seuls ou en association provoquent

* Auteur Correspondant : andrefanou@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

d'importants symptômes (rabougrissement des plants, présence de mouchetures sur les feuilles ou les fruits, les déformations en cloque des feuilles avec des marbrures jaunes) (Bulletin de santé du végétal, 2013) sur des feuilles mais aussi sur des fruits avec des sévérités variables selon le type de virus, la variété du piment et les conditions environnementales (MAP, 2002). Face à ces viroses, les rendements du piment sont le plus souvent compromis. En effet, les pertes de rendement causées par les virus sur le piment varient énormément et peuvent aller de 10 à 100% (Sutic, 1995 ; Jovancev et al., 1996). De nos observations sur le terrain, les viroses font partie des maladies redoutables responsables des dégâts importants entraînant une baisse substantielle de la production dans la Donga. Il convient alors d'évaluer leur importance et de caractériser les accessions cultivées afin de développer des stratégies de lutte intégrée pour contribuer à l'amélioration des rendements.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude s'est déroulée dans les quatre communes du département de la Donga au Bénin (Bassila, Djougou, Copargo et Ouaké), l'une des principales zones de production du piment (MAEP, 2011) et au laboratoire de Génétique et des Biotechnologies de l'Université d'Abomey-Calavi. Ce Département est situé dans le Nord-Ouest du Bénin avec pour chef-lieu la ville de Djougou et s'étend sur une superficie de 11126 km². Il compte 177 villages ou quartiers de ville regroupés en 26 arrondissements répartis dans les quatre communes. Le Département de la Donga appartient à la zone agroécologique IV (Zone Ouest Atacora) caractérisée par un climat tropical avec un relief constitué des chaînons des Tanékas (654 m) et surtout de plaines mollement ondulées de 150 m à 200 m d'altitude telle que rapportée par Missihoun et al., (2012). Le climat est du type soudano-guinéen et caractérisé par une saison sèche qui couvre la période de mi-octobre à mi-avril et une saison pluvieuse entre mi-avril et mi-octobre. La normale des précipitations se situe entre 1200 mm et 1300 mm avec le mois d'août comme le mois le plus pluvieux. Les sols sont de type minéraux bruts, ferrugineux tropicaux indurés et hydromorphes. Ses sols ont besoin d'importants apports en matière organique pour la reconstruction de la couche humifère sur les parcelles mises en culture (Missihoun et al., 2012).

2.2. Conduite de la prospection

La prospection a couvert toutes les quatre communes du département et dans chaque champ la sévérité de la mosaïque, de la frisolée, de l'enroulement foliaire et du rétrécissement foliaire a été évaluée sur 15 plants suivant les deux diagonales sur la base d'une échelle variant de 1 à 5 où 1 = plant apparemment sain et sans symptôme, 2 = plant légèrement attaqué, 3 = plant moyennement attaqué, 4 = plant sévèrement attaqué et 5 = plant très sévèrement attaqué ou plant mort. Sur

chaque diagonale les plants ont été choisis au hasard. A l'issue de la prospection, l'incidence de chacun des symptômes a été calculée suivant la formule ci-après.

Inc. = $Nm/Nt \times 100$ où Inc. désigne l'incidence, Nm = nombre de plants malades, Nt = nombre total de plants évalués. Aussi, la prévalence de chaque symptôme a été calculée selon la formule suivante.

P = $Ncm/Nct \times 100$ où P = prévalence, Ncm est le nombre de champs présentant le symptôme et Nct est le nombre total de champs prospectés.

2.3. Collecte des échantillons de feuilles

Lors de la prospection, des échantillons de jeunes feuilles de piment présentant des symptômes de virose ont été collectés dans chaque champ puis enveloppés dans de papier aluminium qui est codé et gardé au frais jusqu'au laboratoire. Un total de 43 échantillons de feuille a été collecté pour la caractérisation moléculaire des accessions de piment.

2.4. Extraction d'ADN génomique au laboratoire

L'ADN génomique est extrait à partir des jeunes feuilles présentant des symptômes de virose de chaque accession de *Capsicum spp.* Collecté. Le tampon d'extraction utilisé est l'acétate de potassium suivant le protocole modifié de Dellaporta et al. (1983). 100 mg de jeunes feuilles de *Capsicum spp.* échantillonnées sont prélevées puis broyées dans un mortier en porcelaine avec 500 µl de tampon d'extraction (50µL Tris HCl Ph=8,0 ; 8,5 µL EDTA 0,5M ; 5µL BME 100%). Le broyat est versé dans un tube Eppendorf de 1,5 ml. 33 µl SDS à 20% ont été ajoutés dans chaque tube, puis le mélange a été agité brièvement, ensuite les tubes ont été incubés à 65° C dans un bain Marie pendant 10 min. Ils ont été laissés refroidir à la température ambiante. 160 µl d'acétate de potassium ont été ajoutés au mélange, puis vortexés et centrifugés à 10000 tours/min pendant 10 min. Le surnageant est ensuite transféré dans un nouveau tube Eppendorf stérile contenant 200 µl d'isopropanol froid. Après incubation à 4°C pendant 20 min, la solution est centrifugée à 10000 tours/min pendant 10 min pour précipiter l'ADN. Le surnageant est soigneusement éliminé et le culot d'ADN est lavé avec 500 µl d'éthanol à 70 % et séché à la température ambiante. Le culot d'ADN est enfin dissout dans 50 µl de tampon TE et conservé à -20°C jusqu'à utilisation ultérieure. Pour s'assurer du succès des opérations d'extraction, une vérification est faite par électrophorèse sur un gel d'agarose à 1 % coloré au BET à partir de 2 µl de l'extrait d'ADN génomique. Après cette vérification, les échantillons d'ADN extraits sont ensuite conservés à -20°C pour la suite des analyses.

2.5. Amplification par la réaction en chaîne de la polymérase : Polymerase Chain Reaction (PCR)

Dix (10) marqueurs microsatellites, révélés polymorphes chez les *Capsicum spp.* développés et publiés par Nagy et al. (2007), ont été utilisés pour évaluer la diversité génétique des

accessions collectées. Les noms de ces marqueurs, leurs séquences, les motifs de base, leur taille ainsi que leur localisation chromosomique sont présentées dans le tableau 1.

Les amplifications ont été effectuées à partir de 3 µL d'ADN génomique (environ 150 ng/uL) à l'aide d'un Thermocycler (marque PeltierEffect Cycling) avec un milieu réactionnel composé de 2,5 µL Tampon de réaction, 1,25 µL MgCl₂,

0,75 µL dNTP, 0,1U/µL Taq polymérase, 2,5 µL de chaque Primer. Le programme d'amplification adopté est celui utilisé par Creste et al., (2001). Les produits d'amplification ont été vérifiés sur un gel d'agarose à 2 % et visualisés avec un transilluminateur aux rayons Ultra-Violet.

Tableau 1 : Caractéristiques des marqueurs microsatellites de *Capsicum spp.* utilisés dans cette étude (Nagy et al., 2007)
Table 1 : Characteristics of microsatellite markers of *Capsicum spp.* used in this study (Nagy et al., 2007)

N°	Noms des Loci	Séquence des amorces 5' □ 3' F et R	Motif de base	Taille (Pb)
1	GPMS1	F:CCCTAATGCTTGACGTGG R:GGTTAAGGGGGTTGGG	(AC)18	121–163
2	GPMS8	F:TGATGATAAGCCATGATAAAATG R:CCAGATTCTTTAGCAAGGTTTACC	(AT)9(GT)22	159–229
3	GPMS113	F:GCACAAGTCAATCCAAACGA/ R:CAAAAAGATGATGATGGATGAGA	(AT)20(AG)18	91–172
4	GPMS119	F:CTGGAATCTGTCAATTGGTTG/ R:TCGTTTCATGATGGAATTGG	(GT)11G13	204–224
5	GPMS161	F:CGAAATCCAATAAACGAGTGAAG/ R:CCTGTGTGAACAAGTTTTCAGG	(AAT)25	184–259
6	GPMS194	F:AGGTGGCAGTTGAGGCTAAG R:GTTCTAGGTCTTTGCCCTGG	(TA)17(GA)12	216–270
7	EPMS303	F:AAAACCCAACACTACCCCTGG R:TAAAGCGTAGCGCTTGTGTG	(AT)25	291–330
8	EPMS386	F:ACGCCAAGAAAATCATCTCC R:CCATTGCTGAAGAAAATGGG	(AC)15	122–170
9	EPMS417	F:CGCATATACATACATAAATCTTTTC R:TCAACATCTCACCGAAGCTG	(TC)9	110–126
10	EPMS443	F:GGTTTTCTCACAACCTTCGGC R:TTGCAAAAATATATCAACGCG	(GA)12(TG)13(TA)4	190–196

2.6. Electrophorèse et Révélation

Une électrophorèse sur un gel de polyacrylamide dénaturant à 5% a été réalisée. Les produits PCR sont d'abord dénaturés à 70°C avant d'être mis en migration sur le gel pendant 2 à 3 heures. Après la migration, le gel a été révélé au nitrate d'argent (AgNO₃ 4,5%).

2.7. Analyse des données

Les données relatives à la sévérité, à l'incidence et à la prévalence des symptômes ont été soumises à l'analyse de variance utilisant le logiciel Statistical Analysis System (SAS) version 9.2. La différence entre les moyennes a été testée en utilisant Duncan Multiple Range Test (DMRT) au seuil de 5%. Quant à la caractérisation moléculaire, les bandes obtenues avec les marqueurs SSR à chaque locus ont été enregistrées sous formes de compositions alléliques. L'absence et la présence de bande sont codées respectivement 0 et 1. Les données ont été enregistrées dans Excel afin de générer une matrice d'analyse. Les paramètres de diver-

sité génétique tels que le taux de polymorphisme (P), la diversité allélique et le contenu en information du polymorphisme PIC (Polymorphism Information Content) qui fournit une estimation du pouvoir discriminatoire d'un locus en tenant compte non seulement du nombre d'allèles qui sera exprimé mais aussi de la fréquence relative de chaque allèle (Smith et al., 2000) ont été estimés. Les valeurs du PIC ont été calculées selon l'algorithme: $PIC = 1 - \sum f_i^2$ Avec f_i la fréquence de chaque allèle; le PIC varie de 0 (locus monomorphique) à 1 (hautement discriminante, avec plusieurs allèles chacun en faible et égale fréquence). En se basant sur la matrice (0,1), des distances génétiques de Nei (1972) ont été calculées entre les paires d'accessions. Pour accéder à la structure au sein de la collection, un dendrogramme est construit selon la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using the Arithmetic average) suivant la procédure SAHN (Sequential Agglomerative Hierarchical Nested method) du logiciel NTSYS version 2.11a (Rohlf, 2000). En plus, pour confirmer les regroupements possibles des accessions analysées, les procédures DCENTER et EIGEN de ce logiciel sont aussi utilisées pour réaliser une Analyse en Coordonnées

Principales (PCoA) en se basant sur la même matrice de distances génétiques afin de mieux apprécier la différenciation génétique entre les groupes obtenus.

3. Résultats

3.1. Sévérité des symptômes

La prospection effectuée dans les champs de piment de contre saison a montré que les symptômes de viroses se sont bien développés et leur sévérité varie d'un arrondissement à un autre et d'une commune à une autre (Tableaux 2 et 3). L'arrondissement de Komdè est l'arrondissement où la mosaïque a été plus sévère avec une valeur de sévérité de plus de 3 (Tableau 2). La frisolée encore appelé gaufrage ou cloque est très répandue dans les arrondissements et est plus que moyennement sévère dans la plupart des arrondissements et dans les communes prospectés sauf dans l'arrondissement de Bassila où sa sévérité a été plus faible avec une valeur de 2,07 (Tableaux 2 et 3). L'enroulement des feuilles quand bien même présent dans tous les champs prospectés a été particulièrement très moins sévère aussi bien dans l'arrondissement de Djougou que dans l'ensemble de la commune de Djougou. En effet, la sévérité de l'enroulement des feuilles a été de 1,75 pour l'arrondissement de Djougou et de 2,02 pour l'ensemble de la commune. Par contre la sévérité de l'enroulement des feuilles a atteint une valeur de 3 dans l'arrondissement de Komdè et diffère significativement de celle de l'arrondissement de Djougou au seuil de 5 % (Tableau 2). La réduction de la surface foliaire a été sévère par endroit. C'est le cas de l'arrondissement de Djougou où le rétrécissement foliaire a une sévérité de 3,63 (Tableau 2).

Tableau 2 : Sévérité des symptômes de virose dans les arrondissements prospectés

Table 2 : Severity of viral disease symptoms in the surveyed districts

Arrondissement	Sévérité			
	Mosaïque	Frisolée	Enroulement	Rétrécissement
Komdè	3,30±a	3,50± a	3,0± a	3,50± a
Pabégou	3,00±a	2,83± ab	2,50± ab	3,17± a
Singré	3,00±0,13a	3,60±0,00a	2,90±0,37a	3,46±0,13a
Bougou	2,89±0,36a	3,03±0,10a	2,43±0,10ab	3,63±0,03a
Djougou	2,80±0,36a	3,09±0,22ab	1,75±0,11b	2,80±0,56a
Pénessoulou	2,73±0,20a	3,07±0,10a	2,11±0,35ab	3,27±0,03a
Manigri	2,73± a	2,80± ab	2,13± ab	2,87± a
Tchalinga	2,70±0,10a	3,00±0,00ab	2,45±0,05ab	2,55±0,15a
Bassila	2,66±0,26a	2,07±0,40b	1,97±0,30ab	2,77±0,30a

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 0,05.

Tableau 3. Sévérité des symptômes de virose dans les communes de la Donga

Table 3 : Sererity of viral disease symptoms in the surveyed communes

Commune	Sévérité			
	Mosaïque	Frisolée	Enroulement	Rétrécissement
Copargo	3,00±0,07a	3,34±0,25a	2,77±0,25a	3,37±0,12a
Ouaké	2,90±0,20a	3,17±0,16a	2,63±0,18ab	2,87±0,32a
Djougou	2,84±0,23a	3,06±0,12a	2,02±0,17c	3,13±0,37a
Bassila	2,71±0,11a	2,69±0,23a	2,07±0,18bc	3,03±0,13a

3.2. Incidence des symptômes

La prospection dans les champs au niveau des arrondissements et au niveau des communes du département de la Donga, a montré que presque tous les plants de piment dans un champ présentaient les symptômes de viroses recherchés avec des spécificités où exclusivement tous les plants de piment des champs de certains arrondissements portaient les symptômes. C'est le cas des arrondissements de Manigri et de Pabégou où la mosaïque a une incidence de 100 %, de Singré où la frisolée a une incidence de 100 %, de Komdè où l'incidence de l'enroulement des feuilles a été aussi de 100 %, de Singré et de Bougou où l'incidence du rétrécissement foliaire a été elle aussi de 100 % (Tableau 4). L'incidence de la mosaïque est particulièrement élevée dans la commune de Copargo et diffère significativement de celle de la commune de Ouaké au seuil de 5 % (Tableau 5).

Tableau 4 : Incidence des symptômes dans les arrondissements

Table 4 : Incidence of symptoms in the districts

Arrondissement	Incidence (%)			
	Mosaïque	Frisolée	Enroulement	Rétrécissement
Manigri	100± a	66,67± b	53,33± a	93,33± a
Pabégou	100± a	83,33± ab	83,33± a	83,33± a
Singré	96,67±3,33a	100±0,00a	86,67±13,33a	100±0,00a
bougou	91,67±1,66a	91,67±1,66ab	83,33±10,00a	100±0,00a
Pénessoulou	91,11±4,44a	91,11±4,44ab	68,89±11,75	95,55±2,22a
Djougou	91,11±5,87a	91,11±5,87ab	55,56±5,87a	80,00±10,18a±
Bassila	90,00±10,00a	66,67±13,33b	66,67±13,33a	90,00±3,33a
Komdè	90,00± a	90,00± a	100± a	90,00± a
Tchalinga	80,00±0,00a	95,00±5,00a	75,00±5,00a	80,00±10,00a

Tableau 5. Incidence des symptômes suivant les communes de la Donga

Table 5: Incidence of symptoms according to the communes in Donga department

Commune	Incidence (%)			
	Mosaïque	Frisolée	Enroulement	Rétrécissement
Copargo	97,78±2,22a	94,44±5,50a	85,55±7,77a±	94,44±5,55a
Bassila	92,22±3,61ab	78,89±6,75a	65,56±6,75a	93,33±1,72a
Djougou	91,33±3,26ab	91,33±3,26a	66,67±8,16a	88,00±7,42a
Ouaké	83,33±3,33b	93,33±3,33a	83,33±8,51a	83,33±6,66a

3.3. Prévalence des symptômes

La mosaïque, la frisolée, l'enroulement des feuilles et le rétrécissement foliaire ont été observés chacun dans tous les champs parcourus donnant ainsi une prévalence de 100 % pour chacun des symptômes au sein de chaque commune du département de la Donga.

3.4. Caractérisation des accessions de piment

Parmi les dix marqueurs SSRs testés dans notre étude, six ont amplifié et cinq se sont révélés polymorphes (Tableau 6), avec un taux de loci polymorphiques estimé à 83,33 %.

Dans la collection analysée, le nombre d'allèles produits par locus varie de 3 comme chez GPMS 1 ou EPMS 303 à 4 chez EPMS 417 qui est le locus le plus polymorphe. Le

La distance génétique la plus faible ($D = 0$) est observée entre les accessions : P9 et P1 ; P21 et P19 ; P23 et P15 ; P23 et P21 ; P25 et P24 ; P26 et P1 ; P26 et P1 ; P26 et P9 ; P30 et P2 ; P29 et P1 ; P29 et P9 ; P29 et P26 ; P30 et P1 ; P30 et P9 ; P30 et P26 ; P30 et P29 ; P36 et P6 ; P41 et P27 ; P42 et P19 ; P42 et P21 ; P42 et P23 ; P44 et P43, P45 et P43 ; P45 et P44 ; P47 et P40 ; P28 et P2. Par contre, la plus grande divergence génétique ($D = 1,95$) est observée entre P36 et P35 ; P35 et P7. Au seuil de 70 % de dissimilarité, les différentes accessions analysées sont organisées en deux groupes majeurs. Le groupe I, composé de vingt-neuf accessions dont six provenant de la commune de Ouaké, douze de Bassila, sept de Djougou et quatre de Copargo. Le groupe II, composé de quatorze accessions dont deux de Ouaké, quatre de Bassila, six de Djougou, deux de Copargo. L'analyse typologique de ce dendrogramme montre que les deux groupes sont composés d'un mélange de provenances des quatre communes. Le groupe I renferme 67,44 % d'individus étudiés et a en son sein 20,68 % de *Capsicum annum*, 65,55 % de *Capsicum chinense* et 10,34 % de *Capsicum frutescens*. Le groupe II renferme 32,56 % des accessions et est formé de 35,71 % de *Capsicum annum*, 35,71 % de *Capsicum chinense* et de 28,57 % de *Capsicum frutescens*. Ces résultats s'expliquent par la faible diversité allélique observée au niveau des loci. Cette classification des accessions en deux groupes majeurs est clairement confirmée par l'Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) avec les deux premiers axes (Figure 2); l'axe 1 comptant pour 84,57 % et l'axe 2 pour 45,09 % de la variation.

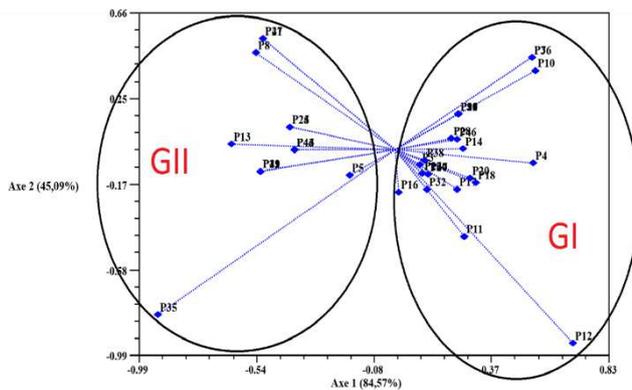


Figure 2. Analyse en Coordonnées Principales (PCoA) des accessions de piment.

Figure 2 : Principal Coordinate Analysis (PCoA) of pepper accessions

4. Discussion

L'évaluation de l'expression de viroses sur le piment de contre saison a montré que les symptômes se sont distribués aussi bien dans tous les arrondissements que dans toutes les communes du Département de la Donga. La sévérité des symptômes varie et dépasse pour la plupart la valeur moyenne qui est de 2,5 suivant l'échelle de notation et tend à être sévère. Ces résultats sont en concordance avec ceux

obtenus par Arogundade (2012) qui en investiguant sur l'expression et la distribution de virus infectant le piment (*Capsicum spp.*) dans les zones agro-écologiques du Sud-Ouest du Nigeria a trouvé que la sévérité des symptômes varie de moyen au sévère. Le même auteur rapporta de fortes incidences de viroses qui variaient de 91,67 % à 96,67 % selon les zones agro-écologiques. Il en est de même dans notre étude où de fortes incidences de viroses allant même jusqu'à 100 % dans certains arrondissements ont été obtenues. Travaillant sur le comportement de 9 cultivars de piment (*Capsicum spp.*) face à l'infection de virus en conditions naturelles au champ, Appiah et al. (2014) rapportèrent que les cultivars exhibaient divers degrés de symptômes d'infection virale comme entre autres, mosaïque, frisolée, enroulement des feuilles, et rétrécissement foliaire comme nous les avons obtenus lors de nos investigations. Ces mêmes auteurs trouvèrent aussi de fortes incidences de viroses allant à plus de 60 % chez un cultivar 14 semaines après transplantation. La mosaïque, la frisolée, l'enroulement des feuilles et le rétrécissement foliaire retrouvés dans les champs de piment de contre saison et évalués sont à eux seuls insuffisants pour identifier les virus responsables. En effet, l'expression des symptômes est fortement influencée par le cultivar de la plante hôte, le type de virus, l'âge de la plante hôte, les conditions environnementales, avec aussi une possibilité d'infection mixte due à plusieurs virus (Sherwood et al., 1986). De plus, différents virus peuvent induire les mêmes symptômes. Dans notre étude, l'enroulement des feuilles a été le symptôme le moins sévère. Cependant, l'incidence élevée de ce symptôme montre la rapidité de la propagation du virus responsable. Une rapide propagation du virus de l'enroulement du poivron a été observée au Burkina Faso. En effet, dans les champs, la maladie observée sur quelques plants au début atteint rapidement 80 à 100 % des plants (Tiendrébégo et al., 2007). Cette rapide propagation du virus semble être liée aux nombreuses mouches blanches (*Bemisia tabaci*) qu'ils trouvèrent dans les champs.

La diversité des accessions de piment cultivé dans le département de la Donga, telle observée dans cette étude, reste relativement importante. Ceci montre qu'il existe une hétérogénéité très élevée au sein du piment. Des résultats similaires ont été obtenus au Kenya par Yatung et al. (2014) sur le piment (*C. annum L.*). Dans notre étude, le nombre moyen d'allèles par locus est estimé à 2,8 allèles. Cette proportion est proche de celle obtenue par Naggy et al. (2007) ; Carvalho et al. (2015) qui rapporte respectivement un nombre moyen d'allèle de 2,4 et 2,89. Toutefois, Naggy et al. (2007) rapportèrent un taux moyen d'allèle de 5,86 pour les loci EPMS et 7,28 pour les loci GPMS. La différence observée dans la comparaison du niveau de diversité allélique par locus de cette étude à d'autres travaux peut s'expliquer par la taille de la population analysée et par le nombre et le type de marqueurs. La taille de la population ici (43) est proche de celle analysée par Naggy et al. (2007) (36 accessions) mais plus faible que celle analysée par Carvalho et al. (2015) (115 accessions).

Le pouvoir discriminant de chaque paire d'amorces, estimé par la valeur du PIC (Polymorphism Information Content), varie entre 0,20 et 0,72 avec une moyenne de 0,39 pour l'ensemble des SSRs analysés. Ces résultats sont relativement proches de ceux observés par Carvalho et al. (2015), qui après avoir utilisé 19 amorces SSRs sur 115 accessions de *C. frutescens* ont obtenu des valeurs relativement plus faibles de 0,30-0,65 avec un nombre moyen d'allèles de 2,89. La différence observée dans la comparaison du niveau de diversité allélique par locus de cette étude à d'autres travaux peut s'expliquer par la taille de la population analysée et par le nombre et le type de marqueurs. Les allèles rares obtenus dans cette étude (11,76 %) sont présents chez deux accessions, les accessions P12 et P18. Ces accessions appartiennent à un même champ de la commune de Copargo qui fait frontière avec la République du Togo. Les allèles rares obtenus seraient donc dus d'une part à des échanges semenciers transfrontaliers et d'autre part à un flux de gènes. Cette deuxième hypothèse se justifie par le fait que le piment présente une allogamie élevée (2 % à 90 %) (Pickersgill, 1997; Kamvorna et al., 2014).

Selon la dissimilarité de Nei (1972), on observe d'une part une distance génétique (D) relativement importante entre ces morphotypes telle que entre P35 et P37: $D = 1,97$, P35 et P7 : $D = 1,97$ montrant que du point de vue moléculaire ces morphotypes ont très peu de spécificité génétique en commun et d'autre part une distance génétique nulle ($D=0$) entre plusieurs accessions montrant que du point de vue moléculaire ces accessions sont très proches. Ces résultats viennent confirmer ceux des travaux de Orobiyi et al., (2013) qui montraient qu'il existe dans le nord Bénin, des accessions de piment qualitativement identiques sont quantitativement différentes. De même, des accessions de piment quantitativement identiques sont qualitativement différentes. Cela témoigne que la caractérisation génétique moléculaire faite à base des marqueurs microsatellites, permet de manière efficace de mettre en évidence les différences (dissemblances et ressemblances) au sein d'une population (Handaji et al., 2012).

5. Conclusion

Les accessions de piment *Capsicum spp.* de contre saison échantillonnées dans le département de la Donga peuvent être classées en deux groupes de variétés fortement sensibles aux viroses nécessitant la détermination des virus et le développement d'un programme de lutte intégrée. Il convient aussi d'élaborer une politique de valorisation du piment par la mise en place d'un programme de conservation in situ et ex situ pour empêcher la disparition de certaines variétés surtout celles résistantes aux attaques virales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Nuffic, le CINOP et le Projet Niche BEN 172 pour avoir financé ce travail.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Afouda LAC, Kotchofa R, Sare R, Zinsou V, Winter S. (2013) Occurrence and distribution of viruses infecting tomato and pepper in Alibori in northern Benin. *Phytoparasitica* 41:271–276
- Appiah, A.S., Quartey, E.K., Amoatey, H.M., Nunekpeku, W., Owusu-Ansah, M. and Ofori, S. (2014). Response of Nine Cultivars of Pepper (*Capsicum spp.*) to Infection by Four Viruses under Natural Field Conditions in the Coastal Savanna Zone of Ghana. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 7(5): 903-907, 2014 ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467.
- Arogundade, Olawale. (2012). Occurrence and Distribution of Viruses Infecting Pepper (*Capsicum spp.*) in Southwest Agro-Ecological Zones of Nigeria. PhD Thesis (Abstract). UNIVERSITY OF ILORIN, ILORIN, NIGERIA.
- Bulletin de santé du végétal. (2013). Cultures maraichères Août 2013. 4p. www.reunion.chambagri.fr
- Carvalho, S.I.C., Ragassi, C.F., Oliveira, I.B., Amaral, Z.P.S., Reifschneider, F.J.B., Faleiro, F.G. and Buso. G.S.C. (2015). Transferability of microsatellite marker of *Capsicum annum L.* to *C. frutescens L.* and *C. chinense Jacq.* *Genet. Mol. Res.*14(3): 7937-7946.
- Creste, S.; Tulmann Neto, A.; Figueira, A. (2001). Detection of single sequence repeat polymorphisms in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. *Plant Molecular Biology Reporter*, 19: 299-306.
- Dansi, A., Adjatin, A., Adoukonou-Sagbadja H., Falade, V., Yedomonhan, H., Odou, D. and Dossou B. (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genet Resour Crop Evol*, 55:1239-1256.
- Dellaporta S.L. Wood, J., and Hicks, J.B. (1983). Isolation of DNA from higher plants. *Plant Mol. Biol. Rep.* 4: 19–21.
- FAOSTAT (2013). La production du piment dans le monde. Consulté le 10 novembre 2014.
- Gapalla, G.A. (2003). Plant virology in sub-Saharan Africa. Proceedings of a Conference Organized by IITA: 4-8 June, 2001, Hughes, J.A. and B.O. Odu (Eds.), International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. IITA, Ibadan, pp: 589, ISBN: 9781312149.
- Green, S.K. and J.S. Kim, (1991). Characteristics and control of viruses infecting pepper: A literature review. *Asian Vegetable Research and Development Center*, pp: 60, ISBN: 9290580453.
- Handaji Najat, Benyahia Hamid, Gaboun Fatima, Ibriz Mohamed. (2012). Caractérisation et structuration de la diversité génétique du germoplasme de mandarines par les marqueurs moléculaires ISSR (Inter Simple Sequence Repeat marker) au Maroc *Journal of Applied Biosciences* 57: 4186– 4197 ISSN 1997–5902.

- INSAE. (2013). Base de données sur la production maraîchère consultée en ligne: www.insae-bj.org/
- Jin, R., J. Pan, H. Xie, B. Zhou and X. Xia, (2009). Separation and quantitative analysis of capsaicinoids in chili peppers by reversed-phase argentation LC. *Chromatographia*, 70: 5-6.
- Jovancev P, Pejcinovski F, Jankilovski D, Rusevski R, Bandzo S, Popsimonova G (1996). Health of the pepper in the Republic Macedonia in 1995. *Annual Proc. Plant Protect. Year Skopje*: 7:159-169.
- Kamvorna W, Techawongstiena S, Techawongstiena S, Theerakulpisut P. (2014). Compatibility of inter-specific crosses between *Capsicum chinense* Jacq. and *Capsicum baccatum* L. at different fertilization stages. *Sci Hortic* 179:9–15.
- Leonard Afouda, Daouda Kone, Valerien Zinsou, Laurence Dossou, Lawrence Kenyon, Stephan Winter and Dennis Knierim (2017). Virus surveys of *Capsicum spp.* in the Republic of Benin reveal the prevalence of pepper vein yellows virus and the identification of a previously uncharacterised polerovirus species. Springer-Verlag Wien 2017 *Arch Virol* DOI 10.1007/s00705-017-3274-8
- MAEP. (2011). Plan stratégique de relance du secteur agricole (PSRSA). 20p. http://www.agriculture.gouv.bj/IMG/pdf/plaquette_du_plan_strategique_de_relance_du_secteur_agricole.pdf
- MAP. (2002). Les viroses du piment répertoriées en Martinique. Fiche Phytosanitaire. <https://www.doc-developpement-durable.org/.../piments/.../Viroses...>
- Missihoun A.A., Adoukonou-Sagbadja H. Dagba, R., Ahanhanzo, C., Agbangla, C. (2012) : Impacts des pratiques culturales sur l'organisation génétique des sorghos cultivés par les Lokpa au Nord-Ouest du Bénin révélés par les marqueurs SSRs. *J. Appl. Biosci.* 60, 4394- 4409.
- Nagy I, Stigel A, Sasvari Z, Ganai M, Marion R. (2007). Development, characterization, and transferability to other Solanaceae of microsatellite markers in pepper (*Capsicum annuum* L). *Genome* 50: 668–688.
- Nei, M. (1972). Genetic distance between populations. *Amer. Nat.* 106: 283-292.
- Orobiyi, A., Dansi, A., Assogba, P., Loko, L.Y., Dansi, M., Vodouhè, R., Akouègninou, A. and Sanni, A. (2013). Chili (*Capsicum annuum* L.) in southern Benin: production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* (ISSN: 2251-0044) Vol. 3(4) pp. 107-120.
- Pickersgill B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum spp.* *Euphytica* 96: 129-133. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1002913228101>
- Rohlf F.J. (2000). NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system (version 2.1). Exeter, New York.
- Sherwood, J.L., Reddick, B.B. and Conway, K.E. (1986). Reaction of Bahamian hot pepper to single and double infection with Tobacco Mosaic Virus (TMV) and Potato Virus Y (PVY). *Phytopathology*, 76: 1126. (Abstr).
- Simeni, G.T., Adeoti, R., Abiassi, E. Kodjo, M.K. et Coulibaly, O. (2009). Caractérisation des systèmes de cultures maraîchères des zones urbaine et périurbaine dans la ville de Djougou au Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* Numéro 64.
- Šutić D. (1995). *Plant viruses. Institute for plant protection and environment, Belgrade*, pp. 1-394.
- Tiendrébéogo, F., Barro, N., Traoré, O., Traoré, E.V.S. (2007). Le virus de l'enroulement du poivron : une nouvelle menace pour les cultures de piments au Burkina Faso. *Maladies virales des plantes cultivées au Sahel* Fiche Technique, 2 p. <http://www.pathobios.com/images/Fichestechniques/Virusenroulementfeuillespoivron.pdf>
- Uddin M. M., Khalil M.,I., Haque M.S. and Meah M. B. (2012). Assessment of Genetic Diversity of Chili Cultivars Using RAPD Markers. *Plant Tissue Cult. & Biotech.* 22(2): 127-136.
- Yatung T, Dubey RK, Singh V. & Upadhyay G. (2014). Genetic diversity of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes of India based on morpho-chemical traits. *AJCS*, 8(1):97-102.



Histologie des gonades mâle et femelle du tilapia *Oreochromis niloticus* exposé aux pesticides agricoles dans les retenues d'eau du Nord-Bénin

Rodrigue O.E. PELEBE^{1,2*}, Akimou TOKO IMOROU¹, Ibrahim IMOROU TOKO¹, Léa N. GUEDEGBA^{1,3}, Prudencio T. AGBOHESSI¹, Honoré ZOCLANCLOUNON⁴, Issa N. OUATTARA², Patrick KESTEMONT³

¹Laboratoire de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique (LaRAEAq), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), Bénin

²Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Eco-Technologie des Eaux, Unité de Formation et de Recherche Biosciences (UFR Biosciences), Université Félix Houphouët – Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

³Unité de Recherche en Biologie des Organismes (URBO), Faculté des Sciences, Université de Namur, Belgique

⁴Laboratoire de Cytogénétique, Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Histological status of gonads male and female of tilapia *Oreochromis niloticus* exposed to agricultural pesticides in the northern Benin' water reservoirs

Abstract: In the phytosanitary programs of north-eastern Benin cotton basin, a large quantity of various phytosanitary products is annually used for pests' control. Pesticides include insecticides are, by drifting, infiltration and runoff, the major pollutants of aquatic ecosystems in this area. Through a qualitative and semi-quantitative histological analysis, the present study carried out during intense agricultural season has evaluated the health status of the gonads of tilapia *Oreochromis niloticus* living in two reservoirs in northern Benin. This is the Songhai water reservoir, chosen like a reference environment because it is located outside the cotton basin and the Batran water reservoir located in the cotton basin, precisely in Banikoara, the main pesticides consumer township in Benin. After sex identification, fish were anesthetized with MS 222 and euthanized by cervical dislocation before dissection. The left gonad was removed and immediately stored in tubes containing formalin 10% until the histological manipulations. The results of histological sections' analysis showed that the gonads of *O. niloticus* from Batran, especially the gonad of male ($p < 0.005$), are the most affected by alterations that are mostly regressive both in terms of number and severity. Regardless of the water reservoir and of sex, all six stages of development were present in the gonads but at different proportions ($p < 0.005$). The effects of various pesticides in the Batran reservoir appears to be androgenic that means the complex mixture of pesticides present delays the maturation of oocytes and accelerates that of spermatozoa. The testicles are the most altered gonads, considering the severity of the alterations, compared to the ovaries. In order to preserve aquatic biodiversity, it is desirable that pesticides with less damage to the environment are used in the phytosanitary treatment of cotton.

Keywords: alteration, Benin cotton basin, phytosanitary product, fish, reproduction

Résumé : Dans les itinéraires techniques de production agricole dans le bassin cotonnier béninois (Nord-Est), d'importantes quantités de produits phytosanitaires sont annuellement utilisées pour le contrôle des ravageurs. Il s'agit des pesticides, dont les insecticides constituent, par dérive, infiltration et ruissellement, les polluants majeurs des écosystèmes aquatiques dans

cette zone. Sur ce, la présente étude a effectué une analyse histologique à la fois qualitative et semi-quantitative pendant une saison d'intenses activités agricoles en évaluant l'état de santé des gonades du tilapia *Oreochromis niloticus* vivant dans deux retenues d'eau au Nord-Bénin. Il s'agit de la retenue d'eau de Songhaï, milieu de référence, située hors du bassin cotonnier dans la commune de N'dali et de la retenue d'eau de Batran située dans le bassin cotonnier, précisément à Banikoara, commune la plus consommatrice de pesticides au Bénin. Après identification du sexe, les poissons ont été anesthésiés au MS 222 puis euthanasiés par dislocation cervicale avant d'être disséqués. La gonade gauche a été prélevée puis conservée immédiatement dans des tubes contenant du formol 10% jusqu'à la réalisation des coupes histologiques. Les résultats de l'analyse des coupes réalisées ont montré que les gonades de *O. niloticus* prélevé à Batran, surtout chez le mâle ($p < 0,005$) sont les plus affectées par des altérations en majorité régressives aussi bien en terme du nombre que de la sévérité. Quelle que soit la retenue d'eau et quel que soit le sexe, tous les six stades de développement étaient présents dans les gonades mais à des proportions différentes ($p < 0,005$). L'effet cocktail des pesticides dans la retenue de Batran semble être androgénique ; en d'autres termes nous pouvons dire que le mélange complexe de pesticides présents dans cette retenue retarde la maturation des ovocytes et accélère celle des spermatozoïdes. Les testicules sont les gonades les plus altérées en considérant la sévérité des altérations, comparativement aux ovaires. Il est donc souhaitable que les pesticides causant moins de dommages à l'environnement soient utilisés dans le traitement phytosanitaire du cotonnier afin de préserver la biodiversité aquatique.

Mots clés : altération, bassin cotonnier béninois, produit phytosanitaire, poisson, reproduction

1. Introduction

Le secteur agricole béninois contribue à près de 32% au Produit Intérieur Brut et environ 55% de la population y trouve son emploi (MAAF, 2013). Les spéculations agricoles sont constituées des cultures vivrières, maraîchères, racines et tubercules et des cultures d'exportation à l'instar du coton (MAEP, 2011). Cette dernière spéculation depuis 1992 représente au moins 90% des exportations agricoles, 40% des entrées de devises et 60% du tissu industriel (MAAF, 2013). L'essentiel de la production cotonnière se concentre dans les départements du Borgou et de l'Alibori qui fournissent à eux seuls chaque année près de 50 à 70% de la production nationale (MAEP, 2014). Le cotonnier (*Gossypium hirsutum*) étant sujet à une forte pression parasitaire, l'obtention de bons rendements nécessite l'usage de grandes quantités de pesticides généralement chimiques (Follin et Deat, 2004). Il est cependant démontré que, seul 0,1% des pesticides utilisés dans les champs atteignent leurs cibles ; le reste (99,9%) se répartit dans les écosystèmes pour contaminer la terre, l'eau et l'air (Primentel et Levitain, 1986). Dans ce contexte, les nombreuses retenues d'eau (environ 215) construites dans le Nord-Bénin constituent entre autres des milieux récepteurs des résidus de pesticides à cause de leur proximité des bassins culturels (Adechian et al., 2015 ; Agbohessi et al., 2015 a). Plusieurs travaux ont révélé des concentrations alarmantes en pesticides dans les eaux et sédiments de la rivière Alibori, du parc national W et des retenues d'eau du Nord-Bénin (Soclo et al., 2004; Yèhouénu, 2005 ; Agbohessi et al., 2012).

Les pesticides les plus lipophiles, par les processus de bioconcentration et de bioaccumulation, intègrent les chaînes alimentaires et tous les organismes aquatiques se trouvent ainsi contaminés (Kan et Meijer, 2007). Agbohessi et al. (2015 a et b) ont rapporté des effets délétères de ces polluants sur les performances biologiques des poissons (*Clarias gariepinus* et *Tilapia guineensis*) vivants dans les rivières Alibori et Pendjari. La présente étude a pour but d'évaluer l'impact de ces polluants chimiques agricoles sur les performances de reproduction des poissons, notamment les altérations histologiques des gonades de *O. niloticus* (Linnaeus, 1758), espèce la plus fréquente dans les retenues d'eau du bassin cotonnier au Nord-Bénin.

2. Matériel et méthodes

L'étude a été menée dans deux retenues d'eau. Il s'agit de la retenue de Batran considérée comme étant la plus exposée aux pesticides agricoles du fait de sa situation dans la commune la plus consommatrice de pesticides au Bénin (Banikoara) et des résultats de dosage de quantités résiduelles de pesticides rapportés par Agbohessi et al. (2015a); et de la retenue d'eau de Songhaï située dans la commune de N'Dali considérée comme étant moins polluée du fait qu'elle soit éloignée du bassin cotonnier et ne reçoive pas d'affluents venant de ce bassin.

L'espèce étudiée est le tilapia du Nil, *O. niloticus*. Il appartient à la famille des Cichlidae, à la classe des Actinopterygiens et à l'ordre des Perciformes. C'est une espèce euryèce, ovipare et itéropare asynchrone. Il est disponible en toute saison, plus ou moins sensible à la pollution et présente dans toutes les retenues d'eau du Nord-Bénin.

Quinze (15) poissons en vie ont été achetés auprès des pêcheurs dans chaque retenue d'eau, la plupart des poissons

* Auteur Correspondant : peleberodrigue@yahoo.fr
Contact : (+229)94824211/96975762
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

étant déjà morts sur l'eau lors de leur capture du fait des engins de pêche utilisés par les pêcheurs et ce malgré toutes les dispositions prises. Après identification du sexe, chaque poisson capturé a été anesthésié au MS 222, puis euthanasié par dislocation cervicale. Les deux gonades ont été prélevées après dissection. La gonade gauche a été conservée immédiatement dans des tubes en polyéthylène de 15-45ml contenant du formol tamponné 10%.

Les coupes histologiques ont été réalisées au laboratoire de Cytogénétique de la Faculté des Sciences de la Santé (FSS) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC). A cause de la mort avant dissection de certains poissons dans le lot des individus vivants achetés et du fait qu'après sexage les individus femelles étaient en effectif faible comparativement aux mâles, les organes de 12 individus à raison de trois par sexe et par retenue d'eau ont pu être coupés. Un protocole classique incluant la fixation, la déshydratation, l'éclaircissement, l'inclusion en paraffine, les coupes et la coloration des coupes a été utilisé. Les lames ont été colorées à l'hématoxyline-éosine (HE). Elles ont été observées au microscope optique muni d'une caméra optique (10-40 X objective) au Laboratoire de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique (LaRAEAQ) de l'Université de Parakou. Au niveau du testicule et de l'ovaire, six stades de développement conformes à ceux utilisés par Agbohessi (2015a et b) ont été considérés. Leur comptage par testicule a été fait à trois niveaux différents choisis de façon randomisée. Concernant l'ovaire, le comptage de chaque stade ovocytaire a été fait par ovaire en considérant toutes les cellules présentes. Diverses altérations rapportées par divers auteurs ont été également recherchées.

Afin de pouvoir ressortir l'effet sur les gonades de *O. niloticus* de la pollution de la retenue d'eau de Batran par les pesticides agricoles, une analyse semi-quantitative a été faite. Ainsi pour les deux sexes, les altérations enregistrées et classées selon les six types d'altérations signalées par Van Dyk et al. (2009) ont été semi-quantifiées en utilisant le système de scores utilisé par Agbohessi et al. (2015a, 2015b) modifié de Bernet et al. (1999). Le score d'occurrence (indiquant l'étendue de l'altération dans la gonade) et le facteur d'importance (indiquant le degré de réversibilité de l'altération : (1) facilement réversible, (2) réversible après la disparition du polluant (3) irréversible conduisant à la perte partielle ou totale de la fonction de l'organe) de chaque altération ont été estimés selon le protocole de Bernet et al. (1999). Pour toutes les altérations, l'indice de l'organe (Itesticule= indice du testicule, Iovaire=indice de l'ovaire) a été calculé. D'après Bernet et al. (1999), la formule est :

$$I_{org} = \sum_{rp} \sum_{alt} (\alpha_{org} \cdot rp \cdot alt \cdot \omega_{org} \cdot rp \cdot alt)$$

Où I_{org} = indice de l'organe, rp = type d'altération, alt = altération, org = organe (constant), α = score d'occurrence, ω = facteur d'importance.

Pour apprécier la sévérité des altérations, un système de classification des altérations histologiques (classe 1 à classe

4) basé sur les valeurs des indices a été utilisé conformément à Van Dyk et al. (2009).

Les données ont été traitées grâce au logiciel statistique Minitab 16. Pour des comparaisons des moyennes, le test T de Student à deux échantillons indépendants a été utilisé au seuil de significativité de 5%.

3. Résultats

3.1. Développement des stades gamétiques

Tous les six stades de développement des cellules testiculaires sont présents quelle que soit la retenue d'eau. Le stade VI (spermatozoïde) est le plus élevé quelle que soit la retenue d'eau (Figure 1 A). La proportion du stade VI (spermatozoïde) a été significativement plus élevée à Batran comparativement à la retenue d'eau de Songhaï ($p < 0,05$). Quant au premier stade (spermatogonie A), il a été significativement plus élevé dans les testicules des poissons prélevés à Songhaï ($p < 0,05$). Au niveau des ovaires, tous les six stades ont été présents chez les poissons quelle que soit la retenue d'eau. Les stades I et II ont été les plus nombreux quelle que soit la retenue (Figure 1 B). Les stades ovocytaires les plus avancés (V et VI) ont été significativement plus élevés à Songhaï comparativement à la retenue d'eau de Batran ($p < 0,05$). Quant aux premiers stades, ils ont été significativement plus élevés dans les ovaires des poissons prélevés dans la retenue d'eau de Batran ($p < 0,05$).

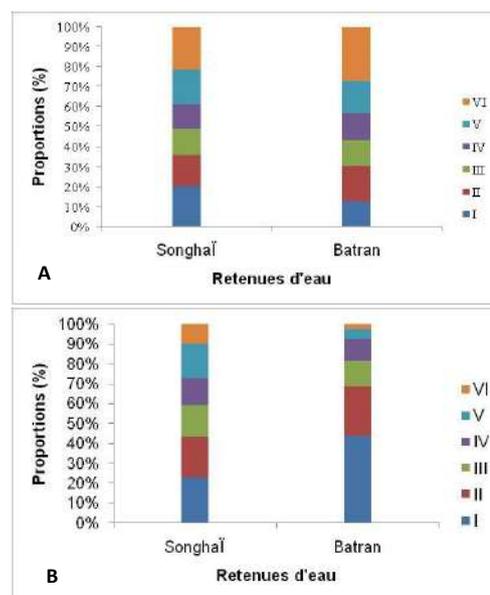


Figure 1: Proportions des différents stades de développement: A : testicule (I : Spermatogonie A, II : Spermatogonie B, III : Spermatoocyte I, IV : Spermatoocyte II, V : Spermatoide et VI : Spermatozoïde) ; B : ovaire (I : Ovocyte péri-nucléolaire, II : Ovocyte en phase alvéolaire corticale, III : Ovocyte en phase vitellogénique précoce, IV : Ovocyte en phase vitellogénique avancée, V : Ovocyte en phase de maturation et VI : Ovocyte atérique post-ovulatoire)

Figure 1: Percentages of different development stages: A: testis (I: Spermatogonia A, II: Spermatogonia B, III: Spermatoocyte I, IV: Spermatoocyte II, V: Spermatoide and VI: Spermatozoid); B: ovary (I: Peri-nucleolar oocyte, II: oocyte in cortical alveolar phase, III: oocyte in early vitellogenic phase, IV: oocyte in advanced vitellogenic phase, V: oocyte in maturation phase and VI: post-ovulatory atretic oocyte)

3.2. Altérations identifiées dans les gonades

Au total, huit (8) altérations dont sept (7) régressives ont été identifiées dans les testicules de *O. niloticus* prélevée dans la retenue d'eau de Batran alors que quatre (4) altérations régressives ont été identifiées à Songhaï (Tableau 1). Dans l'ovaire, six (6) altérations régressives ont été identifiées à Batran alors que deux (2) altérations régressives ont été identifiées à Songhaï (Tableau 1).

Tableau 1 : Altérations identifiées dans les gonads

Table 1 : Alterations observed in the gonads

Altérations	Testicule		Altérations	Ovaire	
	Songhaï	Ba-tran		Songhaï	Ba-tran
Changements régressifs		Changements régressifs			
Fibrose (3)	0	1	CMM (2)	0	1
CMM (2)	1	1	Atrésie folliculaire pré-ovulatoire (3)	0	1
Détachement membrane basale (2)	1	1	Nécrose cellulaire (3)	0	1
Cellules immatures dans la lumière (2)	0	1	Vacuolisation (1)	1	1
Désorganisation lobulaire (2)	1	1	Infiltration des leucocytes (1)	0	1
Nécrose lobulaire (3)	0	1	Fibrose (3)	0	1
Cellules spumeuses (2)	0	1			
Infiltration d'adipocytes (1)	1	0			
Perturbations circulatoires					
Hémorragie (1)	0	1			

0 : indique que l'altération n'a pas été observée ; 1 : indique que l'altération a été observée ; CMM : signifie centre mélanomacrophagiques ; le facteur d'importance de chaque altération est noté entre parenthèses

3.3. Quelques micrographies des altérations

Tous les individus examinés présentent au moins une altération dans le testicule quelle que soit la retenue d'eau. Les altérations identifiées dans le testicule ont été micrographiées (Figure 2 A, B, C, D). Au moins une altération est identifiée dans l'ovaire de tous les individus prélevés dans la retenue d'eau de Batran alors qu'à Songhaï 66,66% des individus ne présentent aucune altération. Chacune des altérations identifiées dans l'ovaire a été micrographiée (Figure 2 E, F)

3.4. Indices moyens

Seul l'indice moyen des mâles a montré une différence entre les deux retenues d'eau. Les individus de Songhaï sont de Classe 2 ($12 \pm 0,01$; organe à structure histologique avec des altérations modérées) alors que ceux de Batran sont de Classe 4 ($47,7 \pm 13,0$; organe à structure histologique présentant des altérations sévères).

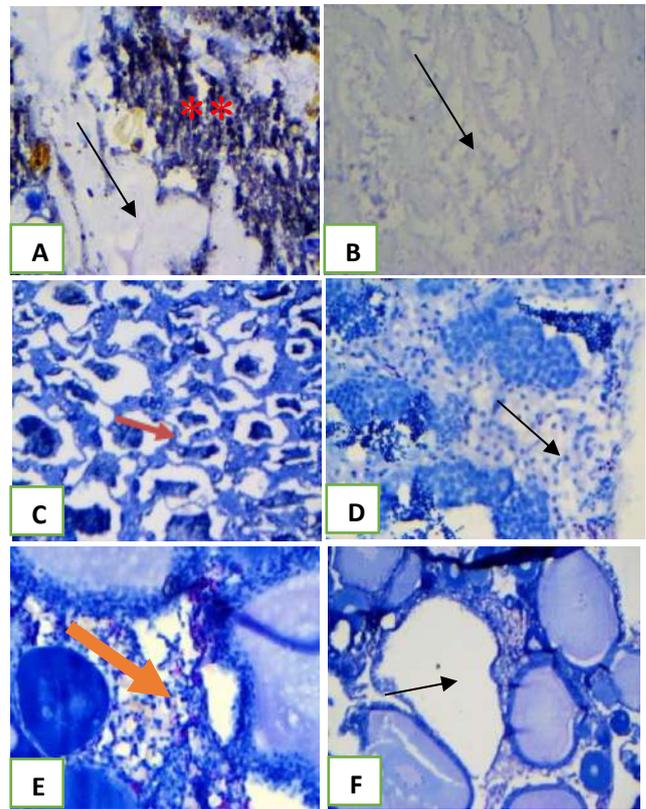


Figure 2 : Quelques micrographies des gonades (40x, HE). Dans le testicule : (A) : Cellules spumeuses (flèche) et CMM (2 astérisques rouges) ; (B) : Fibrose (flèche) ; (C) : Détachement de la membrane basale (flèche rouge) ; (D) : Cellules immatures dans la lumière (flèche). Dans l'ovaire : (E) : Atrésie folliculaire pré-ovulatoire (flèche rouge) ; (F) : Vacuolisation (flèche)

Figure 2: Some micrographs of the gonads (40x, HE). In the testicle : (A): Foam cells (arrow) and melanomacrophagic centers (2 red asterisks); (B): Fibrosis (arrow); (C): Detachment of the basal membrane (red arrow); (D): Immature cells in the lumen (arrow). In the ovary : (E): Pre-ovulatory atretic follicles (red arrow); (F): Vacuolization (arrow)

4. Discussion

Nous avons trouvé tous les six stades de développement dans les gonades des individus échantillonnés quelle que soit la retenue d'eau. Ceci s'explique par le fait que *O. niloticus* se reproduit continuellement et de façon intense en période pluvieuse (Ruwet et al., 1976). L'effet cocktail des pesticides à Batran semble être androgénique. C'est à-dire que les pesticides augmenteraient la production des androgènes notamment la 11-ketotestosterone qui est l'hormone mâle la plus représentée et diminueraient celle des œstrogènes (la 17-beta-œstradiol). L'effet androgénique observé est contraire à l'effet œstrogénique rapporté pour la plupart des pesticides testés seuls en conditions de laboratoire (Oreins, 2016; Agbohessi et al., 2015b). Les changements de pesticides et des matières actives dans les programmes phytosanitaires du cotonnier

entre les campagnes 2012-2013 et 2016-2017 ont donc certainement induit un effet contraire à celui observé par Agbohessi et al. (2015a). En effet de février 2007 à la campagne cotonnière 2012-2013, le tihan 175 O-TEQ qui contient le flubendiamide (100g/L) et le spirotétramate (75g/L) comme matières actives était le pesticide coton recommandé alors qu'actuellement la lambda-cyhalothrine et l'acétamipride sont les matières actives les plus recommandées (Zoumenou et al., 2015).

Les altérations identifiées dans l'ovaire sont similaires à celles signalées par Oreins (2016) chez des juvéniles de *O. niloticus* exposés à l'Acer 35 EC en conditions contrôlées. Agbohessi et al. (2015a) ont également signalé la nécrose, la fibrose traduisant le processus de cicatrisation des cellules endommagées, l'augmentation des centres mélano-macrophagiques, l'augmentation des ovocytes atrétiques pré-ovulatoires chez *T. guineensis* et *C. gariepinus* exposés aux pesticides dans la rivière Alibori. L'atrésie folliculaire pré-ovulatoire est un processus de dégénérescence par lequel l'ovocyte perd son intégrité et est éliminé avant l'ovulation (Janz, 2000). Dans cette étude, cette altération a exclusivement été identifiée chez les poissons prélevés à Batran, ce qui peut être une cause déterminante d'une baisse du succès reproducteur des poissons de cet écosystème aquatique. Dans le testicule, les altérations observées ont été identiques à celles signalées par Agbohessi et al. (2015a) chez les mâles de *T. guineensis* et de *C. gariepinus* prélevés dans la rivière Alibori. Chez le mâle, l'altération des cellules testiculaires peut altérer les performances de reproduction en engendrant une perturbation de la production des hormones et en donnant un sperme de mauvaise qualité (Maynard et al., 1953) pour une reproduction performante. La baisse du succès reproducteur entrave le renouvellement du stock de poisson (Agbohessi, 2014) et causera une diminution des captures par effort de pêche.

5. Conclusion

La présente étude a montré que les gonades de *O. niloticus* capturé à Batran sont les plus affectées comparativement à Songhaï. De même, les testicules sont les plus affectés quelle que soit la retenue d'eau. L'utilisation massive de pesticides en cotonculture constitue donc une menace pour la reproduction de cette espèce, et in fine pour la productivité piscicole des retenues d'eau de ce bassin cotonnier. Vu ces résultats, il est nécessaire que les pesticides moins dommageables à l'environnement soient utilisés en agriculture surtout dans les champs situés dans un bassin versant d'un écosystème aquatique. Il serait également intéressant que de futures recherches soit conduites pour ressortir l'effet de cette pollution par les pesticides sur d'autres fonctions physiologiques notamment la croissance et sur la qualité sanitaire des poissons élevés dans les retenues d'eau du Nord-Bénin.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adechian S.A., Baco M.N., Akponikpe I., Imorou Toko I., Egah J., Affoukou K. 2015. Les pratiques paysannes de gestion des pesticides sur le maïs et le coton dans le bassin cotonnier du Bénin. Temporalités, action environnementale et mobilisations sociales, 15 (2).
- Agbohessi T.P., Imorou Toko I., Kestemont P. 2012. Etat des lieux de la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides organochlorés dans le bassin cotonnier béninois. Cahiers Agricultures 21(1) 46-56.
- Agbohessi T.P. 2014. Impact des pesticides agricoles sur le développement et la régulation du système reproducteur, le statut hépatique et la croissance des poissons dans le bassin cotonnier béninois. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en Ecotoxicologie des milieux aquatique à l'Université de Namur en Belgique, 307 p.
- Agbohessi T.P., Imorou Toko I., Ouédraogo A., Jauniaux T., Mandiki S.N.M., Kestemont P. 2015a. Assessment of the health status of wild fish inhabiting a cotton basin heavily impacted by pesticides in Benin (West Africa). Science of the Total Environment 506: 567-584.
- Agbohessi T.P., Imorou Toko I., Atchou V., Tonato R., Mandiki S.N.M., Kestemont P. 2015b. Pesticides used in cotton production affect reproductive development, endocrine regulation, liver status and offspring fitness in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Comparative Biochemistry and Physiology 167: 157-172.
- Bernet D., Schmidt H., Meier W., Berkhardt-Holm P., Wahli T. 1999. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. Journal of Fish Diseases. 22: 25-34.
- Follin J.C., Deat M. 2004. Le rôle des facteurs techniques. CIRAD, Montpellier, France, 4 p.
- Janz D.M. 2000. Endocrine system. The Handbook of experimental animals, The laboratory fish (eds) Gary K. Ostrander, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, 189-217p.
- Kan C.A., Meijer G.A.L. 2007. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. Animal Feed Science and Technology 133: 84-108.
- MAAF (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt de la France). 2013. Les politiques agricoles à travers le monde: Quelques exemples. Services des relations internationales-3 rue Barbet de Jouy-7534 Paris, 5p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche du Bénin). 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole, 107p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche). 2014. Liste des produits phytosanitaires disponibles pour la campagne agricole 2013-2014 dans les départements du Borgou-Alibori au Bénin.
- Maynard E.A., Downs W.L., Hodge H.C. 1953. Oral toxicity of uranium compounds. Voegtlin C., and Hodge H. C. (eds) Pharmacology and toxicology of uranium compounds: New-York, McGraw-Hill Book Co., 1121-1369p.
- Oreins N. 2016. Perturbations endocrines induites par l'Acer 35EC, un insecticide à base d'acétamipride et de lambda-cyhalothrine, chez le poisson *Oreochromis niloticus* exposé à des doses chroniques. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie à l'École de biologie de l'Université catholique de Louvain, 70p.

- Primentel D., Levitain L.C. 1986. Pesticides. Amounts applied and amount reaching pests. Often, less than 0.1% of pesticides applied to crop reach target pests. *Biosciences* 36:86-91.
- Ruwet J.C., Voss J., Hanon L., Micha J.C. 1976. Biologie et élevage des tilapias. *FAO/CIFA Technique Paper* 4: 332-364.
- Soclo H. H., Azontonde A.H., Dovonou L.F., Djibril R., Sagbo A.U. 2004. Etude de l'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surfaces, substrats des réserves de faune) dans les complexes des aires protégées de la Pendjari et du W. CE-NAGREF, Cotonou, 135 p.
- Van Dyk J.C., Marchand M.J., Smit N.J., Pieterse G.M. 2009. A histology-based fish health assessment of four commercially and ecologically important species from the Okavango Delta panhandle, Botswana. *African Journal of Aquatic Science* 34: 273-282.
- Yèhouéno P.E. 2005. Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué, Thèse de doctorat unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 214 p.
- Zoumenou B., Aïna M.P., Agbohessi P., Imorou Toko I., Scippo M-L. 2015. Effets toxicologiques et méthodes d'analyse de la lambda-cyhalothrine et de l'acetamipride utilisés dans la protection phytosanitaire du cotonnier au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(4):2184-2199.



Caractérisation structurale des populations de *Borassus aethiopum* Mart. dans la commune de Savè au Bénin

Mèssètin Vital AHISSOU¹, Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN¹, Samadori S. Honoré BIAOU¹, Armand Kuyéma NATTA¹, B.S. Céline DAN²

¹ Université de Parakou (UP), Faculté d'Agronomie (FA), Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB). 03 BP 125 Parakou, Bénin

² Université d'Abomey Calavi (UAC), Ecole Polytechnique d'Abomey Calavi (EPAC), Département de Gestion de l'Environnement (GEn), Cotonou, Bénin

Reçu le 30 Octobre 2017 - Accepté le 04 Décembre 2017

Structural characterization of *Borassus aethiopum* Mart. populations in the commune of Savè in Benin

Abstract: The socio-economic importance of the rônier (*Borassus aethiopum* Mart.) induces a strong pressure on its populations in Savè. The purpose of this study is to evaluate the influence of anthropogenic activities on the dendrometric characteristics of *Borassus aethiopum* populations in the commune of Savè. The methodology followed was based on the forest inventory within 50 plots of 100 mx 100 m selected in two areas at 25 plots per area. A zone of intense exploitation of the fruits of the species during the period of fruiting and a zone with moderate exploitation. The dendrometric parameters recorded are: total height and diameter (dbh ≥ 10 cm). Individuals < 10 cm in diameter are considered potential regenerators. The density is 30 adult feet per hectare in the moderate exploitation zone and 36 adult feet in the active zone. The natural regeneration is 705 seedlings / ha in the area of moderate exploitation and 409 seedlings / ha in the area of active exploitation. The population structure of the species is bell-shaped with a predominance of low height individuals [10-15m]. Recruitment is low in the extreme classes (h < 10 m and h > 20 m) which confirms the hypothesis of U mortality in *Borassus* populations. The populations of *Borassus aethiopum* in Savè are therefore not in equilibrium. To ensure the conservation of the species, it is essential to assess how exploitation affects the population processes and overall population dynamics of the species.

Keywords: *Borassus aethiopum*, structure, exploitation, population, Savè.

Résumé : L'importance socio-économique du rônier (*Borassus aethiopum* Mart.) induit une forte pression sur ses populations à Savè. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'influence des activités anthropiques sur les caractéristiques dendrométriques des populations de *Borassus aethiopum* dans la commune de Savè. La méthodologie suivie est basée sur l'inventaire forestier à l'intérieur de 50 placeaux de 100 m x 100 m choisis dans deux zones à raison de 25 placeaux par zone. Une zone à exploitation intense des fruits de l'espèce pendant la période de fructification et une zone à exploitation modérée. Les paramètres dendrométriques relevés sont : la hauteur totale et le diamètre (dbh ≥ 10 cm). Les individus de diamètre < 10 cm sont considérés comme des régénérations potentielles. La densité est de 30 pieds adultes par hectare dans la zone à exploitation modérée et de 36 pieds adultes dans la zone à exploitation active. La régénération naturelle est de 705 plantules/ha dans la zone à exploitation modérée et de 409 plantules/ha dans la zone à exploitation active. La structure démographique de l'espèce est en cloche avec une prédominance des individus de faible hauteur [10-15m]. Le recrutement est faible dans les classes extrêmes (h < 10 m et h > 20 m) ce qui confirme l'hypothèse de la mortalité en U dans les populations de *Borassus*. Les populations de *Borassus aethiopum* à Savè ne sont donc pas en équilibre. Pour garantir la conservation de l'espèce, il est indispensable d'évaluer comment l'exploitation affecte les processus démographiques et la dynamique globale des populations de l'espèce.

Mots clés : *Borassus aethiopum*, structure, exploitation, population, Savè.

1. Introduction

Au Bénin, le rônier ou *Borassus aethiopum* Mart. fait partie des espèces à usages multiples. Il rend d'énormes services à une grande partie de la population rurale, le plus souvent, comme principale source de revenus et moyen efficace de lutte contre la pauvreté (Gbesso et al., 2013). L'éventail des biens du rônier va des produits alimentaires jusqu'aux matières premières pour l'industrie locale ou externe en passant par des médicaments locaux, des combustibles, des matériaux de travail et de construction (Houankoun, 2003). Adomou, (2005) rapporte que le rônier est en grande partie distribué dans tout le Bénin et surtout le long des cours d'eau, les savanes marécageuses. Selon Salako et al., (2015) au Bénin la densité de *Borassus aethiopum* augmente lorsqu'on passe d'un phytodistrict à un autre du sud vers le nord ce qui correspond à une diminution de la pluviométrie. La zone de transition soudano-guinéenne fait partie des zones potentiellement abondantes en rôniers. *Borassus aethiopum* est un arbre comestible sauvage prioritaire pour les communautés rurales locales et est retrouvé dans divers systèmes agroforestiers au Bénin (Gbesso et al., 2013; Salako et al., 2015). A Savè, les organes de cette espèce, particulièrement les fruits et les feuilles ont une valeur commerciale importante. Au Bénin pour la fourniture de l'hypocotyle, seuls les marchés de Savè et Glazoué alimentent les grandes villes en occurrence les trois villes à statut particulier (Cotonou, Porto-Novo et Parakou). L'exploitation actuelle de ces organes ne conduit pas à la mort immédiate de l'espèce mais impacte l'avenir de la population de l'espèce. On la considère comme vulnérable sur la liste rouge d'espèce menacée du Bénin en raison d'une collection étendue de ses fruits pour la consommation (Adomou et al., 2011). Beaucoup d'études, sur *Azizica africana* (Sinsin et al., 2004) et sur *Khaya senegalensis* (Gaoue et Ticktin, 2007), ont montré que l'exploitation des PNFL peut affecter les paramètres vitaux des espèces agissant sur la structure des populations des espèces. Ces pressions anthropiques et autres facteurs de diverses natures agissent constamment sur la structure des populations de l'espèce sans que d'importantes actions spécifiques de conservation ne soient effectuées. De plus les populations naturelles hors des aires protégées de l'espèce ne bénéficient d'aucune mesure de conservation au Bénin. Dès lors, une meilleure conservation de l'espèce dans un écosystème donné suppose, d'une part, la connaissance de l'état actuel de ses populations à toutes les phases de développement (de la régénération aux sujets adultes) à travers leur étude structurale et, d'autre part, la recherche et l'analyse des facteurs qui agissent sur cette structure. La présente étude vise à étudier les caractéristiques dendrométriques et écologiques des populations de *Borassus*

aethiopum dans la commune de Savè, l'un des milieux favorable à l'espèce dans la zone de transition soudano-guinéenne du Bénin (Ouinsavi et al., 2011).

Elle permettra à terme de disposer des connaissances scientifiques sur la dynamique et la structure desdites populations afin de proposer des options pour une meilleure conservation de l'espèce au Bénin (Alkoiret et al., 2010a, 2010b ; Youssao et al., 2013 ; Assani et al., 2016 ; Assogba et al., 2017). La plupart de ces travaux ont été réalisés dans la zone septentrionale du Bénin. Cet article a pour but de comparer la productivité des différents troupeaux bovin transhumants identifiés dans la commune de Djidja et de présenter les principaux résultats obtenus concernant la démographie et la structure des troupeaux ainsi que les principaux paramètres de production et d'exploitation.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la commune de Savè, située dans la zone de transition soudano-guinéenne du Bénin. Elle compte sept arrondissements dont quatre ruraux et trois urbains.

Le climat est de type tropical humide de transition avec un réseau hydrographique dendritique (Capo-chichi, 2006). On y rencontre des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux lessivés à concrétion sur roches cristallines. La végétation est faite de la savane parsemée d'arbres et d'arbustes (Capo-chichi, 2006). Il subsiste encore dans la commune des îlots de forêts dont la forêt classée de l'Ouémé-Boukou vaste de 20500 ha et des forêts galeries le long du fleuve Ouémé et de l'Okpara. Le paysage du plateau de Savè est une savane graminéenne arborée et arbustive ; les essences d'arbres dominantes sont le baobab, le néré, le rônier dans l'environnement immédiat de la zone urbaine, les graminées font place à des périmètres de jachères ou agricoles (Capo-chichi, 2006). La commune compte une population totale de 87.379 habitants soit 12,19 % de la population du département des collines (INSAE, 2013). La densité de la population communale de Savè est de 30 habitants par km². Elle est essentiellement agricole, soit 53 % de la population active (INSAE, 2013). En dehors du commerce transfrontalier avec le Nigeria, on note aussi à l'intérieur de la commune et avec les territoires voisins, des activités d'échanges dans les marchés. Parmi celles-ci, la commercialisation des produits de *Borassus aethiopum* (hypocotyle et objets artisanaux) est très pratiquée par les populations entre les villages et les grandes villes (Cotonou, Parakou, Porto-Novo etc.) (Gbesso et al., 2014). La figure 1 montre la distribution des placeaux d'inventaire autour des villages d'étude dans la commune de Savè.

* Auteur Correspondant : Ahissouvital@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

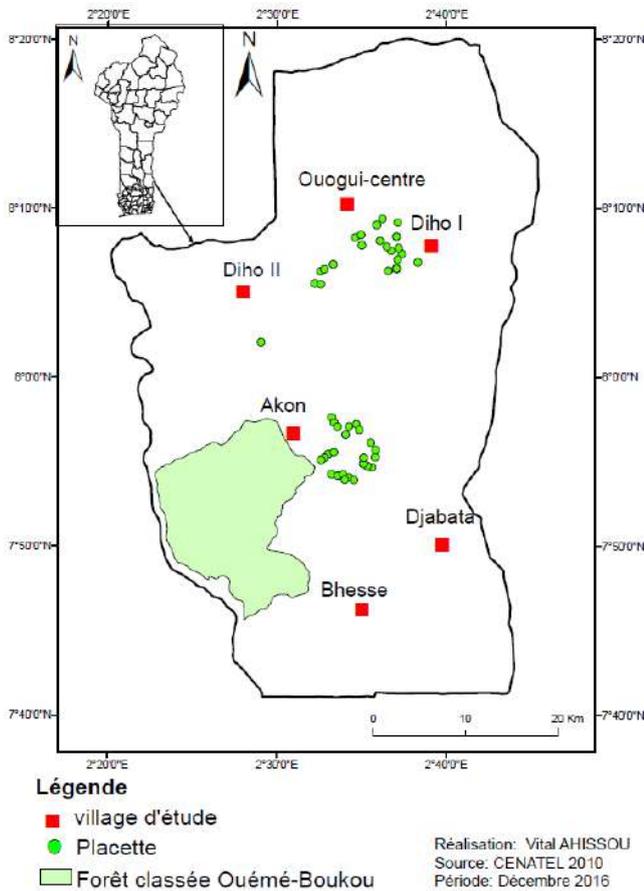


Figure 1: Distribution des placeaux d'inventaire autour des villages d'étude
Figure 1: Distribution of surveyed plots around the study villages

2.2. Dispositif et mesures

Les unités d'observation sont des peuplements à dominance de *Borassus aethiopum* dans deux zones; la zone à exploitation active est constituée des villages de Diho1, Diho2, et Ouogui centre dans l'arrondissement de Sakin située dans la zone périurbaine où les populations de l'espèce sont soumises à un ramassage intense des fruits pendant la période de fructification. La zone à exploitation modérée est représentée par les villages de Bessé, Djabata et Akon dans l'arrondissement de Bessé à l'Est de la forêt classée Ouémé Boukou où l'exploitation est plus ou moins atténuée. Les faciès à dominance de *Borassus aethiopum* ont été repérés. Sur cette base les coordonnées d'un certain nombre de points ont été relevées. Mais au-delà de ces prérequis, la décision finale d'inventorier un point donné est prise de l'appréciation faite sur le terrain de l'aspect de la canopée de la végétation en ce point et de l'importance du recouvrement de *Borassus aethiopum*.

La délimitation des unités d'observation (points échantillons) est faite suivant une procédure d'échantillonnage à trois degrés conformément à la méthodologie utilisée par Fonton, (1996).

Au premier degré, est installé, un échantillon de forme carrée d'un (1) hectare de superficie, identifié par les coordonnées de son centre (figure 1). Les points échantillons dans

une même zone sont distants de 500 m les uns des autres. A chaque échantillon du premier degré sont associés un sous-échantillon rectangulaire de dimension 50 m X 30 m de second degré situé au sommet nord-ouest de la placette et quatre (4) sous-échantillons de troisième degré situés aux quatre sommets de l'aire carrée de l'échantillon du premier degré. Chaque sous-échantillon de troisième degré est une placette carrée de 10 m X 10 m. Au total, 50 points échantillons du premier degré ont fait l'objet de l'inventaire.

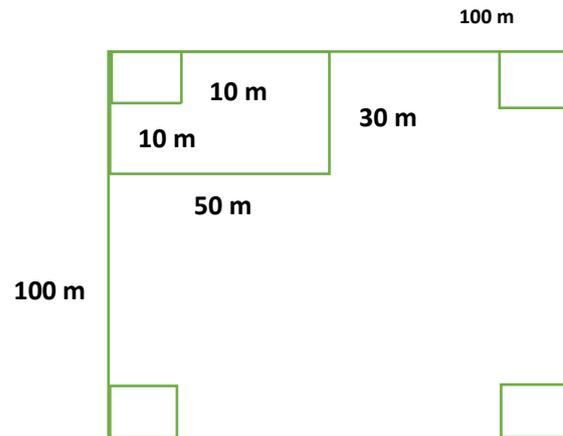


Figure 2: Dispositif d'échantillonnage

Figure 2: Sampling design

2.3. Collecte des données

Au premier degré, sont comptés, tous les pieds de *Borassus aethiopum* ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm (échantillon de forme carrée d'un (1) hectare de superficie).

Au second degré, les paramètres dendrométriques suivants ont été mesurés : le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol (dbh = diameter at breast height) et la hauteur totale de tous les pieds de *Borassus aethiopum* ayant un diamètre supérieur ou égal à 10 cm (population arborescente) sur chacune des placettes rectangulaires de 50 m X 30 m ;

Au troisième degré, pour obtenir la densité de régénération, tous les individus de *Borassus aethiopum* ayant un diamètre inférieur à 10 cm ont été recensés dans les quatre (4) sous-échantillons situés aux quatre sommets de l'aire carrée de l'échantillon du premier degré.

2.4. Calcul des paramètres dendrométriques

A partir des résultats de l'inventaire dans les deux zones, divers paramètres dendrométriques ont été calculés : la densité, la structure horizontale et la répartition spatiale. Pour la densité, nous avons examiné la régénération et les grands arbres.

Pour les grands arbres : La densité NG de la population avec, ng le nombre de grands arbres sur la placette, S la surface de la placette ($S = 100 \times 100 = 1\ 000\ m^2$).

$$NG = (ng.10\ 000)/S$$

Pour la régénération : La densité NR de la population avec, nr le nombre de régénérations sur la placette, S la surface de la placette ($S = (10 \times 10) \times 4 = 400 \text{ m}^2$).

$$NR = (\text{nr} \cdot 10\,000) / S$$

Les densités des grands arbres et celles des pieds régénérés des deux zones sont comparées, grâce au test de t de Student effectué avec le logiciel R version 3.1.2.

Pour détecter la configuration spatiale de l'espèce dans les deux zones, nous avons préféré calculer, l'indice de dispersion de Blackman (IB). Il permet d'apprécier la distribution des arbres d'une espèce donnée au sein d'un groupement végétal donné (Jayaraman, 1999).

$$IB = v/M$$

Dans l'expression, M. et v sont respectivement la moyenne et la variance de la densité de l'espèce dans la formation végétale. L'interprétation se fait par rapport à l'unité. En effet, si : $IB < 1$, la distribution est dite régulière (ou uniforme) ; $IB = 1$, la distribution est dite poissonnière (ou aléatoire) ; $IB > 1$, elle est agrégée (ou en bouquets).

Le facteur d'élancement (E). C'est le rapport de la hauteur moyenne (hm) de la population au diamètre moyen de la population (dm) où hm et dm sont exprimés dans une même unité. Le facteur d'élancement a été calculé au niveau de chaque zone. Selon (Rondeux, 1999) le facteur d'élancement permet d'apprécier le degré de stabilité du peuplement vis-à-vis du vent. Les peuplements à risque sont ceux ayant un facteur d'élancement supérieur à 100 alors que les valeurs inférieures à 80 caractérisent les peuplements bien armés pour résister au vent.

$$E = hm/dm$$

2.5. Structure des populations de *Borassus aethiopum*

Pour déterminer la structure démographique (horizontale) de l'espèce, les différents pieds de *Borassus aethiopum* mesurés ont été repartis en classes de hauteur. Le diamètre n'est pas un paramètre fiable pour apprécier la structure des populations des palmiers en général, plus le rônier prend de l'âge, plus son tronc se rétrécit (Gbesso et al., 2013). La hauteur seule demeure le paramètre le moins biaisé.

Les trois paramètres de distribution de Weibull appliqués par Bonou (2007) ont été utilisés pour représenter la structure théorique des populations de *Borassus aethiopum* des deux zones. Cette distribution se fonde sur la fonction de densité de probabilité définie par Rondeux et se présente sous la fonction :

$$F(x) = c/b [(x-a)/b]^{c-1} \exp[-[(x-a)/b]^c]$$

Où :

x = hauteur des arbres; a = Paramètre de position (dans la présente étude a = 5 m) ; b : est le paramètre d'échelle ou de taille ; il est lié à la valeur centrale des hauteurs des arbres du peuplement considéré ; c : est le paramètre de forme lié à la structure en hauteur considérée. Cette distribution de Weibull peut prendre plusieurs formes selon la valeur du paramètre de forme (c) lié à la structure en hauteur.

2.6. Relation hauteur diamètre

La relation entre la hauteur et le diamètre de l'arbre encore appelé courbe des hauteurs (Rondeux, 1999) est une alternative pour étudier les relations entre les deux variables. Pour l'établissement d'une telle relation, la régression par quantile nous a permis d'évaluer l'effet de l'accroissement de la hauteur sur le diamètre des populations de *Borassus aethiopum*, dans la zone à exploitation active et la zone à exploitation modérée. Pour la régression par quantile, nous avons choisi le quantile supérieur (q) qui est basé sur le nombre (n) de pieds de *Borassus* mesuré dans chaque zone suivant la formule de Scharf et al., (1998): $n > 10 / (1-q)$. Ainsi nous allons explorer l'effet de la hauteur sur le diamètre pour la borne inférieure (10 th), la médiane (50 th) et la borne supérieure (95 th) des quantiles.

Le logiciel R 3.1.2 avec le package "quantreg" est utilisé pour la régression par quantile. La fonction Anova disponible dans le package "quantreg" est utilisée pour obtenir les coefficients significatifs pour les différents tests de la régression par quantile

3. Résultats

3.1. Densité des pieds de *Borassus aethiopum*

La densité globale sur pied de *Borassus aethiopum* est de 36 pieds/ha en moyenne dans la zone à exploitation active des fruits et de 30 pieds/ha dans la zone où l'exploitation des fruits est modérée (tableau 1). La densité de la régénération varie de 0 sujet par placette à 1175 plantules/ha selon les points échantillons avec une moyenne de 400 plantules/ha dans la zone périurbaine où l'exploitation des fruits est intense mais dans la zone à exploitation modérée, on observe une variation de 0 sujet par placette à 1525 plantules/ha selon les points échantillons avec une moyenne de 725 plantules/ha.

Tableau 1: Densité globale sur pied de *Borassus aethiopum*

Tableau 1: Overall individual density of *Borassus aethiopum*

	Zone à exploitation active	Zone à exploitation modérée
Nombre moyen de pieds adultes par placette de 10 000 m ²	36	30
Nombre moyen de pieds adultes par hectare	36	30
Nombre moyen de régénérations par placette (100 m ² X 4 = 400 m ²)	16	29
Nombre moyen de régénérations par hectare	400	725

Les résultats du test de comparaison, montrent une différence significative ($P < 0,05$) entre la densité des pieds régénérés des deux zones, mais la densité des grands arbres des

deux zones, ne présente pas une différence significative ($P > 0,05$).

Les indices de dispersion de Blackman (IB) sont de 6,84 et 13,04 respectivement dans la zone à exploitation active et dans la zone à exploitation modérée. Ce qui explique que les populations de *Borassus aethiopum* des deux zones ont une distribution agrégée ou en bouquets. S'agissant du facteur d'élanement, il est dans la gamme de 10 à 80 pour la population de *Borassus aethiopum* de la zone à exploitation active, avec une moyenne de 38,2 quant à la population de la zone à exploitation diminuée, ce facteur est compris entre 14 et 96 avec une moyenne de 37,1.

3.2. Structure en hauteur

La structure en hauteur des populations de *Borassus aethiopum* dans la zone à exploitation active et dans la zone à exploitation modérée, indique en général une allure non normale (figure 2). Par ailleurs, les deux distributions présentent toutes une distribution asymétrique positive ou asymétrique droite ($1 < c < 3,6$), caractéristique des peuplements monospécifiques avec une prédominance relative des individus de faible hauteur.

Les individus de hauteur comprise entre 10 et 15m prédominent dans les deux zones.

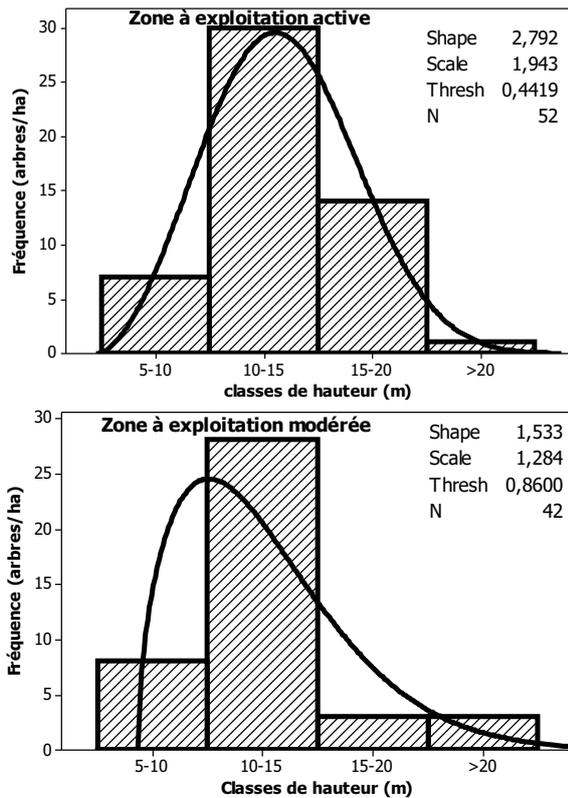


Figure 3 : Structure en hauteur des individus de *Borassus aethiopum* ajustée à la distribution de Weibull à trois paramètres

Figure 3 : Height size-classes distribution of *Borassus aethiopum* individuals adjusted to three parameters Weibull.

3.3. Relation hauteur diamètre

L'aperçu du nuage de points pour la relation hauteur diamètre dans la zone à exploitation active (rouge) et la zone à exploitation modérée (bleue), montre que tous les individus ont un diamètre > 10 cm et une hauteur > 4 m, 19 % des individus sont au stade jeune ($4 < \text{hauteur} < 10$ m), 77 % sont au stade adulte, phase active pour la fructification ($10 < \text{hauteur} < 20$ m) et seulement 4 % sont au stade vieux ($20 < \text{hauteur} < 29$ m) (figure 3).

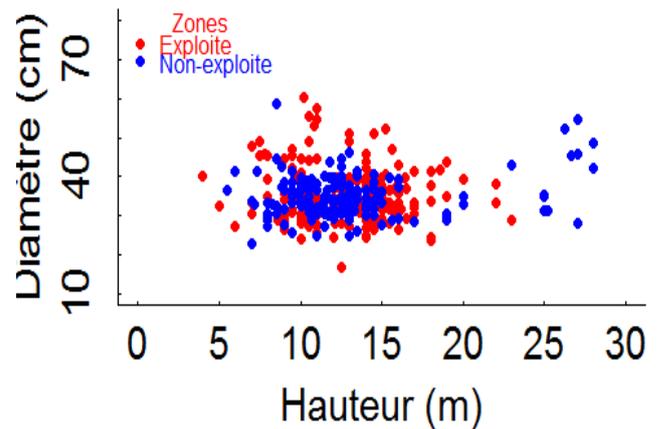


Figure 4 : Nuage de points pour la relation hauteur diamètre dans la zone à exploitation active (rouge) et la zone à exploitation modérée (bleue)

Figure 4 : Height-diameter relationship in intensively harvested zone (red dots) and moderate harvested zone (blue dots)

L'allure du diamètre suivant les stades de développement des pieds de *Borassus aethiopum* à Savè, révèle dans la zone à exploitation active une courbe unimodale (figure 4), qui atteint son pic lorsque l'espèce transite du stade jeune (hauteur < 10 m) au stade adulte ($10 < \text{hauteur} < 20$ m). Pendant la phase de fructification (stade adulte), un rétrécissement continu du diamètre est observé qui finit par se stabiliser pendant le début de la phase de sénescence (hauteur > 20 m). Dans la zone à exploitation modérée, une stabilisation du diamètre est observée au stade jeune. Le stade adulte est marqué par un rétrécissement du diamètre mais une augmentation progressive est observée au stade vieux. Les coefficients de régression pour la hauteur étaient significatifs seulement pour les quantiles, inférieur (10 th) et médian (50 th) mais pas pour le quantile supérieur (95th).

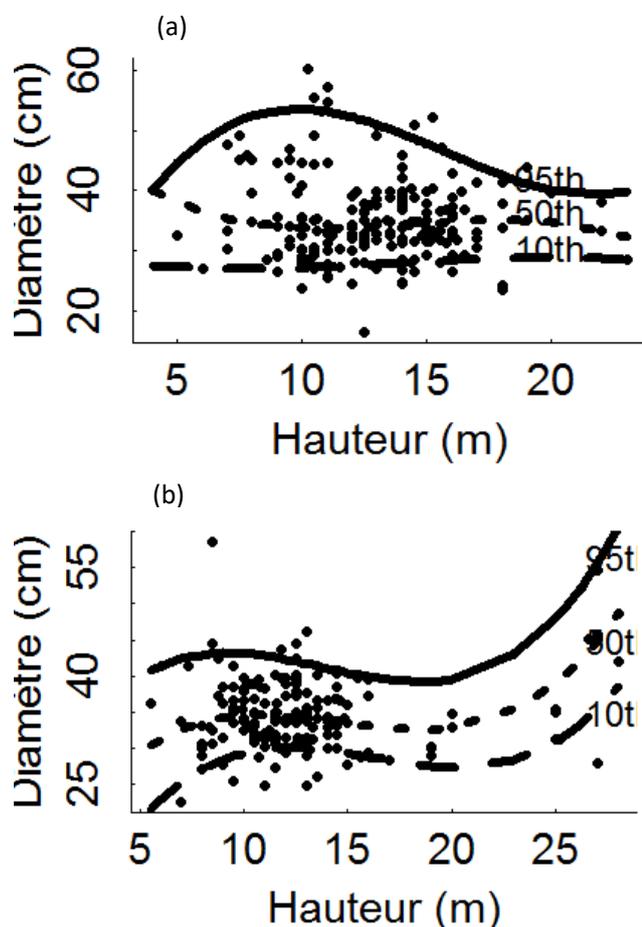


Figure 5 : Relation entre la hauteur et le diamètre des pieds de *Borassus aethiopum* dans la zone à exploitation active (a) et dans la zone à exploitation modérée (b)

Figure 5 : Adjusted Height-diameter relationship in intensively harvested zone (a) and moderate harvested zone (b)

4. Discussion

Le potentiel ligneux de la commune de Savè en termes de densité sur pieds de *Borassus aethiopum*, est de loin inférieures aux valeurs moyennes (133 tiges à hectare pour la densité des pieds adultes et 5 262/ ha pour la régénération) obtenues par Gbesso et al., (2014) dans le district phytogéographique du Zou et les 150 pieds par hectare pour les pieds adultes dans la zone soudano-guinéenne obtenu par Ouinsavi et al., (2011). Cet écart pourrait s'expliquer par la différence des unités d'échantillonnage. En effet, Glèlè Kakai et Sinsin (2009) ont montré que les placettes de faible dimension surestiment la densité. Pour des placettes de 100 m² ils ont obtenu 570 plantes à l'hectare contre 335 plantes pour les placeaux de 900 m² et 331 plantes pour les placeaux de 10,000 m². A première vue, les valeurs des densités des pieds régénérés semblent satisfaisantes. Il convient toutefois de préciser que cette forte densité ne suppose pas que l'espèce se renouvelle bien au sein des peuplements. La régénération est largement dominée par les plantules et non les individus affranchis des risques naturels de mortalité.

Les coefficients de Weibull calculés indiquent la prédominance d'individus jeunes ou de faible hauteur. Les effectifs les plus importants sont dans les classes de hauteur intermédiaires. Les classes extrêmes présentent les fréquences les plus faibles. De telles distributions ont été observées par Gbesso et al., (2014); Ouinsavi et al., (2011) au Bénin, (Thione, 2000) dans la rônieraie de Fandène au Sénégal et Barot et Gignoux, (1999) en Côte d'Ivoire. Les espèces fidèles à ce type de distribution sont dites déstructurantes car menacées de disparition dans les peuplements (Biaou et Sokpon, 2003). La mortalité est importante, de la régénération au stade adulte et du stade adulte au stade vieux, ce que Barot et Gignoux (1999) qualifient de modèle de mortalité en U. Selon ces deux auteurs, le taux de mortalité diminue pendant les premières étapes et augmente de l'étape juvénile à l'étape adulte. Ceci serait dû à la combinaison des facteurs anthropiques et des conditions stationnelles : les feux de brousse, le pâturage et l'exploitation intense de l'espèce par le ramassage des fruits, le prélèvement des feuilles pour la confection des objets d'art comme les éventails, les sacs, les balais etc. qui sont des pratiques courantes dans la commune de Savè.

Les valeurs de l'indice de Blackman (6,84 et 13,04) indiquent un regroupement élevé des individus de l'espèce. Cependant, quelques regroupements faibles des individus sont parfois observés par endroit. La répartition en agrégats observée chez cette espèce serait liée au mode de dissémination et au tempérament de l'espèce (Biaou, 1999). Le rônier étant une espèce barochore, la dispersion des graines se fait par gravité, à proximité immédiate de la plante mère. Ainsi le renouvellement est favorisé par les agents disséminateurs, qui sont naturellement les éléphants et les babouins qui n'existent pas dans le milieu. L'intensité de dissémination est faible à Savè car, le poids aussi élevé du fruit 1.0 - 1.5 kilogrammes (Ouinsavi *et al.*, 2011), ne permet pas au vent de disséminer de plus de 10 m de la plante mère les fruits mûrs tombés. Ceci explique l'abondance de la régénération auprès des pieds mère. Malheureusement la compétition existante aux pieds des rôniers adultes empêche le développement des jeunes semis. Selon (Giffard, 1967), cela s'explique par la concurrence des racines vis-à-vis de l'eau en saison sèche.

Les valeurs moyennes du facteur d'élancement (38,2 et 37,1) dans les deux zones, montrent que les chablis observés avec *Borassus aethiopum* ne sont pas le fait d'une disproportion entre croissance en hauteur et en diamètre, elle peut être liée aux pratiques anthropiques comme l'abattage pour l'utilisation du stipe (construction) dont l'arbre est souvent victime. Mais d'un autre côté on pourrait indexer la simplicité ou la limite de la relation du facteur d'élancement qui ne prend pas en compte tous les facteurs de l'environnement dont dépend la stabilité du peuplement comme l'orientation du vent dominant, la densité du couvert, la structure verticale, la topographie etc.

5. Conclusion

De l'étude des structures horizontales des populations de *Borassus aethiopum* à Savè, on retient que la structure démographique de l'espèce est en cloche avec une prédominance des individus de faible hauteur. La régénération naturelle de l'espèce est faible dans la zone d'étude. Les peuplements à *Borassus aethiopum* sont plus vieillissants que rajeunis, l'espèce nécessite donc une mesure particulière de conservation. Des dispositions comme l'installation des parcs à *Borassus aethiopum*, la régénération naturelle assistée, doivent être prises pour assurer la régénération afin de ne pas compromettre, à terme, l'utilisation durable de l'espèce. Une autre manière d'apprécier l'état général des populations de l'espèce est d'étudier l'intensité de la régénération par classe de régénération afin de déterminer à quel (s) stade (s) de développement les régénérations sont le plus perturbées.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Adomou, A.C., 2005. Vegetation Patterns and Environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation. PhD thesis Wageningen University.133p.

Adomou, C.A., Agbani, O.P., Sinsin, B., 2011. Plants. In: Neuen-schwander P., Sinsin B., Goergen G. (eds) Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 21-46p.

Barot, S., Gignoux, J., 1999. Population Structure and Life Cycle of *Borassus aethiopum*: Evidence of Early Senescence in a Palm Tree. *Biotropica* 31, 439p.

Biaou, S.H., 1999. Etude des possibilités d'aménagement de la Forêt Classée de Bassila (Nord Bénin) : structure des principaux groupements végétaux et périodicité d'exploitation. Thèse d'ingénieur Agronome, Faculté des Science Agronomique (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC).234p.

Biaou, S.H., Sokpon, N., 2003. Aménagement des forêts denses sèches du Nord-Bénin : bases techniques pour une gestion durable, in: In : Sokpon, N. ; Sinsin, B.; et Eyog-Matig, O. (eds) (Ed.), Aménagement Intégré Des Forêts Naturelles Des Zones Tropicales Sèches En Afrique de l'Ouest. Actes du IIème Séminaire International sur l'aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches en Afrique de l'Ouest, Parakou, FSA/UAC Bénin 25–29 Juin 2001, 140–158p.

Bonou, W., 2007. Caractérisation structurale des formations végétales hébergeant *Azizelia africana* sm: cas de la forêt classée de la lama au sud du Benin, Thèse d'ingénieur Agronome, Faculté des Science Agronomique (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin.77p.

Capo-Chichi YJ.33.3, 2006. Monographie de la commune de Savè, Mission de Décentralisation. In: Programme d'appui au Démarrage des communes, 31p.

Fonton, N., 1996. Inventaire des massifs forestiers des Monts-Kouffé, Wari-Marou et Agoua. Rapport D.F.R.N. Cotonou Bénin, 84p.

Gaoue, O., Ticktin, T., 2007. Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: variation across ecological regions and its impacts on population structure. *Biol. Conserv.* 137, 424–436p.

Gbesso, F., Akouehou, G., Tente, B., Akoegninou, A., 2013. Aspects technico-économiques de la transformation de *Borassus aethiopum* Mart (arecaceae) au Centre-Bénin. *Afrique SCIENCE* 09(1) (2013) 159 – 173p

Gbesso, F., Yedomonhan, H., Tente, B., Akoegninou, A., 2014. Distribution géographique des populations de rôniers (*Borassus aethiopum*, Arecaceae) et caractérisation phytoécologique de leurs habitats dans la zone soudano-guinéenne du Benin. *J. Appl. Biosci.* 74, 6099–6111p.

Giffard, P.L., 1967. Le Palmier Rônier *Borassus aethiopum*. Bois et Forêts des Tropiques. N° 116, 13p.

Glèlè Kakaï, R., Sinsin B., 2009. Description structurale de deux types de végétation dominés par l'Isobornia dans la réserve forestière de Wari-Marou (Bénin) *Journal sud-africain de botanique*, Volume 75, Numéro 1, 43-51p

Houankoun, D.S.E., 2003. Importance socio-économique du rônier (*Borassus aethiopum*): différents usages et commercialisation de quelques sous-produits au Bénin. Mémoire de DEA.FLASH/UAC, 99p.

INSAE., 2013. Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. Cotonou, Bénin8, 7p.

Jayaraman K. (1999). Manuel de statistique pour la recherche forestière. FAO.

Ouinsavi, C., Gbémavo, C., Sokpon, N., 2011. Ecological Structure and Fruit Production of African Fan Palm (*Borassus aethiopum*) *American Journal of Plant Sciences*, 2, 733–743p.

Rondeux, J., 1999. La mesure des peuplements forestiers, Presses agronomiques de Gembloux. Gembloux Belgique, 522p.

Salako, K.V., Azihou, A.F., Assogbadjo, A.E., Hou, D., Kassa, D., Gl, R.L., 2015. Elephant-induced damage drives spatial isolation of the dioecious palm *Borassus aethiopum*. (Arecaceae) in the Pendjari National Park, Benin. *Afr. J. Ecol.* 54, 9–19p.

Scharf, F.S., Juanes, F., Sutherland, M., 1998. Inferring Ecological Relationships from the Edges of Scatter Diagrams: Comparison of Regression Techniques. *Ecology* 79, 448–460p.

Sinsin, B., Eyog Matig, O., Assogbadjo, A.E., G, G.O., Sinadouwirou, T., 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azizelia africana* Sm. Dynamic changes in trees found in different climatic zones of Benin. *Biodivers. Conserv.* 13, 1555–1570p.

Thione, L.A., 2000. Biologie de la reproduction et étude de l'impact de l'exploitation des feuilles et des fruits sur la productivité des rôniers. Thèse de doctorat, Université Cheick Anta Diop Dakar, 135p.



Possibilités d'utilisation de Google Earth™ pour le suivi du couvert forestier de forêts claires en zone soudanienne au Bénin

Eudes Shègoun IDJIGBEROU¹ et Bernard TYCHON²

¹ Laboratoire de recherche en Ecologie, en Botanique et Biologie végétale (LEB), Université de Parakou, Bénin

² Université de Liège - Arlon campus environnement, Unité Eau Environnement Développement, Belgique

Reçu le 30 Juillet 2017 - Accepté le 25 Août 2017

Potential of using Google Earth™ for the monitoring of woodland forest cover in the sudanian zone in Benin

Abstract: In a global context of the growing forest degradation, efficient monitoring tools are needed to manage forest cover. We have explored the potential of using Google Earth™ for the monitoring of woodlands forest cover in the sudanian zone in Benin. We assumed that, Google Earth images-based trees cover is strongly correlated with basal area estimated using field data. The supervised classification method (Maximum Likelihood) was first used to classify the digital images based on three lands use classes (woody vegetation and shadows, herbaceous vegetation, and bare ground) with a precision rate greater than 94%. We after estimated the trees cover on squared (20m x 20m) plots using Google Earth™ digital images. Results showed a strong correlation between the trees cover based on Google Earth™ and basal area suggesting the possibility of using Google Earth™ for woodland ecosystems monitoring. However, the lack of regular updating of Google Earth™ database and the deference between images uploading date and the date of inventory data collection are constraints that remains to be challenged for the accurate use of Google Earth in developing countries like Benin.

Keywords: Google Earth™, digital image, remote sensing, woodland, basal area, Benin.

Résumé : Dans un contexte général de dégradation continue des forêts, le développement des méthodes pour le suivi du couvert forestier devient nécessaire. Cette étude a exploré le potentiel d'utilisation de Google Earth™ pour le suivi du couvert forestier des forêts claires réparties dans le domaine des savanes soudanienne au nord du Bénin. Nous avons supposé que le recouvrement des peuplements ligneux de forêts claires estimé par placeau de 20 m x 20 m de dimensions, à partir des images de Google Earth est positivement corrélé avec la surface terrière calculée par placeau, sur la base des données d'inventaires forestiers. La méthode de classification supervisée « maximum Likelihood » a permis de classer les extraits d'images numériques de Google Earth avec une précision globale supérieure à 94 %, en se basant sur trois classes d'occupation du sol (formation boisée et zones d'ombre, végétation herbacée, sol nu), et d'en extraire le recouvrement des ligneux par placeau. Les résultats montrent une forte corrélation entre la surface terrière calculée à partir des données de terrain et le taux de recouvrement des ligneux estimé à partir de Google Earth et suggère que Google Earth™ pourrait être utilisé pour le suivi du couvert forestier. Cependant, le manque de mise à jour régulière de la base de données de Google Earth™ et le décalage entre dates de capture d'images dans Google Earth™ et celles de collectes des données de terrain sont des contraintes à surmonter afin de rendre plus fiable l'utilisation de l'outil dans les pays en développement comme le Bénin.

Mots clés : Google Earth™, image numérique, télédétection, forêt claire, recouvrement ligneux, surface terrière, Bénin

1. Introduction

Les forêts tropicales sèches, dont les forêts claires, sont parmi les écosystèmes forestiers les plus exploités et les plus fragmentés (Biaou, 2009, Tyukavina et al., 2016) et nombreux sont les rapports scientifiques alarmant sur les causes de leur dégradation.

Au Bénin, les forêts claires constituent, avec les forêts galeries et les vestiges de forêts denses sèches, les seules formations fermées en zone de savane (Sokpon et al., 2006). Malheureusement, ces écosystèmes forestiers connaissent une évolution régressive imputable aux pressions anthropiques (Yabi, 2003). Sokpon et al. (2006) ont indiqué que de fortes pressions sont exercées sur les espèces de forêts claires par les exploitants de bois. Bouko et al. (2007) ont aussi remarqué que les conditions naturelles favorables qui prévalent dans les zones forestières, en ont fait des régions de colonisation agricole. Autant de pratiques qui affectent la structure spatiale et la régénération naturelle des arbres (Hakizimana et al., 2011), désorganisent la structure naturelle des peuplements forestiers (CERF, 2011), et influent sur la dynamique de l'occupation du sol (Bouko et al., 2007).

Dans un tel contexte, les systèmes traditionnels de gestion des ressources forestières ne peuvent plus faire face efficacement à ces situations qui amoindrissent les nombreux services et fonctions assurés par la forêt (Bellefontaine et al., 1997). La gestion écologiquement viable des écosystèmes forestiers s'impose.

La méthode actuellement utilisée pour évaluer l'état des ressources forestières est l'inventaire écologique et forestier de terrain. Certes, elle permet de collecter des informations qualitatives et quantitatives exhaustives, mais elle reste onéreuse et exige beaucoup de temps. Une des difficultés dans les pays pauvres comme le Bénin est la faible fréquence de réalisation des inventaires forestiers ne permettant pas le suivi régulier de l'évolution de la couverture forestière. Les techniques faisant appel à la télédétection s'offrent comme une alternative pour le contrôle et le suivi des écosystèmes forestiers. En effet, selon Pouliot et al. (2002), les techniques de télédétection fournissent une alternative potentiellement à plus faible coût que les inventaires forestiers classiques basés sur des prospections sur le terrain. Girou (1998) rappelle toutefois que, avec la télédétection satellitale, l'échelle est trop petite pour distinguer les sous-unités de paysages, même si les images satellitales offrent un faible coût par rapport à la surface étudiée. Cependant, la réussite de ces évaluations nécessite des méthodes élaborées nécessaires pour extraire facilement et avec une bonne précision les informations requises. A cet effet, Google Earth semble offrir plus de possibilité d'utilisation que la télédétection classique. En effet, Google Earth est un programme gratuitement disponible qui offre une visualisation de l'ensemble de la surface du globe terrestre au moyen de l'assemblage d'images satellitaires et de photographies aériennes (Google, 2014). De plus, Google

Earth offre la possibilité d'explorer le monde en trois dimensions (Lonchay, 2007) et permet d'avoir des images de très hautes résolutions allant de 10 à 250 m (Pfeifer et al., 2012). Une étude récente a révélé qu'avec Google Earth, il est possible de cartographier et de suivre les tâches urbaines (Baro et al., 2014).

Dans la présente étude, nous avons vérifié la possibilité de l'utilisation de Google Earth™ pour le suivi du couvert forestier en particulier les forêts claires réparties dans le domaine des savanes soudaniennes au nord du Bénin. Pour vérifier cette possibilité, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle le recouvrement des peuplements ligneux des forêts claires estimé à partir de Google Earth™ est positivement corrélé avec la surface terrière calculée pour ces peuplements ligneux à partir des données d'inventaires. Nous avons utilisé la surface terrière comme un proxy au recouvrement, à défaut de disposer des données de recouvrement des ligneux mesurées sur le terrain. En effet, plusieurs études suggèrent une corrélation positive entre le recouvrement des ligneux et la surface terrière (Uzoh et Ritchie, 1996 ; Shimano, 1997 ; Korhonen et al., 2007 ; Ray, 2013). Toutefois, comme l'a annoncé Ray (2013), l'utilisation de la surface terrière comme un proxy au recouvrement présente des insuffisances car la relation entre les deux variables varie suivant les espèces ou groupes d'espèces et peut être influencée par la qualité du modèle utilisé.

2. Matériels et méthodes

2.1. Sites d'étude

Les forêts claires réparties dans le domaine des savanes soudaniennes au nord du Bénin, entre les latitudes 9° et 12° Nord et les longitudes 1°65' et 4° Est, sont les formations forestières dans lesquelles les données de terrain utilisées pour cette recherche sont collectées. A l'origine, 64 placeaux d'inventaire de dimensions 20 m x 20 m répartis sur 16 sites de recherche ont été installés (4 placeaux par site). Cependant pour des raisons de faible résolution spectrale de certaines images couvrant ces sites, seulement 5 sites de recherche répartis au-delà de la latitude 10° Nord (zone soudanienne) sont pris en compte pour cette étude (figure 1)

Le climat de la zone d'étude est typiquement tropical sec avec une seule saison de pluie, et l'indice d'humidité est de 1,9. Le gradient pluviométrique est décroissant du Sud avec 1 150 mm/an, vers le Nord avec 900 mm/an (Sinsin & Kampmann, 2010). Le sol est de type ferrugineux, et la végétation est largement dominée par les savanes à tapis graminéen continu, parsemées d'îlots de forêts denses sèches à *Anogeissus leiocarpa* et de forêts claires à *Isoberlinia* spp plus ou moins étendues.

* Auteur Correspondant : email : shegouneudes@gmail.com

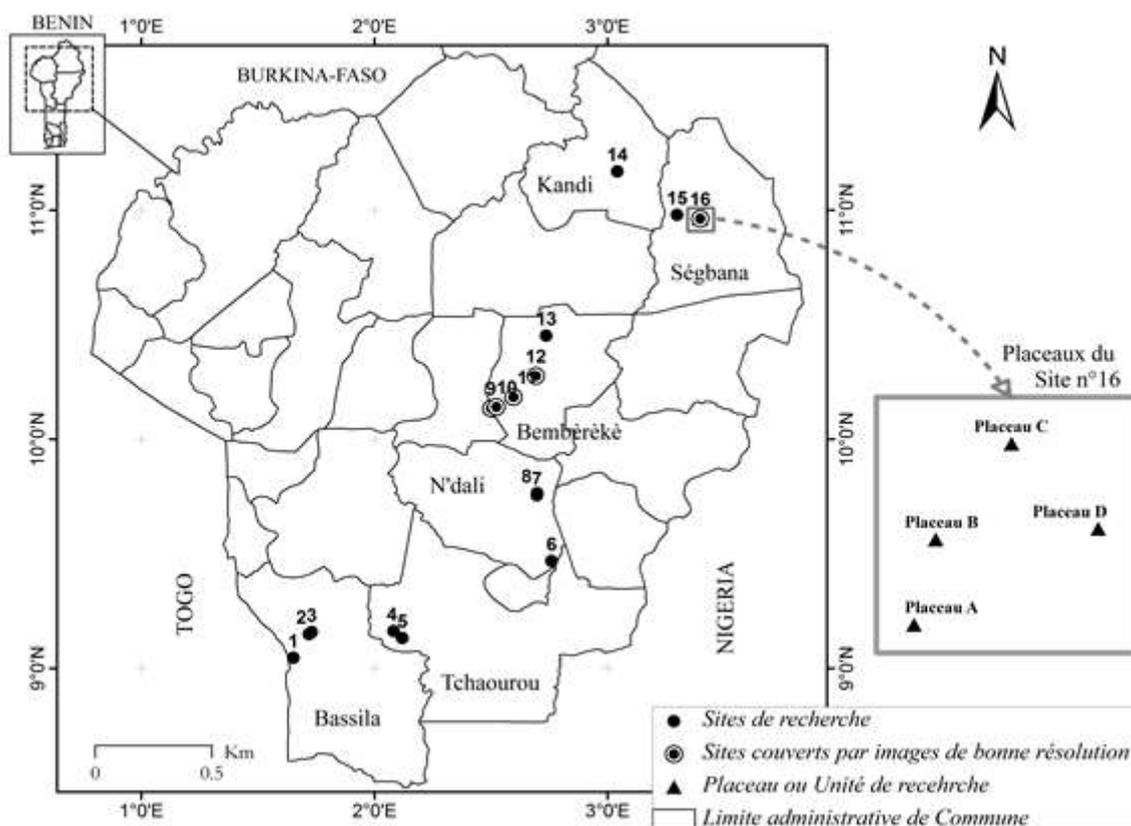


Figure 1 : Localisation des sites de recherche forêt claire au Bénin

Figure 1: Map showing the distribution of sampled sites in the studied woodland in Benin

2.2. Collecte de données

Deux types de données sont collectées et utilisées : les données de surface terrière calculées par placeaux pour les peuplements des forêts claires ; et le recouvrement des ligneux des peuplements de forêts claires estimé par placeau à partir des images numériques extraites par capture d'écran de la mappemonde virtuelle Google Earth™.

2.2.1. Données de surface terrière

Les données de diamètre des arbres (DBH) ayant servi au calcul de la surface terrière des peuplements de forêts claires étudiées sont collectées à partir d'un dispositif permanent d'inventaire (ou placeau) de dimensions 20 m x 20 m, installé en 2003 par Biaou (2009). A la même période (entre novembre et mars), le diamètre de chaque arbre a été mesuré sur l'écorce à l'aide du ruban pi, à la hauteur de référence de 1,30m au-dessus du niveau du sol, en 2003 et 2006 par Biaou (2009), et en 2010 (données non publiées). Les données de surface terrière utilisées pour l'étude sont celles des vingt (20) placeaux répartis sur les cinq (05) sites de recherche couverts par des images numériques de bonne qualité. couvrant chaque site de recherche, d'en réaliser la classification, puis d'en extraire les informations concernant les

2.2.2. Données images pour l'estimation du recouvrement des ligneux

Le recouvrement du peuplement ligneux des forêts claires est estimé par placeau à partir de l'analyse des extraits d'images numériques acquies gratuitement depuis Google Earth™, directement par capture d'écran de l'ordinateur (Venard et al., 2010). Ces extraits d'images sont de 8 bits et les canaux disponibles lors de leur enregistrement sont les trois couleurs du format JPEG : le rouge, le vert et le bleu. Cet outil propose pour le Bénin des images multi spectrales GeoEye-1 en mode couleur dotées d'une très haute résolution spatiale (1,84m).

La base de données utilisée dans cette étude comprend cinq (05) extraits d'images prises : le 12 décembre 2007 (site n°11), le 23 décembre 2007 (site n°12), le 06 mars 2008 (Site n°16) et le 11 octobre 2009 (Sites n°9 et n°10).

Vue qu'à l'échelle du placeau (400m²), la résolution des images extraites de Google Earth ne permet pas d'observer convenablement le recouvrement des ligneux, l'approche développée a consisté à extraire dans Google Earth™ une image géoréférencée de grande taille (500 x 300 m, soit 15ha) placeaux. Pour ce faire, nous avons d'abord procédé à une projection des coordonnées GPS des centres et des quatre

coins des placeaux d'inventaires dans Google Earth™ afin de reconstituer les placeaux, ensuite à la visualisation et au choix des images à la bonne résolution de capture (altitude de visualisation), et enfin à l'extraction. L'enregistrement des extraits d'images a été effectué à une altitude de visualisation de 900 m. Une fois extraites, les images numériques sont rognées au moyen du logiciel Microsoft Office Picture Manager de façon à leur donner la dimension 500 m x 300 m.

3. Analyse des données

3.1. Calcul de la surface terrière des peuplements de forêts claires

Elle est calculée par la formule :

$$G = \sum_{i=1}^n \pi(DBH)^2 / 4 \quad (1)$$

Elle s'exprime en m² et correspond à la somme des sections transversales à 1,30 m de hauteur des arbres inventoriés sur le placeau.

3.2. Analyse des extraits d'images et estimation des données de recouvrement des ligneux

La chaîne de traitement des images numériques pour produire les données de recouvrement des ligneux est réalisée à l'aide des logiciels ENVI™ 4.5 dédié au traitement d'images et ArcGIS® 9.3 dédié au système d'information géographique (SIG), pour développer les approches spatiales. L'approche utilisée pour l'analyse des images numériques a consisté dans un premier temps, à réaliser la classification de la grande image de 150 000 m² (500 x 300 m), puis dans un second temps, à extraire les informations concernant les placeaux de 400 m² (20 x 20 m). Pour ce faire, nous avons procédé à la classification supervisée « maximum Likelihood » des images au moyen du logiciel ENVI 4.5, et en nous basant sur notre connaissance du terrain. Ainsi, l'analyse de l'occupation du sol à travers l'examen de la composition colorée des images à classifier nous a permis de définir, indépendamment des différentes formations végétales, quatre (04) différentes classes agrégées en trois classes, du fait de la difficulté d'identifier correctement et de traiter les zones d'ombres sur les images : Il s'agit : des formation boisée et zones d'ombre, de la végétation herbacée vivante et sénescente, et du sol nu (terrain dénudé).

Des matrices de confusion ont été établies pour chaque image classifiée afin de juger de la précision des résultats de classifications. Les paramètres fournis par ces matrices pour juger de la qualité de la classification sont :

- le Coefficient de Kappa (K) :

$$K = (\Pr_{(a)} - \Pr_{(e)}) / (1 - \Pr_{(e)}) \quad (2)$$

où $\Pr_{(a)}$ est la probabilité d'accord observée et $\Pr_{(e)}$ la probabilité d'accord aléatoire. Il nous permet de déterminer la fiabilité de notre classification, c'est-à-dire de mesurer le taux d'accord ou de concordance entre la réalité de terrain (classes

réellement observées sur l'image numérique) et l'image classifiée (classes d'observations définies). Il est compris entre -1 et +1. La concordance sera d'autant plus élevée que la valeur de Kappa est proche de +1 ;

- la précision du producteur :

$$P_p(i) = M_c(i) / m_2 * 100 \quad (3)$$

où $M_c(i)$ est le nombre de pixels de la classe (i) ayant effectivement été affectés à celle-ci après classification ; et m_2 est le nombre de pixels appartenant effectivement à la classe (i). C'est la probabilité pour qu'un point d'observation au sol soit correctement classé sur la carte. Elle mesure les erreurs d'omission (1 - précision du producteur) ;

- la précision de l'utilisateur : probabilité pour qu'un point sur la carte corresponde effectivement à la bonne classe au sol. Elle mesure les erreurs de commission (1 - précision de l'utilisateur).

Enfin, la fonction « Zonal statistics as table (sa) » de ArcGIS, nous a permis d'estimer pour chaque placeau, le taux de recouvrement des ligneux (en unité de surface) par classe.

3.3. Corrélation entre le recouvrement des cimes estimé et la surface terrière calculée

Le logiciel R (R Core Team, version 2017, <https://www.R-project.org>) a été utilisé pour apprécier la corrélation entre le taux de recouvrement des ligneux estimé à partir des images Google Earth™ et la surface terrière des peuplements ligneux des forêts claires étudiées. Partant du nuage des points, nous avons testés deux modèles : le modèle linéaire simple ($y=ax+b$) et le modèle non linéaire défini par une fonction polynomiale d'ordre 2 ($y=ax^2+bx+c$) sous le package "stats". Le modèle approprié a été choisi sur la base de l'AIC (Akaike's information criterion) et du coefficient de détermination R^2 . Le modèle le plus approprié étant celui ayant l'AIC le plus faible (Burnham et Anderson, 2004) et dont le R^2 est supérieur ou égale à 0,5 (Santhi et al., 2001 ; Moriasi et al., 2007). Les points de coordonnées ayant des valeurs aberrantes de surface terrière ont été supprimés afin de permettre une bonne appréciation de la relation entre les deux variables.

Résultats et discussion

4.1. Précisions des images numériques classifiées

Dans l'ensemble, nous avons obtenu de bonnes précisions globales de classification (> 94%) avec des coefficients de Kappa tous supérieurs à 0,87; et les erreurs de commission obtenues pour chaque classe sont faibles (< 0,1) à quelques exceptions près (tableau 1).

Tableau 1 : Statistiques des matrices de confusion à l'issue de la classification supervisée selon la méthode du maximum de vraisemblance des images de dimension 500 m x 300

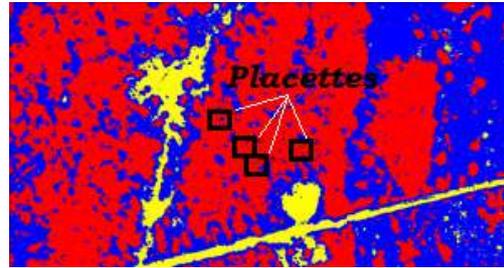
Table 1: Confusion matrix from the supervised classification with the *Maximum Likelihood* method of images dimension 500 m x 300 m

N° Site	Classes	Précision du Producteur (%)	Précision de l'utilisateur (%)	Erreur de Commission	Coefficient de Kappa
Site 09	Formation boisée	99,52	98,8	0,012	0,98
	Végétation herbacée	98,43	99,59	0,0041	
	Sol nu	99,75	98,37	0,0163	
Site 10	Formation boisée	99,96	94,79	0,0521	0,92
	Végétation herbacée	96,18	98,52	0,0148	
	Sol nu	93,58	89,43	0,1057	
Site 11	Formation boisée	94,07	28,46	0,7154	0,87
	Végétation herbacée	93,77	97,9	0,021	
	Sol nu	95,61	99,77	0,0023	
Site 12	Formation boisée	96,97	96,45	0,0355	0,88
	Végétation herbacée	92,87	98,36	0,0164	
	Sol nu	95,81	67,52	0,3248	
Site 16	Formation boisée	99,30	99	0,01	0,97
	Végétation herbacée	98,78	99,06	0,0094	
	Sol nu	97,91	97,33	0,0267	

Ces statistiques supposent que nos classifications se rapprochent bien de la réalité observée sur les images Google Earth selon nos hypothèses de classification (formation boisée et zones d'ombre assimilées à la même classe) (figure 2).



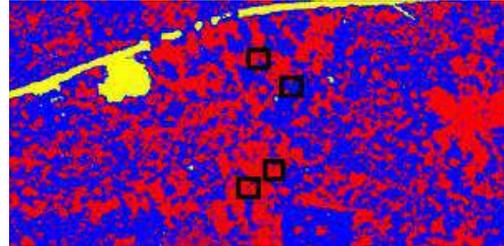
Site n°9. Date capture image satellite : 11/11/2009



Site n°9 : Image classifiée



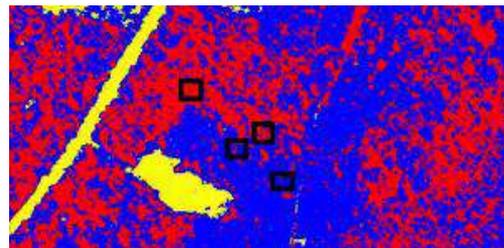
Site n°10. Date capture image satellite : 12/12/2007



Site n°10 : Image classifiée



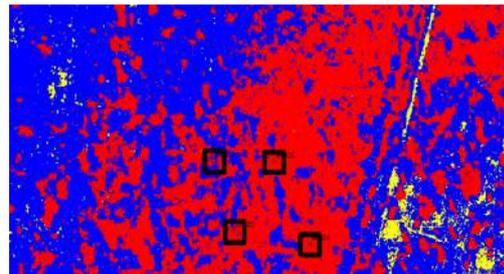
Site n°11. Date capture image satellite : 12/12/2007



Site n°11 : Image classifiée



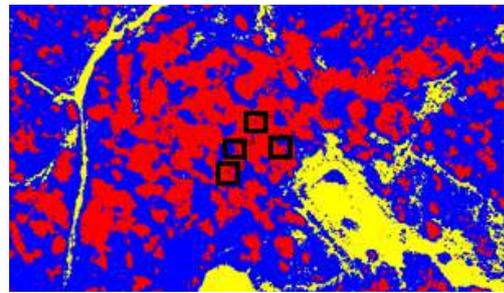
Site n°12. Date capture image satellite : 23/12/2007



Site n°12 : Image classifiée



Site n°16. Date capture image satellite : 06/03/2008



Site n°16 : Image classifiée

Figure 2 : Images classifiées par la méthode supervisée « *Maximum Likelihood* » dans ENVI version 4.5 : formation boisée et zones d'ombre (rouge), végétation herbacée (bleu), sol nu (jaune)

Figure 2: Classified images by the supervised method « *Maximum Likelihood* » in ENVI software, version 4.5: wooded vegetation and shadow areas (red), herbaceous vegetation (blue), bare ground (yellow)

Cependant, certaines images classifiées présentent des imperfections qui trouvent leur fondement dans la difficulté de distinguer la signature spectrale des zones d'ombre, d'avec les classes de formation boisée et de sol nu, comme en témoignent les valeurs élevées des erreurs de commission obtenues pour ces classes, pour les sites n°11 et n°12 (respectivement, formation boisée : 0,7 et sol nu : 0,3 ; Cf. tableau 1). Pour Amani (2006), il était important de pouvoir bien détecter les ombres sur les images de télédétection afin de corriger leurs effets ou de les exploiter autrement, et de leur donner ainsi de la valeur ajoutée. Notre méthodologie de classification

montre ainsi ces insuffisances car les zones d'ombres devaient être corrigées avant la classification supervisée.

4.2. Recouvrement estimé des ligneux et surface terrière calculée

La formation boisée et la végétation herbacée sont les deux éléments majeurs de l'occupation du sol qui sont détectés sur les placeaux, à l'issue de la classification supervisée de l'image numérique visualisée à 900 m d'altitude (tableau 2).

Tableau 2 : Taux de recouvrement du sol des placettes d'inventaire et surface terrière calculée

Table 2: Land cover rate in each inventoried plot and calculated basal area

N° Site	N° Placeau	Date des images sources Google Earth	Recouvrement des ligneux (%) par placeau				Données d'inventaires forestiers		
			Formation boisée	Formation herbacée	Sol nu	Total	Année	G (m ² /ha)	
9	P1	11 oct. 2009	348,8	55,4	0	404,2	86,3%	2010	14,25
	P2		365,6	38,6	0	404,2	90,4%		15,17
	P3		391,1	13,2	0	404,2	96,8%		6,29
	P4		379,0	25,2	0	404,2	93,8%		12,17
10	P1	11 oct. 2009	310,4	90,1	0	400,5	77,5%	2010	12,78
	P2		91,9	308,6	0	400,5	22,9%		0,00
	P3		375,0	25,5	0	400,5	93,6%		23,62
	P4		381,8	18,7	0	400,5	95,3%		25,15
11	P1	12 déc. 2007	386,4	9,7	0	396,1	97,6%	2006	10,15
	P2		297,3	98,7	0	396,1	75,1%		11,88
	P3		83,6	312,4	0	396,1	21,1%		13,87
	P4		35,6	360,5	0	396,1	9,0%		14,15
12	P1	23 déc. 2007	385,8	18,3	0	404,1	95,5%	2006	19,38
	P2		335,8	68,3	0	404,1	83,1%		20,85
	P3		376,0	28,2	0	404,1	93,0%		20,9
	P4		217,9	186,3	0	404,1	53,9%		11,24
16	P1	06 mars 2008	351,1	51,3	0	402,5	87,2%	2010	11,11
	P2		274,7	127,8	0	402,5	68,3%		19,62
	P3		397,7	4,8	0	402,5	98,8%		22,88
	P4		283,8	118,6	0	402,5	70,5%		28,22

En effet, les quadrats de 400 m² (20 x 20 m) centrés sur les coordonnées des centres de placeaux élaborés dans ArcGis ont généré des informations dont le recouvrement total (formation boisée & zones d'ombre et formation herbacée) varie entre 396,1 m² et 404,2 m². Le peuplement ligneux (formation boisée) présente en général un fort taux de recouvrement (53,9% à 98,8%), à l'exception de certaines unités d'observations dont le recouvrement est inférieur à 50% (200 m²). Ces résultats corroborent la description des forêts claires faite par White (1986), qui stipule que la forêt claire est un peuplement ouvert d'arbres dont les cimes culminent entre 8 et

20 m de hauteur ou davantage, et dont le recouvrement des cimes atteint au moins 40%.

En ce qui concerne la surface terrière calculée, elle varie entre 6,29 et 28,22 m²/ha, et sa valeur moyenne est évaluée à 17,43 m²/ha. Dans la même zone de recherche (communes de Bembèrèkè et de Ségbana), Sokpon et al. (2006) ont obtenu des valeurs de surface terrière moyenne des forêts claires variant entre 12,1 et 14,7 m²/ha. Ces auteurs précisent toutefois, qu'une grande variabilité est observée en ce qui concerne la surface terrière des forêts claires (10 à 25 m²/ha), dans les zones soudaniennes et guinéennes.

4.3. Liaison statistique entre le recouvrement estimé et la surface terrière

En général, on observe une corrélation significative et positive entre le recouvrement des ligneux estimé par plateau à partir de Google Earth™ et la surface terrière ($r=0,72$; $p=0,005$). Cette relation est mieux ajustée par une fonction polynomiale d'ordre 2 ($AIC=103,16$; $R^2=0,60$; Figure 3)

comparativement à la fonction linéaire ($AIC=111,70$; $R^2=0,48$; Figure 3).

Le recouvrement ligneux estimé augmente avec la surface terrière et devient maximal au point de surface terrière d'environ 21 m²/ha.

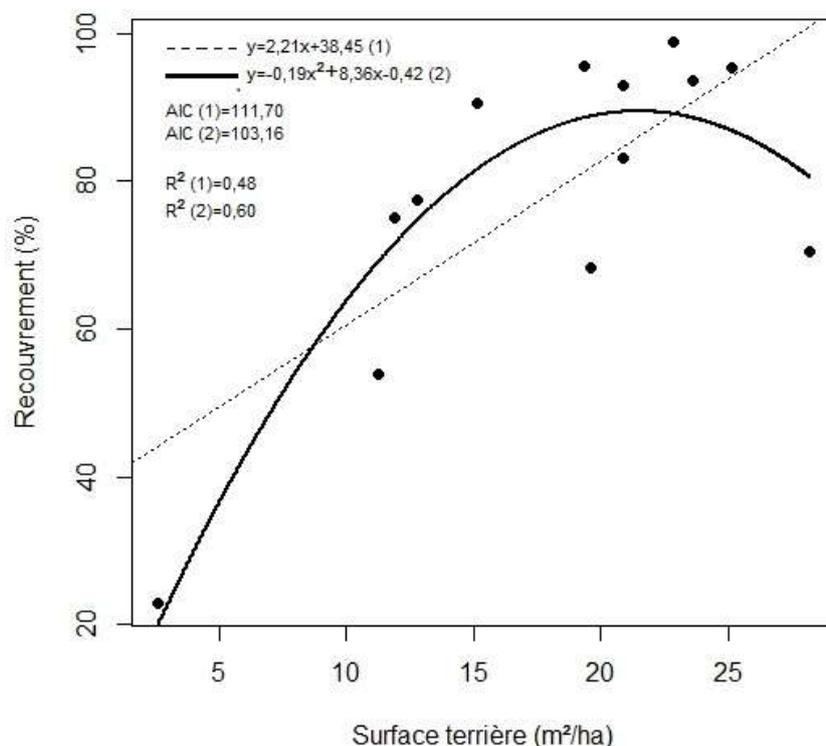


Figure 3 : Relation entre le recouvrement estimé des ligneux et la surface terrière calculée

Figure 3: Relationship between trees crowns recovery estimated using Google Earth™ images and trees basal area calculated from inventory data.

Cette relation positivement significative entre les deux variables suppose que, les images Google Earth™ pourraient permettre de détecter le recouvrement des cimes des arbres, dans les conditions de notre recherche. Un tel résultat témoigne de la possibilité d'utilisation de l'outil Google Earth™ pour le suivi des peuplements forestiers.

4.4. Limites de la recherche et sources d'erreurs

La non disponibilité d'images de très bonne qualité au niveau de nos sites de recherche constitue la première contrainte à notre étude. Pour Venard et al. (2010) cette contrainte est la plus problématique. De plus, les images disponibles ne sont pas régulièrement mises à jour. Or, une meilleure mise à jour régulière des images aurait permis de sélectionner les images les plus appropriées aux dates de collectes de données de terrain. De ce point de vue, une des faiblesses de l'étude est la validation du recouvrement ligneux estimé par des données de terrain antérieures : image de 2009/ inventaire de 2010 ; 2007/2006 et 2008/2010. En outre, ce sont les données de surface terrière qui ont servi de validation. Or il

aurait été intéressant d'utiliser les données réelles de recouvrement ligneux estimé à partir du sol mais nous n'avons pas collecté ce type de données. Quant aux erreurs, la présence d'ombre est la première source, en dépit de la qualité spectrale des images. Leur correction est cruciale car selon Dedieu (1989), la position d'un pixel en zone d'ombre induit une très forte atténuation de ses valeurs radiométriques par rapport aux pixels identiques qui sont en éclaircissement. Nous suggérons pour une étude future, que les zones d'ombre potentielles présentes sur les images, soient détectées et corrigées par l'analyse de leur histogramme avec un seuillage automatique avant toute exploitation.

Enfin, il est nécessaire de préciser que la fiabilité du GPS utilisé pour l'enregistrement des coordonnées des centres de placettes au cours des travaux de terrain n'a pas été évaluée. Ce contrôle doit être effectué pour toute étude future. Venard et al. (2010) ont indiqué, qu'à partir des points relevés précédemment sur un repère fixe, il est possible de définir la fiabilité du GPS pour une série de mesures temporelles, en se basant sur l'écart-type.

5. CONCLUSION

Dans cette étude nous avons exploré la possibilité d'utilisation de l'outil Google Earth™ pour le suivi de couvert forestier en nous basant sur la corrélation entre la surface terrière calculée à partir des données de terrain, et le recouvrement des ligneux estimé à partir Google Earth™. Le méthode de classification supervisée « Maximum Likelihood » a permis de classer les images avec un coefficient de Kappa supérieur à 87%. Nos résultats montrent que le recouvrement des ligneux est positivement corrélé à la surface terrière, ce qui suggère qu'on pourrait utiliser Google Earth™ pour le suivi du couvert forestier.

Toutefois l'assimilation de la classe d'ombres à la classe de végétation ligneuse limite la fiabilité de nos résultats de classification. En outre, l'inadéquation des dates des images satellites disponibles, aux dates d'inventaires de terrain a limité l'appréciation du pouvoir de détection des recouvrements des ligneux par les images Google Earth™. Au niveau de la qualité des images, la zone soudanienne du Bénin n'est pas toujours couverte par des images de très haute résolution (2007 à 2009). En somme, cette étude montre les opportunités, mais aussi les difficultés d'exploitation des images Google Earth™ et les sources d'erreurs associées à la méthode de classification appliquée. Il est souhaitable que des mises à jour régulières des images soient réalisées afin d'augmenter le potentiel d'exploitation des images et de l'outil Google Earth™. Ces mises à jour rendraient disponibles les anciennes images, favoriseraient la réalisation d'études diachroniques et le suivi de l'état du couvert forestier.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUCF), pour le soutien financier qui a permis la réalisation de cette recherche, dans le cadre du programme de bourses : Formation, Recherche et Sensibilisation pour le Développement (FRSD, 2011). Nos remerciements vont également à l'endroit du Dr. Ir. H. S. Biaou, Enseignant-Chercheur à la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou pour les données d'inventaires forestiers dont nous avons bénéficié pour les besoins de cette recherche.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Adjonou K. Bellefontaine R. & Kokou K. 2009. Les forêts claires du Parc national Oti-Kéran au Nord-Togo : structure, dyna-

mique et impacts des modifications climatiques récentes. Sécheresse, 20 (1) : 1-10. URL: http://publications.ci-rad.fr/une_notice.php?dk=553451

Agbahungba G. Sokpon N. & Gaoué O. G. 2001. Situation des Ressources Génétiques Forestières du Bénin. Note Thématique FGR/ 12F. 30 P. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998). URL: <http://www.fao.org/3/a-ab395f.pdf>

Amani M. 2006. Détection et exploitation d'ombre de bâti sur les images de très haute résolution spatiale (Ikonos) : Application au milieu urbain (Sherbrooke). URL: <http://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/2751>

Baro J. Mering C. & Vachier C. 2014. Peut-on cartographier des taches urbaines à partir d'images Google Earth ?» Cybergeog : European Journal of Geography. 2014 : 1-39. DOI : 10.4000/cybergeog.26401

Bellefontaine R. Gaston A. & Petrucci Y. 1997. Aménagement des forêts naturelles des zones tropicales sèches. Rome, Italie, FAO. URL: <http://www.fao.org/docrep/w4442f/w4442f00.htm>

Biaou S. S. H. 2009. Tree recruitment in West African dry woodlands: the interactive effects of climate, soil, fire and grazing. PhD thesis: Wageningen (Netherlands). 196 p.

Bouko S. B., Sinsin B. & Soulé B. G. 2007. Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, 25 (4) : 221-227. URL <http://www.tropicultura.org/text/v25n4/221.pdf>

Burnham K. P. & Anderson D. R. 2004. Multimodel Inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods Research*, (33): 261-304. URL : http://hbanaszak.mjr.uw.edu.pl/TempTxt/BurnhamAnderson_2004_Multimodel%20Inference%20Understanding%20AIC%20and%20BIC%20in%20Model%20Selection.pdf.

Centre d'étude, de recherches et de formations forestières (CERF). 2011. Capitalisation et documentation des acquis et innovation de recherche pour la gestion durable des ressources forestières. Rapport final. République du Bénin. 306 p.

Dedieu J. P. 1989. Télédétection et montagnes. Un outil privilégié pour l'étude des milieux d'altitude ? *Revue de géographie alpine*, 77(1-3) : 105-123. URL: http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_0035-121_1989_num_77_1_2734.

Girou D. Deschamps N. & Delorme M. 1998. Apports et limites de la télédétection aérienne et satellitale pour la gestion des milieux naturels en Guyane : exemple du zonage écologique et humain de la région de Saül. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 40 (1) : 423-432. URL: http://www.persee.fr/doc/AsPDF/jatba_0183-5173_1998_num_40_1_3683.pdf

Google. 2014. Google, Google Earth Features URL: <http://www.google.com/earth/media/features.html>

Hakizimana P. Bangirinama F. Havyarimana F. Habonimana B. & Bogaert J. 2011. Analyse de l'effet de la structure spatiale des arbres sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bulletin scientifique de l'Institut national*

- pour l'environnement et la conservation de la nature, 9 : 46-52. URL : <http://www.caribsat.teledection.fr>
- Lonchay M. 2007. "Google Earth » et « windows live search maps" analyse fonctionnelle et comparaison. Bulletin de la Société géographique de Liège, 49 (2007) : 75-84. URL: <http://popups.ulg.ac.be/0770-7576/index.php?id=1729&file=1>
- Moriasi D.N. Arnold J.G. Van Liew M.W. Bingner R.L. Harmel R.D. & Veith T.L. 2007. Model Evaluation Guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(3): 885-900. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.532.2506&rep=rep1&type=pdf>
- Pouliot D.A. King D.J. Bell F.W. & Pitt D.G. 2002. Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. Remote Sensing of Environment, 82: 322-334. URL:
- Pfeifer M. Disney M. Quaife T. & Marchant R. 2012. Terrestrial ecosystems from space: a review of earth observation products for macroecology applications
- Global Ecol. Biogeogr., 21 (6) : 603-624, DOI: [10.1111/j.1466-8238.2011.00712.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00712.x)
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>
- Sinsin B. & Kampmann D. (eds). 2010 : Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin. Cotonou & Frankfurt/Main.
- Sokpon N. Biaou S. H. Ouinsavi C. & Hunhyet O. 2006. Bases techniques pour une gestion durable des forêts claires du Nord-Bénin : rotation, diamètre minimal d'exploitabilité et régénération. Bois et forêts des tropiques, 287 : 45-57. URL: http://bft.cirad.fr/cd/BFT_287_45-57.pdf
- Santhi C. Arnold J.G. Williams J.R. Dugas W.A. Srinivasan R. & Hauck L.M. 2001. Validation of the swat model on a large river basin with point and nonpoint sources. Journal of the American Water Resources Association, 37(5): 1169–1188. URL: <http://ssl.tamu.edu/media/11881/validation%20of%20the%20swat%20model%20on%20a%20large%20river%20basin%20with%20point%20and%20nps.pdf>
- Tyukavina A. Hansen M. C. Potapov P. V. Krylov A. M. & Goetz S. J. 2016. Pan-tropical hinterland forests: mapping minimally disturbed forests. Global Ecology and Biogeography, 25: 151–163. doi:10.1111/geb.12394
- Venard C. Delaitre E. Callot Y. Ouessar M. & Ouerchefani D. 2010. Exploitation d'images satellitaires à très haute résolution spatiale fournies par Google Earth. Exemple d'application à l'Etude de l'ensablement d'oliveraies en Tunisie. Revue Télé-détection, 9(1) : 59-71. URL: <http://www.caribsat.teledection.fr>
- White F. 1986. La végétation d'Afrique. ORSTOM/UNESCO/AETFAT/UNSO, Paris 391 p.
- Yabi C.C. 2003. Contribution méthodologique au cubage des essences locales des forêts naturelles : cas de *Isobertia spp.* dans la zone Soudanienne au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey Calavi, Bénin, 121p



Diversité de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin

Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN^{1*}, Bruno Yéhowanes DETCHI¹, Samadori S. Honoré BIAOU¹,
Cyrille KANLINDOGBE², Armand Kuyéma NATTA¹

¹ Université de Parakou (UP), Faculté d'Agronomie (FA), Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB). 03 BP 125 Parakou, Bénin

² Université de Parakou (UP), Faculté d'Agronomie (FA), Département des Sciences et Techniques de Production Végétale (STPV). BP 123 Parakou, Bénin.

Reçu le 13 Septembre 2017 - Accepté le 27 Octobre 2017

Diversity of the melliferous flora along the rainfall gradient in Benin

Abstract: Understanding the diversity of melliferous flora across environmental gradients is important in identifying suitable environments for beekeeping. This study evaluated countrywide melliferous flora diversity in Benin across the rainfall gradient so as to identify the most appropriate zone for beekeeping. A floristic inventory of bee flora was conducted around 17 apiaries distributed in the three main bioclimatic zones of Benin. We identified 478 melliferous species at the country scale, of which 135, 177 and 166 belonged respectively to the wet Guinean zone, the transition Guineo-Sudanian zone and dry Sudanian zone. The identified species belonged to 62 families of which the most represented were Leguminosae, Combretaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae and Poaceae. Species richness was significantly ($z=2,371$; $p=0,018$) higher in the transition Guineo-Sudanian zone than in the other two bioclimatic zones. Species with high melliferous value accounted for 15.27 % of the total richness and were more important in the dry zone. Species distribution followed South-North rainfall gradient implying higher diversity in toward the dry zone. We concluded that the dry part of the country is a suitable environment for beekeeping. Our findings are prerequisite information for beekeeping programs sustainability.

Keywords: Apiculture, bee flora plants, rainfall gradient, diversity, Benin.

Résumé : La connaissance de la diversité de la flore mellifère le long des gradients environnementaux est indispensable à l'identification des zones favorables à l'apiculture. Cette étude a évalué la diversité de la flore mellifère au Bénin le long du gradient pluviométrique afin d'identifier la zone favorable au développement de l'apiculture béninoise. Des relevés floristiques ont été effectués dans 232 placeaux (50 m x 20 m) installés autour de 17 ruchers distribués dans les trois zones bioclimatiques du Pays. Au total, 478 espèces mellifères ont été identifiées dont 135 dans la zone Guinéenne, 177 dans la zone Guinéo-Soudanienne et 166 dans la zone Soudanienne. Les espèces sont réparties en 62 familles dont les plus représentées sont les Leguminosae, Combretaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Poaceae. La richesse est significativement ($z=2,371$; $p=0,018$) plus élevée dans la zone Guinéo-Soudanienne que les deux autres zones. Les espèces à forte valeur apicole représentent 15,27 % de la richesse totale et sont plus fréquentes dans la zone sèche. La distribution des espèces mellifères suit un gradient pluviométrique Sud-Nord et suggère une plus forte diversité de la flore mellifère des zones humides vers les zones sèches. On conclut que la zone sèche offre un environnement favorable au développement de l'apiculture. Ceci est une information de base nécessaire pour tout programme visant une production apicole durable.

Mots clés : Apiculture, plantes mellifères, gradient pluviométrique, Bénin.

1. Introduction

L'apiculture est une activité d'une importance capitale du point de vue économique et environnemental. Elle constitue une principale source de revenus et d'emplois pour de nombreux producteurs à travers le monde, limite la destruction de la forêt et entretient une forte population d'agents pollinisateurs utiles pour la végétation, l'horticulture et l'agriculture (Yédomonhan et Akoègninou, 2009 ; FAO, 2010 ; Yédomonhan et al., 2012). Son développement n'est possible que par la connaissance de la flore mellifère et les facteurs environnementaux influençant sur la qualité et la quantité des produits récoltés (Bakenga et al., 2000). La flore mellifère, maillon fondamental de l'apiculture (Sawadogo et Guinko, 2001; Nguemo et al., 2008 ; Siendou et al., 2013), une bonne connaissance sur son type, sa densité, sa diversité, ses périodes de floraison et sa qualité permet de déterminer exactement la période de récolte et d'estimer l'importance de ses futures récoltes de miel et des autres produits de la ruche (N'Diave, 1974 ; Bista et Shivakoti, 2001; Nombré, 2003 et Janssens et al., 2006).

Les multiples facteurs qui influencent quantitativement et qualitativement les produits de la ruche sont entre autres : l'abondance et la diversité qualitative de la flore mellifère, le positionnement du rucher par rapport à la flore, la source d'eau, la période de floraison, la souche des butineuses, la manipulation des ruches par l'apiculteur, la pluviométrie, l'ensoleillement, la température, le sol et l'humidité (Bista et Shivakoti, 2001 ; Nguemo et al., 2004 ; Janssens et al., 2006). La méconnaissance de ces facteurs fait que les apiculteurs assistent souvent aux fréquentes désertions des ruches, leur faible colonisation, de pertes de colonies pendant la période de miellée (Croat, 1975 ; Guardia et Belmonte, 2004) ayant pour conséquences les faibles rendements.

L'abondance et la diversité de la flore sont favorisées par les précipitations, l'humidité relative et la durée du stress de la sécheresse (Bista et Shivakoti, 2001 ; Nombré, 2003 ; Adomou, 2005 ; Biaou, 2009). Des travaux locaux et régionaux basés sur l'endémisme des espèces végétales, l'expérience de terrain, la revue de littérature de certains travaux des pays de la sous-région ouest-africaine et l'interprétation des images satellites ont permis de diviser le Bénin en zone guinéenne, guinéo-soudanienne et soudanienne (White, 1983 ; Adjano-houn et al. 1989 ; Wezel et al., 1999 ; Adomou, 2005). Ainsi, la composition floristique sous l'influence des facteurs climatiques susmentionnés est différente dans les trois zones climatiques (Agbahungba et al., 2001) donc différentes productions du nectar seront probablement à l'origine de différents miels de différentes qualités.

Les précipitations moyennes annuelles varient de 900 à 1300 mm. Les valeurs les plus basses sont enregistrées dans le sud-ouest et dans le Nord. Les gradients pluviométriques Est-ouest et sud-nord peuvent être distingués (Adomou, 2005). Or, l'apiculture se développe dans les zones où le nectar et le pollen existent en quantité suffisante (N'Diave, 1974). L'objectif visé à travers cette étude est d'identifier le long d'un gradient pluviométrique la diversité floristique mellifère et de déterminer la zone potentielle de développement de l'apiculture. Ceci doit diminuer les tentatives d'exercices de cette activité dans les zones impropres, diminuer les dépenses énergétiques des butineuses pour la récolte des nutriments, augmenter la fréquence de récolte et accroître le rendement des produits de la ruche.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Le Bénin est un pays occupant la majeure partie du Dahomey Gap qui est une interruption de la forêt dense sur la côte d'Afrique de l'Ouest (Martin, 1991; Maley, 1996 ; Akoègninou et al., 2006). Il est situé entre les parallèles 6°30' et 12°30' Nord et les méridiens 1° et 3°40' Est. Sa végétation se compose principalement de savanes, les prairies, les terres agricoles, les jachères et mêlées à de petits îlots de forêt dense (forêt semi-décidue et la forêt marécageuse). Il comporte trois zones à savoir la zone guinéenne, guinéo-soudanienne et soudanienne. La zone guinéenne est caractérisée par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches avec un gradient pluviométrique Ouest-Est de l'ordre de 900 mm à 1300 mm de pluie par an (Agbahungba et al., 2001). Les températures moyennes annuelles s'oscillent entre 26° et 28°C avec une amplitude variant entre 5°C et 10°C. Les sols ferrallitiques, vertisols et hydromorphes sont les plus dominants dans cette zone guinéenne. La zone guinéo-soudanienne est caractérisée par la disparition progressive de la petite saison sèche et la fusion des deux pics pluviométriques caractéristiques du climat tropical sec. La pluviométrie varie de 1200 à 1300 mm par an (Akoègninou et al., 2006). Les sols ferrugineux sont les plus dominants avec une température moyenne de 27°C. La zone soudanienne couvrant le reste du pays est caractérisée par une saison sèche et une saison pluvieuse avec un gradient pluviométrique Est-Ouest de l'ordre de 900 à 1200 mm de pluie par an. Les températures sont au-delà de 35°C et peuvent même atteindre 40°C dans la commune de Kandi (Akoègninou et al., 2006). Cette zone est dominée par les ferrugineux. Un total de dix-sept (17) ruchers répartis dans dix (10) Communes ont été retenus pour l'inventaire (figure 1).

Les communes ont été choisies sur la base de deux critères principaux dont : le gradient pluviométrique et l'existence d'activités apicoles fonctionnelles. Les ruchers ayant au moins cinq (5) ruches toute catégorie confondue, traditionnelle ou moderne colonisée par les abeilles mellifères ont été choisis.

* Auteur Correspondant : rodriguebalagueman@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

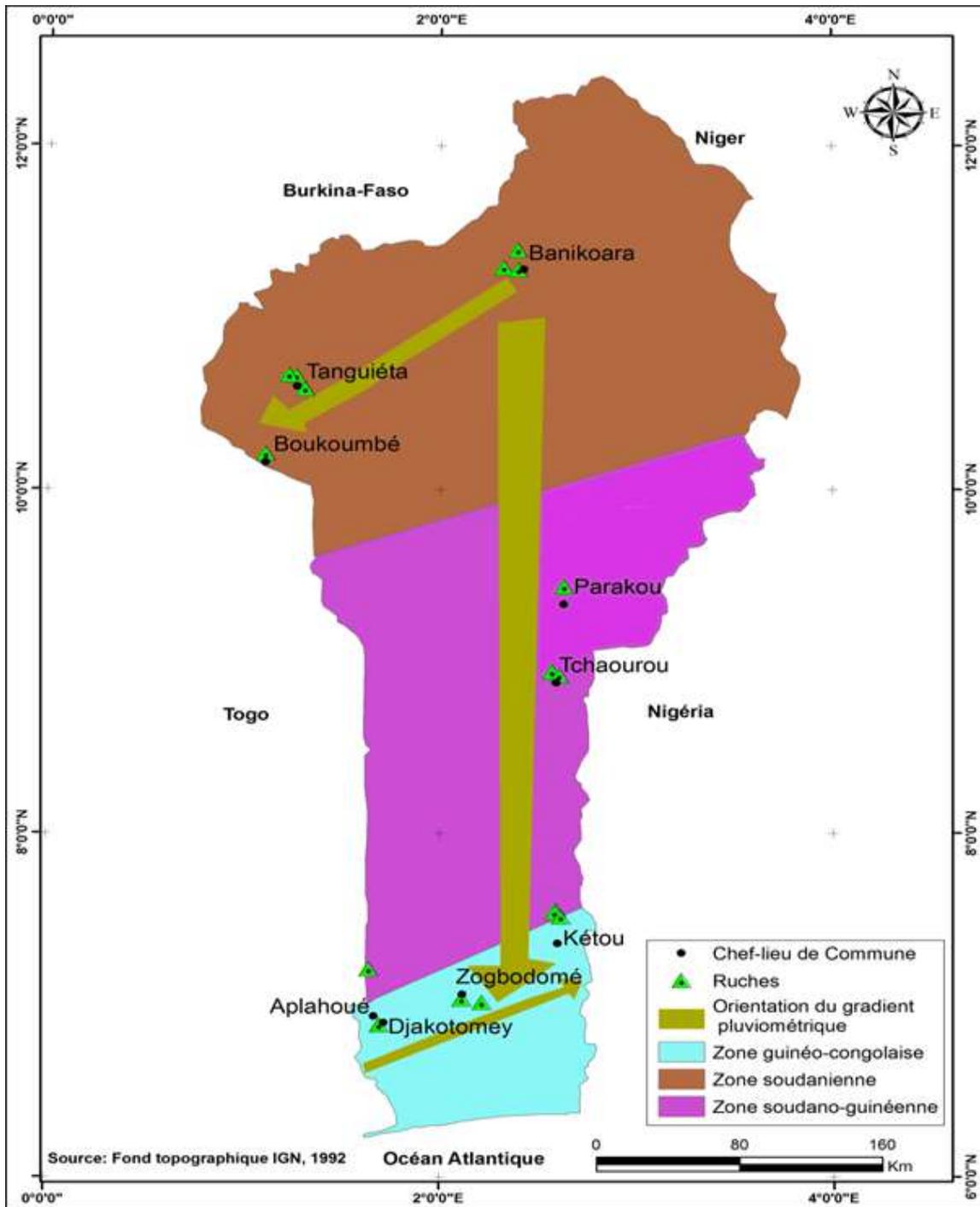


Figure 1 : Localisation des ruchers utilisés pour l'étude de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin

Figure 1: Localisation of apiaries used for melliferous flora study across the rainfall gradient in Benin

2.2. Collecte de données

L'inventaire des plantes mellifères a été effectuée de juillet à septembre 2012, correspondant à la petite saison sèche au sud et saison pluvieuse au centre et une bonne partie de la saison pluvieuse au nord. L'aire de butinage considérée dans cette étude a été de 1 km de rayon (Tossou et al., 2005 ; Yédomhan et al., 2009) autour des ruchers installés dans la zone

guinéenne et celle guinéo-soudanienne. Les abeilles domestiques exploitent une plus large proportion de la flore mellifère et élargissent leur champ de butinage dans les zones sèches (Lobreau-callen et Damblon, 1994). Ainsi, 1,3 à 2 km de rayon de butinage ont été considérés autour des ruchers installés dans la zone soudanienne. La combinaison du relevé dans les placeaux et le relevé itinérant entre les placeaux a

été utilisée afin de garantir un recensement optimal des espèces mellifères présentes (Hall et Swaine, 1981 ; Yao et al.,2005). Dans la zone guinéenne et celle guinéo-soudanienne, 12 placeaux ont été installés autour des ruchers à raison de 3 placeaux par direction cardinale et 16 placeaux autour des ruchers de la zone soudanienne à raison de quatre (4) placeaux par direction. La distance entre les placeaux était de 300 m dans une même direction. Au total 232 placeaux de forme rectangulaire de 1000 m² (50 m x 20 m) ont été installés suivant les directions cardinales autour des 17 ruchers (figure 2).

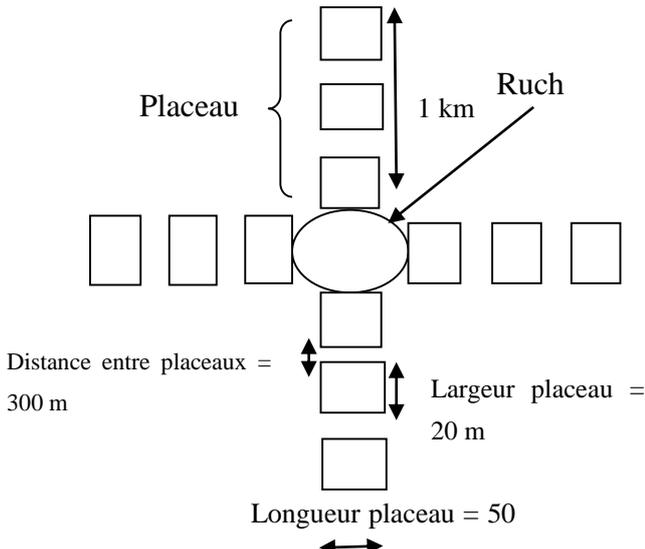


Figure 2 : Répartition des placeaux de relevés floristiques autour des ruchers sélectionnés suivant les directions cardinales

Figure 2: Distribution of inventory plots around selected apiaries following the main compass directions

Les données climatiques (pluviométrie, humidité relative, températures minimale, maximale et moyenne et l'ensoleillement) relatives à chaque placeau ont été prises sur le site FAO (2012).

2.3. Analyse des données

La diversité floristique a été évaluée à travers la richesse spécifique, la diversité en genres et en famille, les indices de Shannon H' et d'équitabilité de Piéluou E. Ces indices sont calculés sur la base du recouvrement moyen (Meisser et Chatelain, 2010) afin de prendre en considération les herbacées pour lesquelles un comptage n'est pas envisageable.

L'indice de diversité de Shannon (Shannon, 1949) est défini par la formule :

$$H' = - \sum Ri / R \log_2 (Ri / R) \text{ et}$$

$$E = H' / \log_2 (R)$$

avec Ri : le recouvrement moyen de l'espèce i dans un rucher, R : la somme des recouvrements moyens de toutes les espèces. La diversité est faible lorsque H' < 3 ; moyenne si H' est compris entre 3 et 4 puis élevée quand H' ≥ 4 (Yédomonhan, 2009).

Les valeurs de l'équitabilité de Piéluou varient de 0 à 1. Elles tendent vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est

concentrée sur une espèce ; elles tendent vers 1 lorsque tous les effectifs ont la même abondance. Ces indices ont été calculés par rucher. La richesse spécifique des espèces à haute valeur apicole (espèces assurant une production rentable et de bonne qualité) a été calculée par zone climatique. Ces espèces ont été identifiées sur la base de la littérature. La variation de la richesse spécifique, le long du gradient pluviométrique a été évaluée au moyen d'une analyse de variance à un facteur (one-way ANOVA). Cette analyse a été utilisée car il y avait homogénéité et normalité des résidus.

La composition floristique a été appréciée sur la base de l'Analyse des Correspondances Détenancées (DCA) et l'Analyse de Corrélation Canonique (ACC). Ainsi, la matrice de présence-absence des espèces mellifères a été soumise à la DCA afin de classer les ruchers en groupes en fonction de leur composition en espèces mellifères. L'objectif de l'ordination est d'obtenir pour chaque rucher un score numérique indiquant sa position le long des axes. La distribution des espèces est liée à certains facteurs environnementaux. Ainsi, la régression a été effectuée avec les scores de la DCA et les variables environnementales afin de sélectionner les variables significatives, lesquelles ont été utilisées pour réaliser l'Analyse de Corrélation Canonique (ACC) afin d'apprécier l'influence des variables environnementales sur la composition floristique mellifère le long du gradient pluviométrique Sud-Nord. Les variables qualitatives ont été transformées en variables quantitatives avant la réalisation de l'ACC. La corrélation entre les scores des deux premiers axes de la DCA et de l'ACC est évaluée avec le coefficient de corrélation de Pearson (rp). Ces différentes analyses suscitées ont été réalisées au moyen du logiciel R version 3.0.2 (R Core Team, 2013, <https://www.R-project.org>).

3. Résultats

3.1. Diversité floristique mellifère

L'inventaire floristique des espèces mellifères dans les trois principales zones climatiques du Bénin a permis d'identifier 488 espèces mellifères. Elles ont été réparties en 185 genres et 62 familles. Les genres les plus riches en espèces étaient *Flueggea*, *Combretum*, *Annona*, *Piliostigma*, *Terminalia* et *Vitellaria*. Les familles les plus représentées étaient les *Leguminosae*, *Combretaceae*, *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae* et *Poaceae*. Au total, 135 espèces mellifères ont été dénombrées dans la zone guinéenne tandis que 177 et 166 espèces mellifères ont été respectivement identifiées dans les zones guinéo-soudanienne et soudanienne. Les espèces à haute valeur apicole étaient au nombre de 73 représentant 27,55% de toutes les espèces inventoriées. En fonction de la proportion qu'occupent les plantes à haute valeur mellifère par rapport aux plantes mellifères de chaque zone, la zone soudanienne est sensiblement plus riche avec une proportion de 35,54 % suivie de la zone guinéo-soudanienne 30,51 % et de la zone guinéenne 24,44 %.

L'indice de Shannon H' variait de 2,79 à 4,54 bits avec une moyenne de 3,56 bits autour des ruchers. Les valeurs de

l'équitabilité E étaient faibles variant de 0,37 à 0,70 avec une moyenne de 0,46 sur l'ensemble des 17 ruchers.

L'analyse de variance a montré que la richesse spécifique des espèces mellifères de la zone guinéo-soudanienne a été significativement différente (P = 0,018) de celle de la zone guinéenne. Toutefois, la différence entre la richesse spécifique de la zone guinéenne et celle de la zone soudanienne n'a pas été significative (P = 0,075) (tableau 1).

Tableau 1 : Résultat de l'analyse de variance testant l'effet de la zone climatique sur la richesse spécifique

Table 1 : Results of Analysis of variance testing the effect of climatic zone on species richness

Variables	Zones climatiques	Coefficient	Erreur	Z	P
Richesse	Zone GS	0,271	0,114	2,371	0,018*
	Zone S	0,207	0,116	1,784	0,075

3.2. Composition floristique mellifère

L'Analyse des Correspondances Détendancées (DCA) a montré 3 groupements (figure 2) qui suivaient un gradient pluviométrique du sud au nord. Les deux premiers axes expliquaient 59,98% de la distribution des ruchers. Les groupements étaient distribués suivant le gradient (sud-nord) de la plus forte pluviométrie à la plus faible pluviométrie (figure 3).

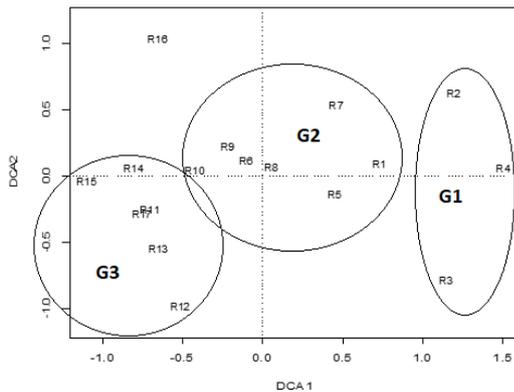


Figure 3 : Projection des ruchers dans le premier plan factoriel de la DCA
G1 : Ruchers de la zone guinéenne, G2 : Ruchers de la zone guinéo-soudanienne, G3 : Ruchers de la zone soudanienne, R=Rucher.

Figure 3: Projection of surveyed apiaries on the DCA factorial map
G1: Apiaries of guinean zone, G2: Apiaries of guinean-sudanian zone, G3: Apiaries of sudanian zone, R=Apiary

Le groupe G1 comprend 3 ruchers. Les espèces mellifères les plus fréquentes au sein de ce groupe étaient : *Azadirachta indica*, *Dialium guineense*, *Ealeis guineensis*, *Flueggea virosa*, *Mangifera indica*, *Tectona grandis* et *Tridax procumbens*. Le groupe G2 est composé de 7 ruchers. Les espèces mellifères les plus fréquentes dans ce groupe étaient : *Anacardium occidentale*, *Annona senegalensis*, *Anogeissus leiocarpa*, *Daniellia oliveri*, *Flueggea virosa*, *Nauclea latifolia*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia avicennioides* et *Vitellaria paradoxa*. Le groupe G3 est composé également 7 ruchers. Les espèces mellifères les plus fréquentes étaient : *Acacia sp*, *Anogeissu sleiocarpa*, *Combretum sp*, *Detarium*

microcarpum, *Diospyros mespiliformis*, *Lannea acida*, *Parkia biglobosa* et *Vitellaria paradoxa*.

La régression des scores des axes 1 et 2 de la DCA a été faite en fonction des variables climatiques telles que : La pluviométrie, le nombre de jours de pluie, le type de sol, les températures (minimale, moyenne, maximale), l'humidité relative, l'ensoleillement et l'évapotranspiration (Eto). Toutes les températures ont été significatives. Seule la température moyenne a été considérée pour la suite. Les résultats ont montré que seules l'humidité relative (P = 0,000), l'ensoleillement (P = 0,000) et la température moyenne (P = 0,020) ont eu des effets significatifs sur la distribution des espèces mellifères (tableau 2).

Tableau 2 : Régression linéaire entre les scores de la DCA et les variables climatiques

Table 2 : Linear relationship between DCA scores and climatic variables

Variables	Ax1				Axe2			
	Pe	Er	Z	P	Pe	Er	Z	P
H	0,26	0,03	9,86	0,000***	-	-	-	-
E	0,23	0,03	6,93	0,000***	-	-	-	-
Te	-	-	-	-	-1,039	0,395	-2,631	0,020*

Note : H=Humidité, E=Ensoleillement, Te=Température, Pe=Pente de régression, Er= Erreur standard, P=probabilité au seuil de 5%, Z=statistique associé à P

L'Analyse de Corrélation Canonique (CCA) discrimine également les mêmes groupes que la DCA. La distribution des espèces mellifères en fonction des ruchers était négativement déterminée par l'humidité relative (r = -0,905) et positivement par l'ensoleillement (r = 0,805) sur l'axe 1. Elle était négativement déterminée par la température (r = -0,964) sur l'axe 2. Les groupements ont été distribués suivant le gradient pluviométrique (sud-nord) de la plus forte pluviométrie à la plus faible pluviométrie (figure 3).

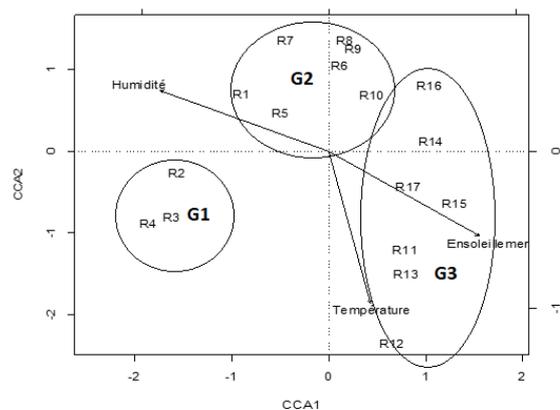


Figure 4 : Projection des ruchers et leurs regroupements dans le premier plan factoriel de la CCA

G1: Ruchers de la zone guinéenne, G2 : Ruchers de la zone guinéo-soudanienne, G3 : Ruchers de la zone soudanienne, R : Rucher.

Figure 4: Canonical correlation analysis factorial map showing the distribution of surveyed apiaries

G1: Apiaries of guinean zone, G2: Apiaries of guinean-sudanian zone, G3: Apiaries of sudanian zone R=Apiary

L'analyse de corrélation des scores des deux premiers axes de la DCA et de l'ACC, montrait une forte corrélation mais négative ($r_p = -0.994$) entre le DCA1 et le CCA1 et significative ($P = 0,000$). Ceci montre que le sens de distribution des espèces mellifères sur l'axe 1 de la DCA était inversé sur l'axe 1 de la CCA en gardant les mêmes groupes. Sur l'axe 2 de la DCA et de la CCA, la corrélation est positive ($r_p = 0.700$) et significative ($P = 0,002$) (tableau 3). Ainsi, la distribution a été dans le sens sur l'axe 1 de la DCA et celui de la CCA.

Tableau 3: Corrélation des scores de la DCA et de l'ACC

Table 3: Correlation between DCA scores and CCA scores

	ACC1		ACC2	
	r_p	P	r_p	P
DCA1	-0,994	0,000	0,115	NS
DCA2	-0,050	NS	0,700	0,002

NS = Non significative, r_p = Corrélation, P = Probabilité.

4. Discussion

La connaissance de la diversité des plantes mellifères en relation avec le climat est importante pour l'identification des zones propices de l'apiculture. Cette étude est une première à notre connaissance, ayant évalué au plan national la diversité de la flore mellifère le long du gradient pluviométrique au Bénin et ses implications pour le développement de l'apiculture. Nos résultats ont révélé que la flore mellifère de la zone d'étude était caractérisée par une diversité moyenne ($H=3,56$ bits). Ce niveau a été jugé assez suffisant pour soutenir une apiculture intensive (Siendou et al., 2013). Globalement 488 espèces de plantes mellifères ont été identifiées dans notre étude. A l'égard d'autres pays voisins, nos résultats ont montré que la flore mellifère du Bénin est largement plus diversifiée en espèces que les flores mellifères du Togo et du Nigeria où 107 espèces (Koudegnan et al., 2012) et 110 espèces (Dukku, 2013; Ayansola et Davies, 2012) sont respectivement identifiées. Les espèces mellifères identifiées appartiennent à diverses familles dont les plus représentées : les Poaceae, Leguminosae, Combretaceae, Asteraceae, Rubiaceae et Euphorbiaceae. Ceci n'est pas surprenant car ces familles semblent être les plus importantes sources de nourritures aux abeilles (Tossou et al., 2011; Koudegnan et al., 2012). Une autre explication possible est que, la plupart des forêts tropicales sont représentées par ces différentes familles (Nombré, 2003; Adou et al., 2005). Nos résultats ont corroboré ceux de Dukku (2013) sur l'identification des plantes mellifères au Nigeria, montrant que les Poaceae, Rubiaceae et Combretaceae sont les principaux taxons représentant la flore mellifère inventoriée. Iritie et al. (2014) ont également observé que la flore mellifère d'une zone agroforestière de la Côte d'Ivoire était représentée par les Leguminosae et Euphorbiaceae.

L'analyse de la En analysant la diversité floristique dans la zone d'étude, a a montré que la distribution des espèces

mellifères suit un gradient pluviométrique de la plus forte à la plus faible pluviométrie. La distribution des espèces est positivement influencée par la température et l'ensoleillement et négativement par l'humidité relative. Ces résultats confirment la théorie sur la biodiversité prédisant une augmentation de la diversité avec la température (Allen et al., 2002 ; Brown et al., 2004 ; Field et al., 2005). Cependant, la diversité peut être contrôlée par l'effet interdépendant de la température et de l'eau (Gillman et Wright, 2014). La théorie prédit que la richesse augmente avec la température et devient maximale au point de température intermédiaire. Au-delà de ce point, elle est limitée par le déficit hydrique (Clas-sen et al., 2015). Ainsi, dans les milieux caractérisés par un climat tropical sec comme la zone soudanienne, la richesse serait limitée par la faible disponibilité d'eau et alternativement par le faible taux d'ensoleillement dans les milieux caractérisés par un climat tropical humide comme la zone guinéenne. Dans un environnement où les deux conditions d'humidité et de lumière coexistent, les deux stress (déficit hydrique, insuffisance de lumière) sont ramenés à un niveau intermédiaire, favorable à la production importante de la matière première, source importante de diversité (Cusens et al., 2012). C'est probablement ce qui explique la plus forte richesse observée dans la zone de transition (milieu intermédiaire) comparativement aux deux autres zones situées aux extrêmes du gradient. Outre les variables climatiques, il a été observé tout récemment au sud du Koré que la diversité de la flore mellifère est négativement affectée par la structure de la végétation et les pressions anthropogéniques (Cho et al., 2017). Bien que ces pressions anthropogéniques soient plus intenses au Nord qu'au Sud du Bénin (Sinsin et al., 2004 ; Mensah et al., 2014), nos résultats ont montré que le nord du pays compte plus d'espèces mellifères que le Sud. Ceci suggère que la distribution des espèces mellifères dans le cadre de cette étude n'est pas associée à la pression humaine. Cependant des études ultérieures prenant en compte une liste exhaustive de facteurs environnementaux et anthropiques sont nécessaires afin de diagnostiquer les potentiels facteurs déterminant la distribution des espèces mellifères au Bénin.

Nos résultats ont montré par ailleurs que 27,55 % des espèces identifiées étaient d'une haute valeur apicole et suggèrent la préférence de certaines espèces par les abeilles au détriment d'autres probablement à cause de la morphologie florale, la phénologie et la composition floristique (Lobreau-Callen & Damblon, 1994).

Suivant le gradient pluviométrique sud-nord, la zone soudanienne est plus riche en espèces à haute valeur apicole suivie de celle guinéo-soudanienne et la zone guinéenne. Il apparaît donc que la richesse en espèces à haute valeur apicole suit un gradient croissant de la zone humide à la zone sèche et peut être expliqué par la teneur en eau du nectar qui nécessite plus du travail aux butineuses dans les milieux à forte pluviométrie (Huchet et al., 1996). En conséquence le champ de butinage des abeilles s'élargit dans les milieux arides (De Layens et Bonnier, 1997). Ces résultats ont corroboré ceux de Nombré (2003) et Yédomonhan et al. (2009) qui montrent

que les zones sèches sont plus riches en espèces nectarifères que les zones humides.

Cette étude a montré que la zone sèche du pays est plus diversifiée en espèces mellifères en se basant sur un nombre limité de variables environnementales. Ce qui constitue une insuffisance au choix de la zone favorable à l'apiculture béninoise car d'autres facteurs comme l'altitude (Kagiampaki et al., 2011), la structure de la végétation couplée aux pressions anthropiques (Cho et al., 2017), la saisonnalité, le mode d'utilisation ou de gestion des terres (Teklay, 2011 ; Brown et al., 2015) influencent aussi la diversité de la flore mellifère. Des études ultérieures prenant en compte ces facteurs sont nécessaires pour confirmer les résultats observés. Des mesures sur la production apicole des ruchers permettrait d'évaluer l'effet de la diversité de la flore mellifère sur la production apicole étant donné que les deux variables sont liées (Geburu et al., 2016).

5. Conclusion

Le développement de l'apiculture d'un milieu est lié à sa composition et diversité floristique. Cette étude a évalué la diversité des espèces mellifères le long d'un gradient pluviométrique afin d'identifier les zones potentielles de développement de cette activité. L'étude montre que le Bénin dispose d'une flore mellifère relativement riche en espèce avec une diversité plus importante dans les zones sèches que celles humides. Cette étude suggère que le développement de l'apiculture est plus favorable dans la zone sèche à haute valeur apicole par rapport aux zones humides. Nous avons montré que la flore du Bénin regorge un potentiel mellifère important et peut faire du Pays une pôle de production apicole dans la sous-région.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adomou A. C. 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation. Thèse de Doctorat, Van Wageningen Universiteit., 136 p.
- Adou C. Y., Blom E. C., Dengueadhé K. T. S., Van Romppaey R. S. A. R., N'Guessan E. K. & Wittebolle G. 2005. Diversité floristique et végétation dans le parc national de Taï, Côte d'Ivoire, Tropenbos International, Wageningen, Pays-Bas., 21p.
- Agbahungba G., Sokpon N. & Gaoué O. G. 2001. Situation des ressources génétiques forestières du Bénin. Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou 22-24 sept. 1998). Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document FGR/12F. Département des forêts, FAO, Rome, Italie, 36p
- Akoegninou A., van der Burg W. J. & van der Maesen L. J. G. 2006. Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers (Wageningen Agricultural University papers 06.2), 458p.
- Akoegninou A., Tossou M. G., Yédomonhan H., Fohounfo T. H. & Traoré D. 2010. Etude des plantes mellifères de la petite saison des pluies et de quelques aspects du comportement des abeilles au Bénin. *Ann. bot. afr. ouest*, 6: 1 – 13.
- Aloma S. 2000. Etude des facteurs de production de miel dans deux zones écologiques différentes au sud du Togo: Les sites d'Aképé et d'Agotimé-Nyitoé. Mémoire de DEA, Université du Bénin, 36p.
- Ayansola A. A. & Adedoyin D. B. Honeybee Floral Resources in Southwestern Nigeria *Journal of Biology and Life Science*, 3 (1): 127-139, <http://dx.doi.org/10.5296/jbls.v3i1.1720>
- Bakenga M. Bahati M. & Balagizi K. 2000. Inventaire des plantes mellifères de Bukavu et ses environs (Sud-Kivu, Est de la République Démocratique du Congo). *Tropicicultura*, 18: 89–93.
- Biaou S. S. H. 2009. Tree recruitment in West African dry woodlands The interactive effects of climate, soil, fire and grazing. PhD thesis, Van Wageningen Universiteit, 196p.
- Bista S. & Shivakoti G. P. 2001. Honey bee Flora at Kabre, Dolakha District. *Nepal Agric. Res. J.*, 4:18–25.
- Braun-Blanquet, J. 1932. Plant sociology (Transl. G. D. Fuller and H. S. Conrad). McGraw-Hill, New York. 539 pp. Croat E. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica*, 7 : 270–277.
- Cho Y. Lee D. & SoYeon. B. 2017. Effects of vegetation structure and human impact on understory honey plant richness: implications for pollinator visitation. *Journal of Ecology and Environment*, 41 (2): 1-8. DOI 10.1186/s41610-016-0020-1
- Classen A., Peters M. K., Kindeketa W. J., Appelhans T., Eardley C. D., Gikungu M. W., Andreas H., Thomas N. & Ingolf S-D. 2015. Temperature versus resource constraints: which factors determine bee diversity on Mount Kilimanjaro, Tanzania? *Global Ecology and Biogeography*. 24, DOI: 10.1111/geb.12286
- Cusens J., Wright S. D., McBride P. & Gillman L. N. 2012. What is the form of the productivity–animal-species richness relationship? A critical review and meta-analysis. *Ecology*, 93: 2241–2252.
- De Layens G. & Bonnier G. 1997. Cours complet d'Apiculture et Conduite d'un Rucher Isolé. Editions Belin. 458p.
- Dukku U. H. Identification of plants visited by the honeybee, *Apis mellifera* L. in the Sudan Savanna zone of north eastern Nigeria. *Afr. J. Plant Sci.* 7(7): 274-284. DOI: 10.5897/AJPS2013.1035
- FAO. 2012. Aquastat Climate characteristics. Available from <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/quick-wms/climcropweb.htm>>. Accessed on 17 December 2012, Vol. 2012. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO. 2010. Le rôle des abeilles dans le développement rural. Manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et services dérivés des abeilles. 248p.

- Gebru E., Berhanu A., Hayal L., Solomon A. & Tsehaye A. 2016. Honey bee flora diversity and their impact on honey production in Tigray region of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development* 28 (7) 2016.
- Gillman L. N. & Wright S. D. 2014. The evolutionary speed hypothesis (ESH) (Species richness and evolutionary speed: the influence of temperature, water and area. *Journal of Biogeography*, 41: 39–51.
- Hall J. B. & Swaine M. D. 1981. Distribution and ecology of vascular plants in a tropical rain forest: forest vegetation in Ghana. Geobotany, Junk Publishers, The Hague, 1981p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-8650-3>
- Huchet. E, Coustel. J, Guinot. L., 1996. Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. France. 16p.
- Iritie B. M., Wandan E. N., Paraiso A. A., Fantodji A. & Gbomene L. L. 2014. Identification des plantes mellifères de la zone agroforestière de l'école supérieure agronomique de yamousoukro (côte d'ivoire). *European Scientific Journal*, 10 (30) : 444 – 458
- Janssens X., Bruneau É. & Lebrun P. 2006. Prédiction des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information. *Apidologie*, 37:351–365.
- Koudegnan M. C., Edoor M. T., Guelly K. A., Batawillla K. & Akpagana K. 2012. Inventaire des taxons polliniques des miels de la zone guinéenne du Togo : cas des zones écofloristiques IV et V. *European Scientific Journal*, 8(26) :37-50.
- Lobreaucallan D., Darchen R. & Le Thomas A. 1986. Apport de la palynologie a la connaissance des relations abeilles/plantes en savanes arborées du Togo et du Bénin. *Apidologie*, 17 (4) : 279-306.
- Lobreaucallan D. & Damblon F. 1994. Spectre pollinique des miels de l'abeille *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) et Zones de Végétations en Afrique Occidentale Tropicale et Méditerranéenne. *Grana*, 33(4-5): 245–253.
- Martin C. 1991. The rainforests of West Africa. *Birkhauser Verlag Publishers*. Basel. Switzerland. 235p
- Maley J. 1996. The African rain forest – main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary. In: Alexander I. J., Swaine M. D. & Watling R. (eds.), *Essays on the Ecology of the Guinea-Congo Rain Forest. Proceedings of the society of Edinburgh*, 104B : 31-73.
- Mangenot G. 1951. Une formule simple permettant de caractériser les climats de l'Afrique Intertropicale dans leurs rapports avec la végétation. *Revue Générale de Botanique*, 58 : 353-372.
- Meisser M. & Chatelain C. 2010. Pâturage tournante en estivage ovin : effets sur la végétation. Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon. *Recherche Agronomique Suisse*, 1 (6) : 216–221.
- Nguemo D. D., Tchoumboue J., Pinta J. Y. & Zango P. 2008. Caractéristiques polliniques des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, 26(3):150–154.
- Nguemo D. D., Foko J., Pinta J. Y., Ngouo L. V., Tchoumboue J. & Zango P. 2004. Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne d'altitude de l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, 22(3):139–145.
- Nombré I. 2003. Etude des potentialités mellifères de deux zones du Burkina Faso: Garango (Province du Boulgou) et Nazinga (Province du Nahouri). Thèse de Doctorat. Université de Ouagadougou, Burkina faso, 214p
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sawadogo M. & Guinko S. 2001. Détermination des périodes de disponibilité et de pénurie alimentaires pour l'abeille *Apis mellifica adansonii* Lat. dans la région ouest du Burkina Faso. *Journal des Sciences*, 1(2): 1–8.
- Siendou C., Djakalia O. & Kagoyire K. 2013. Diversité et configuration de la flore ligneuse autour d'un rucher en zone de transition forêt-savane de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 9(6):227–239.
- Teklay A. 2011. Seasonal availability of common bee flora in relation to land use and colony performance in gegera watershed atsbi wembwra district eastern zone of tigray, Ethiopia. Master thesis, hawassa university wondo genet, ethiopia, 76 p
- Tossou. Y. H., Azokpota P., Akoègninou A., Doubogan P. & Akpagana K. 2011. Analyse pollinique et caractérisation phytogéographique des miels vendus à Cotonou (Bénin). *Cah Agric*, 20(6) : 500-508. doi : 10.1684/agr.2011.0527
- Tossou M. G., Aakoègninou A., Yédomonhan H., Batawillla K. & Akpagana K. 2005. Analyse pollinique des miels de la forêt classée de la Lama (Bénin) et son apport à la connaissance de la flore apicole. *Journal Recherche Scientifique*, 7 : 83-92
- White F. 1983. The vegetation of Africa: a descriptive memoir to accompany the UNESCO/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. *Nat. Resour. Res*, 20: 1–356.
- Willaine P. & Volkoff B. 1967. Carte pédologique du Dahomey à l'échelle de 1/1000 000. Paris, ORSTOM.
- Yédomonhan H., Adomou A. C., Akoègninou A. & de Foucault B. 2012. Diversité spatiotemporelle des ressources florales autour d'un rucher en zone de végétation de transition soudano-guinéenne au Bénin. *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, 159 (1): 97–108.
- Yédomonhan H. & Akoègninou A. 2009. La production du miel à Manigri (Commune de Bassila) au Bénin : enjeu et importance socio-économique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3(1):125–134.
- Yédomonhan H., Tossou M. G., Akoègninou A., Demènou B. & Traoré D. 2009. Diversité des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne : cas de l'arrondissement de Manigri (Centre-Ouest du Bénin). *Int. J. Biol. Chem.Sci.*, 3(2) :355-366
- Yédomonhan H. 2004. Plantes mellifères et miels du Bénin : cas de la forêt classée de la Lama. Université de Lomé, Togo. Mémoire de DEA. Université de Lomé (Togo), 65p.
- herds. Review, limits and prospects. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 66, 57-67.
- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2016. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. CIRAD (French Agricultural Research Centre for International Development). 57p. <http://livtools.cirad.fr>.
- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2010. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. Montpellier, France, CIRAD, 52p. <http://livtools.cirad.fr>.

- Lesnoff, M., Messad, S., Juanès, X., 2009. 12MO: A cross-sectional retrospective method for estimating livestock demographic parameters in tropical small-holder farming systems. CIRAD. <http://livtools.cirad.fr>.
- Lesnoff, M., Saley, M., Adamou, K., N'Djafa Ouaga, H., Ayan-tunde, A.A., 2008. 12MO: A retrospective method for estimating demographic parameters in tropical ruminant livestock populations. CIRAD (French Agricultural Research Centre for International Development), ILRI (International Livestock Research Institute).
- MAEP, 2011. Ministère d'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche : Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA, in: Plan Stratégique de Relance Du Secteur Agricole (PSRSA). Cotonou, République du Bénin, p115.
- Nakazawa, M., 2015. Package "pyramid": Functions to draw population pyramid. <https://cran.r-project.org/web/packages/pyramid/>,7p.
- Otte, M.J., Chilonda, P., 2002. Cattle and small ruminant production systems in sub-Saharan Africa. systematic review. Livestock Information Sector Analysis and Policy Branch. FAO, Rome, Italy 98p.
- Scoones, I., 2009. Livelihoods perspectives and rural development. *The Journal of Peasant Studies*, 3 : 171-196.
- Vissin, E.W., 2015. Gestion des risques hydro-climatiques et développement économique durable dans le bassin du Zou. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 17 : 191-213.
- Youssao, A.K.I., Ahissou, A., Touré, Z., Leroy, P.L., 2000. Productivité de la race Borgou à la Ferme d'élevage de l'Okpara au Bénin. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 53: 67-74.



Dynamique des espèces végétales et productivité des pâturages naturels de Kèrou, Péhunco, Djougou au Nord-Ouest du Bénin

Yacoubou BONI¹, Armand Kuyéma NATTA¹, A. R. A. SALIOU², André Jonas DJENONTIN¹

¹Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), Bénin. Tel : +229 97763438. E-mail: armand.natta@fa-up.bj

²Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey Calavi (UAC). E-mail : salitour2005@yahoo.fr

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Dynamics of herbaceous layer biomass for a rational management of rangelands

Abstract: The forage resources of the Sudanese areas are currently undergoing a very pronounced degradation, notably because of demographic pressure, the diversification of production systems and the introduction of cash crops. The real problem of extensive breeding in the tropical zone today is the unavailability of pastures in quantity and quality throughout the year. The objective of this research is to study the dynamics of the biomass of the herbaceous layer for a rational management of rangelands. The research took place in the Sudanian zone of North-West Benin from June to November in 1998 and in 2016. Phytosociological surveys were carried out using the Braun-Blanquet 'quadrats-aligned' method (1932). Dry weights of all harvested samples were recorded after oven drying at 105 ° C for 48 hours to constant weight at the Hydraulic Service Laboratory at Parakou. As for the productivity values obtained, they were modeled by interpolation with the Krigeage algorithm, and the distribution of productivities by cartography using the ArcGis 10 software. Finally, the spatio-temporal evolution of productivities from 1998 to 2016 was modeled by diachronic approach with " Land change modeler " under ArcGIS10. At the end of this research, 24 types of grazing, including 14 characterized by perennial species, were identified in 1998 and 23 in 2016 of which only 8 types are perennial. It should be noted that out of the 75 permanent stations of 1998, 43 could be found without any current occupation. However, most of these stations have been victimized, in the meantime, before being put to rest. As a result of the investigations, the productivities were diversely distributed in 1998 and 2016 in the communes of Kèrou (1945.06 kg/ha, 2531.45 kg/ha), Péhunco (2016.17 kg/ha, 2076.16 kg/ha) and Djougou (2349,33kg MS /ha; 1858,62kg /MS/ha). The evolution of their distribution from 1998 to 2016 shows a sharp decline (-372.33ha) in the southern part of Péhunco and the central part of Djougou in favor of Kèrou. There is also a moderate regression (-196,51ha) surrounding Djougou and Péhunco. Finally, a strong progression (393,51ha) is raised in favor of the commune of Kèrou.

Keywords: Evolution, dry matter, northwestern Benin, rangelands, productivity

Résumé : Les ressources fourragères des zones soudaniennes subissent actuellement une dégradation très prononcée notamment à cause de la pression démographique, la diversification des systèmes de production et l'introduction des cultures de rente. Le réel problème que pose l'élevage extensif dans la zone tropicale aujourd'hui, est la non disponibilité des pâturages en quantité et en qualité pendant toute l'année. L'objectif de cette recherche est d'étudier la dynamique de la biomasse de la

strate herbacée pour une gestion rationnelle des parcours naturels. La recherche s'est déroulée dans la zone soudanienne du Nord-Ouest-Bénin de juin à novembre en 1998 et en 2016. Des relevés phytosociologiques ont été effectués à travers la méthode des 'points-quadrats-alignés' de Braun-Blanquet (1932). Les poids secs de tous les échantillons récoltés, ont été notés après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 h jusqu'à poids constant au Laboratoire de service hydraulique à Parakou. Quant aux valeurs de productivité obtenues, elles ont été modélisées par interpolation avec l'algorithme de Krigeage, et la distribution des productivités par cartographie grâce au logiciel ArcGIS 10. Enfin, l'évolution spatio-temporelle des productivités de 1998 à 2016 a été modélisée par approche diachronique avec "Land change modele changer" sous ArcGIS10. Au terme de cette recherche, 24 types de pâturage dont 14 caractérisés par les espèces pérennes, ont été identifiés en 1998 et 23 en 2016 dont seulement 8 types sont pérennes. A noter que sur les 75 stations permanentes de 1998, 43 ont pu être retrouvées sans occupation actuellement quelconque. Cependant, la plupart de ces stations ont été victime, entre temps d'exploitation agricole avant d'être mises au repos. Il ressort à la suite des investigations que, les productivités sont diversement réparties en 1998 et 2016 dans les communes de Kèrou (1945,06 kgMS/ha; 2531,45kgMS/ha), Péhunco (2016,17kgMS/ha; 2076,16kgMS/ha) et Djougou (2349,33kgMS/ha ; 1858,62kg/MS/ha). L'évolution de leur distribution de 1998 à 2016 montre une forte régression (-372,33ha) dans la partie méridionale de Péhunco et la partie centrale de Djougou au profit de Kèrou. On note également une régression modérée (-196,51ha) ceinturant Djougou et Péhunco. Enfin une forte progression (393,51ha) est relevée au profit de la commune de Kèrou.

Mots clés : Evolution, matière sèche, nord-ouest Bénin, parcours naturels, productivité.

1. Introduction

L'alimentation des animaux dans un système pastoral est basée exclusivement sur l'utilisation de la végétation naturelle qui constitue de loin la ressource fourragère la plus importante. L'offre fourragère est essentiellement assurée par les parcours naturels (Djenontin, 2010; Boni, 2014). Les ressources naturelles des zones soudanaises subissent actuellement une dégradation très prononcée dans de nombreux terroirs villageois (Thébaud, 2002; Millogo-Rasolodimby, 2000 ; Yélémo et al., 2007 ; Djenontin, 2010 ; Yaméogo, 2013 ; Boni, 2014). La pression démographique, l'amélioration des systèmes de production et l'introduction des cultures de rente ont favorisé l'extension des superficies de cultures emblavées au détriment des aires de pâture constituées par les savanes naturelles et jachères (Sinsin, 1993; Yaméogo, 2013) dans les formations naturelles.

Les systèmes d'élevage en Afrique de l'ouest (SAO) demeurent traditionnels, extensifs, avec une productivité liée à la disponibilité en pâturage de qualité et en eau, qui commande les mouvements de troupeaux et définit les modes de production nomades ou transhumants (Eboh et al., 2008). Le problème réel que pose l'élevage extensif dans la zone tropicale est la disponibilité des pâturages en quantité et en qualité pendant toute l'année (Boni, 2011, 2014; Tamou, 2017). Les précipitations jouent un rôle très important dans la productivité des parcours de transhumance en région soudanienne (Saliou, 2015). La productivité des écosystèmes des parcours naturels est étroitement dépendante de la pluviométrie, de la texture et de la profondeur du sol (Toko ; 2008 ; Zékpété, 2009) ; Sawadogo et al., 2013 ; Saliou, 2015.

Les pâturages atteignent leur productivité maximale pendant leur période active, et pendant la saison sèche la disponibilité en fourrage est assez faible (Boni, 2014).

Au Bénin, plusieurs travaux ont été réalisés sur la productivité et la typologie des pâturages, notamment ceux de Sinsin (1993), Houinato (2001), Wotto (2004); Djenontin (2010), Boni (2014).

Cependant, de toutes ces études très peu ont porté sur la cartographie de la distribution spatio-temporelle de la qualité et productivité des parcours naturels.

Il est alors nécessaire d'étudier la dynamique évolutive des espèces fourragères et productivité des parcours naturels sous pression anthropique, sur un terroir qui, de plus en plus accueillent des effectifs croissants de transhumants sur les terres agropastorales. La réalisation d'une telle recherche, passe nécessairement par une meilleure connaissance de la distribution des espèces et productivités sur plusieurs années. C'est ce qui justifie la présente recherche intitulée : « Dynamique des espèces végétales et productivité des pâturages naturels de Kèrou, Péhunco, Djougou au Nord-Ouest du Bénin » La présente recherche a pour objectif d'étudier l'évolution des espèces végétales et les productivités des pâturages pour une gestion rationnelle des parcours naturels.

De façon spécifique, il s'agit de :

- déterminer la qualité des pâturages dans les secteurs de Djougou, Péhunco et Kèrou en 1998 et en 2016 ;
- modéliser la distribution de la productivité des pâturages naturels en 1998 et 2016 ;
- déterminer l'évolution en qualités et productivités des pâturages des parcours naturels entre 1998 et 2016 pour la mise en place des stratégies de gestion durable des écosystèmes pastoraux.

* Auteur Correspondant : banigoudayac@yahoo.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La recherche s'est déroulée dans la zone soudano-guinéenne du Nord-Ouest-Bénin, située entre 9°20' et 11°25'N et 1°8' et 02°24'E. Elle est limitée au nord-ouest par la commune de Tanguéta ; au Nord par la commune de Banikoara ; à l'Ouest par la commune de Kouandé, à l'est par les communes de Sinendé et de Gogounou ; au Sud par la commune de Bassila ; au Sud-Ouest par les communes Copargo et de Ouaké ; au Sud-est par les communes de N'dali et Tchaourou (Figure 1).

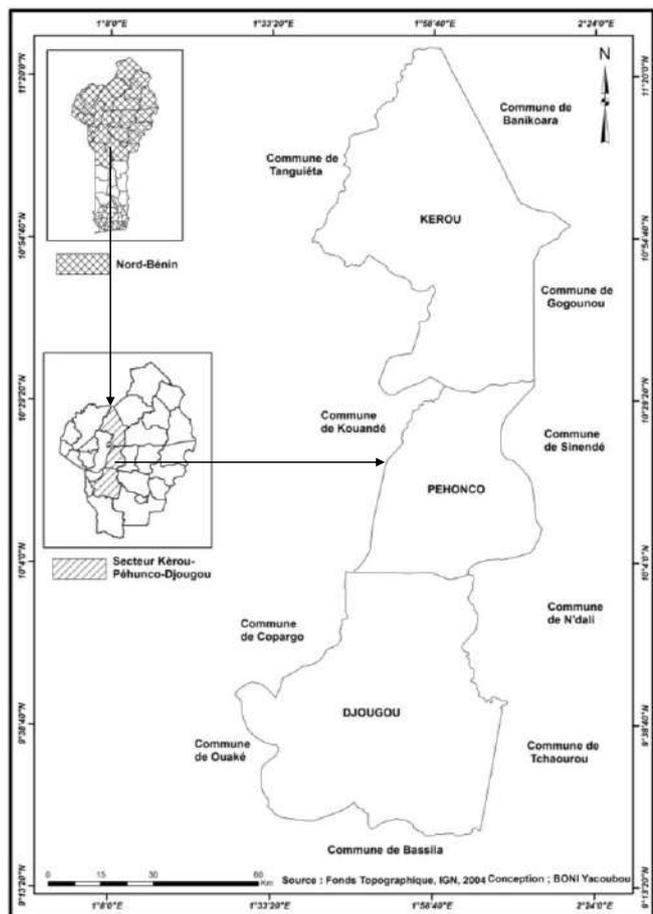


Figure 1 : Localisation du milieu d'étude
Figure 1 : Localization of the study area

Cette zone qui est à cheval entre les zones agroécologiques de l'Ouest-Atacora, la zone vivrière du Sud-Borgou et la zone cotonnière du Nord-Bénin couvre une superficie de 965068 Ha et sert de mouvement de transhumance et de migration agricole. Depuis quelques décennies, son milieu naturel subit de façon continue une dégradation, avec pour corollaire le recul du couvert végétal, la baisse de la qualité et productivité des parcours naturels, la restriction des espaces pastoraux au profit d'une augmentation des surfaces cultivées.

2.2. Relevés floristiques et productivités de biomasse

Elle concerne les relevés phytosociologiques, les relevés de productivités primaires et leurs techniques de traitement.

2.2.1. Relevés phytosociologiques

Les relevés linéaires ont été effectués à partir des « points quadrats-alignés » (Braun-Blanquet, 1932). Cette méthode a été utilisée dans les zones guinéo-soudanienne et soudanienne par plusieurs auteurs (Sidi, 1994 ; Boudet, 1975 ; Daget & Poissonnet, 1971; Djenontin, 2010 ; Boni, 2011, 2014). Quatre (4) lignes de relevés sont réalisées à l'intérieur du plateau de 25 m sur 50 m (1250m²) qui a servi à l'appréciation des types de formation végétale. Un ruban de 50 m de long est tendu au-dessus de la végétation de la strate herbacée sur 20 m à l'aide de 2 piquets de 1,5m de long. La lecture est réalisée à chaque 10 cm autour de la barre de fer lisse de 4 sur les 20 m. Soit 50 points recensés par ligne et au total 200 points par plateau. Les parties des espèces touchant la barre sont exhaustivement recensées et une espèce est recensée une et une seule fois par point. Et toutes les espèces sont listées et inscrites dans une fiche conçue à cet effet (cf fiche de relevés linéaire en annexe). Les espèces végétales non déterminées sur le terrain, ont été échantillonnées pressées dans les papiers journaux et conservés dans une presse pour être convoyé au Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB) Faculté d'Agronomie Université de Parakou, pour la détermination à base des flores existantes. Par ailleurs, pour permettre le choix des groupes d'espèces les mieux appréciées et les peu ou pas appréciées, sur la base des observations directes sur le site et le suivi périodique des troupeaux au pâturage, les taux et le niveau de broutages des espèces, et leurs catégories fourragères ont été relevés et mentionnés sur les fiches. Au cours du suivi des animaux au pâturage les observations ont porté sur les parcours exploités, les espèces appréciées et le temps d'exploitation du pâturage. L'échelle utilisée pour apprécier le degré d'exploitation des parcours/pâturages varie de 0 à 4. A savoir 0 : espèce dédaignée par les animaux ; 1 : espèce faiblement ou peu appréciée; 2 : espèce appréciée ; 3:espèce bien appréciée ; 4 : espèces très bien appréciées. Sur les sites de relevés linéaires la même échelle a servi l'appréciation du degré de perturbation des sites à l'exception ici zéro n'est pas considéré et l'échelle varie de 1 à 5.

- 5 : placette avec perturbation nulle ;
- 4 : placette faiblement perturbée à peine 10% ;
- 3 : placette perturbée moyennement jusqu'à 50%, avec mélange hétérogène d'espèces ;
- 2 : placette fortement perturbée jusqu'à 75%, avec changement floristique important ;
- 1 : placette très fortement perturbée à plus de 75%, avec changement radical la composition floristique

2.2.2 Relevés de productivités primaires

Une coupe de biomasse au pic de la végétation en octobre a permis d'évaluer et d'apprécier la productivité du pâturage. A cet effet, les coupes de biomasse ont été effectuées à l'intérieur des plateaux (25 mx 50 m) de productivités installés

dans les formations végétales homogènes identifiées pour la cause. Sur chaque site, 7 à 10 placettes de 1m² (1m x 1m) ont été choisies au hasard à l'intérieur de chaque placeau et coupées. Les coupes sont réalisées au ras du sol, conformément au niveau de prélèvement des animaux sur le terrain. Toutefois il faut reconnaître que le niveau de broutage par les animaux est fortement lié à la nature et la qualité d'appétibilité des espèces végétales qui caractérisent le type de pâturage. Dans ce sens plusieurs études antérieures, recommandent les coupes entre 5 à 20 cm du ras de sol (Baun, 1969; Boudet, 1975; Sidi, 1994; Natta, 1997 ; Boni, 2011, 2014) pour la biomasse herbacée. Les coupes sont réalisées au couteau ou à la faucille ou encore au sécateur de jardinier, car elles sont effectuées lorsque la végétation a atteint le maximum de son développement.

Le nombre de placettes a été déterminé suivant la méthode des moyennes progressives de Snedecor & Cochran (1957) utilisée par Sinsin (1993). Le poids frais de biomasse, de la strate herbacée ainsi récoltée, a été pesé ensemble toutes espèces confondues avec des pesons appropriés au niveau de chaque placeau. Un échantillon de 200 g est prélevé au niveau de chaque placeau, et emballé dans un sachet de productivité pour la détermination du poids de la matière sèche. Un pré séchage a été opéré sous l'effet de l'air ambiant sur le terrain, avant le séchage au laboratoire le soir des coupes. Ensuite, un séchage définitif a été fait à l'étuve au Laboratoire (service d'hydraulique à Parakou), jusqu'à poids constant à 105°C à Parakou. Ces données de biomasse ont servi aux calculs des différents paramètres permettant de caractériser l'état de productivité des pâturages naturels.

La biomasse obtenue, est pesée à l'aide des pesons de haute précision, notamment 200g ± 2g et 2000g ± 20g et constitue le rendement fourrager frais. Ensuite elle est ensachée et acheminée au laboratoire pour le séchage définitif. Le taux de matière sèche (MS), qui est déterminé, multiplié par le rendement fourrager frais, donne le rendement fourrager sec. La liste des rendements des poids frais est faite immédiatement et permet de trouver les équivalents en poids sec.

2.3. Traitement et analyse des données

Concernant les relevés linéaires, pour chaque fiche de relevé correspondant à une ligne, il est établi dans un premier temps la liste de toutes les espèces présentes et leurs fréquences respectives. Ensuite les informations provenant des quatre (4) lignes sont intégrées et conduisent à une liste complète comportant les espèces présentes par ordre d'importance. Les résultats obtenus portent sur les espèces par placeau, la présence et la contribution spécifique de chaque espèce. Le volume obtenu permet la lecture à travers 200 points de relevés, la physionomie du tapis herbacé de chaque placeau. En considérant les contributions spécifiques de chaque espèce au couvert végétal, on en déduit les espèces dominantes. Ce type d'analyse fait apparaître la qualité du parcours par rapport au degré d'appétibilité des espèces dominantes.

Quant à la détermination de la productivité primaire, les poids secs de tous les échantillons sont récoltés, et notés

après séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 h jusqu'à poids constant au Laboratoire de l'hydraulique à Parakou. A partir des valeurs obtenues, les productivités ont été évaluées par placeau et par transect en matières sèche à l'hectare (MS/ha).

Les valeurs de productivité obtenues ont été modélisées par interpolation avec l'algorithme de Krigeage, et la distribution des productivités par cartographie grâce au logiciel ArcGis 10. L'évolution spatio-temporelle des productivités de 1998 à 2016 a été modélisée par approche diachronique.

3. Résultats

3.1. Typologie des pâturages et identification de groupes d'espèces en fonction de leur appétibilité

3.1.1. Typologie des pâturages

L'établissement des listes de présence des espèces, suivi de leurs fréquences et leurs contributions spécifiques a permis de caractériser les différents types de pâturages dans la zone de recherche. Les figures 2 et 3 donnent lecture de la qualité des pâturages identifiés en 1998 et 2016.

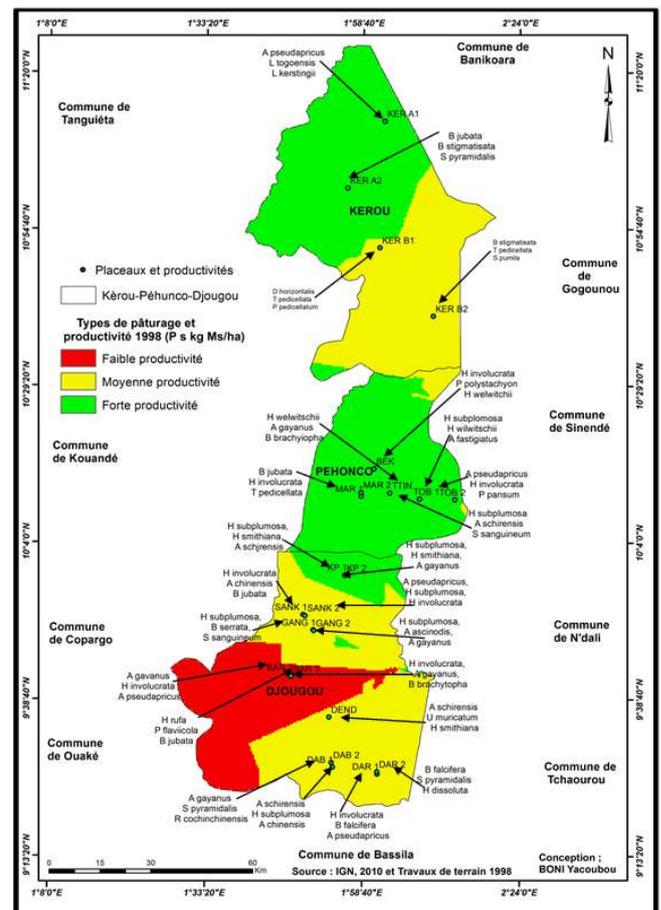


Figure 2 : Types et productivité des pâturages en 1998 dans les communes de Kérou-Djouougou-Péhunco

Figure 2 : Types of rangeland productivity in 1998 in the municipalities of Kérou-Djouougou-Péhunco

L'analyse de la figure 2 présente 24 types de pâturages et leurs productivités en 1998 dans les communes de Kérou, Péhunco et Djougou. On y note 4 types de pâturage dominés par *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*, *Brachiaria falcifera*, *Digitaria horiozontalis*, *Brachiaria stigmati-sata*, *Loudetiopsis kerstingii*, *Tephrosia pedicellata*, *Pennisetum pedicellatum* et *Setaria pumila* dans la commune de Kérou. En ce qui concerne la commune de Péhunco elle présente 6 types de pâturage caractérisés par *Hyparrhenia sub-plumosa*, *Pennisetum polystachion*, *Hyparrhenia welwitschii*, *Hyparrhenia involucrata*, *Andropogon pseudapricus*, *Andropogon fastigiatus*, *Andropogon schirensis*, *Panicum pan-sum*, *Schizachyrium sanguineum*, *Andropogon gayanus*, *Barchiaria serrata*, *Tephrosia pedicellata* et *Brachiaria fal-cifera*. Quant à la commune de Djougou elle présente les pâ-turages dominés par *Hyparrhenia subplumosa*, *Hyparrhenia smithiana*, *Andropogon gayanus*, *Andropogon pseudapricus*, *Hyparrhenia involucrata*, *Brachiaria serrata*, *Andropogon schirensis*, *Urelytrum muricatum*, *Brachiaria falcifera*, *Sporobolus pyramidalis*, *Hyperthelia dissoluta*, *Andropogon chinensis*, *Rotboelia cochinchinensis*, *Hyparrhenia rufa*, *Panicum flaviicola* et *Schizachyrium sanguineum*.

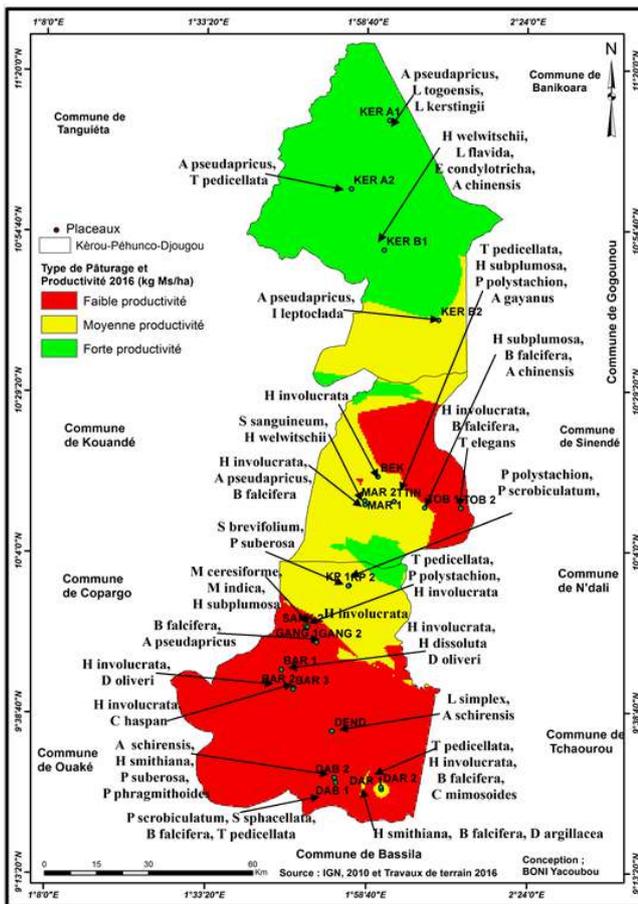


Figure 3: Types et productivités des pâturages en 2016 dans les communes de Kérou-Djougou-Péhunco

Figure 3: Types of rangeland productivity in 2016 in the municipalities of Kérou-Djougou-Péhunco

L'analyse de la figure 3 présente 23 types de pâturages et leurs productivités en 2016 dans les communes de Kérou, Péhunco et Djougou. On y note 6 types de pâturage dominés par *Andropogon pseudapricus*, *Loudetia togoensis*, *Loude-tiopsis kerstingii*, *Hyparrhenia welwitschii*, *Loudetia flavida*, *Euclasta condylotricha*, *Andropogon chinensis*, *Andropogon pseudapricus* et *Tephrosia pedicellata* dans la commune de Kérou. En ce qui concerne la commune de Péhunco elle pré-sente 6 types de pâturage caractérisés par *Hyparrhenia sub-plumosa*, *Tephrosia pedicellata*, *Andropogon gayanus*, *Pen-nisetum polystachion*, *Andropogon chinensis*, *Brachiaria fal-cifera*, *Hyparrhenia involucrata*, *Tephrosia elegans*, *Schi-zachyrium sanguineum*, *Hyparrhenia welwitschii* et *Andro-pogon pseudapricus*. Quant à la commune de Djougou elle présente les pâturages dominés par *Pennisetum polystachion*, *Paspalum scrobiculatum*, *Tephrosia pedicellata*, *Hyparrhe-nia involucrata*, *Hyperthelia dissoluta*, *Daniellia oliveri*, *Loudetia simplex*, *Andropogon schirensis*, *Brachiaria falci-fera*, *Chamaecrista mimosoides*, *Hyparrhenia smithiana*, *Di-gitaria argillacea*, *Setaria sphacellata*, *Panicum phragmi-toides*, *Pteleopsis suberosa*, *Cyperus haspan*, *Microchloa in-dica*, *Monocymbium cerasiforme* et *Schizachyrium brevi-folium*.

3.1.2. Groupe d'espèces les mieux appréciées et peu ou pas ap-pâtées

Tenant compte de leurs appréciabilités et importances pasto-rale, les groupes d'espèces les mieux et les non ou peu où pas appréciées ont été identifiés. Cinq (5) espèces ont été rete-nues au niveau de chaque catégorie. Les courbes (figures 4, 5, 6 et 7) ci-dessous montrent l'évolution des espèces végé-tales de 1998 à 2016 dans chaque secteur de recherche.

Groupe d'espèces les mieux appréciées

Ce sont les observations directes sur le site et quelques in-terviews des acteurs qui ont permis de faire la catégorisation des espèces mieux appréciées ou peu ou pas appréciées.

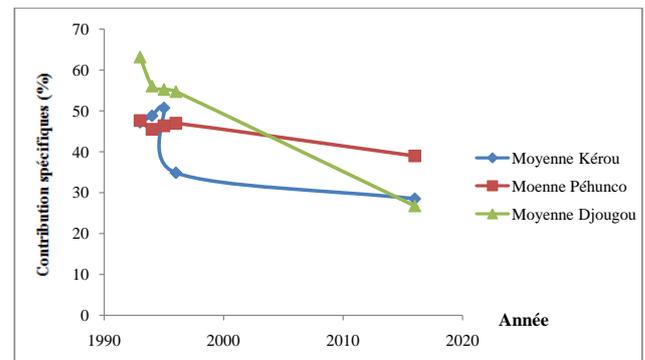


Figure 4: Contributions spécifiques des espèces végétales aux pâturages à Djougou, Péhunco et Kérou

Figure 4 : Specific contributions of palatable plant species from pasture

Groupe d'espèces les peu ou pas appréciées

Ce sont les observations directes sur le site et quelques in-terviews des acteurs qui ont permis de faire la catégorisation des espèces en mieux appréciées ou peu ou pas appréciées.

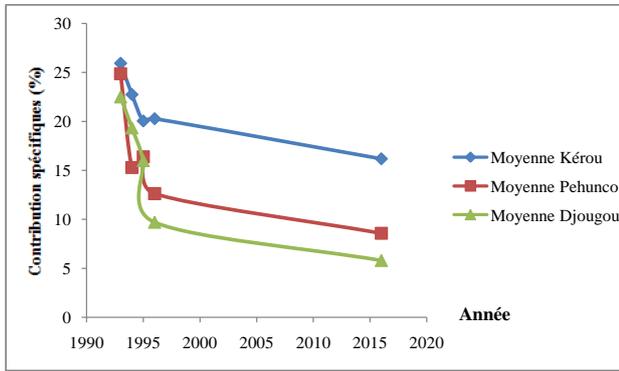


Figure 5 : Contributions spécifiques des espèces végétales aux pâturages à Djougou, Péhunco et Kèrou

Figure 5 : Specific contributions of plant species with little or no palatability

3.2. Distribution de la productivité des parcours naturels en 1998

Les productivités des parcours naturels dans les communes de Kèrou, Péhunco et Djougou en 1998 (Figure 8) présentent trois zones de distribution.

On note une zone de faible productivité répartie sur une superficie de 130997,12 ha; une zone de productivité modérée couvrant une superficie de 398073,03; une zone de forte productivité d'une superficie de 435997,86 ha.

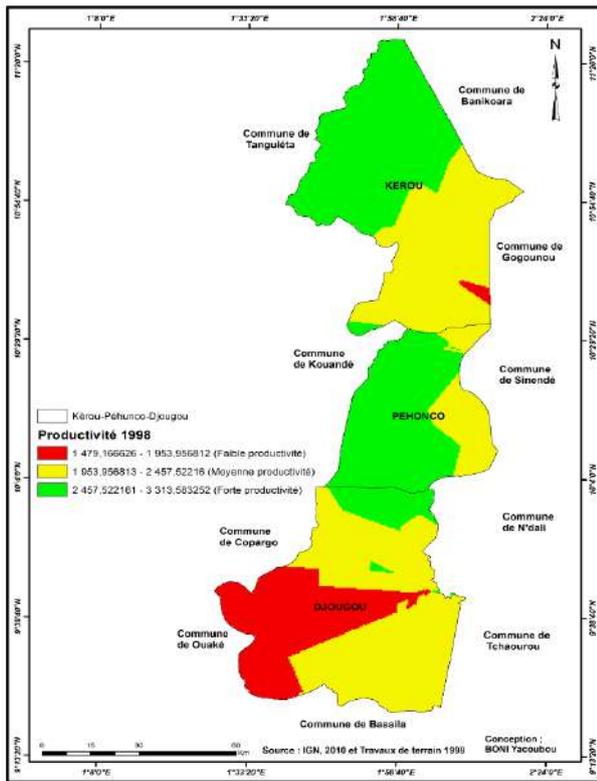


Figure 6 : Distribution de la productivité des parcours en 1998 dans le secteur Kèrou-Djougou-Péhunco

Figure 6 : Rangeland productivity distribution in 1998 in the municipalities of Kèrou-Djougou-Péhunco

Les faibles productivités (13%) occupent le Sud-Ouest de la commune de Djougou.

Concernant les productivités moyennes (41,25%), elles couvrent le nord et le sud-est de la commune de Djougou d'une part ; et d'autre part la partie méridionale de la commune de Kèrou. Quant aux fortes productivités (45,18%), elles sont plus importantes au Nord des communes de Djougou, de Kèrou et couvrent presque la commune de Péhunco.

3.3. Distribution de la productivité des parcours naturels en 2016

Les productivités sont diversement réparties en 2016 dans les communes de Kèrou, Péhunco et Djougou. Elles couvrent dans leur distribution quatre zones (Figure 9) dont celle de faible productivité établie sur une superficie de 174329,05 ha, une distribution moyenne couvrant 327054,71 ha, et une zone de forte distribution d'une superficie de 46368,4 ha.

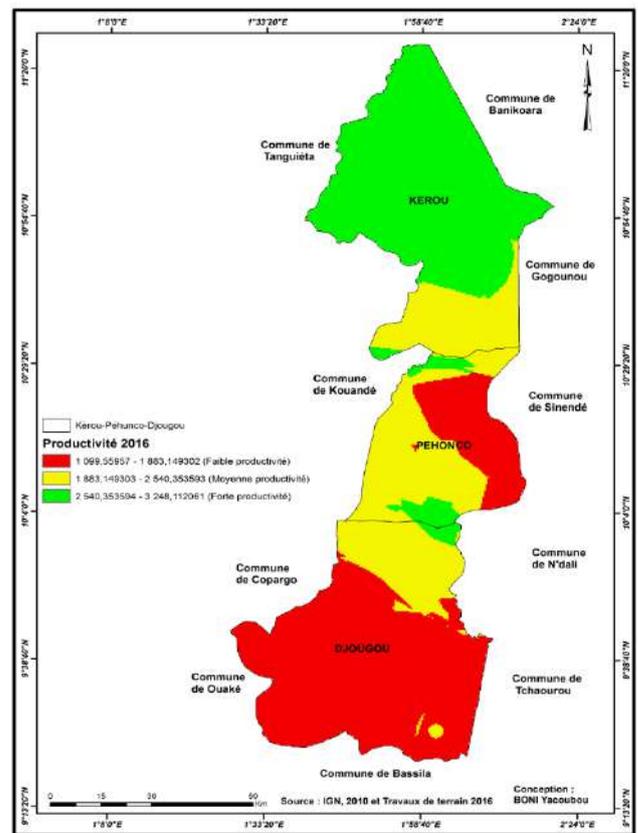


Figure 7 : Distribution de la productivité des parcours en 2016 dans le secteur Kèrou-Djougou-Péhunco

Figure 7 : Rangeland productivity distribution in 2016 in the municipalities of Kèrou-Djougou-Péhunco

Les faibles productivités (18,06%), se retrouvent au sud-ouest de la commune de Djougou, contre les productivités moyennes (33,89%) à l'ouest de la commune de Djougou et au nord de la commune de Péhunco. Quant aux fortes productivités (48,05%), elles couvrent la partie septentrionale de la commune de Péhunco et toute la commune de Kèrou.

3.4. Distribution et évolution de la productivité des parcours naturels en 1998 et 2016

La dynamique spatio-temporelle de la productivité de 1998 à 2016 dans les communes de Djougou, Péhunco et Kèrou a été appréciée à partir des changements détectés dans l'évolution des superficies des différentes unités (Figure 8).

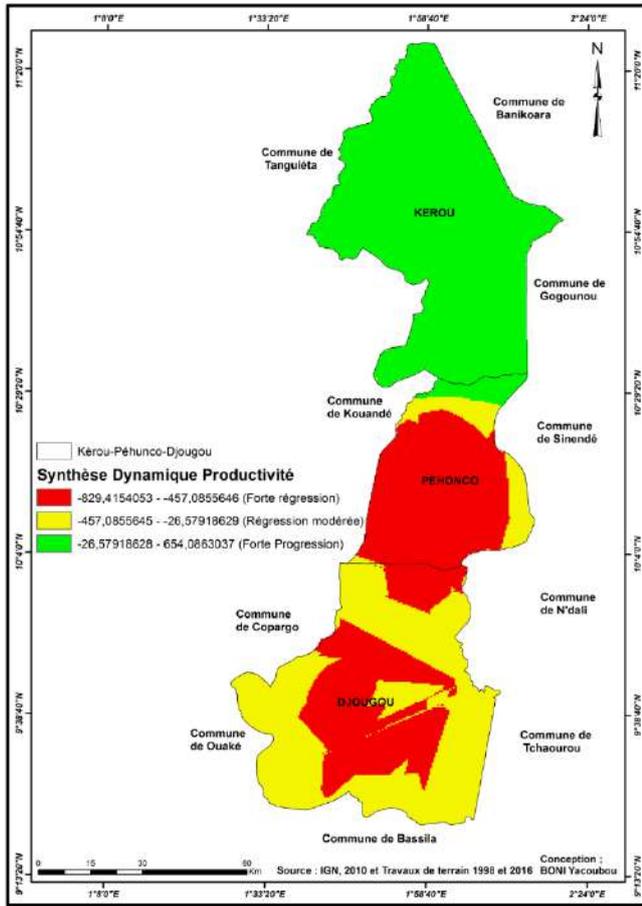


Figure 8 : Dynamique de la Productivité des parcours de 1998 à 2016 dans la zone Kèrou-Djougou-Péhunco

Figure 8 : Rangeland productivity dynamic from 1998 to 2016 in the municipalities of Kèrou-Djougou-Péhunco

L'évolution de la distribution de la productivité de 1998 à 2016 permet de noter une très forte régression de 301045 ha (31,19%) de la partie méridionale de la commune de Péhunco au profit de la partie septentrionale de la commune de Kèrou ; une forte régression de 273284,07 ha (28,32%) ; au détriment de la partie méridionale ; une régression modérée de 231028,55 ha (23,94%) au profit de la commune Djougou ; et une forte progression de 159709 ha (16,55%) au profit de la partie méridionale de Djougou.

4. Discussion

4.1. Pâturages identifiés en 1998 et 2016

Parmi les types de pâturages identifiés en 1998, plus de la moitié (58,33%) était caractérisée par les espèces pérennes.

Notamment *Hyparrhenia subplumosa*, *Andropogon schirensis* et *Andropogon chinensis* caractérisant les savanes sèches ayant atteint leur stade de reconstitution optimal (phase climacique). Tandis que *Brachiaria falcifera*, *Brachiaria serrata*, *Andropogon gayanus* et *Hyparrhenia involucrata* marquaient la phase des jachères âgés (5 ans à plus). Pendant ce temps, sur les jeunes jachères on retrouvait *Tephrosia pedicellata*, *Pennisetum polystachion*, *Brachiaria stigmatifera*, *Setaria pumila*, *Brachiaria lata*, *Bidens pilosa*, *Acanthospermum hispidum*. En 2016, ce cycle évolutif de la strate herbacée connu comme cycle de renouvellement normal de la strate herbacée semble être fortement perturbé. Les pâturages identifiés en 2016 que ce soit à Kèrou, Péhunco et à Djougou ; sont dominés par les thérophytes (65,22%).

Cette importance notoire des thérophytes est sans doute un signe de "savanisation" voire la 'sahélisation' des formations végétales de la zone de recherche.

Plusieurs études ont révélé que la 'thérophytisation' des parcours dans une zone est signe d'assèchement climatique de la zone (Natta, 1997; Reiff, 1998 ; Randriambanona et al, 2007 ; Kangbéni et al, 2012 ; Boni, 2014).

Par conséquent, cette situation pourrait être considérée comme un indice de menace d'assèchement climatique de la zone d'étude. Cependant, il est important de signaler la présence et l'abondance des espèces fourragères de qualités meilleures, telles que *Hyparrhenia subplumosa*, *Andropogon schirensis*, *Andropogon chinensis*, *Brachiaria falcifera*, *Brachiaria serrata*, *Andropogon gayanus* et *Hyparrhenia involucrata*. Cette situation pourrait signifier que la zone d'étude se trouverait dans la phase de transition qui sera progressivement substitué par la disparition totale des vivaces de bonnes qualités fourragères, convoitées plus par le bétail. Ce qui voudra dire, d'ici quelques années si cette tendance n'est pas renversée, on notera l'installation généralisée des thérophytes sur tous les pâturages de la zone de recherche: phase irréversible. A la suite de cette phase la végétation ne pourra jamais plus retrouver à l'étape climacique de sa reconstitution les espèces originales de la station (Reiff, 1998). D'ailleurs, cet auteur avait déjà notifié qu'au cours de cette étape, les parcours sont essentiellement dominés par les annuelles et les espèces autrefois dédaignées par le bétail, en l'occurrence les légumineuses. Les résultats de cette recherche riment bien avec cette thèse. La plupart des pâturages identifiés en 2016 sont annuelles (65,22%) et caractérisés par les thérophytes et chaméphytes qui jadis étaient dédaignés par les animaux.

Ces résultats pourraient également se justifier aux faits liés à la perturbations et dégradation des parcours sous l'effet de surpâturage. Natta (1997), Boni (2011, 2014), Randriambanona et Carrière (2007), Sinsin (1993), Boudet (1985) ont indiqué que les signes précurseurs de dégradation des parcours, sous l'effet de la pâture, sont la disparition progressive des espèces palatables au profit de celles invasives non appréciées par le bétail. Aussi Reiff (1998) et Boni, 2014 avaient souligné que la 'chaméphytisation', l'abondance des chaméphytes est le résultat de l'exploitation sélective des espèces appé-

tibles sur les pâturages par le bétail. Randriambanona et Carrière (2007) avaient trouvé dans les résultats de leurs travaux réalisés, au Madagascar et en Tunisie, qu'une forte présence et dominance des chaméphytes sur les pâturages est une perturbation due au broutage et au piétinement intensifié des animaux. Cette situation est considérée comme une dégradation au plan pastoral mais comme une dynamique de reconstitution de la végétation vers l'étape climacique au plan forestier (White, 1986 ; Le Houerou, 1988 ; Sinsin, 1993 ; Boutrais, 1992 ; Boulanger, 2010 ; Boni, 2014). Par ailleurs, Kangbéni et al (2012) et Boni, 2014 ont notifié que le chevauchement des espèces dans les zones phytogéographiques est indice de perturbation et peut augmenter la richesse des formations végétales en espèces. Les résultats de cette étude confirment cette thèse. En conséquence, l'observation des 4 et 5 en haut, montre l'évolution des contributions spécifiques des espèces les mieux appréciées d'une part et d'autre part les espèces peu ou pas appréciées. Ces résultats indiquent globalement une progression régressive des pâturages de la zone investiguée avec les pentes très fortes à Djougou et à Kérou, pendant qu'à Péhunco elle présente relativement une allure lente. La situation aggravante enregistrée dans le secteur de Djougou, pourrait se traduire par le fait que Djougou constitue une zone d'accueil des transhumants aussi nationaux qu'étrangers (Sidi, 1994 ; Wotto, 2003 ; Saliou, 2015) Kérou étant un grand secteur d'élevage et de production végétale, en l'occurrence le coton, se trouvant également contiguë avec Banikoara qui se trouve être la première commune d'élevage et de production cotonnière au Bénin. Subissant ainsi, non seulement la pression des animaux résidents mais aussi ceux venant de Banikoara et Gogounou voisins contribuerait inévitablement à la dégradation qualitative des parcours constatée au niveau de ce secteur. Plusieurs auteurs ont montré que dans les zones de production cotonnière, la demande en terre augmente exponentiellement et du coup hypothèque la disponibilité des espaces pastoraux (Affo, 2012 ; Lesse, 2015). Certains travaux scientifiques soutenus par les témoignages des populations sur le terrain, indiquent que Banikoara, depuis ces deux (2) dernières décennies continuent de perdre les effectifs de son cheptel au profit des communes voisines dont Kérou (Ouaba, 2013 ; Lesse, 2015). Cette situation pourrait se justifier, par le fait que, les conditions climatiques deviennent de plus en plus sévères dans cette zone, il y a aussi l'augmentation du cheptel et de la population humaine. A cela s'ajoute l'accaparement des terres par les activités agricoles et surtout de la culture de coton. La situation plus ou moins atténuante notée à Péhunco pourrait s'expliquer par le fait que Péhunco constitue une zone de transit pour le bétail allant séjourné à Djougou, Kouandé, Copargo, Toukountouna et N'Dali. Les tendances présentées par l'évolution des contributions spécifiques des espèces expliquent bien celles que présentent les productivités des pâturages identifiés dans le paragraphe suivant.

4.2. Productivité des parcours naturels en 1998 et 2016

Les données de phytomasse de la zone de recherche varient d'une (1) à 3,5 t MS/ha en 2016 alors qu'elle était d'une

(1) à 3 t MS/ha en 1998. Ces valeurs s'inscrivent dans le même ordre de grandeur que celles obtenues par différents auteurs (Natta, 1997 ; Houinato, 2001 ; Toko, 2008 ; Tamou, 2002 ; Gaoué, 2008 ; Ahoudji *et al.*, 2014). Le milieu étant une zone d'accueil des troupeaux transhumants en provenance des pays limitrophes du Bénin, ces valeurs dénotent des difficultés qu'éprouvent les éleveurs dans l'alimentation des animaux.

Globalement les productivités des unités sont trop moyennes par rapport aux valeurs indiquées pour les pâturages des zones soudaniennes (2 à 10 tMS/ha.), Rivière, 1997. On suppose généralement pour cette région que les pâturages sont d'excellentes qualités si leur valeur pastorale atteint et dépasse les 65 % (César, 2005). De plus, de cette faiblesse des productivités, les pâturages sont démunis d'espèces annuelles toute chose indiquant leur niveau de dégradation et fragilité.

Cette situation rend vulnérable ces pâturages étudiés face aux effectifs des transhumants transfrontaliers et nationaux qui se déversent chaque année dans la zone. Plusieurs raisons pourraient justifier les faibles productivités de la zone d'étude. Dans un premier temps, il y a la réduction de la durée des jachères. En effet, depuis l'avènement de la culture de coton, on observe de plus en plus la disparition de mise en jachère des terrains. Ce qui ne permet plus la reconstitution de la strate herbacée pour atteindre le stade optimal devant permettre l'installation des espèces vivaces, en l'occurrence les Poaceae.

L'autre situation est que l'accroissement du cheptel domestique de manière permanente ne donne aucune chance à ces espèces connues pour leur qualité fourragère de vivre leur développement normal. La conséquence est la disparition progressive des espèces de qualité fourragère meilleure au profit de celles dédaignées par le bétail. Le troisième élément pourrait être lié aux facteurs abiotiques. Les variabilités saisonnières, enregistrées au cours de ces dernières décennies semblent perturber les cycles phénologiques de plusieurs espèces végétales (Dicko, 2017)

En outre les baisses de productivités enregistrées en 2016 sur certains parcours (cas de Djougou à 1885,62 de 2349,33), alors qu'en 1998, ceux-ci fournissaient de meilleures productivités pourrait avoir plusieurs raisons. Soit pour des raisons évoquées plus (importance des superficies emblavées, démographie humaine et animale) la zone qui abritait un effectif important du bétail ne l'est plus du fait de réduction d'espace et de pâturages. Parce qu'entretemps les pâturages étant dégradés les éleveurs ont dû se déplacer pour d'autres localités estimées être meilleures. Ou encore, l'intensité des activités agricoles autour de ces sites, ne permet pas aux animaux d'y accéder. Les couloirs de passage et d'accès étant obstrués par l'installation des champs de cultures. Ainsi, les animaux exploitent d'autres parcours certainement libérés entretemps par les champs. Akpo (1996) et Diouf (2002) avaient observé dans le Ferlo au Sénégal, dans un travail réalisé sur ligneux une forte réduction des espèces sollicitées pour l'usage des populations et le pâturage des animaux. De toutes les manières, il serait important de poursuivre les investigations sur

ces sites pour collecter d'autres informations pouvant mieux élucider ces situations qui pourraient être intéressantes pour la science et les aménagements pastoraux voire agropastoraux. Et d'ailleurs ce travail aurait plus de portée scientifique s'il avait abordé les autres aspects contribuant inévitablement à la dégradation des parcours. Notamment ceux liés aux facteurs abiotiques, les activités agricoles et l'exploitation forestière.

5. Conclusion

L'étude de la dynamique des pâturages et de leurs productivités sur parcours de transhumance dans les communes de Kèrou, Péhunco et Djougou a été réalisée à partir de la qualité des espèces et de leur répartition dans le temps et dans l'espace. La dynamique des productivités dans les parcours naturels a été appréciée par approche diachronique de 1998 à 2016. La présente recherche a permis d'analyser la distribution et l'évolution dans le temps et dans l'espace des productivités et les espèces qui composent ces parcours naturels. L'analyse cartographique et la modélisation des changements spatio-temporels des productivités dans les parcours naturels ont révélé leur régression dans la commune de Djougou (2349,33 ; 1885,62) au profit de la commune de Kèrou (1945,06 ; 2531,45). Les résultats de ce travail montrent également une forte substitution des espèces fourragères vivaces de 1998 (58,33%) en espèces fourragères annuelles (34,78%) en 2016. Cela pourrait être un élément important pour interpellier ou amener les décideurs à veiller au maintien de l'équilibre écologique des écosystèmes pastoraux pour assurer l'avenir de l'élevage.

Les divers résultats obtenus à travers cette recherche, ont permis d'une part de constituer une banque de données actualisées sur l'état de variabilité des pâturages à travers leurs productivités et d'autre part de fournir des outils et des mesures de gestion durable des aires pâturées à l'échelle des habitats et aussi des espèces.

Face à ce processus de dégradation des parcours naturels, il est impérieux que des mesures visant à protéger ces écosystèmes soient prises afin de préserver les écosystèmes pastoraux et les intérêts de l'élevage traditionnel au Bénin.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Affo F., 2012. Production cotonnière et enjeux locaux à Banikoara au Bénin. Une analyse sociologique des politiques publiques. Thèse de doctorat. 179p

Ahoudji C. M., Tekla O., Axelsen J., Houinato M., 2014. Current floristic composition, life form and productivity of the grasslands in the Hunting Zone of Djona (Benin), *Journal of Applied Biosciences*, 78:6753 – 6762.

Akpo L. E., Grouzis M., 1996. Influence du couvert ligneux sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia*, 50 (2), 247-263.

Boni Y., 2011. Etude des pâturages naturels et intégration des éleveurs de ruminants dans les programmes d'aménagement de la forêt classée de Wari-Marou. Mémoire de Maitrise de Géographie. DGAT/FLASH/UAC, 66p.

Boni Y., 2014. Effets de la transhumance sur les parcours naturels de Dogué dans la commune de Bassila, au nord du Bénin. Thèse de Diplôme d'Etude Approfondie. FA/Université de Parakou, 120p

Boudet G., 1975. Problèmes posés par l'estimation de la capacité de charge d'un "pâturage naturel" tropical in CIPEA, 1975. Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains. Actes du colloque Bamako- Mali mars 1975 : 265-267.

Boulanger V., 2010. Pression d'herbivorie et dynamique des communautés végétales: Influence à court et moyen termes des populations de cervidés sur la diversité des communautés végétales en forêt. Thèse de doctorat. Université Nancy 1. 319p.

Boutrais J., 1992. L'élevage en Afrique tropicale : une activité dégradante ? pp. 109- 125 in Afr. Contemporaine, 161, La documentation française, Paris. P 303-319

Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. New York, USA, London, UK, Mc Cray Hill. 439p.

César J. 2005. *L'Evaluation des Ressources Fourragères Naturelles. Productions Fourragères en Zone Tropicale. Production Animale en Afrique de l'Ouest ; Synthèse*. CIRDES/CIRAD: Bobo Dioulasso, Burkina Faso ; 12 p.

Daget PH. et Poissonnet J., 1971. Une méthode d'analyse des prairies, critères d'application, Ann. Agro. 22, 1 : 5-41

Diouf M., Akpo L., Rocheteau A., Do F., Goudiaby V., Diagne A. L., 2002. Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation sahélienne au nord-Sénégal (Afrique de l'Ouest). In *J. Sci. Vol. 2, N° 1*

Djenontin J. A., 2005. Interactions Elevage-Environnement: Adaptation des modes d'élevage des bovins à l'extension des espaces cultivés au Nord – Est du Bénin.

Djenontin J. A. 2010. Dynamique des stratégies et pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord- Est du Bénin. Université d'Abomey-Calavi. Thèse de Doctorat. 203p.

Eboh E.C., Oji K.O., Oji O.G., Amakom U. S., Ujah O. C., 2008. Towards the ECOWAS Common Agricultural Policy Framework: Nigeria Case Study and Regional Analysis. African Institute for Applied Economics. Enugu, Nigeria. 197 p

Gaoué O. G., (2008): Assessing the impact of Bark and Foliage Harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) in Benin, West Africa. Ph.D. thesis, University of Hawaii at Monao, Honolulu. ----- and T. Ticktin., 2007. Pattern of Harvesting Foliage and Bark from the multi-purpose Tree *Khaya senegalensis* in Benin: Variation across Ecological Regions and Its Impact on Population Structure. *Biological Conservation* 137: 424-436.

Houinato M., 2001. Phytosociologie, écologie, productivité et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts-kouffé (Bénin). Thèse de Doctorat. Fac. Sc. Lab. Bot. Syst. et Phyt. Uni.Lib. Bruxelles, Belgique : 219p.

Kangbéni D., Kpérkouma W., Komlan B., Marra D., Yao A. W. et Koffi A., 2012. Analyse spatiale des différentes formes de

- pressions anthropiques dans la réserve de faune de l'Oti-Mandouri (Togo). *Vertigo- La revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-séeri 14
- Le Houérou H.N., Bingham R.L. & Skerbek W., 1988. Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments* 15: 1- 18
- Lesse A.A.D.P., 2015. Gestion et modélisation de la dynamique des parcours de transhumance dans un contexte de changements climatiques au Nord-Est du Bénin. Thèse de doctorat unique. Université d'Abomey-Calavi. 299p
- Millogo/Rasolodimby J. 2001. L'homme, le climat et les ressources alimentaires en période de crise de subsistance au cours du 20ème siècle au Burkina Faso. Université de Ouagadougou, Thèse de Doctorat d'Etat, 248 p
- Natta A. K., 1997. Contribution à l'étude et aménagement des pâturages naturels dans le Nord-Ouest de l'Atacora. Mémoire d'Ingénieur Agronome. DAGE/FSA/UNB, Abomey-Calavi, Bénin. 199p.
- Ouaba A.P., 2013. Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè. Thèse de Doctorat unique. Université de Ouagadougou Burkina Faso. 305p
- Oumorou, M., 1998. Etude phytosociologique de quelques phytocénoses du domaine soudanien du Bénin. Mémoire de D.E.S.S., Univ. Liège (Belgique) & Univ.Lib. Bruxelles, 82p + annexes.
- Oumorou M., 2003. Etudes écologique, floristique, phytogéographique et phytosociologique des inselbergs du Bénin. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, 240 p + annexes.
- Randriambanona H. A., Akpo E. L., Rajeriarison C., Carrière S.M., 2007. Dynamique de la végétation post- culturale dans et autour du corridor forestier (Fianarantsoa Madagascar). *Journal des Sciences et technologies*, Vol. 5, N° 1, pp.50-71
- Rivière R. 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. IMVT. Rep. Française Min. de la coop. 529p
- Saliou A. R. A., 2015. Modélisation prédictive et cartographie de la dynamique des parcours de transhumance dans le contexte de variabilités climatiques dans le Moyen-Bénin. Thèse de doctorat unique. Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 306p
- Sawadogo L, Tiveau D, Nygard R. 2005. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: 335–345.
- Sinsin B, 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, production et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalalé au Nord-Bénin. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université Libres de Bruxelles. Belgique. 390 p
- Sinsin et al., 1996. Aménagement des forêts classées de Wari- Maro, des Monts Kouffé et d'Agoua. Volet aménagement de la faune. Projet Bois de feu. DFRN/MDR, Cotonou, Bénin
- Sinsin B. (1997). La transhumance dans les aires protégées d'Afrique de l'Ouest, *Revue d'information PACIPE*, 5, 4-14
- Sinsin B. et Wotto J., 2003. Changes in floristic composition of grazing land in northern Sudanian zone (Benin). In : Allsopp N., Palmer A.R., Milton S.J., Kirkman K.P., Kerly G.I.H., Hurt C.R. et Brown C.J. (2003) (eds.): *Rangelands in the new millennium*, VIIth International Rangeland Congress, Durban South Africa, 26 July – 1.
- Snedecor G.W. et Cochran G.W. 1957. *Méthodes statistiques*. 6è édition. Ed. The Iowa State University Press, 649p.
- Tamou C., 2002. Etat des lieux quantitatifs et spatialisé de la transhumance dans la zone d'influence du Réserve de Biosphère Transfrontalière du W du fleuve Niger-Bénin. Thèse pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome FSA/UAC 111p.
- Toko I., 2008. Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des topos séquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat en Géographie. Université d'Abomey Calavi. Cotonou. 241p
- White F., 1986. La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. ORSTOM-UNESCO/AEFAT/UNSO. 353p
- Yameogo G., Kiema A., Yelemou B. & Ouedraogo L., 2013. Caractéristiques des ressources fourragères herbacées des pâturages naturels du terroir de Vipalogo (Burkina Faso), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2078-2091
- Yélémo B, Bationo B, Yaméogo G., Millogo-Rasolodimby J. 2007. Gestion, traditionnelle et usage de *Piliostigma reticulatum* (D.C.) Hochst., dans le Plateau central du Burkina Faso. *Bois et Forêt des Tropiques*, 291(1): 55-65.
- Zekpete E. I. S., (2009). Transhumance et changement climatique : Utilisation des outils d'aide à La décision dans la gestion durable des ressources des écosystèmes agropastoraux Soudano-Sahéliens du Bénin DESS/AGR/ FSA/UAC 78 p.



Effets du climat, du sol et du diamètre sur la phénologie de *Lophira lanceolata* (Ochnaceae) au Bénin

Aliou DICKO ^{1*}, Armand Kuyéma NATTA ¹, Eben-Ezer EWEDJE ², M'Mouyohoun KOUAGOU ¹

⁽¹⁾ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Bénin.

⁽²⁾ Laboratoire de Biologie, Ecologie végétale Appliquée et Génétique Forestière, Faculté des Sciences et Techniques (FAST-DASSA), Université Nationale des Sciences, Technologies, Ingénieries et Mathématiques (UNSTIM-Abomey), BP 14, DASSA, Bénin.

Reçu le 04 Septembre 2017 - Accepté le 13 Novembre 2017

Effects of climate, soil and diameter on the phenology of *lophira lanceolata* (ochnaceae) in benin

Abstract: Knowledge of phenological processes is necessary to understand the ecology and dynamics of plant species. This study allowed us to elucidate the effect of climate, soil type and diameter at breast height (dbh) on the phenology of *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay (Ochnaceae) in Benin. A total of 201 trees randomly selected from 6 phytogeographic districts (Chaîne de l'Atacora, Borgou-Nord, Borgou-Sud, Plateau, Zou, Côtier) were considered. The beta regression was used to test the effect of the climate zone, dbh and soil type on the phenological phases (leafing, flowering and fruiting) of *L. lanceolata*. In addition, simple and mixed ordinary linear models have been used to test whether the different phenological sub-phases (stages) of each phenological phase are influenced by climatic, soil and dbh conditions. Results showed that the proportion of crowns in leafing, flowering or fruiting varied significantly from one month to another, from one climate zone to another, and from one type of soil to another. The foliage is very important at the level of the Sudano-Guinean and Guineo-Congolese zone trees but very weak in the Sudanian dry zone. On the other hand, flowering and fruiting are more important at the level of the Sudanian zone than in the other two climate zones of Benin. The effect of dbh on the three phenological phases varies according to the months, the climate zone and the type of soil. An increase in diameter at breast height results in a reduction in the proportion of the crown in leafing and in flowering, but in an increasing in the proportion of crown in fruiting. The Sudanian zone of Benin appears more favorable to a sexual reproduction of *L. lanceolata* and this could be taken into account for a better conservation of this species.

Keywords: *Lophira lanceolata*, Phenophase, climate, soil, phytodistrict, Benin

Résumé : La connaissance des processus phénologiques est nécessaire pour comprendre l'écologie et la dynamique des espèces végétales, en particulier celles des régions de savanes. La présente étude vise à élucider l'effet du climat, de la nature du sol et du diamètre à hauteur de poitrine d'homme (dbh) sur la phénologie de *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay (Ochnaceae) au Bénin. Au total, 201 arbres matures, choisis de façon aléatoire dans 06 districts phytogéographiques (Chaîne de l'Atacora, Borgou-Nord, Borgou-Sud, Plateau, Zou, Côtier), ont été considérés. La régression beta a été utilisée pour tester l'effet de la zone climatique, du dbh et du type de sol sur les trois phases phénologiques de *L. lanceolata*. De plus, les modèles linéaires ordinaires simples et mixtes ont été utilisés pour tester si les stades de chaque phase phénologique sont influencés par les conditions climatiques, pédologiques et le dbh. Les résultats nous révèlent que la proportion du houppier en feuillaison, en floraison ou en fructification variait significativement suivant le mois, la zone climatique et le type de sol. La feuillaison est très importante au niveau des arbres des zones Soudano-Guinéenne et Guinéo-Congolaise mais très faible dans la zone

sèche Soudanienne. Par contre, la floraison et la fructification sont plus importantes au niveau de la zone Soudanienne que dans les deux autres zones climatiques plus humides du Bénin. L'effet du dbh sur les trois phases phénologiques varie suivant les mois, la zone climatique et le type de sol. Un accroissement du dbh entraîne une réduction de la proportion du houppier en feuillaison et en floraison, mais par contre entraîne une augmentation de la proportion du houppier en fructification. La zone Soudanienne du Bénin apparaît plus favorable à une reproduction sexuée des pieds de *L. Lanceolata* et ceci pourrait être pris en compte pour une meilleure conservation de cette espèce.

Mots clés : *Lophira lanceolata*, Phénophases, climat, sol, district phytogéographique, Bénin

1. Introduction

La phénologie des plantes ou calendrier des cycles végétatifs et reproductifs, présente souvent une forte périodicité annuelle. Elle étudie les phénomènes périodiques des plantes en cherchant à comprendre la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition de ceux-ci (Dittmar & Elling, 2006). Le rythme d'apparition de ces différentes phases dépend des facteurs aussi bien biologiques que physiques, comme l'espèce, la latitude, les conditions édaphiques ou topo-climatiques (Richardson et al., 2006).

La phénologie des espèces tropicales est influencée par des variations des paramètres climatiques (Borchert et al., 2002; Rivera et al., 2002; Williamson, 2002; Anderson et al., 2005). Le climat (distribution annuelle de précipitations et variation saisonnière de la température) semble être le déterminant principal de la production annuelle des graines (Koenig & Knops, 2000; Kelly & Sork, 2002; Fandohan et al., 2011). La phénologie est très sensible à l'environnement (Rumland & Vulie, 2005), et c'est donc un outil utile pour évaluer les réponses des plantes aux changements climatiques ainsi que les variations périodiques des facteurs climatiques (température, précipitations, rayonnement solaire) dans les zones climatiques spécifiques (Chmielewski & Rötzer, 2001; Crepinsek & Kajfez-Bogataj, 2006; Nord & Lynch, 2009). En outre, les variations phénologiques pourraient révéler des particularités de différents taxons dans leurs réponses physiologiques à la variabilité du sol ainsi que la disponibilité des nutriments et leur absorption par les plantes (Nord & Lynch, 2009).

Les résultats de plusieurs études en milieux tropicaux démontrent que les modèles d'événements phénologiques des plantes ligneuses sont étroitement liés à l'hygrométrie de l'air (Piot et al., 1980; Okullo et al., 2004), l'humidité du sol (de Bye et al., 1998) et la topographie (Law et al., 2000). Des stress biotiques découlant de facteurs anthropiques (écorçage, émondage, cueillette de feuilles, feux de végétation etc.) à l'origine d'une réallocation des ressources en défaveur de la reproduction sexuée, provoquent aussi des variations de la phénologie (Gaoué, 2008; Ewédjè et al., 2015; Sinébou et al., 2016).

Les variations de la production de fruits et de graines sont influencées par des facteurs exogènes et endogènes (Gbèmavo et al., 2010; Houehounha et al., 2010). De plus, les modèles d'événements phénologiques dépendent également des pratiques agroforestières (Guira, 1991; Kelly et al., 2007). Ainsi, les études phénologiques fournissent des informations sur les plantes et le fonctionnement de leurs communautés quand les événements phénologiques divers reflètent les traits environnementaux (biotiques et abiotiques). De telles études sont également importantes en ce qui concerne la conservation des ressources génétiques et pour une meilleure compréhension des interactions plantes/habitats, en particulier pour des espèces ligneuses à usages multiples.

Au Bénin, une étude récente de Dicko et al. (2017) a montré que *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay (Ochnaceae), un mésophanérophite des savanes soudano-guinéennes et soudanienne (Akoegninou et al., 2006), est très utilisé en médecine traditionnelle. La multiplicité de ses usages sociaux accentue la pression anthropique sur ses populations au nord-ouest du pays (Dossa, 2011). Cette espèce, autochtone d'Afrique de l'Ouest est connue pour ses utilisations alimentaire, culinaire, agricole, pastorale, vétérinaire, domestique, artisanale, industrielle et médicinale (Mapongmetsem, 2007; Dicko et al., 2017). Elle joue un rôle très important sur les plans de l'économie domestique, médicinale, culturelle, alimentaire, magico-mystique, etc. (Tchacondo et al., 2011; Etuk et al., 2009; Hermans et al., 2004; Diallo et al., 2012). Les feuilles sont principalement utilisées pour traiter le paludisme, la fièvre jaune, les cauchemars, les maux de ventre. Les fleurs jouent un rôle magico-mystique et sont considérées par certaines populations locales comme porte-chance. Les fruits (amandes) sont plus utilisés dans la fabrication d'une huile alimentaire.

Akoegninou et al. (2006) ont précisé les périodes de floraison (i.e. Février, Mars, Juin, Juillet, Septembre et Décembre) et de fructification (i.e. Février et Mars) de *L. lanceolata* à l'échelle du pays. Cependant, il n'existe pas encore de données scientifiques générées à partir de suivis réguliers des différentes phases d'apparition, de développement et de croissance des organes clés (i.e. feuilles, fleurs et fruits) de cette espèce à usages multiples dans ses différentes régions d'occurrence. Pourtant la disponibilité de ces organes,

* Auteur Correspondant : dicko_aliau@yahoo.fr
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

qui fournissent différents PFNLs, contribuera à une meilleure exploitation et gestion de ces ressources et de leurs habitats dans les zones climatiques du Bénin. L'ignorance des variations des conditions climatiques et des pressions anthropiques ainsi que leurs impacts sur la phénologie peut conduire à des généralisations erronées du calendrier des événements phénologiques et même à une estimation des variations intra-annuelles, interannuelles et inter-écologiques de la production de fruits (de Bye et al., 1998 ; Assogbadjo et al., 2005 ; Fandohan, 2011).

Aucune étude n'a encore été entreprise sur les processus de feuillaison, de floraison, de fructification de *L. lanceolata*, la proportion de fleurs et la perte de fruit et le degré de synchronisation de la floraison et de la fructification aux niveaux des individus isolés ou en population. Les données sur l'influence des conditions climatiques et pressions anthropiques sur les stades de la phénologie de cette espèce sont également indisponibles. Dès lors, il urge d'étudier la phénologie de *L. lanceolata*, comme modèle d'espèce typique des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes, à travers les gradients environnementaux pour comprendre la survie des populations de cette espèce ligneuse oléagineuse au Bénin. L'objectif de cette étude est de fournir des données quantitatives sur la réponse phénologique de *L. lanceolata* aux variations du climat, du type de sol et du diamètre à hauteur de poitrine (dbh) de ses arbres au Bénin.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Milieu d'étude, choix des arbres et des variables pour le suivi phénologique

Les arbres ont été choisis de façon aléatoire dans six (06) districts phytogéographiques (Chaîne de l'Atacora, Borgou-Nord, Borgou-Sud, Plateau, Zou, Côtier ; Tableau 1) des (03) trois zones climatiques (Soudanienne, Soudano-Guinéenne, Guinéo-Congolaise) du Bénin (Figure 1). Les arbres choisis pour le suivi phénologique sont ceux ayant un dbh supérieur au diamètre minimum de fructification (i.e. 8 cm, selon la prospection du milieu d'étude). Au total 201 arbres matures et productifs ont été suivis dans tout le Bénin.

Les observations phénologiques se sont déroulées une fois par mois durant 12 mois consécutifs (Avril 2016 à Mars 2017). L'état phénologique de chaque arbre a été noté suivant trois phénophases comprenant chacune quatre stades (cf. Tableau 2).

A chaque observation mensuelle, pour chacune des trois phases phénologiques, un pourcentage de 100% a été réparti sur les quatre stades qui composent cette phase. Une échelle de 0 à 100% a été alors définie et six (06) niveaux d'observation ont été retenus :

0 : le phénomène n'est pas observé ;

1 : le phénomène est très faiblement observé (dans 0-20% du houppier) ;

2 : le phénomène est faiblement observé (dans 20-40% du houppier) ;

3 : le phénomène est moyennement observé (dans 40-60% du houppier) ;

4 : le phénomène est bien observé (dans 60-80% du houppier) ;

5 : le phénomène est très bien observé (dans 80-100% du houppier).

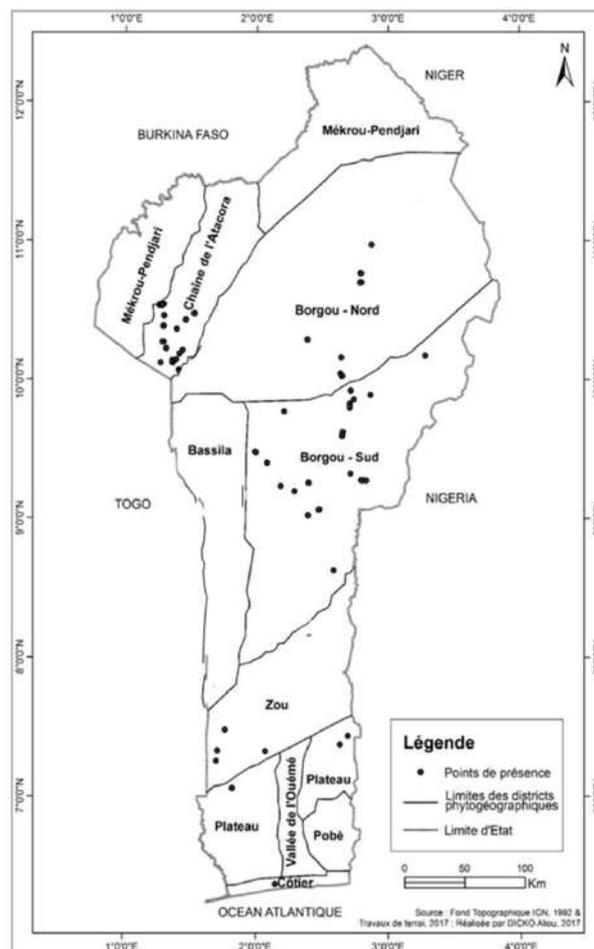


Figure 1 : Carte du milieu d'étude

Figure 1: Localization of the study area

Neuf (09) différents types de sols ont été identifiés suivant nos sites de collecte de données, à savoir les sols a) ferrugineux tropicaux faiblement concrétionnés (Boukoro, Commune de Sinendé) ; b) argilo-limoneux (à Bensékou, Commune de Kandi) ; c) ferrugineux tropicaux sans concrétions (à Sakarou, Commune de N'dali) ; d) ferrugineux tropicaux lessivés (à Wansokou, Commune de Toucountouna) ; e) latéritiques caillouteux (à Tchoumi-Tchoumi, Commune de Natitingou) ; f) ferrugineux tropicaux faiblement concrétionnés (à Alafiarou, Commune de Tchaourou) ; g) ferrugineux tropicaux faiblement concrétionnés (à Idigny, Commune de Kétou) ; h) sableux, hydromorphes, halomorphes (à Ahozon, Commune de Ouidah) et i) ferrugineux avec pseudo-gley et concrétions (à Kinta, Commune de Bohicon).

Tableau 1: Caractéristiques des districts phytogéographiques du Bénin (cf. Adomou, 2005)

Table 1: Characteristics of the phytodistricts of Benin (see Adomou, 2005)

Zone climatique	District phyto géographique	Régime pluviométrique	Pluviométrie (mm)	Types majeurs de sol	Formations végétales majeures
Zone Soudanienne	Chaîne de l'Atacora	Unimodal	1000-1200	Sols minéraux & peu évolués	Forêt galerie, forêt sèche & savane boisée
	Borgou-Nord	Unimodal	1000-1200	Sols ferrugineux sur roches cristallines	Forêt sèche, savane boisée & forêt galerie
Zone Soudano-Guinéenne	Borgou-Sud	Tendance vers uni-modal	1100-1200	Sols ferrugineux sur roches cristallines	Forêt sèche, savane boisée & forêt galerie
	Zou	Tendance vers uni-modal	1100-1200	Sols ferrugineux sur roches cristallines	Forêt sèche, savane boisée & forêt galerie
Zone Guinéo-Congolaise	Plateau	Bimodal	900-1100	Sols ferralitiques sans concrétions	Forêt semi-décidue
	Côtier	Bimodal	900-1300	Sols sableux + hydro morphiques & halo morphiques	Forêt côtière & fourrées dérivées, mangrove

Tableau 2: Stades associés à chaque phase phénologique

Table 2: Stages related to each phenological phase

Phases Stades	Feuillaison	Floraison	Fructification
1	Bourgeon foliaire	Bouton floral	Nouaison
2	Feuille initiale	Panicule gonflé	Fruit en développement
3	Feuille matura	anicule bien développé	Fruit vert bien développé
4	Sénescence	Panicule en fleur	Fruit mûr

2.2. Méthode d'analyse des données

La regression beta (Cribari-Neto & Zeileis, 2010) a été utilisée pour tester l'effet de la zone climatique, du dbh et du type de sol sur les phases phénologiques (i.e. feuillaison, floraison et fructification). Les modèles linéaires ordinaux simples et ordinaux mixtes (Christensen, 2015) ont été utilisés pour tester si les différents stades de chaque phase phénologique sont influencés par les conditions climatiques, pédologique et le dbh. Plusieurs modèles ont été proposés et comparés en utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC: Akaike Information Criterion) (Akaike, 1974). Les modèles avec un $\Delta AIC < 2$ ont été considérés comme meilleurs (Burnham & Anderson, 2002). $\Delta AIC = AIC_i - AIC_{min}$ est la différence entre le AIC d'un modèle i donné et le AIC le plus petit. Mais pour raison de parcimonie, on a choisi aussi bien le modèle qui a la plus petite valeur de AIC et le plus petit nombre de termes et les facteurs qui influencent la feuillaison, la floraison et la fructification (Tableau 3). Toutes les analyses ont été exécutées sous R, version 3.4.1 (R Core Team, 2017).

Tableau 3: Choix du meilleur modele

Table 3: Selection of the best fit model

Modèles	df	Feuillaison	Floraison	Fructification
		dAIC	dAIC	dAIC
(a) Mois	13	852,83	437,86	733
(b) dbh	3	1032,99	696,21	859,19
(c) Mois+dbh	14	572,62	354,17	580,06
(d) Mois+dbh + Sol+ Zone climatique	24	445,93	324,29	489,41
(e) Sol	10	1108,82	715,47	903,85
(d) Mois: dbh +Zone climatique: dbh	16	89,15	33,773	89,46
(e) Sol: dbh+Zone climatique: dbh	13	1016,15	706,41	848,32
(f) Mois: dbh + Sol: dbh	22	82,64	29,19	72,38
(g) dbh+Mois: dbh + Sol: dbh +Zone climatique: dbh	24	0,00	0,00	0,00

Model g was the best among tested models (dAIC=0<2)

3. Résultats

3.1. Influence du climat, du dbh et du type de sol sur la feuillaison

La proportion du houppier en feuillaison varie significativement au seuil de 5% d'un mois à un autre (Tableau 4 ; Figure 2.a). La feuillaison se déroule tout au long de l'année mais la phase active couvre les mois d'Avril à Septembre ; au-delà de cette période (Septembre-Décembre), les arbres commencent à perdre leurs feuilles. La feuillaison varie d'une zone climatique à une autre (Figure 2.b) ; elle décroît des zones Guinéo-Congolaise et Soudano-Guinéenne du Bénin vers la zone Soudanienne.

De plus au sein de chaque zone, elle varie zone climatique et du type de sol (Tableau 3). Un accroissement de dbh entraîne une réduction de la proportion du houppier en feuillaison ($\beta = -0,04$; $p = 0,000$) (Tableau 4). L'effet significatif en fonction du type de sol et est globalement plus importante au niveau des sols ferrugineux avec pseudo-gley et

concrétions, des sols halomorphes, hydromorphes, et ceux sableux (Figure 2.c). L'effet du dbh sur la feuillaison dépend du mois, de la du climat, du dbh et du type de sol sur la feuillaison varie selon le stade phénologique considéré (Tableau 5).

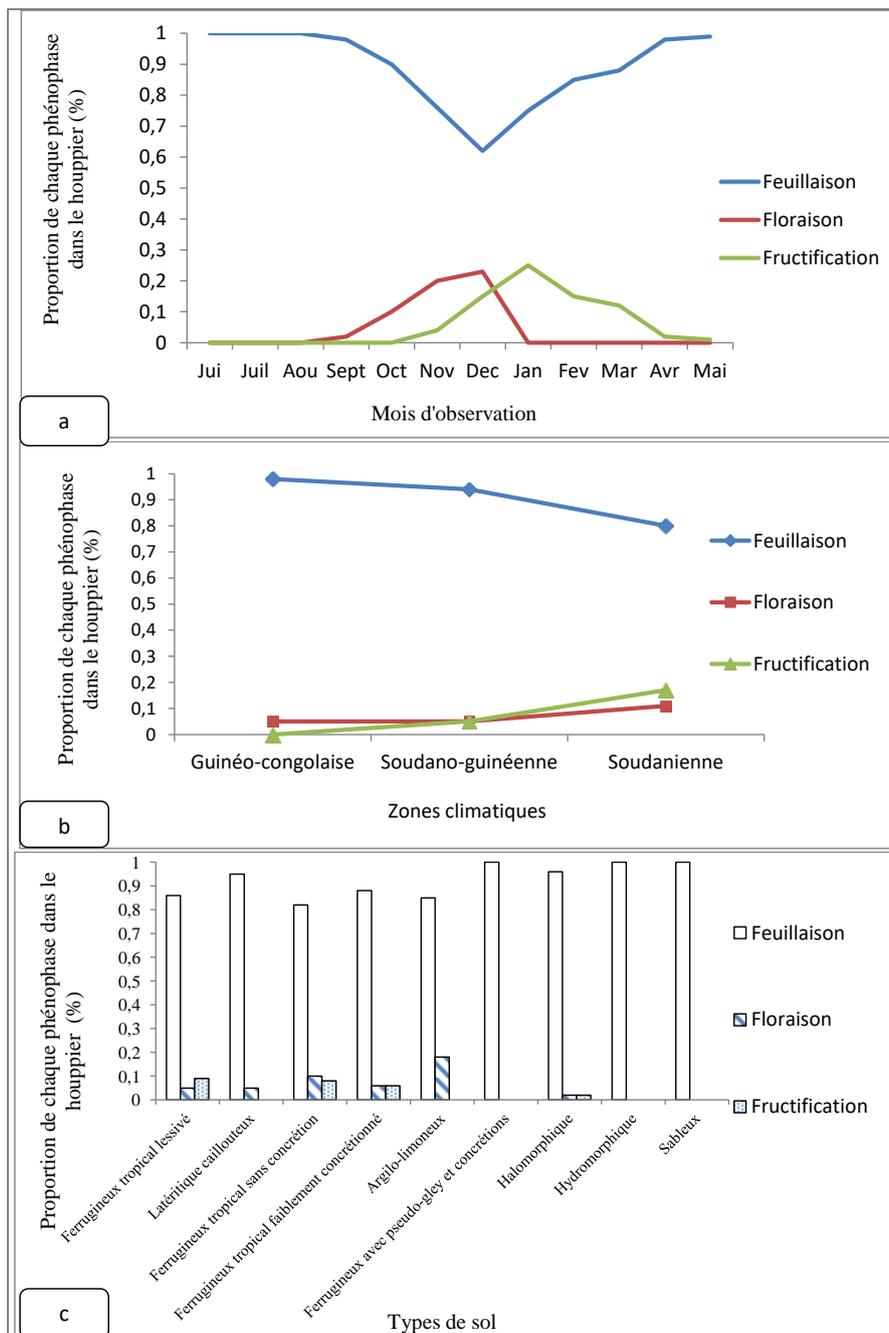


Figure 2. Evolution des phénophases suivant les mois (2.a), les zones climatiques (2.b) et les types de sols (2.c)

Figure 2. Evolution of phenophases according to months (2.a), climate zones (2.b) and soil types (2.c)

Tableau 4 : Test de l'effet des zones climatiques, du dbh et du type de sol sur les phases phénologiques de *L. lanceolata*

Table 4: Testing the effect of climatic zones, trees dbh and type of soil on phenologic phase of *L. lanceolata*

Paramètres	Feuillaison		Floraison		Fructification	
	β	Pr(> z)	β	Pr(> z)	β	Pr(> z)
(Intercept)	3,18	0,000***	-3,55	0,0000***	-3,61	0,000***
dbh	-0,04	0,000***	-0,03	0,0004***	0,06	0,000***
dbh:Février	0,01	0,0004	0,0005	0,9	-0,02	0,000***
dbh:Mars	0,02	0,000***	0,0005	0,9	-0,02	0,000***
dbh:Avril	0,09	0,000***	0,0003	0,9	-0,1	0,000***
dbh:Mai	0,09	0,000***	0,0003	0,9	-0,1	0,000***
dbh:Juin	0,09	0,000***	0,0003	0,9	-0,1	0,000***
dbh:Juillet	0,09	0,000***	0,0003	0,9	-0,1	0,000***
dbh:Aout	0,09	0,000***	0,0003	0,9	-0,1	0,000***
dbh:Septembre	0,08	0,000***	0,008	0,08	-0,1	0,000***
dbh:Octobre	0,04	0,000***	0,05	0,000***	-0,1	0,000***
dbh:Novembre	0,005	0,225	0,08	0,000***	-0,08	0,000***
dbh:Decembre	-0,01	0,000***	0,09	0,000***	-0,03	0,000***
dbh:sol_1438	0,03	0,000***	0,007	0,26	-0,05	0,000***
dbh:sol_1439	-0,03	0,000***	0,029	0,000***	0,016	0,0001***
dbh:sol_1443	-0,01	0,0004***	0,01	0,00005***	0,001	0,5
dbh:sol_1445	-0,002	0,581	0,01	0,035*	-0,009	0,063
dbh:sol_1549.074302	0,02	0,012*	-0,006	0,43	-0,02	0,004**
dbh:sol_1647.949991	-0,02	0,09	0,013	0,36	0,02	0,06
dbh:sol_1647.965673	0,01	0,135	-0,007	0,47	-0,01	0,29
dbh:sol_1648	0,01	0,299	-0,006	0,63	-0,01	0,47
dbh: Zones ecologique soudanienne	-0,04	0,000***	0,02	0,0002***	0,04	0,000***
dbh: Zones ecologiques soudanoguinéenne	-0,009	0,102	0,0009	0,87	0,017	0,001**

Bien que la feuillaison soit moins importante dans sa globalité (en considérant simultanément tous les stades de la feuillaison) en zone soudanienne, la formation des bourgeons foliaires est élevée dans les districts phytogéographiques de la Chaîne de l'Atacora et du Plateau (Figure 3.a) en zone soudanienne et guinéo-congolaise (Figure 3.b) et sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés et latéritiques caillouteux (Figure 3.c). Il en est de même pour l'initiation foliaire qui est plus importante dans le Borgou-Nord et la Chaîne de l'Atacora (Figure 3.a) en zone soudanienne (Figure 3.b) et sur les sols ferrugineux tropicaux sans concrétion et les sols latéritiques caillouteux (Figure 3.c). De Janvier à Août, la proportion de

feuilles matures est plus élevée dans les districts phytogéographiques du Borgou-Sud, du plateau, du Zou et côtier (Figure 3.a). Elle est moins importante dans la zone soudanienne que dans les autres zones climatiques du Bénin (Figure 3.b). Elle est moins intense sur les sols latéritiques, caillouteux et des sols ferrugineux tropicaux sans concrétion et les sols ferrugineux tropicaux lessivés (Figure 3.c). On rencontre plus de feuilles matures sur les arbres de faible dbh ($Z=-3,204$; $p<0,001$). La chute des feuilles ou sénescence est plus intense dans le district de la chaîne de l'Atacora, en zone soudanienne, sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés et les sols latéritiques caillouteux (Figures 3.a ; 3.b ; 3.c).

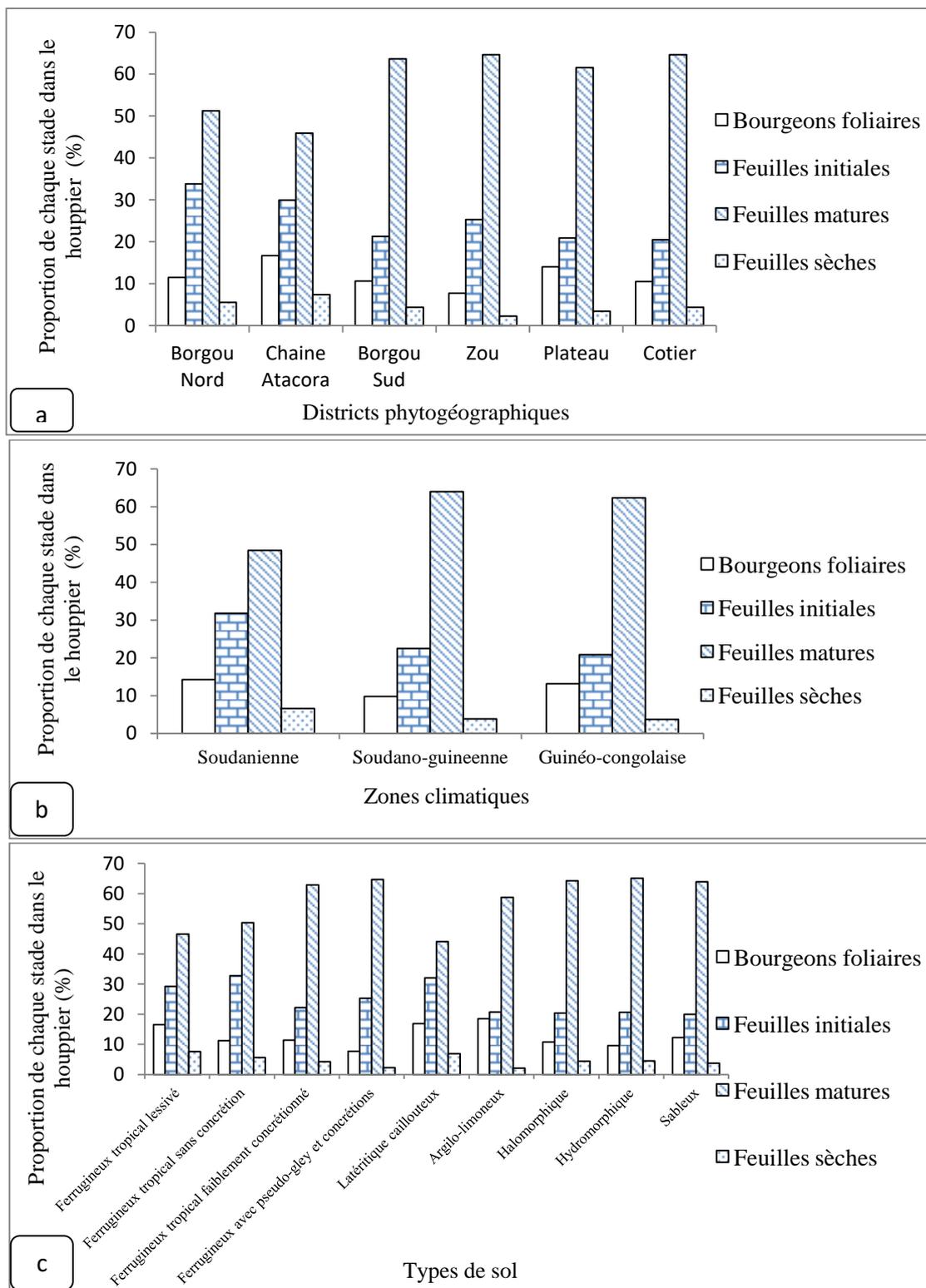


Figure 3. Evolution des stades de la feuillaison selon les districts phytogéographiques (3.a), les zones climatiques (3.b) et les types de sols (3.c)

Figure 3. Evolution of foliage stages according to phytodistricts (3.a), climate zones (3.b) and soil types (3.c)

Tableau 5 : Effets du district phytogéographique, de la zone climatique, du type de sol et du dbh sur les sous-phases de la feuillaison

Table 5 : Effect of phytogeographic districts, climatic zone, type of soil and dbh on the leafing phase

Facteurs	Modalités	Bourgeons Foliares		Feuilles initiales		Feuilles matures		Feuilles sèches	
		Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob
District	Borgou Nord		R		R		R		R
	Borgou Sud	0,308	0,501	-3,226	<0,001	3,419	<0,001	-0,292	0,770
	Chaîne Atacora	2,981	0,006	-1,568	0,116	-1,988	0,067	1,311	0,189
	Cotier	1,602	0,202	-0,045	0,964	0,518	0,004	-0,711	0,477
	Plateau	2,112	0,009	-3,472	0,002	4,015	<0,001	-2,52	<0,001
	Zou	-1,015	0,081	-3,158	<0,001	4,203	<0,001	-0,581	<0,001
Zone climatique	Guinéo-congolaise		R		R		R		R
	Soudanienne	0,277	0,502	2,190	0,028	-2,533	0,011	3,726	<0,001
	Soudano-guinéenne	-1,159	<0,001	1,615	0,106	-1,132	0,257	0,971	0,331
Sol	Sol 1		R		R		R		R
	Sol 2	-1,010	0,312	0,985	0,324	-2,199	0,027	1,077	0,281
	Sol 3	-4,187	<0,001	0,977	0,021	1,240	0,082	-3,052	0,097
	Sol 4	-4,317	<0,001	-1,386	0,165	2,689	0,012	-1,415	0,157
	Sol 5	1,057	0,147	-0,362	0,452	0,097	0,570	-0,129	0,002
	Sol 6	-4,152	0,008	-1,542	0,197	0,037	0,000	-0,188	0,004
	Sol 7	-0,681	0,495	-0,274	0,783	0,115	0,008	-0,134	0,893
	Sol 8	-1,177	0,239	-0,136	0,891	0,037	0,007	-0,069	0,945
	Sol 9	-1,047	0,345	-0,205	0,673	0,095	0,004	-0,105	0,217
dbh		-	-	3,041	<0,001	-3,204	<0,001	1,587	0,112

NB : Z=statistique de Wald, Prob=Probabilité, R=Modalité de référence.

Sol 1 : sol ferrugineux tropical lessivé, Sol 2 : Sol latéritiques caillouteux, Sol 3 : Sol ferrugineux tropical sans concrétion, Sol 4 : Sol ferrugineux tropical faiblement concrétionné, Sol 5 : Sol argilo-limoneux, Sol 6 : Sols ferrugineux avec pseudogley et concrétions, Sol 7 : Sol halomorphe, Sol 8 : Sol hydromorphe, Sol 9 : Sol sableux.

3.2. Effet du climat, du dbh et du type de sol sur la floraison

La proportion du houppier en floraison varie significativement au seuil de 5% d'un mois à un autre. La floraison intervient lors de la défeuillaison, de Septembre à Décembre avec un maximum en ce dernier mois (Figure 2.a). La floraison varie d'une zone climatique à une autre et est plus importante au niveau des arbres situés dans la zone sèche soudanienne que dans les deux autres zones climatiques du Bénin (Figure 2.b). La floraison varie suivant le type de sol, mais pas de manière significative (Figure 2.c). L'effet du dbh sur la floraison dépend du mois, de la zone climatique et du type de sol (Tableau 3). La proportion du houppier en floraison est

plus importante chez les individus de faible dbh ($\beta=-0,03$, $p=0,0004$) (Tableau 4).

L'effet du climat sur la floraison varie selon le stade considéré (Tableau 6).

Tableau 6 : Effets du district phytogéographique et de la zone climatique sur les sous-phases de la floraison
Table 6: Effect of phyto-geographic districts and climatic zone on the flowering phase

Facteurs	Modalités	Boutons floraux		Panicules gonflées		Panicules bien développées		Panicules en fleurs	
		Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob
District	Borgou Nord		R		R		R		R
	Borgou Sud	-4,443	<0,001	-3,371	<0,001	0,266	0,401	-2,251	0,024
	Chaîne Atacora	-2,022	0,043	-4,726	<0,001	-3,133	0,001	-1,925	0,054
	Cotier	-2,927	0,003	-2,266	<0,001	-1,871	0,061	-2,851	0,004
	Plateau	-2,561	0,010	1,580	<0,001	-2,152	<0,001	-2,621	0,008
	Zou	-3,842	<0,001	-7,073	<0,001	-6,925	<0,001	-3,686	<0,001
Zone climatique	Guinéo-congolaise	-	-		R		R	-	-
	Soudanienne	-	-	-1,798	0,072	2,967	0,003	-	-
	Soudano-guinéenne	-	-	-3,278	0,001	2,928	0,007	-	-

En effet, l'émergence des boutons floraux est plus intense dans le Borgou-Nord (Figure 4.a) en zone soudanienne (Figure 4.b). La formation des panicules gonflés est plus marquée dans le district phytogéographique du Plateau (Figure 4.a), en zone guinéo-congolaise (Figure 4.b). Les panicules bien développées sont plus présentes dans le Borgou-Nord et le Borgou-Sud (Figure 4.a) en zones soudanienne et soudano-guinéenne (Figure 4.b). Les panicules en fleurs sont plus intenses dans le district du Borgou-Nord et de la Chaîne de l'Atacora (Figure 4.a) en zone soudanienne.

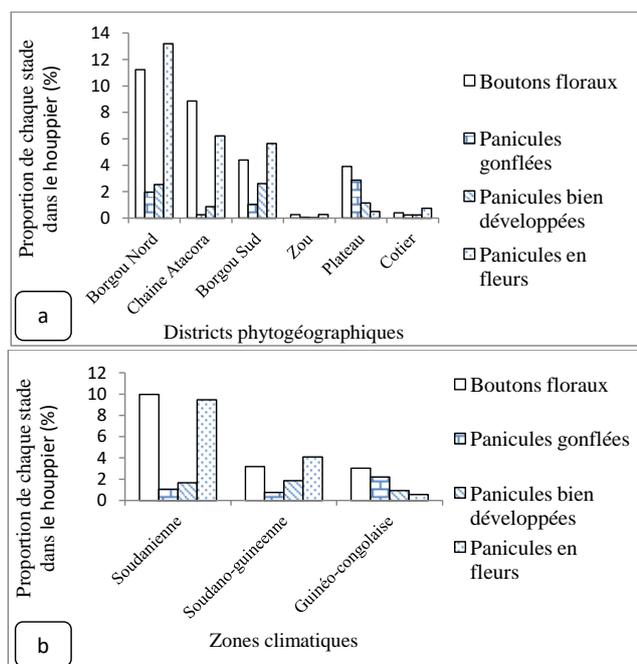


Figure 4. Evolution des stades de la floraison selon les districts phytogéographiques (4.a) et les zones climatiques (4.b)
Figure 4. Evolution of flowering stages according to the phytodistricts (4.a) and climate zones (4.b)

3.3. Impact du climat, du dbh et du type de sol sur la fructification

La proportion du houppier en fructification variait significativement au seuil de 5 % d'un mois à un autre. La fructification est décalée et n'intervient qu'un mois environ après l'initiation florale ; elle démarre en Mi-October et s'achève en Mai (Figure 2.a). La fructification varie d'une zone climatique à une autre et est plus importante au niveau de la zone sèche soudanienne du Bénin que dans les autres régions (Figure 2.b). La fructification varie suivant le type de sol, mais pas de manière significative (Figure 2.c). L'effet du dbh sur la fructification dépend du mois, de la zone climatique et du type de sol (Tableau 3). La proportion du houppier en fructification augmente avec le dbh des arbres ($\beta=0,06$; $p=0,000$) (Tableau 4). L'effet du climat et du dbh sur la fructification varie selon le stade considéré (Tableau 7). En effet, la nouaison est plus intense dans les districts du Borgou-Nord, Borgou-Sud et Chaîne de l'Atacora tandis que les fruits en développement sont plus remarquables dans le district du Borgou-Nord (Figure 5). Quant aux fruits bien développés et mûres, ils dépendent du dbh. Ainsi, la proportion de fruits en développement et en maturation augmente avec le dbh des arbres.

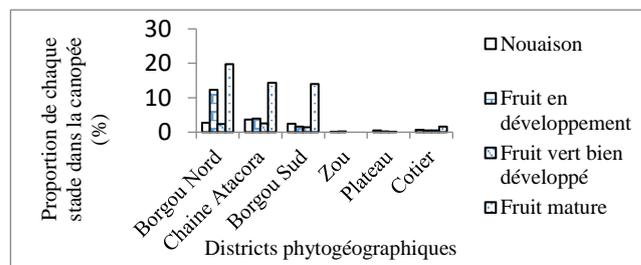


Figure 5. Evolution des stades de la fructification selon les districts phytogéographiques du Bénin
Figure 5. Evolution of the stages of fruiting according to the phytodistricts of Benin

Tableau 7: Effets du district phytogéographique et du dbh sur les sous-phases de la fructification

Table 7: Effect of phytogeographic districts and dbh on fruitification phases

Facteurs	Modalités	Nouaison		Fruit en développement		Fruit vert bien développé		Fruit matures	
		Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob	Z	Prob
District	Borgou Nord		R		R				
	Borgou Sud	-0,453	0,207	-6,756	<0,001	-	-	-	-
	Chaine Atacora	3,320	0,101	-2,639	0,008	-	-	-	-
	Cotier	-2,928	0,003	-3,398	<0,001	-	-	-	-
	Plateau	-4,983	<0,001	-5,309	<0,001	-	-	-	-
	Zou	-3,851	<0,001	-4,037	<0,001	-	-	-	-
dbh	-	-	-	-	-	3,0966	0,001	6,1773	<0,001

NB : Z=statistique de Wald, Prob=Probabilité, R=Modalité de référence.

4. Discussion

4.1. Influence du climat, du dbh et du type de sol sur la feuillaison

Les phénomènes phénologiques varient dans le temps et dans l'espace, par rapport aux saisons et suivant l'état de chaque arbre (Newstrom et al., 1994 ; Staggemeier & Morelato, 2011). La phénologie montre une liaison complexe avec les conditions de l'environnement telles que la température, la précipitation, la longueur du jour, la durée d'insolation et la disponibilité en eau dans le sol (Reich & Borchert, 1984 ; van Schaik et al., 1993 ; Seghieri et al., 1995 ; Selwyn & Parthasarathy, 2006). La feuillaison de *L. lanceolata* s'étale sur toute l'année au Bénin. Le profil phénologique de *L. lanceolata* est unique de type annuel et se déroule surtout en saison pluvieuse d'Avril à Septembre pendant laquelle tout le houppier de l'arbre est essentiellement en feuillaison. La sénescence des feuilles a lieu globalement entre Septembre et Décembre. Les contraintes liées à la disponibilité d'eau en quantité importante peuvent expliquer ce comportement phénologique. Les bourgeons foliaires et les feuilles initiales de *L. lanceolata* apparaissent activement entre Octobre et Janvier. Les feuilles entament ensuite progressivement leur maturation jusqu'en Septembre où elles vieillissent et commencent à tomber de nouveau. Plusieurs stades de feuillaison se retrouvent simultanément sur le même individu à la même période. Selon Rasamimanana et al. (2012), la feuillaison est influencée étroitement par les précipitations et les feuilles se multiplient quand les précipitations augmentent. La feuillaison de *L. lanceolata* est très importante au niveau des arbres des régions Guinéo-congolaise et soudano-guinéenne mais très faible dans la région sèche soudanienne. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les zones Guinéo-congolaise et Soudano-Guinéenne sont les plus arrosées au Bénin avec un

régime pluviométrique bimodale dans la première région et une transition entre le régime bimodal et le régime uni-modal dans la deuxième région. Des investigations sur l'écophysiologie de *L. lanceolata* sont donc nécessaires lors des prochaines études pour mieux comprendre le comportement phénologique de cette espèce dans les différentes zones climatiques du Bénin.

Selon Guira (1997), l'émergence rapide des feuilles permet à l'arbre de pouvoir reprendre ses diverses fonctions grâce à la photosynthèse. Les nouvelles feuilles de *L. lanceolata* sont d'abord de couleur rouge ou verte à l'état jeune, selon les individus. Mais toutes les feuilles sont vertes dès qu'elles s'épanouissent. Chez un même arbre, la couleur des feuilles n'est pas toujours homogène. Nous constatons quelquefois chez certains individus la présence de jeunes feuilles vertes et des jeunes feuilles rouges au même stade de développement.

Les observations de divers auteurs dans différents sites s'accordent toutes sur cette apparition des jeunes feuilles en saison sèche chez les ligneux de savane (Aubreville, 1950 ; Boaler, 1966 ; Schnell, 1970 ; 1971 ; Menaut, 1971 ; Monasterio & Sarmiento, 1976 ; Reekmans, 1982 ; Fatubarin, 1985). Les études de Jeffers et Boaler (1966a) en Tanzanie montrent que cette croissance se fait grâce à l'utilisation des ressources en eau des couches profondes du sol.

Nos résultats ont révélé que la pleine feuillaison de *L. lanceolata* se situe entre Mai et Septembre, période qui correspond à la saison pluvieuse au Bénin. La présence des feuilles est conditionnée par l'humidité dans chaque type de végétation (Andriaharimalala et al., 2012). Des pluies sont nécessaires pour induire le processus de feuillaison, quoique en quantités relativement peu importantes (Sorg & Rohner, 2002) et la disponibilité en feuille est élevée durant la saison humide (Ratovomanana et al., 2011).

D'après Picasso (1984) la perte des feuilles est fortement influencée par la répartition des pluies. En effet, le début de

la perte des feuilles commence après l'arrêt des pluies. De même les nouvelles feuilles apparaissent plus tôt lorsque l'arrêt des pluies est précoce.

Certains auteurs tels que Aubreville (1950) et Guinko (1984) affirment que la perte des feuilles en saison sèche est un phénomène propre à la plupart des espèces des zones soudano-sahéliennes d'Afrique afin de limiter la transpiration. La majorité des arbres de *L. lanceolata* perdent de manière progressive la presque totalité de leurs anciennes feuilles avant la poussée de nouvelles feuilles comme c'est le cas chez *Vitellaria paradoxa* (Guira, 1997). D'après Fournier (1990), le passage du feu, entre Octobre et Février selon les années et les régions, provoque une chute en masse mais la défeuillaison se ferait progressivement sur plusieurs mois en son absence. Ainsi, il serait opportun d'investiguer dans les prochaines études l'effet que pourrait avoir les pressions anthropiques (écorçage, feux de végétation, élagage) sur la phénologie de *L. lanceolata* au Bénin. Selon Rasamimanana et al. (2012), la défeuillaison est beaucoup plus précoce pour la forêt xérophytique que la forêt galerie. Cette dernière profiterait éventuellement de la réserve en nappe souterraine pour pouvoir garder un peu plus longtemps sa feuille. De plus, Borchert et al. (2002) ont conclu que la phénologie des plantes est liée à la disponibilité en eau et Reich & Borchert (1984) et Loubry (1994) ont suggéré que la pluie pourrait être le facteur principal qui contrôle la feuillaison.

Malgré le rôle prépondérant de l'eau dans le processus de feuillaison, le rôle de la température ne peut être négligé. La simultanéité d'actions des facteurs ne permet pas d'attribuer à l'eau un rôle exclusif (Grouzis & Sicot, 1980). L'influence de la température et/ou du photopériodisme sur la phénologie a fait l'objet de divers travaux (Njoku, 1963 ; Jackson, 1966 ; Nizinski & Saugier, 1988 ; Specht & Yates, 1990 ; Andriaharimalala et al., 2012). La précision des résultats de la présente étude aurait pu être améliorée en utilisant l'influence de l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui est la combinaison des précipitations et des températures mais nécessitant la collecte ou la disponibilité des données hygrométriques, en considérant aussi l'influence du photopériodisme (longueur de la journée).

Nos résultats montrent qu'en plus de la zone climatique, du district phytogéographique et du type de sol, la formation des feuilles initiales, leur maturation et leur sénescence variaient aussi avec le dbh. Un accroissement du dbh entraîne une réduction de la proportion du houppier en feuillaison. Selon Guira (1997), les arbres ayant bénéficié du travail du sol sont de gros diamètre et gardent les anciennes feuilles plus longtemps. D'après Fournier (1990), c'est en fin de saison sèche que la plupart des ligneux des savanes reprennent leur croissance.

4.2. Effet du climat, du dbh et du type de sol sur la floraison

La floraison de *L. lanceolata* a généralement lieu de Septembre à Décembre avec un maximum en ce dernier mois. La phase de floraison commence par l'apparition de petits boutons floraux à l'apex des rameaux fructifères.

Selon la classification de Fournier (1990) nous pouvons dire que *L. lanceolata* a une floraison antérieure ou simultanée. En effet l'auteur qualifie la floraison d'antérieure ou simultanée si elle a lieu avant ou pendant l'émergence des jeunes feuilles, ce qui est le cas chez *L. lanceolata* au même titre que *Vitellaria paradoxa* (Guira, 1997). Les résultats de cette étude indiquent que les conditions climatiques impactent significativement sur la floraison de *L. lanceolata*. La zone soudanienne caractérisée par un climat plus aride a montré une floraison plus précoce par rapport aux zones soudano-guinéenne ou guinéo-congolaise. Selon Picasso (1984) et Guira (1997) la floraison est précoce quand la saison des pluies s'arrête plus tôt et tardive quand elle s'arrête tardivement. Cela suggère que la physiologie de la reproduction de *L. lanceolata* pourrait dépendre des facteurs bioclimatiques. L'effet du climat sur la floraison variait selon la sous phase considérée. En effet, l'émergence des boutons floraux est plus intense dans le Borgou-Nord que dans le Borgou-Sud, la chaîne de l'Atacora, la Côte, du Plateau et le Zou. Il a été démontré que la réduction de l'hygrométrie est critique pour l'émergence des boutons floraux chez *Tamarindus indica* (Morton, 1987 ; Fandohan, 2011).

Chez *L. lanceolata*, la formation des panicules gonflés est plus marquée dans le district phytogéographique du Borgou-Sud, mais globalement plus intense dans la zone soudanienne. Il en est de même pour les panicules bien développées. Les panicules en fleurs sont plus intenses dans le district du Borgou-Nord et de la Chaîne d'Atacora.

Il conviendrait de noter ici que la défeuillaison de *L. lanceolata* n'est pas suivie obligatoirement de la floraison. Certains sujets peuvent donc connaître une défeuillaison précoce sans pour autant fleurir rappelant ainsi le cas de *Vitellaria paradoxa* (Guira, 1997).

Selon Rasamimanana et al. (2012), la floraison des arbres peut ne pas être influencée par les précipitations et les températures, soit son temps de réponse aux précipitations ou aux températures n'est pas dans l'immédiat. L'étude de l'influence de la température et de la pluviométrie sur la floraison de *L. lanceolata* aurait dû être plus précise en recueillant des valeurs de terrain liées à l'ETP au cours d'une saison ou d'un mois déterminé. D'autres facteurs tels que la variation génétique chez les arbres peuvent également contrôler les événements phénologiques (El-Kassaby & Park, 1993). Au cours de la période d'observation, certains arbres ont montré l'avortement des fleurs et des fruits après une floraison normale. Selon Stephenson (1981), les avortements de fruits ou de fleurs peuvent être liés à la limitation des ressources. Cependant, certains individus ayant très peu de différences de grosseur et de conditions environnementales n'ont pas montré un tel problème. L'avortement de *L. lanceolata* pourrait également être lié à la stérilité, aux mauvaises visites florales par les pollinisateurs comme au niveau de *Tamarindus indica* (Diallo et al., 2008). L'avortement des fleurs pourrait découler des feux de végétation, de la faible précipitation et des températures élevées qui se produisent dans toutes les régions phytogéographiques en Janvier comme déjà signalé par Vihotogbé (2012) dans le cas de *Irvingia gabonensis*.

La floraison de *L. lanceolata* varie suivant le type de sol, mais pas de manière significative. Un accroissement de dbh entraîne aussi une réduction de la proportion du houppier en floraison, suggérant que les petits arbres fleurissent mieux. Ces catégories d'arbres sont plus rencontrées dans le district phytogéographique de la Chaîne de l'Atacora.

4.3. Impact du climat, du dbh et du type de sol sur la fructification

La fructification de *L. lanceolata* démarre en Mi-Octobre et s'achève en Mai. L'apparition des jeunes fruits verts commence en Décembre dans notre milieu d'étude à une période où la floraison est déjà abondante pour quelques sujets. Le début de fructification se caractérise par la nouaison qui est un stade où l'arbre présente de petits fruits en forme de boule. Le mois de Décembre qui représente l'optimum de la fructification, n'est pas un mois pluvieux. Nous pouvons donc penser que c'est la pluviométrie précédente (Avril à Octobre) qui pourrait avoir une influence sur la fructification en cours tel que supposé par Guira (1997) dans le cas de *Vitellaria paradoxa*. La fructification varie d'une zone climatique à une autre et est plus importante au niveau de la zone soudanienne du Bénin que dans les deux autres régions. L'arbre a besoin d'atteindre éventuellement un certain niveau de température et de précipitations pour pouvoir déclencher la fructification (Rasamimanana et al., 2012). Chapman et al. (1999) ont trouvé que la fructification des arbres dans le Parc National de Kibale est négativement corrélée avec la température minimale pour une saison déterminée. L'effet du climat et du dbh sur la fructification variait selon la sous phase considérée. En effet, la nouaison est plus intense dans le district du Borgou-Nord que celui du Borgou-Sud, de la Chaîne d'Atacora, de la Côte, du Plateau et du Zou. Il en est de même pour les fruits en développement. Quant aux fruits bien développés et matures, ils dépendent du dbh et un accroissement de diamètre entraîne un meilleur développement des fruits et une maturation des fruits. Cela peut être dû au fait que les gros arbres disposent d'un système racinaire plus développé et mobilisent suffisamment de ressources nécessaires à la reproduction sexuée. Cependant, cette hypothèse devrait être encore confirmée. Puisqu'il est fort plausible que *L. lanceolata* ne produisent pas tous les ans, tout comme *Vitellaria paradoxa* (Guinko, 1984 ; Guira, 1997), des suivis interannuels sont nécessaires pour élucider cet aspect. En outre, la fructification varie suivant le type de sol, mais pas de manière significative et suggère que le type de sol n'est pas le principal facteur qui contrôle la phénologie fructifère de *L. lanceolata* au Bénin.

Selon Laubier (1994) et Malaisse (1988), le feu est un élément important dans la variation du comportement phénologique, augmentant la variabilité entre les sites, mais induisant une uniformité comportementale à l'échelle locale. La variabilité phénologique est donc souvent interprétée en termes d'adaptation aux conditions physiques locales. Cependant, le

rôle des composantes biotiques, en particulier la coexistence avec d'autres plantes, doit être pris en compte, par exemple, en tenant compte de la séquence de la floraison, de la fructification et de la dispersion des graines dans les phytocénoses (Brody, 1997 ; Frankie et al., 1974).

L'avantage d'étudier la phénologie réside surtout dans les possibilités de flux de gènes (pollen) lors de l'ouverture des fleurs et de l'anthere (période de maturité sexuelle). Si l'émergence des boutons floraux est intense, est-elle suivie d'une intense ouverture de fleurs sur un même pied, entre pieds d'une même population, d'un même district ? Les études futures permettront d'élucider ces différents aspects.

5. Conclusion

Le comportement phénologique de *L. lanceolata* présente une grande variabilité due aux caractéristiques de l'espèce et à la diversité des conditions de milieu. La présente étude a permis de comprendre l'impact de la zone climatique, du type de sol et du dbh sur la phénologie de *L. lanceolata* au Bénin. La feuillaison de cette espèce s'étale sur toute l'année au Bénin. Entre les mois d'Avril et Septembre, tout le houppier de l'arbre est essentiellement en feuillaison. Elle est très importante au niveau des arbres des zones Soudano-Guinéenne et Guinéo-Congolaise mais très faible dans la zone Soudanienne du Bénin plus sèche. La floraison a généralement lieu de Septembre à Décembre (à l'échelle du Bénin) avec un maximum en ce dernier mois. Quant à la fructification, elle démarre en Mi-Octobre et s'achève en Mai. Ces deux phénophases (floraison et fructification) sont précoces et plus importantes au niveau de la zone Soudanienne (respectivement de Septembre à Novembre et d'Octobre à Mars) que dans les deux autres zones climatiques du Bénin. L'effet du dbh sur les trois phases phénologiques varie suivant les mois, la zone climatique et le type de sol. Ainsi, un accroissement de dbh entraîne une réduction de la proportion du houppier en feuillaison et en floraison, et une augmentation de cette proportion en fructification. Cette étude a fourni une base de données scientifiques importantes sur la phénologie de *L. lanceolata* et ceci peut être pris en compte pour une meilleure conservation et gestion durable de cette ressource.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements à la Fondation Internationale pour la Science (FIS) pour avoir financé cette étude (Grant no. D5690-1).

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adomou A. C. 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD thesis Wageningen University, Wageningen. 150 p.
- Akaike H. 1974. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716-722.
- Akoegninou A., van der Burg W.J. & van der Maesen L.J.G. (eds) 2006. Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers. Cotonou/Wageningen, 1064p.
- Anderson D. P., Nordheim E. V., Moermond T. C., Gone Z. B. & Boesch C. 2005. Factors influencing tree phenology in Taï National Park, Côte d'Ivoire. *Biotropica* 37(4): 631-640.
- Andriaharimalala T., Roger E., Rajeriarison C. & Ganzhorn J. U. 2012. Analyse structurale des différents types de formation végétale du Parc National d'Andohahela (Madagascar) comme habitat des animaux. *Malagasy Nature* 6: 24-45.
- Assagbadjo A.E., Sinsin B., Codjia J.T.C. & Van Damme P. 2005. Ecological diversity and pulp, seed and kernel production of the baobab (*Adansonia digitata*) in Benin. *Belgian Journal of Botany* 138 (1):47-56.
- Aubreville A. 1950 - Flore forestière soudanoguinéenne. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 523 p.
- Boaler S.B. 1966. Ecology of a Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. II Plant communities and seasonal variation in the vegetation. *J. Ecol.* 54: 465-479.
- Borchert R., Rivera G. & Hagnauer W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica*. 34: 27-39.
- Brody A. K. 1997. Effects of pollinators, herbivores, and seed predators on flowering phenology. *Ecology* 78: 1624-1631.
- Burnham K. P. & D. R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information- theoretic approach, 2nd ed. Springer-Verlag, New-York.
- Chapman C. A., Wrangham R.W., Chapman L. J., Kennard D. K. & Zann A. E. 1999. Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda. *Journal of Tropical Ecology* 15: 189-211.
- Christensen R. H. B. 2015. Ordinal - Regression Models for Ordinal Data. R package version 2015.6-28. <http://www.cran.r-project.org/package=ordinal/>.
- De Bie S., Ketner P., Paasse M. & Geerling C. 1998. Woody plants phenology in West Africa savanna. *Journal of Biogeography* 25: 883-900.
- Diallo B.O., Mckey D., Chevallier M.-H., Joly H.I. & Hossaert-Mckey M. 2008. Breeding system and pollination biology of the semi-domesticated fruit tree, *Tamarindus indica* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae): Implications for fruit production, selective breeding, and conservation of genetic resources. *African Journal of Biotechnology* 7(22): 4068-4075.
- Diallo A., Traore M.S., Keita S.M., Balde M.A., Keita A., Camara M. et al. 2012. Management of diabetes in Guinean traditional medicine: An ethnobotanical investigation in the coastal lowlands. *Journal of Ethnopharmacology* 144: 353-361.
- Dicko A., Natta A.K. & Biaou H.S., 2017. Connaissances ethnobotaniques et conservation de *Lophira lanceolata* (Ochnaceae) au Bénin (Afrique de l'ouest). *Annales des Sciences Agronomiques* 21 (1): 19-35.
- Dittmar C. & Elling W. 2006. Phenological phases of common beech (*Fagus sylvatica* L.) and their dependence on region and altitude in Southern Germany. *European Journal of Forest Research* 125 (2): 181-188.
- Dossa A. D. 2011. Structures et dynamiques des populations rémanentes de *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin, Mémoire de DESS en Aménagement et Gestion Durable des Ressources Naturelles, Université de Parakou, Bénin, 99p.
- El-Kassaby Y. A. & Park Y. S. 1993. Genetic variation and correlation in growth, biomass and phenology of Douglas-fir diallel progeny at different spacings. *Silvae Genetica* 42: 289-297.
- Etuk E. U., Muhammad A. A., Igbokwe V. & Okolo R. U. 2009. Sexual stimulatory effects of aqueous stem bark extract of *Lophira lanceolata* in male Sprague Dawley rats. *Journal of Clinical Medicine and Research* 1(2):18-21.
- Ewédjè E-E. B. K. 2012. Biologie de la reproduction, phylogéographie et diversité de l'arbre à beurre *Pentadesma butyracea* Sabine (Clusiaceae) - implications pour sa conservation au Bénin. PhD Thesis, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium. 227 p.
- Ewédjè E-E. B. K., Parmentier I., Natta A. K., Ahanchédé A. & Hardy O. J. 2012. Morphological variability of the tallow tree, *Pentadesma butyracea* Sabine (Clusiaceae), in Benin. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59: 625-633. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-012-9802-1>
- Ewédjè E-E. B. K., Ahanchédé A., Hardy O. J. & Ley A. C. 2015. Reproductive biology of *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae), source of a valuable non timber forest product in Benin. *Plant Ecology and Evolution* 148 (2): 213-228. <http://dx.doi.org/10.5091/plecevo.2015.998> .
- Fandohan B., Assogbadjo A. E., Glèlè Kakaï R. & Sinsin B. 2011. Geographical distribution, tree density and fruit production of *Tamarindus indica* L. (Fabaceae) across three ecological regions in Benin. *Fruits* 1 (66): 53-62.
- Fatubarin A. 1985. Observations on the phenology of the Woody plants and grasses in a savanna ecosystem in Nigeria. *Trop. Ecol.* 26 (1): 32-42.
- Cribari-Neto F. & Zeileis A. 2010. Beta Regression in R. *Journal of Statistical Software* 34(2): 1-24. URL <http://www.jstatsoft.org/v34/i02/>.
- Frankie G. W., Baker H. G. & Opler P. A. 1974. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. 287-296. In Lieth H. (ed.). Phenology and seasonality modelling. Ecological Studies 8. Springer-Verlag, Berlin.
- Gbemavo D. S. J. C., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A.E., Katary A. & Gnanglè P. 2010. Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes cotonkarité du Nord Bénin. *Tropicultura* 28(4): 193-199.
- Grouzis M. & Sicot M. 1980. Une méthode d'étude phénologique de population d'espèces ligneuses sahélienne : Influence de quelques facteurs écologiques. 231-23. In Le Houérou H. N. (ed.). Les fourrages ligneux en Afrique : Etat actuel des connaissances, ed. International Livestock Centre for Africa, Addis-Abeba.
- Guinko S. 1984. Végétation du BURKINA FASO (ex. HAUTE VOLTA). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Bordeaux III, 318 p.

- Guira M. 1997. Etude de la phénologie et de la variabilité de quelques caractères chez le karité, *Butyrospermum paradoxum* subsp. *parkii* (G. Don) Hepper (Sapotaceae) dans les champs et les jeunes jachères dans la moitié ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques. Laboratoire de Botanique et Biologie Végétale. Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 191 p.
- Hermans M., Akoègninou A. & van der Maesen L. J. G. 2004. Medicinal Plants Used to Treat Malaria in Southern Benin. *Economic Botany* 58: 239-252.
- Houehounha R., Avohou H. T., Gaoue O. G., Assogbadjo A. E. & Sinsin B. 2010. Weed removal improves coppice growth of *Daniellia oliveri* and its use as fuelwood in traditional fallows in Benin. *Agroforestry Systems* 78:115-125.
- Jackson M. T. 1966. Effects of microclimate on spring flowering phenology. *Ecology* 47: 407-415.
- Jeffers J. N. R. & Boaler S. B. 1966a. Ecology of a Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. 1 Weather and plant growth 196264. *J. Ecol.* 54: 447-463.
- Kelly B. A., Gourlet-Fleury S. & Bouvet J.-M. 2007. Impact of agroforestry practices on the flowering phenology of *Vitellaria paradoxa* in parklands in southern Mali. *Agroforestry Systems* 71: 67-75.
- Kelly D. & Sork V. L. 2002. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 33: 427-447.
- Kocmer J. P. & Handel S. N. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* 56:303-325.
- Koenig W. D. & Knops J. M. H. 2000. Patterns of annual seed production by Northern Hemisphere trees: a global perspective. *American Naturalist* 155:59-69.
- Laubier J. 1994. Évolution de l'indice de surface foliaire (LAI) pendant la période de feuillaison d'une savane soudanaise à *Terminalia avicennioides*, région de Bondoukuy (Burkina Faso). Mémoire de Fin d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Année Académique 1993-1994. 82 p.
- Law B., Mackowski C., Choer C. L. & Tweedie T. 2000. Flowering phenology of myrtaceous trees and their relation to climatic, environmental and disturbance variables in northern New South Wales. *Austral Ecology* 25: 160-178.
- Loubry D. 1994. La phénologie des arbres caducifoliés en forêt guyanaise (5° de latitude nord) : Illustration d'un déterminisme à composantes endogène et exogène. *Canadian Journal of Botany* 72: 1843-1857.
- Malaisse F. 1988. Variation in time and space of leaf area index in a Zambezian open forest of wetter miombo type. (Lubulubashi, Zaïre). *Geo-Eco-Trop.* 12: 143-163.
- Mapongmetsem P.-M. 2007. *Lophira lanceolata* Tiegh. ex Keay In: van der Vossen, H.A.M. & Mkamillo, G.S. (Editeurs). PROTA 14: Vegetable oils/Oléagineux. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas.
- Menaut J. C. 1971. Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guinéenne de Côte d'Ivoire. Thèse de 3e cycle, Botanique tropicale, Paris, 140 p.
- Monasterio M. & Sarmiento G. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semideciduous forest of the Venezuelan Llanos. *Journal of Biogeography* (3): 325-366.
- Morton J. F. 1987. *Fruits of Warm Climates*. Creative Resources Systems, Inc. Okullo JBL, Hall JB, Obua J 2004. Leafing, flowering and fruiting of *Vitellaria paradoxa* subsp. *nilotica* in savanna parklands in Uganda. *Agroforestry Systems* 60: 71-91.
- Newstrom L. E., Frankie G. W. & Baker H. G. 1994. A New Classification for Plant Phenology Based on flowering patterns in lowland Tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141-159.
- Nizinski J. J. & Saugier B. 1988. A model of leaf budding and development for a mature *Quercus* forest. *Journal of Applied Ecology*, 25: 643-652.
- Njoku E. 1963. Seasonal periodicity in the growth and development of some forest trees in Nigeria I. Observations on mature trees. *Journal of Ecology* 51: 617-624.
- Nord E. A. & Lynch J. P. 2001. Plant phenology: a critical controller of soil resource acquisition. *Journal of Experimental Botany*. Doi:10.1094/jxb/erp018, 1-11.
- Okullo J. B. L., Hall J. B. & Obua J. 2004. Leafing, flowering and fruiting of *Vitellaria paradoxa* subsp. *nilotica* in savanna parklands in Uganda. *Agroforestry Systems* 60: 71-91.
- Picasso G. 1984. Synthèse des résultats acquis en matière de recherches sur le karité au Burkina Faso de 1950 à 1958. Rapport IRHO, 45 p.
- Piot J., Nebout J. P., Nanot R. & Toutaint B. 1980. Utilisation des ligneux Sahéliens par les herbivores domestiques. Etude quantitative dans la zone sud de la mare d'Oursi. CTFT, EMVT, Haute-Volta
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rasamimanana N., Ratsirarson J. & Richard A.F. 2012. Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. *Malagasy Nature* 6: 67-82.
- Ratovomanana R. Y., Rajeriarison C., Roger E. & Ganzhorn J. U. 2011. Phenology of different vegetation types in Tsimanampetsotsa National Park, south-western Madagascar. *Malagasy Nature* 5: 14-38.
- Reekmans M. 1982. Les rythmes phénologiques dans les principales associations végétales de la plaine de la basse Rusizi (Burundi). *Bull. Jard. Nat. Belg. Bull. Nat. Plantentuin Belg.*, 52 (1-2): 3-94.
- Reich P. B. & Borchert R. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 61-74.
- Richardson A. D., Bailey A. S., Denny E. G., Martin C. W. & O'Keefe J. 2006. Phenology of a northern hardwood forest canopy. *Global Change Biology* 12 (7): 1174-1188.
- Rivera G., Elliott S., Caldas L. S., Nicolossi G., Coradin V. T. R. & Borchert R. 2002. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees* 16: 445-456.

- Ruml M. & Vulie T. 2005. Importance of phenological observation and prediction in agriculture. *Journal of Agriculture* 50(2): 217-225.
- Schnell R. 1970. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Volume I. Les Flores. Les Structures. Gauthier-Villars, Paris.
- Schnell R. 1971. Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Volume II. Les Milieux. Les Groupements végétaux. Gauthier-Villars, Paris.
- Seghier J., Floret C. & Pontanier R. 1995. Plant phenology in relation to water availability: Herbaceous and woody species in the savannas of northern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology* 11: 237-254.
- Selwyn M. A. & Parthasarathy N. 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India. *Biodiversity and Conservation* 15: 3207-3234
- Sinébou V., Quinet M., Ahohuendo B.C. & Jacquemart A.-L. 2016. Reproductive traits affect the rescue of valuable and endangered multipurpose tropical trees. *AoB PLANTS* 8: 1-17. DOI:10.1093/aobpla/plw051
- Sorg J.-P. & Rohner U. 2002. Cycles phénologiques des arbres de la forêt dense sèche dans la région de Marofandilia/Moron-dava. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- Specht R. L. & Yates D. J. 1990. Climatic control of structure and phenology of foliage shoots in dicotyledonous overstorey and understorey strata of subtropical plant communities in south-east Queensland. *Acta Oecologica* 11: 215-233.
- Staggemeier V. G. & Morellato L. P. C. 2010. Reproductive phenology of coastal plain Atlantic forest vegetation: Comparisons from seashore to foothills. *International Journal of Biometeorology* 55: 843-854.
- Stephenson A. G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 12: 253-279.
- Tchacondo T., Karou I S. D., Batawila K., Agban A., Ouro-Bangna K., Anani K. T. et al. 2011. Herbal remedies and their adverse effects in tem tribe traditional medicine in Togo. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med.* 8 (1): 45-60
- van Schaik C. P., Terborgh J. W. & Wright S. J. 1993. The phenology of tropical forests: Adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.
- Vihotogbé R. 2012. Characterization of African Bush Mango trees with emphasis on the differences between sweet and bitter trees in the Dahomey Gap (West Africa). PhD thesis, Wageningen University, the Netherland. 189 p.
- Williamson G. B. 2002. Mast fruiting and ENSO cycles-does the cue betray the cause? *Oikos* 97: 459-461.



Potentiel semencier et contraintes à la régénération par graines de *Haematostaphis barteri*, espèce fruitière autochtone au Nord-Ouest Bénin

Béranger MEDETON¹*, Samadori S. Honoré BIAOU¹, Eben-Ezer EWEDJE², Armand K. NATTA¹

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, 03 BP 125 Parakou, Bénin

² Faculté des Sciences et Techniques FAST-Dassa, BP 14, Dassa-Zoumé, Université d'Abomey-Calavi, Benin

Reçu le 15 Octobre 2017 - Accepté le 10 Décembre 2017

Seed potential and constraints to seed regeneration of *Haematostaphis barteri*, an indigenous fruit species in North-West Benin

Abstract: *Haematostaphis barteri* is a fruit species that contributes to the food and medicinal needs of local populations along the Atacora chain in northwestern Benin. It is one of the woody species facing natural regeneration problem. The study of the regeneration potential of *H. barteri* was carried out in Bérécingou in the Commune of Natitingou in north-western Benin in August 2017 and aimed to evaluate in situ the quantity and quality of the species seeds on the ground. Seed production was derived from the species fruit production. 200 plots of 1 m x 1 m were installed under 50 seed trees (dbh > 10 cm) of *H. barteri*, of which 150 directly below the crown and 50 outside the crown. The counting of seeds (fruits and seeds) was done in these plots. The average production of seed was 60 seeds / tree. Nevertheless, most of the seeds were consumed by animals (60%), infested (13%), or rotted (6%). Only 21% of the seeds remained intact for the duration of the observations. This high rate of seed consumption by animals could limit the natural regeneration and compromise the persistence of the species in the long-term. Therefore, alternate regeneration techniques, such as vegetative propagation (cuttings, layering, grafting ...), need to be experimented to enable the domestication and the conservation of the species in view of its high potential.

Keywords: Red plum, fruit species, natural regeneration, seed viability, Atacora chain.

Résumé : *Haematostaphis barteri* est une espèce fruitière qui contribue aux besoins médicaux - alimentaires des populations locales le long de la chaîne de l'Atacora au Nord-Ouest Bénin. Elle fait partie des espèces ligneuses confrontées à un problème de régénération naturelle. L'étude du potentiel de régénération de *H. barteri* a été réalisée à Bérécingou dans la commune de Natitingou au Nord-Ouest du Bénin durant le mois d'Août 2017 et avait pour but d'évaluer in situ, la quantité et la qualité des semences de l'espèce au sol. La quantité des semences a été estimée à partir de la production de fruits (1 graine par fruit). 200 placettes de 1 m x 1 m ont été installées sous 50 arbres semenciers (dbh > 10 cm) de *H. barteri*, dont 150 directement en dessous de la couronne et 50 à l'extérieur de la couronne. Le comptage des semences (fruits et graines) a été réalisé dans ces placettes. La production moyenne de semence était 60 graines / Pied. Néanmoins, la plupart des graines portaient des traces de consommation par les animaux (60%), soit infestées (13 %), ou finissaient par pourrir (6 %). Seuls 21% des semences étaient restées intactes pendant toute la durée des observations. Ce fort taux de consommation des semences par les animaux pourrait limiter la régénération naturelle et compromettre à long terme la persistance de l'espèce. Par conséquent, des techniques alternatives de regeneration, telle que la multiplication végétative (bouturage, marcottage, greffage...) doivent être expérimentées pour permettre la domestication de l'espèce et sa conservation au vu de son fort potentiel.

Mots clés : Prune rouge, espèce fruitière, régénération naturelle, viabilité des graines, chaîne de l'Atacora.

1. Introduction

Les ressources phylogénétiques forestières doivent être reproduites avec des techniques appropriées afin de les pérenniser. La graine est la base de l'histoire de l'évolution des plantes à graine communément appelées spermatophytes. La dissémination des descendants chez ce groupe de plante se fait généralement par graine après la fécondation. Des réserves alimentaires sont stockées dans les graines permettant aux plantes juvéniles d'assurer leurs premières phases de croissances. La plantule peut disséminer loin de sa plante mère et est indépendante de l'environnement pour ses premiers instants. Cette capacité a fait que les plantes à graines sont progressivement devenues des éléments majeurs de tous les écosystèmes actuels (Viard-Cretat, 2008). La plupart des végétaux des écosystèmes font partie de ce groupe qui s'est extrêmement diversifié. Si la reproduction végétative apparaît comme une stratégie d'adaptation aux perturbations et aux aléas climatiques (Dickinson *et al.*, 2000; Setterfield, 2002), elle n'est pas favorable à la conservation naturelle des peuplements (Setterfield, 2002). Elle semble plutôt indiquer un état de survie. Si elle est jugée économiquement moins coûteuse en sylviculture (Bellefontaine et Monteuis, 2002), elle serait exclusivement appropriée en exploitation industrielle. Par contre la reproduction par graine reste le mode de multiplication le plus courant qui assure la variabilité génétique des espèces pour une meilleure conservation et le maintien des espèces sexuées (Setterfield, 2002). En dehors de la connaissance sur la diversité génétique, la maîtrise de la régénération des espèces végétales s'avère indispensable afin de pérenniser les ressources végétales. La reproduction par graine est la plus adaptée dans ce domaine. En effet, la phase de reproduction par graines est une étape clé de la dynamique des communautés végétales (Burt-Smith *et al.*, 2003; Zeiter *et al.*, 2006). C'est ainsi qu'ont souligné Eskelinen et Virtanen (2005a); Turnbull *et al.* (2000a), le manque de graines ou limitation en graines, qui peut être dû à une limitation de la dispersion ou de la production de graines constitue l'un des premiers facteurs marquant l'absence d'une espèce dans une communauté végétale. La qualité de semences disponible constitue un maillon principal pour l'installation de la régénération dans ces peuplements. Lorsque la semence disponible n'est pas limitée, la régénération est plus abondante dans les peuplements. Ce problème impose d'évaluer les potentialités de reproduction sexuée des espèces locales dont la plupart est en situation de régression. C'est ainsi que cette étude vise à évaluer la quantité, la qualité des semences et le potentiel de régénération séminale de *Haematostaphis barteri*, une espèce caractérisée par une population vieillissante et de faible densité de régénération (Agbogon *et al.*, 2012). En effet, *H. barteri* est un arbuste à usage multiple, endémique à la chaîne de l'Atacora (Adomou, 2005). Lorsque l'habitat d'une espèce endémique est endommagé et / ou fragmenté

par diverses activités humaines et/ou l'espèce est prise pour ses valeurs alimentaires qu'elle procure, son aire de répartition et la taille des populations de l'espèce sont plus réduites, ce qui l'expose à un risque d'extinction élevé (Işik, 2011) puisque leur capacité de reproduction est limitée et leurs populations génétiquement moins diversifiées (Levy *et al.*, 2016). Les espèces telles *H. barteri* qui présentent l'un des attributs ci-dessus doivent avoir la priorité et être surveillées et gérées avec soin dans un effort pour promouvoir la conservation génétique.

2. Matériel et méthodes

2.1. Espèce étudiée

Haematostaphis barteri Hook.f, est un arbuste de taille moyenne, à tronc épais atteignant 35 cm de diamètre, à cime étalée et ouverte dont les feuilles sont regroupées au bout des branches (Arbonnier, 2002a). Il connaît une phase de floraison et de fructification en fin de saison sèche, généralement avant l'apparition des premières feuilles. C'est une espèce soudano-guinéenne de l'Afrique tropicale, du Ghana au Soudan et inféodée aux sols rocheux.

Les fruits de l'espèce sont très recherchés pour la consommation et les autres organes (racines, écorces et feuilles) sont localement employés dans le traitement de nombreuses maladies (hépatite, hémorroïde, paludisme, maux de ventre, etc.) (Asase *et al.*, 2005; Biaou *et al.*, 2017; Sourou *et al.*, 2016).

2.2. Milieu d'étude

L'étude a été menée dans la commune de Natitingou située entre 1°00' et 2°00' de longitude Est et entre 10°40' et 11°28' de latitude Nord. Elle est localisée dans la région d'endémisme soudanienne abritant l'espèce *Haematostaphis barteri*, une espèce endémique à la chaîne de l'Atacora (Arbonnier, 2002b). Les sols sont peu évolués gravillonnaires, sur les versants et les sommets. Les sols sont ferrugineux, principalement rocheux et peu profond tout au long de la chaîne de l'Atacora. La végétation est dominée par la savane arborée et arbustive. Le climat est tropical de type soudanien avec deux saisons : la saison pluvieuse (d'avril à octobre) dominée par les flux de mousson, la saison sèche (de novembre à avril) marquée par les premiers mois par l'harmattan. L'altitude moyenne est de 500 m. La pluviométrie annuelle est entre 1 000 et 1 200 mm. L'indice d'humidité moyen est de 2,1. Les activités économiques dans la commune de Natitingou sont prédominées par le secteur agricole qui occupe plus de 80% de la population active. L'intérêt d'utilisation des Produits Forestier Non Ligneux pour satisfaire les besoins des populations conduit à une forte pression sur les ressources forestières parmi lesquels *Haematostaphis barteri* est prisé pour ses organes (graines, fleurs, feuilles, écorces, racines et fruits etc...) qu'il procure à la population locale.

* Auteur Correspondant : mberanger90@yahoo.fr

Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

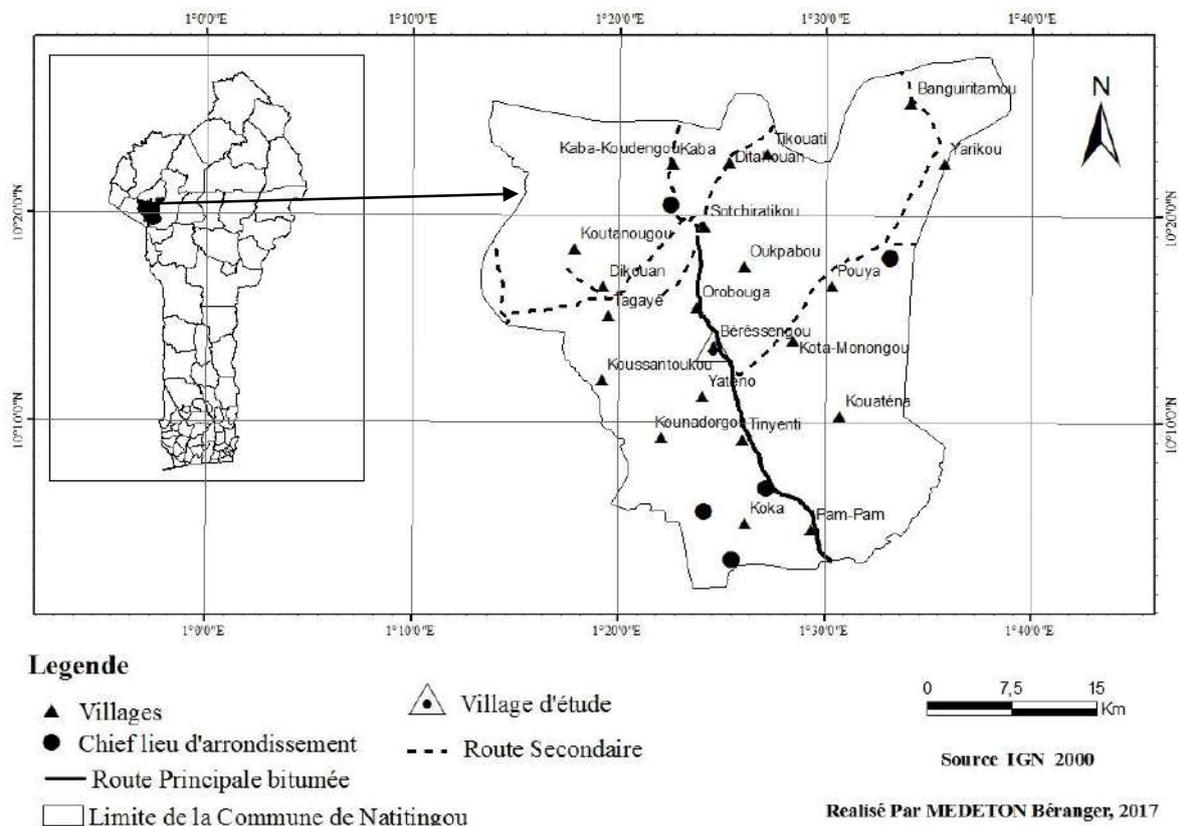


Figure 1 : Localisation du milieu d'étude

Figure 1 : Localization of the study area

2.3. Estimation du stock de semences au sol

L'inventaire des semences sous les individus d'arbre de *H. barteri* a été fait dans la commune de Natitingou durant le mois d'Août 2017. La quantité des semences équivaut au nombre de fruits (1 graine par fruit) pour *H. barteri*. Les fruits de *H. barteri* se retrouvent généralement sous la couronne et aux environs immédiats des semenciers. Le stock de fruits et de semences a été évalué à ces endroits suivant la méthode du proche en proche (Niang-diop *et al.*, 2010). Elle consistait à inventorier l'individu le plus proche du dernier inventorié. Lorsque deux individus sont à égale distance, un tirage au sort est effectué. Un choix aléatoire du premier semencier à échantillonner a été fait dans le peuplement de l'espèce. Sous ce premier individu, des placettes de 1 m x 1 m ont été installées sous la couronne de l'arbre le long de l'axe correspondant à l'un des diamètres de la couronne. L'orientation de l'axe a été choisie au hasard parmi les quatre directions principales (Est, Ouest, Nord, Sud). Une autre placette a été installée à l'extérieur de la couronne. Nous avons compté les semences (fruits et graines) au sein de ces placettes. Les fruits intacts, pourris ou infestés ont été notés. Cette procédure a été appliquée aux 50 individus à échantillonner qui ont été choisis de proche en proche. Le taux de

production de semence par pied a été estimé, celui des semences attaquées, pourries et intactes a été aussi estimé. Le Modèle Linéaire généralisé (GLM) de la famille binomiale négative a permis de déterminer le facteur influençant la production de semences. Ce test a été réalisé sous le logiciel R, version 3.4.1 (R Core Team 2017).

2.4. Estimation du potentiel de régénération par graine

Cinquante (50) placettes circulaires de 20 m de rayon ont été installées sur la base de la carte de distribution de l'espèce dans la commune. Chaque placette a été installée autour des semenciers ayant un diamètre supérieur à 10 cm à 130 cm du sol. Les jeunes plants issus des rejets de souches, des racines d'un pied et les brins francs de pied (de dbh < 5 cm et de hauteur < 1,5 m) ont été assimilés à la régénération. Les plantules issues des semis (diamètre basal < 1 cm), compte tenu de leur rareté, ont été comptées sur l'ensemble de l'aire de chaque placette d'inventaire (Agbogon *et al.*, 2012). Des excavations aux pieds des jeunes plants ont permis d'observer si c'était des drageons ou s'ils étaient issus de graine. Le taux de drageon et des jeunes plants issus de semis a été déterminé.

3. Résultats

3.1. Quantité et qualité des fruits ou semences au sol

Au terme de l'estimation des semences au sol, *H. barteri* présente une production moyenne de 60 fruits ou graines/pied. Cependant la plupart des graines portaient des traces de consommation par les animaux (60%), soit étaient infestées (13 %), ou finissaient par pourrir (6 %). Seuls 21% des semences étaient restées intactes pendant toute la durée des observations.

3.2. Facteurs influençant la production des fruits ou semences

L'analyse révèle une relation positive entre la production de fruits/semences et le diamètre des semenciers (Tableau 1, $p < 0,001$). Par contre le diamètre de la couronne des arbres n'avait pas d'effet significatif sur la production fruitière (Tableau 1, $p = 0,08$).

Tableau 1 : Facteurs influençant la production de fruits et de semences de *H. barteri*
Table 1 : Factors influencing fruits and seeds production of *H. barteri*

	Coefficient	Erreur Standard	Z value	Pr (> z)
Constante	3.914291	0.250979	15.596	<2,00E-16***
Dbh	0.054966	0.008471	6.489	8.65e-11***
Diametre couronne	0.067781	0.039155	1.731	0.0834

3.3. Relation entre production de fruits ou semences et diamètre des individus de *H. barteri*

La production fruitière croît exponentiellement avec le diamètre des arbres ($R^2 = 0,43$). Autrement dit, la production semencière augmente avec le diamètre de chaque semencier de *H. barteri* qui détermine l'âge de chaque individu.

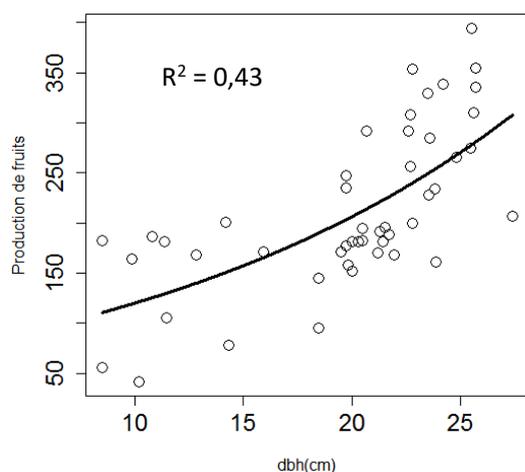


Figure 2 : Relation entre la production de fruits et le diamètre des individus de *H. barteri*. Les points sur la figure correspondent aux observations réelles et la ligne représente la courbe d'ajustement à une fonction exponentielle.

Figure 2 : Relationship between fruits production and the diameter of *H. barteri* individuals. Dots on the figure correspond to observed data. The relationship was adjusted to the exponential function.

3.4. Potentiel de régénération par graine

L'inventaire des jeunes plants effectué autour des arbres révèle un taux de 56 % environ de régénération issue de souche et 44 % des racines d'un pied. Par contre, aucun brin franc de pied n'a été observé durant toute la période d'inventaire.

4. Discussion

L'étude révèle une faible production de semences de *H. barteri*. Cette faible production de semences pourrait être expliquée d'une part par la période d'inventaire qui ne correspond pas à la période de fructification maximale de l'espèce. En effet, *H. barteri* entre en fructification active durant les mois de Juin et Juillet. Les fruits sont en faibles densité au sol et faibles en nombre sur les pieds dès le mois d'Août durant lequel l'inventaire a été effectué. Ce qui aurait expliqué la faible production semencière inventoriée lors de cette étude. D'autre part, l'espèce alloue un maximum de ressources dans l'élongation de ses racines et de formation de drageon afin de coloniser de nouveaux espaces disponibles et peu de ressources à la production fruitière ce qui ne lui permettrait pas une grande production fruitière. Enfin, l'inventaire n'a pas pris en compte le ramassage des fruits par les Hommes et la prédation par les animaux or les fruits sont ramassés et consommés par les Hommes, les petits mammifères et les oiseaux. Ceci pourrait limiter également le nombre de fruits inventoriés lors de cette étude.

L'augmentation de façon exponentielle de semences avec le diamètre des semenciers (10 à 25 cm) de *H. barteri* s'expliquerait par le fait que les individus d'arbres échantillonnés étaient relativement jeunes. Puisque qu'en réalité, la production fruitière des espèces végétales augmente selon l'âge de l'individu, atteint son optimum et diminue à l'âge de vieillissement de l'arbre. *H. barteri* est un arbuste ou arbre de 8 m de hauteur et de 35 cm de diamètre (Arbonnier, 2002). Les individus inventoriés lors de cette étude étant relativement jeune (10 à 25 cm de diamètre) auraient été à l'origine de cette production fruitière qui s'est adaptée au mieux à une fonction exponentielle en lien avec le diamètre de chaque individu d'arbre. Chez *Coula edulis* Baill, la production fruitière est fortement liée au diamètre des tiges et varie d'une année à l'autre (Moupela, 2013). De la même manière pour *Sclerocarya birrea* (A.Rich.) Hochst., la production de fruits était positivement liée à la taille de l'arbre et varie d'une année à une autre (Shackleton, 2002). Contrairement à nos résultats, la production moyenne de fruits était de 36,8 kg par arbre la première année et négligeable la seconde (Shackleton, 2002). Des estimations de production saisonnière de fruits réalisées en Afrique australe révèlent 315 kg (17500 Fruits) à 1643 kg (91300 fruits) de valeurs par arbre (GBIF Secretariat, 2017). En dépit de cette faible production, la majorité des graines a été consommée par les animaux (60%), seuls 21% des semences étaient restées intactes durant toute la période d'observation qui ne seraient d'ailleurs pas toutes viables. Or la qualité et la viabilité d'une graine, en plus de

la quantité, sont des déterminants essentiels de la régénération séminale par conséquent de la dynamique des communautés végétales en milieu naturel. Ainsi, l'absence d'une espèce dans une communauté peut être due à plusieurs facteurs. Le premier est le manque de graines ou limitation en graines (Eskelinen et Virtanen, 2005b; Pärtel *et al.*, 2000; Turnbull *et al.*, 2000b), qui peut être dû à une limitation de la dispersion ou de la production de graines. La qualité et la quantité de semences disponibles contribueraient à limiter l'installation de la régénération séminale de *H. barteri* dans son habitat naturel. Les oiseaux, les rongeurs et autres mammifères peuvent être responsables de cette limitation de l'installation de la régénération séminale naturelle par le dégât causé aux graines chez plusieurs espèces fruitières.

L'inventaire des jeunes plants effectué dans le cadre de cette étude révèle que *H. barteri* est une espèce clonale dont 56 % environ de la régénération était issue de souche, 44 % issue de racines et 0 % de brin franc de pied durant toute la période d'inventaire. La clonalité de l'espèce induit une faible diversité génétique au sein des populations et entre les populations. En effet, Sourou *et al.* (2016) ont identifié seulement quatre sous-populations de *H. barteri* sur son aire naturelle de distribution au Bénin, celle de Toucountouna, Natitingou 1, Natitingou 2 et de Boukombé.

Au total, cette étude montre une faible régénération naturelle de *H. barteri* qui serait due à la faible production de semences et à la mauvaise qualité des semences disponibles.

5. Conclusion

La disponibilité des semences de qualité constitue l'une des principales contraintes à la régénération séminale des espèces végétales en milieu naturel. *H. barteri* présente une faible production fruitière dont la majorité est détruite par les rongeurs. La quasi-absence de régénération naturelle par semis de *H. barteri* dans son habitat naturel est liée à la qualité de semence disponible. Cette qualité est liée en partie à l'infestation, la pourriture et la prédation. La quasi-absence des brins francs de pied dans son habitat naturel est inquiétante pour l'avenir de *H. barteri*. Des études complémentaires sur l'identification des agents disperseurs et prédateurs des graines, la phénologie et des techniques alternatives de reproduction (asexuée et sexuée) de l'espèce peuvent être explorées pour sa domestication future afin d'assurer la préservation de l'espèce.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adomou A. C. 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: implications for biogeography and conservation. PhD thesis Wageningen University, Wageningen ISBN 90-8504-308-5 PhD thesis Wageningen University, Wageningen ISBN 90-8504-308-5.
- Agbogon A, Koffi Tozo, Kpérkouma Wala, Komlan Batawila M. D. E. K. A. 2012. Abondance et structure des populations d'un fruitier spontané : *Haematostaphis barteri* Hook. F. dans deux sites rocheux en région soudanienne au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(6): 6 (December), pp. 6042–6048.
- Arbonnier M. 2002. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest., 2ème. Ed.[Montpellier]: CIRAD;[Paris]; Museum National d'histoire Naturelle 573p.-Illus., Col. Illus. Fr Icones, Anatomy and Morphology, Keys. Geog. 5.
- Asase A., Oteng-yeboah A. A., O damtten G. T. and Simmonds M. S. J. 2005. Ethnobotanical study of some Ghanaian anti-malarial plants, *Journal of Ethnopharmacology*, 99, pp. 273–279. DOI:10.1016/j.jep.2005.02.020.
- Bellefontaine R. and Monteuis O. 2002. Le drageonnage des arbres hors forêt: un moyen pour végétaliser partiellement les zones arides et semi-arides sahéliennes?, Troisième Rencontre Du Groupe de La Sainte Catherine, Orléans Du 22 Au 24 Novembre 2000. Verger M. (Ed.). Loiret-Conseil Général, Ville d'Orléans, INRA, CTA, CIRAD. Montpellier : CIRAD, 135-148. ISBN 2-87614-498-0.
- Biaou S. S. H, K J., Sèwèdo C. D. B, Amahowé O. I, Moutouama F. T. and Natta A. K 2017. Uses of *Haematostaphis barteri* Hook. f. among the Waaba and Bètammaribè in North-Benin and impact on the species vulnerability, *Int. J. Biodivers. Conserv.*, 9 (May), pp. 146–157. DOI:10.5897/IJBC2016.1063.
- Burt-Smith G. S., Grime J. P. and Tilman D. 2003. Seedling resistance to herbivory as a predictor of relative abundance in a synthesised prairie community, *Oikos*, 101 (2), pp. 345–353.
- Dickinson M. H., Farley C. T., Full R. J., Koehl M. A. R., Kram R. and Lehman S. 2000. How animals move: an integrative view, *Science*, 288 (5463), pp. 100–106.
- Eskelinen A. and Virtanen R. 2005a. Local and regional processes in low-productive mountain plant communities: the roles of seed and microsite limitation in relation to grazing, *Oikos*, 110 (2), pp. 360–368.
- GBIF Secretariat (2017), GBIF, Benjamin.Lisan.Free.Fr/Projetsre-forestation/Fiche-Presentation-Sclerocarya-Birrea.Pdf via <https://www.gbif.org/Search>,
- Işik K. 2011. Rare and endemic species : why are they prone to extinction ? *, *Turkey Journal of Botany.*, 35 (May 2010), pp. 411–417. DOI:10.3906/bot-1012-90.
- Moupela C. 2013. Ecologie, dynamique des populations et intérêts économiques du noisetier d'Afrique (*Coula edulis* Baill.) au Gabon. Thèse de doctorat. Université de Liège – Gembloux Agro - Bio Tech, 1 4 2 p. , 1 4 tabl., 2 2 fig.
- Niang-diop F., Sambou B. and Lykke M. 2010. Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4 (October), pp. 1693–1705.
- Pärtel M., Zobel M., Liira J. and Zobel K. 2000. Species richness limitations in productive and oligotrophic plant communities, *Oikos*, pp. 191–193.

- Setterfield S. A. 2002. Seedling establishment in an Australian tropical savanna: effects of seed supply, soil disturbance and fire, *Journal of Applied Ecology*, 39 (6), pp. 949–959.
- Shackleton C. 2002. Growth and fruit production of *Sclerocarya birrea* in the South African lowveld, *Agroforestry Systems*, 55 (3), pp. 175–180.
- Sourou, B. N., Ouinsavi C. A. I. N. and Sokpon N. 2016. Ecological Structure and Fruit Production of Blood Plum (*Haemastaphis barteri* Hook. F) Subpopulations in Benin, *International Journal of Plant & Soil Science*, 9(2): 1-12, pp. 9(2): 1-12,
- Sourou B. N., Yabi J. and Sokpon N. 2016. Importance socio-économique de la prune rouge (*Haemastaphis barteri* Hook F.) au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(1): 326-343.
- Turnbull L. A., Crawley M. J. and Rees M. 2000. Are plant populations seed-limited? a review of seed sowing experiments, *Oikos*, 88 (2), pp. 225–238.
- Viard-Cretat F. 2008. Mécanismes De Régénération Des Espèces Végétales Dans Les Prairies Subalpines Sur Un Gradient D'extensification Des Pratiques Agricoles, Thèse, Université Montpellier II Sciences Et Techniques Du Languedoc.
- Zeiter M., Stampfli A. and Newbery D. M. 2006. Recruitment limitation constrains local species richness and productivity in dry grassland, *Ecology*, 87 (4), pp. 942–951.



Services écosystémiques fournis par les parcs à karité et leur contribution au bien-être des populations rurales dans la commune de Savè (Centre Bénin)

Rivelyn Mattéoti GNANGLE^{1*}, Samadori Sorotori Honoré BIAOU¹, Paul Césaire GNANGLE², Ogoulonou Rodrigue BALAGUEMAN¹, Malicki RAPHIOU³, Aliou DICKO¹, M'Mouyohoun KOUAGOU¹ et Armand Kuyéma NATTA¹

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale, Département d'Aménagement et de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou ; 03 BP 125 Parakou, Bénin.

² Laboratoire des Sciences Sol Eaux et Environnement, Centre des Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01.

³ Centre des Recherches Agricoles du Centre-Bénin (CRA-C) à Savè, Institut National des Recherches Agricoles (INRAB), BP 112 Savè, Bénin.

Reçu le 04 Septembre 2017 - Accepté le 13 Novembre 2017

Ecosystem services provided by shea parklands and their contribution to the well-being of rural populations in the commune of Savè Central Benin

Abstract: Ecosystems provide a range of services and benefits to many people across the world. Agroforestry systems are a type of ecosystems that pairs with sustainable agriculture, with negligible impacts on the environment and that provide vital services to communities. This study was conducted from July to September 2015 in the commune of Savè (Collines Department) in the center of Benin. The purpose of the study was to assess the diversity and importance of ecosystem services provided by shea parklands. Five villages, one per rural district of the commune, were selected for the study. These villages were Ouoghi-gare, Alafia, Gobé, Gbéré, and Founfoun. A purposive sample based on criteria such as ethnic group, religion, and education level has been applied and allowed the selection of 100 farmers with whom in-depth interviews were conducted. Shea parklands of the Savè commune provide 18 types of ecosystem services, grouped into provisioning services (food, fuel wood, timber, non-timber products, etc.), regulating services (climate regulation, carbon sequestration, protection against erosion, soil fertilization, etc.), cultural services (entertainment, excursions, ceremonies and rituals, hunting, etc.) and support services (maintenance and preservation of biodiversity, habitats, nutrient cycling, etc.). All respondents (100%) cited at least one service in the category of provisioning services that appeared to be the most cited, with predominantly food (88% of citations). Nevertheless, they were also sensitive to non-market functions of shea parklands, with 90% citations for cultural services (predominantly hunting) and 92% for regulation services (predominantly soil fertilization). On the other hand, only educated people with secondary level cited support services (12%), mainly maintenance and preservation of biodiversity (11%). Thus, sustainable management of ecosystems and nature preservation implies an improvement in communication and awareness on issues related to all types of ecosystem services and their interactions.

Keywords: Ecosystem services, shea parkland, human well-being, Benin.

Résumé : Les écosystèmes fournissent une large gamme de services et de bénéfices à de nombreuses populations dans le monde entier. Les systèmes agroforestiers sont des écosystèmes compatibles avec l'agriculture durable car ils ont des impacts négligeables sur l'environnement et fournissent des services importants aux communautés rurales. La présente étude a été conduite de Juillet à Septembre 2015 dans la commune de Savè (département des Collines) au Centre Bénin. Le but de l'étude était d'évaluer la diversité et l'importance des services écosystémiques fournis par les parcs à karité. Cinq villages, à raison d'un village par arrondissement rural de la commune, ont été choisis pour conduire les enquêtes. Il s'agit des villages de Ouoghi-gare, Alafia, Gobé, Gbéré et Founfoun. Un échantillon raisonné constitué à partir du groupe ethnique, de la religion et du niveau d'instruction a permis de choisir 100 producteurs agricoles, représentatifs du milieu d'étude, avec lesquels les interviews ont été conduites. Les enquêtes ont montré que les parcs à karité de la commune de Savè comptent 18 types de services écosystémiques, regroupés en quatre grandes catégories : services d'approvisionnement (aliments, bois énergie, bois de construction, produits non ligneux, etc.), service de régulation (régulation du climat, séquestration du carbone, protection contre l'érosion, fertilisation des sols, etc.), services culturels (divertissements, cérémonies et rituels, chasse, etc.) et services de soutien (maintien et préservation de la biodiversité, des habitats, du cycle des éléments nutritifs, etc.). 100% des personnes enquêtées ont cité un moins un service appartenant à la catégorie des services d'approvisionnement qui est de fait le plus fréquemment cité, surtout les aliments (88% des citations). Elles sont également sensibles aux fonctions non marchandes des parcs à karité, avec 90% de citations pour les services culturels (chasse surtout) et 92% pour les services de régulation (fertilisation des sols surtout). Les personnes instruites de niveau secondaire étaient les seules à citer les services de soutien (12%), principalement le maintien et la préservation de la biodiversité (11%). La gestion durable des écosystèmes et la préservation de la nature implique donc une amélioration de la communication et de la sensibilisation sur les enjeux de tous les types de services écosystémiques et leurs interactions.

Mots clés : Bénin, bien-être social, parc à karité, services écosystémiques.

1. Introduction

La nature fournit à la société divers services essentiels à la survie, tels que la préservation de la biodiversité, l'approvisionnement en eau et sa purification, la stabilisation du climat, le contrôle des maladies et la protection contre les perturbations et catastrophes naturelles (érosion, inondations, orages, etc.). Des écosystèmes en parfait état procurent des flux d'eau fiables et propres, un sol productif, un climat relativement prévisible et de nombreux autres services essentiels au bien-être de l'Homme. Les entreprises, les Hommes et les sociétés comptent donc sur ces services pour la fourniture de matières premières, pour les processus de production et la stabilité climatique.

De façon générale, les écosystèmes naturels et agricoles sont sources de services écosystémiques. Les parcs à karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn) et néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) G.Don) sont des systèmes agro-forestiers visant la valorisation et la préservation des fruitiers agro-forestiers autochtones (Saïdou *et al.*, 2012). Les parcs agro-forestiers constituent aujourd'hui une composante dominante des paysages naturels et agricoles dans lesquels poussent les arbres (Bonkougou, 2002). Il s'agit d'un système

traditionnel d'exploitation des terres dans lequel des végétaux ligneux pérennes sont délibérément conservés en association avec les cultures (Wala *et al.*, 2005). Selon leur composition, leur structure et leur gestion, les parcs agro-forestiers peuvent contribuer de façon importante aux services de support qui soutiennent les autres services écosystémiques (Power, 2010). Au Bénin, cinq types de parcs à karité et néré ont été identifiés selon un gradient pluviométrique Nord-Sud et Est-Ouest, les groupes socioculturels, la période de culture végétale et les types de sols (Gbédji, 2003 ; Gnanglè, 2005). De ces deux espèces, le karité est l'espèce la plus répandue en parc et constitue une opportunité plus « riche », une culture proactive de grande importance socio-économique pour le Bénin. Ainsi, trente-cinq mille (35.000) tonnes d'amandes séchées de karité ont été exportées du Bénin en 2008 rapportant plus de 1,75 milliards de FCFA au Budget National (MAEP, 2008). C'est également un arbre à usages multiples d'une grande importance écologique, socio-économique et culturelle vitale pour les populations locales (Sokpon et Yabi, 2006). Le karité est cependant fortement menacé dans son aire de distribution par les activités humaines. Par exemple, plusieurs études (Dalliere, 1995; Mahamane, 1996 ; Ouédraogo et Devineau, 1996 ; Kaboré *et al.*, 2012) ont montré que la jachère joue un rôle important dans la reconstitution des parcs à karité, mais la poussée démographique et la pression foncière observées un peu partout en Afrique de l'Ouest contribuent à la réduction de la durée de la jachère (Floquet,

* Auteur Correspondant : rivelynmatteoti@gmail.com
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

1993 ; Bilgo, 2005 ; Masse, 2007), compromettant ainsi le devenir des parcs à karité.

Le MEA (2005) identifie trois principales raisons qui motivent les évaluations des écosystèmes : évaluer la contribution globale des écosystèmes au bien-être humain ; comprendre comment et pourquoi les acteurs économiques utilisent les écosystèmes comme ils le font ; évaluer l'impact relatif d'actions alternatives et ainsi guider la prise de décision. La compréhension de l'importance des bénéfices rendus par les parcs à karité pour les populations locales est donc importante pour la mise en œuvre de programmes de conservation de l'espèce et de restauration des parcs avec la participation de ces populations. La présente étude met l'accent sur les liens entre les écosystèmes notamment les parcs à karité et le bien-être de l'Homme et, en particulier sur les services écosystémiques. Plus spécifiquement, d'une part elle vise à faire l'inventaire et la catégorisation des services écosystémiques fournis par les parcs à karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn, Sapotaceae) dans la commune de Savè (Centre Bénin) afin de comprendre l'évolution des services écosystémiques et leur usage, et d'autre part à évaluer leur importance et leur contribution au bien-être des populations locales pour comprendre comment l'évolution des écosystèmes a affecté le bien-être de l'homme et la réduction de la pauvreté.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans la commune de Savè, département des Collines, au Centre Bénin (Figure 1). La zone est sous l'influence d'un climat de type subéquatorial caractérisé par deux saisons pluvieuses (une grande de mars à juillet et une petite de septembre à novembre) et deux saisons sèches (une grande de novembre à mars et une petite de juillet à septembre). Sous l'influence du déplacement des isohètes, ce climat a laissé place à un climat tropical de type soudanien marqué par une saison pluvieuse d'avril/mai à octobre et une saison sèche d'octobre à mars (Monographie de la commune de Savè). La pluviométrie moyenne est de 1100 mm par an (CRA-Centre, 2014). La commune est située dans la péninsule cristalline ondulée et de faible altitude variant entre 200 et 300 mètres. La végétation correspond à une savane parsemée d'arbres et d'arbustes dominée par deux espèces : *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa*.

2.2. Echantillonnage des villages et enquête exploratoire

La commune de Savè est constituée de 8 arrondissements dont 3 urbains et 5 ruraux. Un sondage a été fait en juillet 2015 dans 15 villages des 5 arrondissements ruraux. Ce sondage nous a permis de choisir 5 villages (Gbééré, Ouoghi-gare, Gobé, Alafia et Founfoun), à raison d'un village par arrondissement rural en tenant compte de la représentativité des paysans agroforestiers, ainsi que la présence et la dominance des parcs à karité. Dans ces villages, 10 focus group ont été réalisés à raison de deux focus group par village (un focus group constitué des jeunes dont l'âge est inférieur ou égale à

40 ans et un autre composé des personnes plus âgées qui ont un âge supérieur à 40 ans) pour collecter les informations générales sur les parcs à karité de la commune et les producteurs agroforestiers. Chaque focus group était composé environ de 10 paysans.

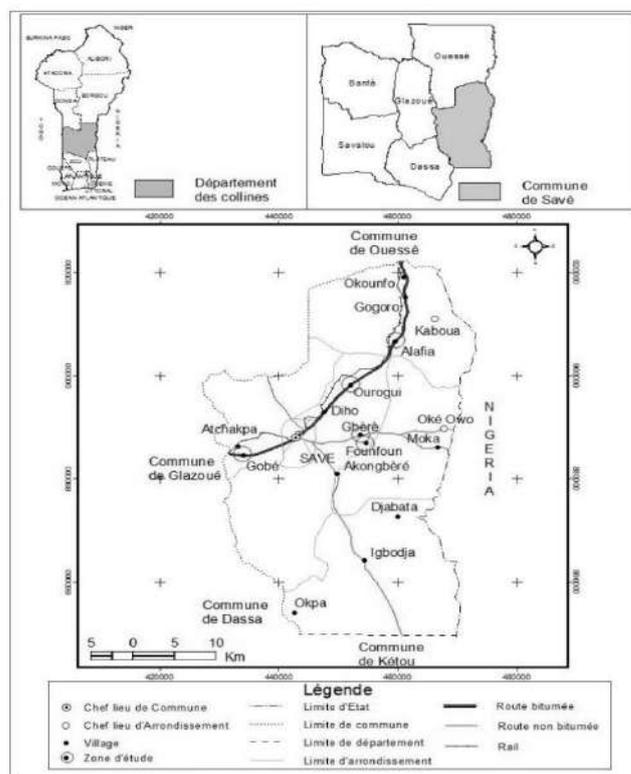


Figure 1 : Carte de la situation de la Commune de Savè au Bénin

Figure 1: Map of the Savè Commune in Benin

2.3. Inventaire et typologie des services écosystémiques fournis par les parcs à karité dans la commune de Savè

Nous avons eu recours à des entretiens semi-structurés avec 100 producteurs, à raison de 20 producteurs par village. Les producteurs ont été sélectionnés sur la base d'un échantillonnage raisonné tenant compte du groupe ethnique, de la religion, du genre et du niveau d'instruction. Les différents services écosystémiques recensés dans chaque village ont été identifiés et classés suivant la typologie du MEA (2005). Le test de Chi-2 a ensuite été utilisé pour évaluer la relation entre les services écosystémiques cités et les caractéristiques socio-culturelles : religion, ethnique et niveaux d'instruction, afin de révéler les différences éventuelles de perceptions des services écosystémiques entre les groupes socio-culturels.

2.4. Importances des services écosystémiques pour les populations locales

Pour évaluer l'importance des services écosystémiques, les différentes formes d'utilisations des services fournis par les parcs à karité citées ont été rassemblées en trois catégories d'importances : économique, socioculturelle et écologique. A l'aide de la méthode des scores, une note de 1 à 5 a été

attribuée par chaque enquêté à chaque catégorie d'importance. Cette méthode nous a permis de calculer la moyenne des scores par catégorie d'importance et d'appliquer le test non paramétrique de Wilcoxon pour comparer les moyennes des scores afin d'hierarchiser les catégories d'importance.

Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel R (R Development Core Team, 2014, www.r-project.org).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques sociodémographiques des personnes enquêtées

L'échantillon était composé de trois groupes ethniques présents dans la zone d'étude : le groupe majoritaire « nago et apparentés » (38%) qui sont les autochtones suivis des groupes « otammari et apparentés » (37%) et « fon et apparentés » (25%) (Tableau 1). La grande majorité des producteurs interviewés est analphabète (70%) et appartient à la religion chrétienne (73%). Les hommes représentent 74%; des personnes enquêtées, contre 26% de femmes.

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Table 1: Characteristics socio-demographic of the interviewed

Variables	Modalités	Nombre de personnes enquêtées					Total (%)
		Alafia	Foun-foun	Gbééré	Gobé	Ouoghigare	
Ethnies	Fon et apparentés	6	3	4	7	5	25
	Nago et apparentés	7	7	5	9	10	38
	Otammari et apparentés	7	10	11	4	5	37
Religion	Animiste	1	0	2	1	1	5
	Chrétien	13	16	13	16	15	73
	Musulman	6	4	5	3	4	22
Niveau d'instruction	Aucun	14	12	17	15	12	70
	Primaire	4	5	1	4	5	19
Sexe	Sec-ondaire	2	3	2	1	3	11
	Hommes	14	17	12	16	15	74
	Femmes	6	3	8	4	5	26

3.2. Inventaire et typologie des services écosystémiques fournis par les parcs à karité dans la commune de Savè

Au total, nous avons recensé 18 types de services écosystémiques dans les parcs à karité de la commune de Savè. Les services d'approvisionnement sont les plus cités par les enquêtés notamment: les aliments (88%), les ressources médicinales (79%) et le bois énergie (77%) (Figure 2).

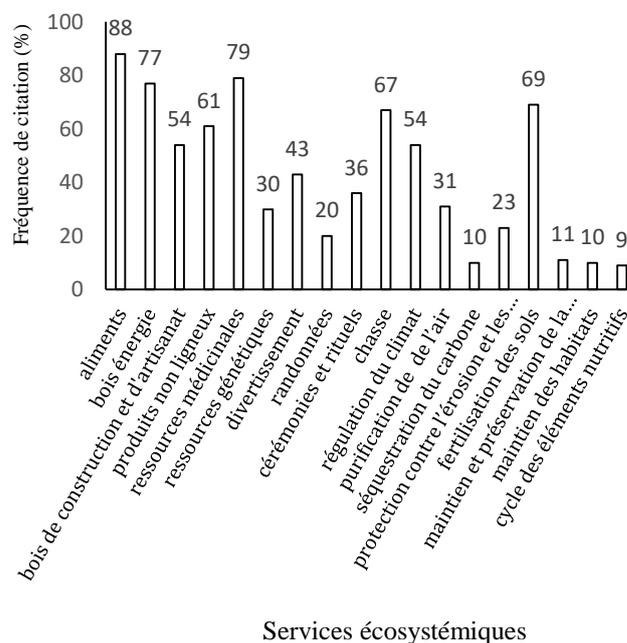


Figure 2 : Fréquence de citation des services écosystémiques fournis par les parcs à karité dans la commune de Savè

Figure 2: Frequency of quote of services ecosystem provided by the parks in the commune of Savè

Les services écosystémiques fournis par les parcs à karité dans la commune de Savè appartiennent aux 4 catégories de services proposés par le MEA (2005): les services d'approvisionnement, les services culturels, les services de régulation et les services de soutien (Tableau 2). Toutes les personnes enquêtées ont cité un moins un service appartenant à la catégorie des services d'approvisionnement, contre 90% pour les services culturels, 92% pour les services de régulation et seulement 12% pour les services de soutien. Dans chacune de ces catégories, le service le plus cité est : aliments (88%), chasse (67%), fertilisation des sols (69%), maintien et préservation de la biodiversité (11%) respectivement pour les services d'approvisionnement, culturels, de régulation et de soutien.

Il existe une relation de dépendance significative entre le niveau d'instruction des personnes enquêtées et les services écosystémiques cités ($X^2 = 62.9514$; $Df = 6$ et $P < 0,05$). Tous les enquêtés, quel que soit leur niveau d'instruction, perçoivent les services d'approvisionnement, de régulation et les services culturels. En plus de ces services, ceux qui ont le niveau secondaire (12%) étaient les seuls à citer les services de soutien. Par contre, il n'existe pas de relation entre les services écosystémiques cités et l'ethnie ($X^2 = 2.888$; $Df = 6$; $P > 0,05$), ou la religion ($X^2 = 2,684$; $Df = 6$; $P > 0,05$).

Tableau 2 : Services écosystémiques fournis par les parcs à karité de la commune de Savè et correspondances avec les catégories définies par le MEA (2005)

Table 2: Ecosystem services provided by the parks of shea of the commune of Savè and correspondence with the categories defined by the EEM (2005)

Catégories de services (MEA, 2005)	Types de services fournis par les parcs à karité de la commune de Savè	Proportion des enquêtés (n=100) ayant cité au moins un service de chaque catégorie	Service écosystémique le plus cité dans chaque catégorie et % des citations (n=100)
Approvisionnement	Aliments, bois énergie, bois de construction et d'artisanat, produits non ligneux, ressources médicinales, ressources génétiques	100%	Aliments = 88%
Culturel	Divertissement, randonnées, cérémonies et rituels, chasse,	90%	Chasse = 67%
Régulation	Régulation du climat, purification de l'air, pollinisation, séquestration du carbone, protection contre l'érosion et les inondations, fertilisation des sols	92%	Fertilisation des sols = 69%
Soutien	Maintien et préservation de la biodiversité, des habitats, cycle des éléments nutritifs	12%	Maintien et préservation de la biodiversité = 11%

3.3. Formes d'utilisations des produits du karité dans la commune de Savè

Six formes d'utilisations ont été identifiées pour les produits du karité (Figure 3) et il existe une relation de dépendance significative entre les formes d'utilisation et l'ethnie ($X^2 = 30,9295$; $DI = 10$ et $P < 0,05$). Cependant, il n'existe pas de relation entre les formes d'utilisations et la religion ($X^2 = 3,7121$; $DI = 10$; $P > 0,05$) ou le niveau d'instruction ($X^2 = 2,5999$; $DI = 10$; $P > 0,05$).

Le ramassage des noix dans les parcs, l'utilisation du karité comme bois énergie (bois de feu), pour le traitement des maladies (feuilles, graines, écorces et racines) et pour la fabrication de mortiers sont les formes d'utilisation rencontrées chez toutes les ethnies enquêtées. Par contre, les autres utilisations du karité sont plus variables d'une ethnie à l'autre. La fabrication du charbon avec le bois de karité se rencontre principalement chez les nago et les fon. L'utilisation du karité dans l'alimentation et sa contribution au revenu des ménages ne se rencontrent pas fréquemment chez les fon. Les usages du karité dans les cérémonies religieuses, culturelles et les enterrements se rencontrent surtout chez les otammari et certains nagos. Ces différentes utilisations sont rencontrées aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

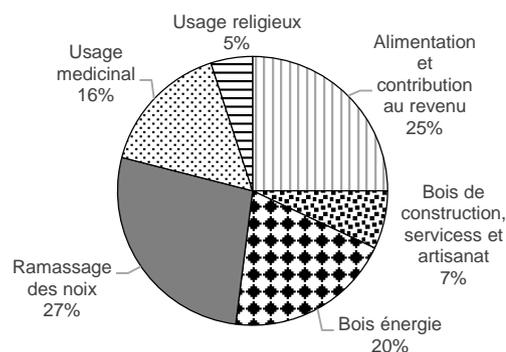


Figure 3: Forms of uses of the products of shea in the commune of Savè

3.4. Importance des parcs à karité pour les populations locales de la commune de Savè

Le calcul des moyennes des scores attribués par les enquêtés révèle que l'importance socio-culturelle est prioritaire avec la plus forte moyenne suivie de l'importance économique et enfin l'importance écologique (Figure 4). On en déduit que, selon les enquêtés, les services écosystémiques sont importants sur les plans socioculturel, économique et écologique mais c'est l'importance socio-culturelle qui prédomine.

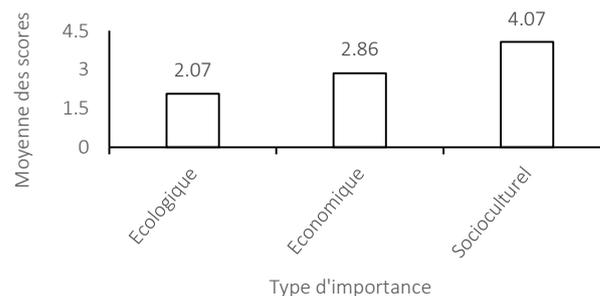


Figure 4 : Importance des services écosystémiques fournis par les parcs à karité pour les populations locales de la commune de Savè

Figure 4: Importance of the ecosystem services provided by parks of shea for the local population of the commune of Savè

4. Discussion

4.1. Perception des services écosystémiques fournis par les parcs à karité par les producteurs

Les parcs à karité de la commune de Savè fournissent une grande diversité de services écosystémiques. Dans ces parcs à karité, nous en avons recensé dix-huit (18) qui appartiennent aux quatre (4) types de services définis par le MEA (2005). En effet, selon le MEA (2005), les quatre grandes classes de services écosystémiques sont : (1) Les services d'approvisionnement constitués des biens et services produits ou provenant des écosystèmes dont les humains peuvent se nourrir ou faire usage pour répondre à leurs besoins matériels (aliments, bois énergie, bois de construction et d'artisanat, produits forestiers non ligneux, ressources médicinales, ressources génétiques) ; (2) Les services de régulation comprenant les bénéfices découlant des fonctions régu-

latrices des écosystèmes et qui fournissent un milieu habitable à l'Homme (régulation du climat, purification de l'air, pollinisation, séquestration du carbone, protection contre l'érosion et les inondations, fertilisation des sols) ; (3) Les services culturels constitués des bénéfices non matériels incluant les plaisirs récréatifs, le divertissement, les randonnées, cérémonies et rituels, chasse ; et (4) Les services de soutien qui sont des processus indispensables au maintien des conditions favorables à la vie, à travers notamment les cycles bio-géo-écologiques des éléments nutritifs ou non. Ces derniers contribuent à l'entretien des équilibres écologiques locaux et globaux, la stabilité de la production d'oxygène atmosphérique et du climat global, la formation et la stabilité des sols, le cycle entretenu des éléments et l'offre d'habitat pour toutes les espèces.

Tous les enquêtés, quel que soit leur niveau d'instruction, perçoivent les services d'approvisionnement, de régulation et culturels. Seuls ceux qui ont un niveau d'instruction plus élevé (niveau secondaire dans notre échantillon) perçoivent, en plus des trois autres groupes de services, les services de soutien. Généralement, les services de soutien sont perçus comme les plus importants par la communauté scientifique parce qu'ils sont nécessaires à la production de tous les autres services (Le Clec'h et al., 2014). Au contraire, pour les populations locales, les services d'approvisionnement sont souvent les plus cités, y compris dans les parcs à karité (Salle et al., 1991 ; Lamien et al., 2004), à cause des biens marchands, les produits de cueillette, les produits non ligneux qui y sont directement exploités.

Les services de soutien sont quelque peu abstraits et correspondent à des usages indirects (services n'impliquant pas d'interaction directe avec les bénéficiaires). Ils nécessitent par conséquent des connaissances issues des sciences naturelles pour comprendre les liens avec les autres services écosystémiques ou la résilience des écosystèmes, c'est-à-dire leur aptitude à fournir des services lorsque les conditions (par exemple le climat) changent. Cela montre qu'il faut un niveau d'instruction suffisant pour une meilleure compréhension et une meilleure gestion des écosystèmes forestiers. Les usages indirects peuvent aussi constituer une motivation importante pour préserver la nature, mais leur évaluation peut s'avérer imprécise et incomplète, à cause du manque d'information et de formation des usagers qui sont dans l'incapacité d'identifier des biens ou services dont ils bénéficient sans en avoir une perception claire. La gestion durable des écosystèmes et la préservation de la nature implique donc une amélioration de la communication et de la sensibilisation sur l'ensemble des services écosystémiques et leurs interactions.

4.2. Importance des services écosystémiques fournis par les parcs à karité dans la commune de Savè

La compréhension de l'importance des parcs à karité pour les populations locales est indispensable pour la mise en œuvre de programmes de conservation de l'espèce et de restauration des parcs avec la participation de ces populations. Pour les populations enquêtées dans la commune de Savè, l'importance des services écosystémiques est surtout d'ordre

socio-culturel ; viennent ensuite les considérations économique et écologique. L'ensemble de ces services écosystémiques concourent à la satisfaction des différents besoins des populations locales comme cela a été aussi montré ailleurs en Afrique (Salle et al., 1991 ; Lamien et al., 2004).

Dah-dovonon et Gnanglè (2006) ainsi que Sokpon et Yabi (2006) ont rapporté que dans les départements de l'Atacora, de la Donga et du Borgou au Bénin, les ménages ruraux tirent entre 36 % et 46 % de leurs revenus des produits du karité. Ces revenus permettent aux femmes rurales de se prendre en charge et de subvenir aux besoins de leurs ménages dans l'alimentation, l'habillement, la scolarisation des enfants et la santé. Au-delà des services socioculturels et économiques, les parcs à karité fournissent des services non marchands (la fertilisation du sol, la séquestration du carbone, la régulation du climat...) dont l'importance est indéniable et qui participent largement à leur valeur intrinsèque.

La valeur des services de la nature est une question relativement ancienne et antérieure à l'invention du terme biodiversité (voir par exemple Westman, 1977). La notion de valeur peut s'appuyer sur des critères variés, surtout lorsqu'il s'agit d'actifs naturels qui intègrent les valeurs d'usage (valeurs d'usage direct, indirect et d'option) et les valeurs de non usage (valeurs de leg et d'existence) (Lescuyer, 2000). Le placement de l'importance économique au deuxième rang dans notre étude est surprenant et pourrait indiquer que les personnes enquêtées sont particulièrement sensibles aux fonctions non marchandes (socio-culturelles dans ce cas précis) des parcs à karité, ou qu'elles disposent de nombreux substituts aux opportunités économiques qu'offrent les parcs à karité dans la commune de Savè. Il faut aussi souligner le faible niveau de développement de la filière karité au Bénin comparativement au Burkina et au Mali. Par exemple, la noix d'anacardier est devenue le deuxième produit d'exportation après le coton au Bénin (Balogoun et al., 2014), et le centre Bénin où est situé la commune de Savè, est l'une des trois zones agroécologiques les plus favorables à la culture de l'anacardier. La culture de l'anacarde s'est ainsi progressivement imposée comme une alternative sérieuse aux autres spéculations, avec notamment un accroissement des superficies au niveau national de 66% entre 1994 (24 282 ha) et 1998 (40 217 ha) (Adégbola et al., 2005). Il serait intéressant pour des études futures d'évaluer comment les progressions observées des superficies emblavées pour l'anacarde (ou d'autres spéculations importantes) influencent la dynamique des parcs à karité. En Côte d'Ivoire par exemple, les parcs à karité disparaissent au profit de nouvelles cultures de rentes plus profitables telles que l'anacardier et le mangoier (Diar-rassouba et al., 2009).

4.3. Relation entre les services écosystémiques et le bien-être des populations

Les écosystèmes, grâce notamment à leur diversité biologique, contribuent directement (par les services d'approvisionnement, de régulation et les services culturels dispensés par les écosystèmes) et indirectement (par les services sou-

rien) à de nombreux éléments constitutifs du bien-être humain, notamment à la sécurité, au bien-être matériel, à la santé, aux bonnes relations sociales, ainsi qu'à la liberté de choix et d'action. Aussi, le MEA (2005) a démontré dans son rapport final l'importance des services d'origine écosystémiques pour le bien-être de l'Homme et souligne que, l'espèce humaine, quoique protégée des changements environnementaux par la culture et la technologie, est en fin de compte fondamentalement dépendante du flux des services d'origine écosystémique.

Ainsi, les parcs à karité de la commune de Savè fournissent des services écosystémiques qui recouvrent la majorité des éléments, matériels et immatériels, indispensables au bien-être de l'Homme. Ces éléments se retrouvent également à différents niveaux de la pyramide de Maslow (Maslow, 1943; Taormina et Gao, 2013) qui est une classification hiérarchique des besoins humains.

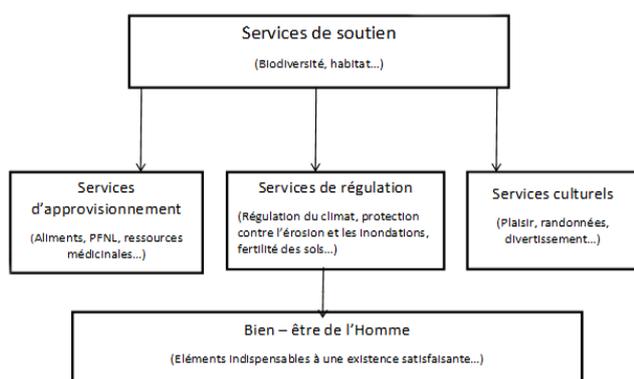


Figure 5: Relation entre les services écosystémiques et le bien-être de l'Homme (adapté du MEA 2005).

Figure 5: Relationship between ecosystem services and well-being (adapted from MEA 2005)

Maslow (1943) distingue notamment cinq grandes catégories de besoins. Le premier palier est d'ordre physiologique, le second est d'ordre sécuritaire. On peut ajouter l'appartenance, la reconnaissance et enfin l'accomplissement de soi ou dépassement, respectivement au troisième, quatrième et cinquième palier. Maslow considère que le consommateur passe à un besoin d'ordre supérieur quand le besoin de niveau immédiatement inférieur est satisfait. Ainsi, « la satisfaction des besoins physiologiques précède toute tentative de satisfaction des besoins de protection (sécurité) ; lesquels doivent être satisfaits avant les besoins d'amour (appartenance), qui précèdent les besoins d'estime de soi (reconnaissance) ; au sommet de la pyramide se trouvent les besoins spirituels (dépassement) » (Maslow, 1943).

Les besoins physiologiques sont directement liés à la survie des individus. Ce sont typiquement des besoins concrets, faim et soif par exemple, (Maslow, 1943) qui peuvent être satisfaits par les services d'approvisionnement. Ces besoins constituent en général la priorité de l'Homme.

En dépit de leur importance, les parcs à karité sont soumis à des pressions croissantes qui menacent le maintien de leurs

fonctions et services. La principale menace provient de la diminution de la durée de mise en jachère ou l'augmentation de la période d'exploitation des champs. La pratique des jachères longues est indispensable pour restaurer les parcs à karité (Diarrassouba et al., 2009 ; Kaboré et al., 2012 ; Aleza et al., 2015). Malheureusement, la poussée démographique et la demande croissante en terres cultivables ne favorisent plus cette pratique. Dans les populations résiduelles de karité, le ramassage systématique des fruits sous les arbres pourrait s'intensifier et compromettre la régénération naturelle (Boffa, 2000). Aussi, le faible développement de la filière karité et l'émergence de nouvelles cultures de rentes offrent-elles de nouvelles opportunités économiques pour les producteurs et pourraient-elles constituer un frein au développement ou à la conservation des parcs à karité.

5. Conclusion

Les parcs à karité de la commune de Savè regorgent d'une forte diversité de services écosystémiques auxquels les populations locales attachent une grande importance. Cependant, la perception des différents types de services écosystémiques est dépendante du niveau d'instruction des enquêtés et suggère qu'une amélioration de la communication et de la sensibilisation sur les enjeux des services écosystémiques est nécessaire pour une gestion et une utilisation durable des écosystèmes.

Les avantages économiques du karité ne suffisent pas à eux seuls à garantir la conservation des parcs à karité. La présente étude, illustre que les populations rurales peuvent être également sensibles aux fonctions non marchandes des parcs à karité. Les aspects sociaux, culturels et religieux notamment pourraient être déterminants dans la motivation des populations pour la conservation du karité et méritent d'être systématiquement pris en compte dans les stratégies de communication et de sensibilisation pour la conservation.

Enfin, dans un contexte caractérisé par l'émergence de nouvelles cultures de rentes et de nouvelles opportunités économiques pour les producteurs, il est important dans des études futures d'évaluer comment ces dynamiques récentes influencent ou sont susceptibles d'influencer la conservation et la restauration des parcs à karité.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les populations locales de la commune de Savè pour leur accueil et le temps consacré aux interviews. Leurs remerciements vont également à l'endroit de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), du Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA - Centre) et du Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey pour leur collaboration.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adégbola, P.Y., Oloukoï, L. et Sossou, H.C., 2005. Analyse de la compétitivité de la filière anacarde au Bénin. Rapport technique final. Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA). Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche.
- Aleza, K., Wala, K., Bayala, J., Villamor, G.B., Dourma, M., Atakpama, W. et Akpagana, K., 2015. Population structure and regeneration status of *Vitellaria Paradoxa* (C. F. Gaertner) under different land management regimes in Atacora Department, Benin. *Agroforestry Systems* 89 (3) : 511–523.
- Balogoun, I., Saïdou, A., Ahoton, E.L., Amadji, L.G., Ahohuendo, C.B., Adebo, I.B., Babatoundé, S., Chougourou, D., Adoukonou-Sagbadja, H. et Ahanchede, A., 2014. Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Bénin. *Agronomie Africaine* 26 (1) : 9 – 22
- Bilgo, A., 2005. Statut organo-minéral et biologique des sols dans les systèmes culture jachère naturelle de courte durée ou améliorée à *Andropogon gayanus* Kunth. Cas de Bondoukuy en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 183p.
- Boffa, J.M., 2000. Les parcs agroforestiers en Afrique subsaharienne. *Cahier FAO Conservation* 34 : 259-322.
- Bonkoungou, E.G., 2002. L'arbre à karité (*Vitellaria paradoxa*) et les parcs à karité en Afrique. Actes de l'atelier organisé par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, le Fonds Commun pour les Produits de Base et le Centre de Suivi Ecologique. Dakar, Sénégal du 4 au 6 mars, 54 – 63.
- Dah-dovonon, Z.J. et Gnanlè, P.C., 2006. Évaluation des potentialités de développement de la filière karité dans les départements de l'Atacora et de la Donga. GTZ/ProCGRN. 93p
- Dalliere C., 1995. Peuplements ligneux des champs du plateau de Bondoukuy dans l'Ouest burkinabé : structure, dynamique et utilisation des espèces. Mémoire de DESS, Université Paris XII, Val de marne, 78 p.
- Diarrassouba, N., Fofana, J.I., Bakayoko, A., Nguessan, A.K. et Sangaré, A., 2009. Influence des systèmes agraires sur la dynamique de régénération naturelle du karité : *Vitellaria paradoxa* CF Gaertn (Sapotaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 21 (1) : 49 – 58.
- Floquet, A., 1993. Potentiel d'un développement rural endogène : Une étude de Cas au sud du Bénin (Indigenous Rural Development Potential: A Case-Study from South-Benin). *Africa Spectrum* 28 (3) : 375-385. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40174494>
- Gbédji, E. K. Y., 2003. Caractérisation morphologique et structurale des parcs à néré (*Parkia biglobosa* (Jack;) R. Br. Ex. G. Dom.) au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey – Calavi. Bénin. 124 p.
- Gnanlè, P.C., 2005. Parcs à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn. C. F.) (Sapotaceae) au Bénin: Importance socio-culturelle, caractérisations morphologique, structurale et régénération naturelle. Mémoire de DEA. Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles. UAC/FSA. 113 p.
- Kaboré, S.A., Bastide, B., Traoré, S. et Boussim, J.I., 2012. Dynamique du karité, *Vitellaria paradoxa*, dans les systèmes agraires du Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques* 313 : 47-59
- Lamien, N., Ouédraogo, S. J., Diallo, O. B., & Guinko, S. (2004). Productivité fruitière du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. CF, Sapotaceae) dans les parcs agroforestiers traditionnels au Burkina Faso. *Fruits* 59(6) : 423-429.
- Le Clec'h, S., Dufour, S., Oszwald, J., Grimaldi, M. et Jégou, N., 2014. Spatialiser les services écosystémiques, un enjeu méthodologique et plus encore. *Political Ecology des services écosystémiques*. PIE Peter Lang, Brussels, pp.203-221.
- Lescuyer, G., 2000. Evaluation économique et gestion viable de la forêt tropicale : Réflexion sur un mode de coordination des usages d'une forêt de l'Est-Cameroun. Thèse de Doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), Paris, France. pp. 113-223.
- MAEP, 2008. Atelier d'élaboration des stratégies des chaînes de valeur du karité au Bénin. Centre Guy Riobé de Parakou. 10 au 12 juin 2009.
- Mahamane, A., 1996. Typologie et dynamique des peuplements arborés du bas glaciais de Boundoukuy, Ouest de Burkina Faso. Mémoire de DEA. Fast / ORSTOM, Ouagadougou, 103p.
- Masse, D., 2007. Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique sub-saharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques. HDR Sciences de la Terre. Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT. pp. 15-31.
- Maslow, A.H., 1943. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review* 50 : 370–396. doi: 10.1037/h0054346
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Ecosystems and human well-being. Synthesis. A report of the Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington.
- Ouédraogo, A.S. et Devineau, J.L., 1996. Rôle des jachères dans la reconstitution du Parc à karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertn. f. Hepper) dans l'Ouest du Burkina Faso. In: Actes de l'atelier «La jachère, lieu de production», ORSTOM-CNRST, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 2-4 octobre 1996, p. 81-87.
- Power, Alison G., 2010. Ecosystem services and agriculture : tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B*(2010) 365, 2959 – 2971 doi : 10.1098/rstb.2010.0143
- Saïdou, A., Balogoun, I., Koné, B., Gnanlè, C. et Aho, N., 2012. Effets d'un système agroforestier à karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) sur le sol et le potentiel de production du maïs (*Zea mays*) en zone soudanienne du Bénin. *Int. J.Biol. Chem. Sci.* 6 (5) : 2066-2082

- Salle, G., Boussim, J., Raynal-Roques, A. et Brunck, F., 1991. Le karité : état de nos connaissances et perspectives de recherche, pp. 427-439. In : *Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides* (A. Riedacker, E. Dreyer, C. Pafadnam, H. Joly, G. Bory, Eds). John Libbey, Paris. pp. 427-439.
- Sokpon, N. et Yabi, J.A., 2006. Gestion des systèmes de production, de commercialisation et de transformation du karité au Bénin. Rapport technique. 48 p.
- Taormina, R.J. et Gao, J.H., 2013. Maslow and the Motivation Hierarchy: Measuring Satisfaction of the Needs. *Am J Psychol* 126 : 155–177.
- Wala, K., Sinsin, B., Guelly, K., Kokou, K. et Akpagana, K., 2005. Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Sécheresse* 16 (3) : 209-16.
- Westman, W., 1977. How much are nature's services worth? *Science* 197 : 960–964.



Ecologie des populations de *Coptodon guineensis* (Pisces, Cichlidae) dans les eaux douces et saumâtres au sud-Bénin

Aliou FOUSSINI^{1,2}, Vincent Joseph MAMA^{2,*}, Antoine CHIKOU¹, Philippe LALEYE¹

¹ Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (LHA/FSA/UAC) ; 01B.P. 526 Cotonou, Bénin

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) ; 01BP 988 Cotonou, Benin

Reçu le 13 Octobre 2017 - Accepté le 4 Décembre 2017

Ecology of *Coptodon guineensis* (Pisces, Cichlidae) populations in fresh and brackish water in Benin

Abstract: This study was conducted to compare the ecology of populations of *Coctodon guineensis* from water bodies in southern Benin (Ahémé Lake, Nokoué Lake, Toho Lake, Coastal Lagoon and Porto Novo Lagoon). It aims to provide data on the demographic characteristics of the five (5) populations to assist in the selection of a strain suitable for the domestication of the species. For this purpose, 739 specimens of *T. guineensis* from artisanal fisheries were sampled. Weight-length relationships, first maturity size, fecundity, and fish condition factor were analyzed. This analysis shows that the fish populations of the Ahémé Lake, Toho Lake and Porto-Novo Lagoon respectively have isometric growth with the growth factor (b) equal to 2.993, 2.943 and 2.893 respectively. Those of the Nokoué Lake and the Coastal Lagoon have an allometric growth in favor of the length (b = 2,796 and b = 2,443 respectively). The fish condition factor in the Nokoué Lake (K = 4.16) is higher than that for populations in other water bodies (K = 3.810 for Lake Ahémé, K = 3.868 for Toho Lake, K = 3.607 for the Coastal Lagoon and K = 3,684 for the Porto Novo lagoon). The sex ratio favors males in Lake Ahémé (1.03:1), Porto Novo Lagoon (1.04:1), Lake Toho (1.23:1) and the Coastal Lagoon (1.15:1). On the other hand, it favors females in Lake Nokoué with 0.94:1. Outside Lake Ahémé, the size of first sexual maturity of males is higher than that of females. This study should be continued and supplemented by aspects of the trophic ecology of different populations of *C. guineensis*.

Keywords: *Coctodon guineensis*, Ecology, Fresh and brackish water, South Benin, First sexual maturity.

Résumé : Cette étude a été conduite pour comparer l'écologie des populations de *Coctodon guineensis* provenant des plans d'eau du sud Bénin (lac Ahémé, lac Nokoué, lac Toho, lagune Côtière et lagune de Porto-Novo). Elle vise à fournir des données sur les caractéristiques démographiques des cinq (5) populations en vue de contribuer à la sélection d'une souche appropriée pour la domestication de l'espèce. A cet effet, 739 spécimens de *T. guineensis* issus des pêches artisanales ont été échantillonnés. Les relations poids longueurs, la taille de première maturité, la fécondité et le facteur de condition des poissons ont été analysées. Il ressort de cette analyse que les populations de poisson du lac Ahémé, du lac Toho et de la lagune de Porto-Novo ont respectivement une croissance isométrique avec le facteur de croissance (b) égal respectivement à 2,993; 2,943 et 2,893. Celles du lac Nokoué et de la lagune Côtière ont une croissance allométrique en faveur de la longueur (b = 2,796 et b = 2,443 respectivement). Le facteur de condition des poissons du lac Nokoué (K= 4,16) est supérieur à celui des populations des autres plans d'eau (K = 3,810 pour le lac Ahémé ; K=3,868 pour le lac Toho ; K = 3,607 pour la lagune Côtière et K = 3,684 pour la lagune de Porto-Novo). Le sexe ratio est en faveur des mâles dans le lac Ahémé (1,03:1), la lagune de Porto-Novo (1,04:1), le lac Toho (1,23:1) et la lagune Côtière (1,15:1). Par contre, il est en faveur des femelles du lac Nokoué avec 0,94:1. En dehors du lac Ahémé la taille de première maturité sexuelle des mâles est supérieure à celle des femelles. Cette étude doit être poursuivie et complétée par des aspects de l'écologie trophique des différentes populations de *C. guineensis*.

Mots clés: *Coctodon guineensis* - Ecologie - Eaux douces et saumâtres - Sud-Bénin, Première maturité sexuelle.

1. Introduction

Les tilapias sont des poissons d'une grande importance économique qui jouent un rôle significatif dans l'écologie des écosystèmes d'eaux continentales tropicales de l'Afrique (Ikomi et Jessa, 2003). L'espèce *Coctodon guineensis* est un poisson endémique des milieux estuariens et lagunaires d'Afrique de l'Ouest (Levêque et al, 1992). Elle est connue des zones côtières du Sénégal jusqu'à celles de l'Angola (Paugy et al., 2004). De façon générale, cette espèce est abondamment pêchée sur toutes les côtes ouest africaines.

Au Bénin, *Coctodon guineensis* constitue l'un des poissons Cichlidés les plus pêchés (Lalèyè et al., 2004). Il est très apprécié dans l'alimentation humaine pour la qualité de sa chair et, de ce fait, subit une forte pression de pêche. Divers techniques et engins de pêche sont utilisés pour sa capture (filet maillant, filet épervier, nasses, ...). Toutefois, Aglinglo (2008) rapporte que cette espèce occupe la deuxième place dans les captures des acadjas en milieu lagunaire après l'espèce *Sarotherodon melanotheron*. L'espèce *Coctodon guineensis* est aussi pêchée en milieu d'eau douce comme le lac Toho et le lac de barrage de la société SUCOBE à Savè (Okpeitcha, 2010 ; Tosssavi, 2012).

Malgré cette grande importance, les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce sont encore insuffisantes, en particulier au Bénin. De manière générale, plusieurs études ont été consacrées aux Cichlidés dans leurs milieux naturels. On peut citer, entre autres, ceux de Oni et al. (1983), de Legendre et Ecoutin (1989), de Legendre (1991), de Lalèyè et al. (2003), de Ecoutin et al. (2005), de Anene et Okorie (2008), de Shalloof et El-Far. (2009), de Oribhabor et al. (2009), de N'dour et al. (2011) et de Nehemia et al. (2012).

Au Bénin, les études sont encore parcellaires. Niyonkuru (2007) et Niyonkuru et Lalèyè (2012) ont étudié quelques caractéristiques biologiques de l'espèce (relations poids-longueur) dans le lac Ahémé et le lac Nokoué. Toko et al. (2011) ont étudié ses performances biologiques, zootechniques et nutritionnelles en milieu naturel (retenues d'eau) et en conditions d'élevage (étangs piscicoles), en vue d'améliorer les connaissances de l'espèce pour sa domestication. L'étude sur la caractérisation morphologique du *T. guineensis* en milieu naturel a été abordée ces dernières années (Adissin, 2011). Les différents résultats ont montré qu'il existe plusieurs populations de *C. guineensis* dans les eaux béninoises et que celles-ci présentent de bonnes performances de croissance dans le milieu naturel. Par ailleurs, la domestication d'une espèce de poisson nécessite la connaissance des conditions optimales de croissance de l'espèce dans son milieu naturel. Il s'avère donc indispensable de déterminer les caractéristiques des différentes populations de *C. guineensis* afin de

promouvoir l'élevage de cette espèce de poisson. Les caractéristiques morpho-écologiques des populations de poisson dépendent généralement des facteurs abiotiques des écosystèmes dans lesquels ils se trouvent.

La présente étude vise donc à fournir des informations sur la démographie de cinq populations de *Coctodon guineensis* des plans d'eau du sud Bénin (lac Nokoué, lac Ahémé, lac Toho, lagune de Porto-Novo et lagune Côtière) en vue de contribuer à la sélection d'une souche appropriée pour la domestication de l'espèce.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieux d'étude

Le complexe lagunaire lac Nokoué-lagune de Porto-Novo (Figure 1) constitue la plus vaste étendue d'eau saumâtre du Bénin. Situé au sud du pays, le lac Nokoué (6°25' N et 2°56 E) d'une superficie de 150 Km² communique avec la mer par le chenal de Cotonou qui est long de 4,5 Km. Il s'étend au nord sur une surface de 1 à 9 Km² inondable selon les saisons. Selon Lalèyè & Moreau, (2004), ce plan d'eau qui est l'un des plus productifs de l'Afrique de l'ouest, est relié à la lagune de Porto-Novo (6°25-6°30 N et 2°30-2°38 E) par le canal de Totché d'une longueur de 5 Km. La lagune de Porto-Novo (30 Km²) se jette dans l'Océan Atlantique par l'intermédiaire de la lagune de Lagos (Nigeria). Elle reçoit les eaux du bassin de l'Ouémé qui sont responsables de l'inondation du complexe lagunaire et des régions avoisinantes pendant la crue.

Le lac Ahémé et la lagune côtière (Figure 1) appartiennent au site Ramsar n°1018. Située entre 6°18' - 6°24' N et 2°3' - 2°21' E, la lagune côtière sert de tampon entre les eaux marines et les eaux douces en provenance du lac Ahémé. Ce plan d'eau s'étend sur 60 km entre Togbin et Grand-Popo avec une largeur de 200 m. La lagune Côtière communique avec le lac Ahémé par le chenal Aho et s'ouvre sur l'océan Atlantique par la bouche du Roy. Le lac Ahémé (6°20 - 6°40 N et 1°55 - 2°E) constitue le plus large plan d'eau continentale au Bénin après le lac Nokoué. Il couvre une superficie de 80 Km² à la décrue et communique sur son côté nord avec le fleuve Couffo qui est responsable de l'augmentation précoce du niveau de l'eau en Juillet et en Août avant la crue du fleuve Mono.

Le lac Toho, est situé plus au nord entre les parallèles 6°35' et 6°40' et les méridiens 1°45' et 1°50'W (Figure 1), est un lac d'eau douce qui a une superficie de 15 km² en période de crue et 9,6 km² à l'étiage. Le lac a la forme d'un croissant orienté sud-nord. Il a trois tributaires qui sont le Diko, l'Akpatohoun et le chenal de kpacohadji.

* Auteur Correspondant : mamvincent@coraf.org

Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

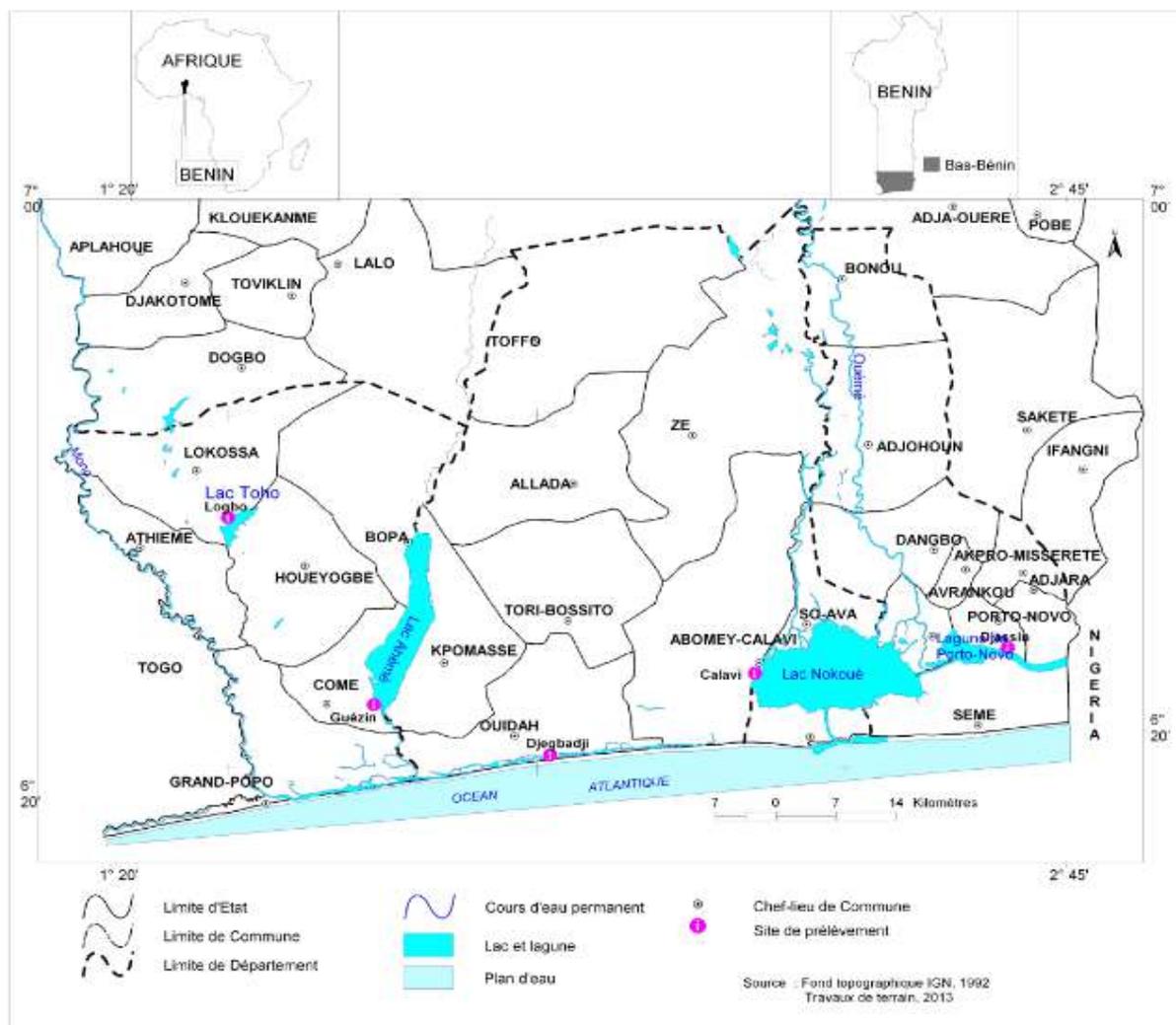


Figure 1 : Carte montrant les plans d'eau et les sites d'échantillonnage

Figure 1: Map showing sampling lakes and sites

Le climat du sud Bénin est du type subéquatorial caractérisé par une forte humidité, une température élevée et plus ou moins constante. Il existe dans cette zone deux saisons des pluies (une grande et une petite) et deux saisons sèches (une grande et une petite également) (Adam et Boko, 1993). Le régime hydrologique des plans d'eau du sud Bénin est caractérisé par une période de « hautes eaux » ou « crue » d'Août à Novembre, une période « sèche » de Décembre à Mars et une période des « pluies » d'Avril à Juillet.

2.2. Echantillonnage et traitement des échantillons

Un site d'échantillonnage a été choisi au niveau de chaque plan d'eau en fonction de leurs caractéristiques. Le choix de ces sites est basé sur trois critères : l'importance des activités de pêche au niveau du site, l'accessibilité du site et la collaboration des pêcheurs. Ainsi les sites de Calavi, Djassin, Djègbadji, Logbo et Guezin ont été choisis respectivement pour le lac Nokoué, la lagune de Porto-Novo, la lagune Côtière le lac Toho et le lac Ahémé.

Les spécimens de *C. guineensis* issus des pêches artisanales sont échantillonnés mensuellement entre Août et Octobre 2012 au niveau de chaque site. Le poids total (PT) et le poids des gonades sont mesurés pour chaque spécimen de même que la longueur totale (LT) et la longueur standard (LS).

Les relations poids-longueurs de chaque population de *C. guineensis* ont été déterminées en utilisant la relation $PT = a \cdot LT^b$ (PT = poids du poisson en g, LT la longueur totale du poisson en cm, a et b des facteurs caractéristiques du milieu et de l'espèce). Le facteur de condition K de Fulton (donné par $K = 100 \cdot PT / LT^3$ où K est le facteur de condition, PT le poids total en gramme et LT la longueur totale en centimètre) a été aussi calculé.

Le sexe ainsi que le stade de maturité des gonades sont déterminés par observation macroscopique des gonades après dissection des poissons. La fécondité est obtenue par comptage manuel des œufs contenus dans les gonades conservés dans l'alcool. Le nombre d'œufs obtenu est rapporté au poids total du poisson par extrapolation. Le sexe-ratio est

établi en rapportant le nombre de poissons mâles à celui des femelles. Le rapport ou indice gonado-somatique (IGS) est le rapport du poids des gonades au poids total de l'individu (gonades comprises). Il est donné par la formule :

$$IGS = 100 \times \text{Poids gonades} / \text{Poids total}$$

Les principaux résultats des données physico-chimiques utilisés pour nos travaux ont essentiellement été issus des travaux antérieurs : Villanueva (2004), Egoulety (2005), Yacoubou (2005), Lalèyè et Akéilé (2005), Lederoun, (2006), Niyonkuru (2007), Tossa (2010), Mama *et al*, 2011 ; Chouti *et al*, 2011 et Tossavi, 2012.

2.3. Traitement statistique des données

Les données biologiques et physico-chimiques ont été soumises au test *t* de Student (two-samples) afin d'évaluer la signification de la différence entre les différentes populations de poisson d'une part et entre les deux sexes au niveau de

chaque population. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel MINITAB 14.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des plans d'eau

Les principales caractéristiques physico-chimiques des plans d'eau sont résumées dans le Tableau 1. Tous les plans d'eau ont une faible profondeur. Le moins profond (lac Ahémé) a $0,95 \pm 0,15$ mètre de profondeur tandis que le plus profond (lac Toho) a $2,22 \pm 0,10$ mètres. Sur le même plan d'eau, cette profondeur varie d'un point à un autre. La salinité de l'eau est élevée dans le lac Nokoué ($18,5$ mg/l) et très faible dans les autres plans d'eau (entre $1,1$ mg/l pour le lac Toho et $4,96$ mg/l pour la lagune Côtière). Le taux d'oxygène dissous varie de $4,3 \pm 1,92$ mg/l (lagune de Porto-Novo) à $8,2$ mg/l (lac Nokoué). Les valeurs du pH varient de $7,3$ dans le lac Nokoué à $9,67$ dans la lagune de Porto-Novo.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des plans d'eau

Table 1: Physico-chemical characteristics of the study lakes

Caractéristiques	Plans d'eau	Lac Ahémé	Lac Nokoué	Lac Toho	Lagune Côtière	Lagune de Porto-Novo
Température (°C)		$28,75 \pm 1,39$	29,2	$28,41 \pm 0,61$	$29,1 \pm 1,90$	$25,76 \pm 0,43$
Profondeur (cm)		$0,95 \pm 0,15$	1,15	$2,22 \pm 0,10$	$1,22 \pm 0,25$	$1,81 \pm 0,73$
Transparence (cm)		$37,8 \pm 13,65$	0,6	$41,99 \pm 2,66$	$40,27 \pm 16,88$	$18,25 \pm 4,13$
O ₂ dissous (mg/l)		$5,89 \pm 1,91$	8,2	$5,73 \pm 0,50$	$6,35 \pm 1,2$	$4,3 \pm 1,92$
pH		$7,92 \pm 0,68$	7,3	$7,84 \pm 0,33$	$7,56 \pm 1,01$	$9,67 \pm 13,05$
Salinité (mg/l)		$4,79 \pm 2,89$	18,5	$1,1 \pm$	$4,96 \pm 4,04$	$3,52 \pm 1,17$

3.2. Structure des tailles des poissons des plans d'eau

La Figure 2 représente la structure en taille des poissons échantillonnés au cours de nos travaux. La majorité des poissons de ces plans d'eau ($32,43\%$) a une taille comprise entre

10 et 12 cm. Les poissons ayant une taille comprise entre 8 et 10 cm d'une part et entre 12 et 14 cm d'autre part représentent respectivement $25,65\%$ et $24,59\%$ de l'effectif total. Ces trois classes constituent plus de 80% de l'ensemble des poissons. Les poissons de plus de 14 cm sont rares (trois spécimens seulement).



Figure 2 : Structure par taille des poissons échantillonnés (à gauche : Femelles et à droite: Mâles). LT = Longueur totale en cm.
 Figure 2 : Size-classes distribution of sampled fishes (Female at left side, Male at right side). LT=Total length in cm

3.3. Relations poids-longueur des populations de *Coctodon guineensis*

L'analyse des paramètres des relations poids-longueur des différentes populations de poissons (Tableau 2) montre que les poissons du lac Ahémé, du lac Toho et de la lagune de Porto-Novo ont une croissance isométrique avec b respectivement égal à 2,992 ; 2,943 et 2,893. Par contre on note une allométrie négative au niveau des poissons provenant du lac Nokoué ($b=2,796$) et ceux de la lagune Côtière ($b=2,443$). A l'exception de la lagune Côtière, les *Coctodon guineensis* de sexe mâle des autres plans d'eau ont une croissance isométrique. Il en est de même pour les femelles du lac Ahémé et du lac Toho.

Tableau 2 : Paramètres des relations poids-longueurs de *Coctodon guineensis* dans les différents plans d'eau du sud Bénin.Table : Parameters of weight-length relationship for *Coctodon guineensis* in the different lakes of Benin

Plan d'eau	Sexe	n	a	b	Intervalle de confiance de b	Coefficient de corrélation
Lac Ahémé	Femelles	72	0,027	2,832	2,566 - 3,097	0,943
	Mâles	70	0,01	3,220	2,947 - 3,492	0,931
	Total	142	0,018	2,993	2,803 - 3,184	0,935
Lac Nokoué	Femelles	76	0,05	2,602	2,412 - 2,792	0,950
	Mâles	81	0,018	3,001	2,799 - 3,204	0,961
	Total	157	0,03	2,796	2,655 - 2,937	0,953
Lac Toho	Femelles	80	0,024	2,8833	2,628 - 3,137	0,939
	Mâles	65	0,018	3,002	2,721 - 3,283	0,928
	Total	145	0,021	2,943	2,756 - 3,130	0,933
Lagune Côtière	Femelles	78	0,087	2,326	1,992 - 2,659	0,886
	Mâles	68	0,053	2,536	2,251 - 2,820	0,899
	Total	146	0,066	2,443	2,228 - 2,657	0,882
Lagune de Porto-Novo	Femelles	76	0,032	2,736	2,536 - 2,937	0,955
	Mâles	73	0,015	3,039	2,889 - 3,189	0,978
	Total	149	0,021	2,893	2,769 - 3,016	0,967

Tableau 3 : Facteur de condition K des populations de *Coctodon guineensis* de quelques plans d'eau du Sud-BeninTable 3: Factor of K condition for *Coctodon guineensis* populations in some lakes in Benin

Plans d'eau	Mâles+Femelles	Femelles	Mâles
Lac Ahémé	3,810 ± 1,254	3,733 ± 1,230	3,886 ± 1,281
Lac Nokoué	4,169 ± 1,111	4,287 ± 1,033	4,043 ± 1,183
Lac Toho	3,868 ± 1,169	3,961 ± 0,982	3,792 ± 1,303
Lagune Côtière	3,607 ± 1,098	3,652 ± 1,207	3,569 ± 0,999
Lagune de Porto-Novo	3,684 ± 2,073	3,746 ± 2,496	3,624 ± 2,073

3.5. Biologie de la reproduction des populations de *Coctodon guineensis*

3.5.1. Sexe-ratio

Les sexe-ratios des cinq populations de *Coctodon guineensis* sont présentés dans le Tableau 4. Dans la lagune de Porto-Novo et le lac Ahémé le sexe-ratio n'est pas significativement différent du sexe-ratio théorique 1:1 ($p = 0,320$). Au niveau du lac Toho et de la lagune côtière, il est en faveur des mâles alors que dans le lac Nokoué les poissons femelles sont plus nombreux que les mâles.

3.4. Facteur de condition K

Le facteur de condition au niveau des plans d'eau (Tableau 3) varie de $3,607 \pm 1,098$ (Lagune Côtière) à $4,169 \pm 1,111$ (lac Nokoué). Seuls les poissons du lac Nokoué ont une condition différente de celle des poissons des autres plans d'eau. Cette différence est très significative au niveau de la lagune de Porto-Novo et de la lagune Côtière avec $p < 0,05$ dans les deux cas. Les tests statistiques indiquent que le sexe n'a aucun effet sur la condition K des différentes populations de *C. guineensis* ($p > 0,05$).

Tableau 4 : Sexe-ratio des populations de *Coctodon guineensis* dans les différents lacs et lagunes du Sud-BeninTable 4 : Sex-ratio Ratio for *Coctodon guineensis* populations in the different lakes of Benin

Plans d'eau	Lac Ahémé	Lac Nokoué	Lac Toho	Lagune Côtière	Lagune de Porto-Novo
Nbre de mâle	72	76	80	78	76
Nbre de femelle	70	81	65	68	73
Mâles+Femelles	142	157	145	146	149
Mâles: Femelles	1,03:1	0,94:1	1,23:1	1,15:1	1,04:1

3.5.2. Taille de première maturité sexuelle

En dehors des poissons du lac Ahémé, les poissons femelles deviennent matures à une taille plus petite que les mâles. Chez les femelles, la taille de première maturité sexuelle est de 10,3 cm dans le lac Ahémé ; 7,3 cm dans le lac Nokoué ; 5,9 cm dans le lac Toho, 8,4 dans la lagune Côtière et 9 cm dans la lagune de Porto-Novo. La taille de maturation des poissons mâles varie de 8,2 cm (lac Nokoué) à 9,6 cm (lac Toho et lagune de Porto-Novo) (Figure 3).

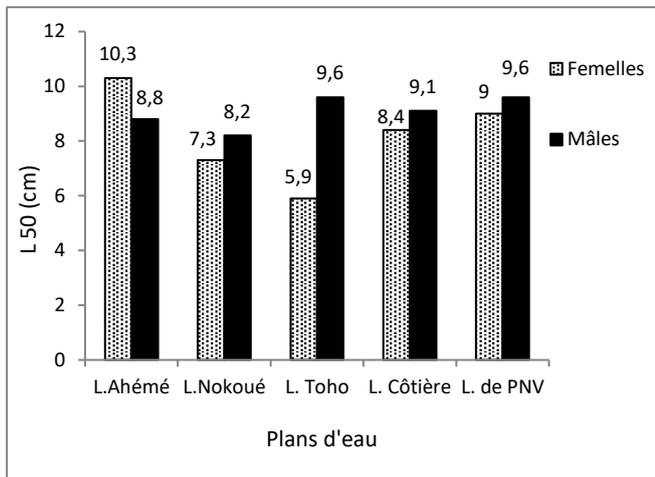


Figure 3 : Taille de première maturité sexuelle des poissons dans quelques plans d'eau du Sud-Bénin

Figure 3 : Size at first sexual maturity of sampled fishes in some lakes of Benin

4. Discussion

Le facteur de croissance «b» des populations de *Coctodon guineensis* dans les plans d'eau varie entre 2,443 et 2,993 et respecte de ce fait les limites rapportées par Tesch (1971) pour la plupart des poissons. Ces résultats sont conformes aux observations faites par Hounkpè (1996) et par Niyonkuru et Lalèye (2012) dans le lac Nokoué et le lac Ahémé. Si dans la lagune Côtère b est inférieur à 3, les poissons *Coctodon guineensis* analysés au cours de cette étude dans la lagune de Porto-Novo présentent une croissance isométrique. Ces variations de la croissance s'expliquent en grande partie par les particularités adaptatives de l'espèce d'une part et la disponibilité en ressources alimentaires dans ces plans d'eau d'autres parts. La croissance de *Coctodon guineensis* au sud-Bénin est similaire à celle obtenue dans la sous région. En effet, Écoutin et Albaret, (2003) et Oribhabor *et al* (2009) ont rapporté une croissance allométrique respectivement dans la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire (2,847) et dans la mangrove du delta du Niger au Sud du Nigeria (b=2,83).

Le facteur de condition K obtenu pour les différentes populations de *Coctodon guineensis* varie de 3,607 (lagune Côtère) à 4,169 (lac Nokoué). Cette observation a été déjà faite par Niyonkuru et Lalèye (2012) dans le lac Nokoué qui ont relevé par ailleurs une condition supérieure à 4 dans le lac Ahémé. Excepté le lac Nokoué (où K=4,169), les valeurs du facteur de condition K dans les plans d'eau est inférieure à celles rapportées par Anéné (2005) pour d'autres espèces de la même famille. Les acadjas sont des installations de parcs à poissons composés soit de branchages fixés dans le fond ou bien de végétation flottante (Welcomme, 1971 ; Pliya, 1980) cités par Hem *et al.* (1990). Ils couvrent 37% de la surface du lac Nokoué (Lalèye *et al.*, 2007) et sont responsables de la

hausse de la production primaire de ces plans d'eau. Le régime alimentaire de *Coctodon guineensis* est constitué essentiellement de débris végétaux et des diatomées (Diouf, 1996; N'dour *et al*, 2011) ; les populations de *Coctodon guineensis* constituent ainsi les principaux consommateurs primaires au sein de l'ichtyofaune. Pour Paugy (1994), les tilapias de façon générale, sont des poissons capables d'adapter leurs alimentations aux ressources disponibles. Cette variabilité du régime alimentaire des populations de *Coctodon guineensis*, la forte productivité des acadjas et leur grand nombre dans le lac Nokoué pourraient expliquer la bonne condition de développement des poissons du lac Nokoué.

En ce qui concerne les aspects relatifs à la reproduction des populations de *Coctodon guineensis*, les résultats indiquent un sexe ratio en faveur des poissons mâles dans la lagune de Porto-Novo, le lac Ahémé, le lac Toho et la lagune Côtère et l'inverse dans le lac Nokoué. On constate néanmoins, qu'ils diffèrent d'un plan d'eau à l'autre. Le sexe ratio obtenu dans le lac Ahémé est conforme aux valeurs relevées par Hounkpè (1996) dans ce plan d'eau. Cette différence du sexe ratio est également signalé chez d'autres Cichlidés. Anene et Okorie (2008) ont rapporté un sexe ratio de 1:1.56 en faveur des femelles chez *Tilapia mariae* ce qui est contraire aux observations faites par Soyinka *et al* (2009) dans les lagunes de Badagry et d'Ologe au Sud du Nigeria pour la même espèce. Pour *Tilapia zillii*, El-Sayed et Moharram (2007) ont dénombré autant de mâles que de femelles dans la baie d'Abu Qir en Egypte.

La variation du sexe ratio d'un plan d'eau à l'autre pourrait s'expliquer essentiellement par les méthodes et engins de pêche utilisés dans ces plans d'eau. En effet, plusieurs travaux ont montré l'influence des méthodes et engins de pêche utilisés pour la capture des poissons non seulement la diversité spécifique des poissons mais aussi leurs sexes (Lawani, 2013 ; Chikou, 2006 ; Ahouansou-Montcho, 2011). Les variations du sexe ratio obtenus dans les différents plans d'eau pour l'espèce *Coctodon guineensis* à l'occasion de cette étude, sont certainement la résultante de l'action de plusieurs facteurs. Selon Dajoz (1974) cité par Lalèye (1995) et plusieurs raisons possibles peuvent expliquer les variations du rapport des sexes : (i) *La sélectivité des engins et techniques de pêche utilisés ;* (ii) *Une croissance différentielle en fonction des sexes ;* (iii) *La mortalité peut affecter les sexes de manière différente au cours de la vie d'une espèce* et (iv) *Des poissons peuvent présenter un comportement grégaire fortement lié au sexe.*

Pour la maturation des gonades, la saison de reproduction correspond à la période de l'année au cours de laquelle on rencontre des femelles aux stades 3 et 4 de maturité sexuelle. Les résultats de notre étude montrent que sur l'ensemble des plans d'eau, 15% des poissons étaient matures au stade 3. On rencontre rarement des individus au stade 5 (1% seulement) ce qui veut dire que le développement des gonades de la plupart des poissons est à peine amorcé (stades 2 et 3). Ces résultats sont en accord avec ceux de Hounkpè (1996) qui a constaté en dehors de la baisse du pourcentage de femelles

aux stades de maturation avancé, une diminution du rapport gonado-somatique entre Août et Novembre.

La reproduction étant un processus de renouvellement et de pérennisation des populations de poisson dans leurs milieux, il importe donc de laisser les poissons se reproduire au moins une fois avant de les éliminer du milieu. La taille de première maturité permet ainsi de déterminer la taille minimale de capture en vue de faciliter le recrutement du plan d'eau. Les résultats révèlent que les poissons femelles deviennent matures à une taille plus petite que les mâles dans tous les plans d'eau à l'exception du lac Ahémé.

Ces résultats sont en accord avec les observations de McConnell (1982). Mais ces valeurs sont inférieures à celles obtenues par Legendre et Ecoutin, (1989) en enclos. De façon générale la taille de première maturité obtenue dans cette étude est en accord avec les résultats obtenus pour les tilapias *Oreochromis niloticus* (Peterson et al, 2004) et *T. zillii* (El-Sayed et Moharram, 2007). Les différences observées pourraient être associées aux prédispositions génétiques et aux conditions environnementales telles que la disponibilité alimentaire, la densité de la population et les changements de température et de salinité. La taille de première maturité des poissons femelles du lac Toho est particulièrement faible (5,9 cm). Cette situation s'explique par l'utilisation d'engins dévastateurs (Tossavi, 2012) et une capture massive des individus même de petite taille.

5. Conclusion

L'étude de l'écologie des populations de *C. guineensis* dans les plans d'eau les plus importants du Sud-Bénin (lac Ahémé, lac Nokoué, lac Toho, lagune Côtière et lagune de Porto-Novo) a permis de faire une analyse de certains paramètres déterminant pour la gestion des pêcheries. Les résultats montrent que les croissances des différentes populations en taille et en poids sont proportionnelles aussi bien en eau douce (lac Toho) qu'en eau saumâtre. Toutes les populations sont peu fécondes mais elles entament leur reproduction à une taille très petite en eaux douces. Cette étude apporte quelques données supplémentaires en vue de la domestication de l'espèce.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

ADAM, K. S. & M. BOKO, 1983 - Le Bénin. Ministère des Enseignements maternels et de base. Ed. EDICEF, Paris, 98 pages

AGLINGLO A.C., 1998 - Production de poissons dans les acadjas du lac Nokoué et de la lagune de Porto-Novo en République du Bénin: Situation actuelle et perspective pour une gestion rationnelle.

Mémoire de D.E.S. en Sciences de la Terre et de la Vie, Université de Liège, Belgique. 58 Pp + bibliographie et annexes

- AHOANSOU-MONTCHO, 2011- Diversité et Exploitation des poissons de la rivière Pendjari (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Thèse de doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi.* 201 pages+Annexes
- ALBARET J.-J, 1982 - Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Revue Hydrobiologie.Tropicale.* Vol 15 (4): 347-371.
- ANENE A & OKORIE U. P, 2008 - Some aspects of the reproductive biology of *Tilapia mariae* (Boulenger 1901) in a small lake in southeastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (14): 2478-2482.
- ANENE A., 2005 – Condition Factor of Four Cichlid Species of a Man-made Lake in Imo State, Southeastern Nigeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* Vol 5: 43-47.
- CHIKOU A., 2006.-Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. *Thèse de doctorat en Sciences. Université de Liège (Belgique).* Pp 417+ Annexes.
- CHOUTI W., MAMA D., ALASSANE A., CHANGOTADE O., ALAPINI F., BOUKARI M., AMINOU T. & AFOUDA A., 2011 - Caractérisation physicochimique de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin) et mise en relief de la pollution par le mercure, le cuivre et le zinc. *Journal of Applied Biosciences.* Vol 43: 2882 – 2890.
- DIOUF P.S., 1996. - Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest: l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine Saloum. *Thèse de doctorat, Univ. Montpellier II et Documents Microfiches No.156. ORSTOM, Paris.* 267 pages.
- ECOUTIN J. M., J. J. ALBARET & TRAPE S. 2005 - Length-weight relationships for fish populations of a relatively undisturbed tropical estuary: the Gambia. *Fisheries Research.* Vol 72: 347-351.
- ECOUTIN J. M., J. J. ALBARET, 2003- Relation longueur-poids pour 52 espèces de poissons des estuaires et lagunes de l'Afrique de l'Ouest. *Cybium*, Vol 27(1): 3-9.
- EL-SAYED H. KH. A. & MOHARRAM S. G., 2007 - Reproductive biology of *tilapia zillii* (Gervais, 1848) from Abu Qir Bay, Egypt. *Egyptian Journal Of Aquatic Research.* Vol. 33 (1): 379-394
- EGOUNLETY, A., 2005. Etude de l'écologie et de l'exploitation des crevettes Pénéidés du complexe lagunaire lac-Nokoué-lagune de Porto-Novo. *Thèse de DESS, Faculté des Sciences Agronomiques ;UAC.70p.*
- HEM S., KONAN A.A. & AVIT J.B., 1990 - Les acadjas traditionnels dans le sud-est du Benin. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr.* Abidjan, Vol 8 (2): 1-31
- HOUNKPE C., 1996 - Etude halieutique des principales espèces des plans d'eau du Sud Bénin :Sarotherodon melanotheron, *Coctodon guineensis* et *Ethmalosa fimbriata*s. *Doc. Tech Projet Pêche Lagunaire (DP/Pêche Lagunaire).* 38 pages +Annexes
- IKOMI R.B. & JESSA H.O., 2003 - Studies on aspects of the biology of *Tilapia mariae* (Boulenger, 1899) (Osteichthyes Cichlidae) in Ethiopie River, Niger Delta, Nigeria. *Afri. Zoo.* Vol 38 (2): 255 - 264.
- LALAYE P. & AKELE D., 2005 - Etude participative des dynamiques des populations halieutiques du complexe lac Ahémé, chenal Aho, lagunes Côtières et Gbagan.. *Rapport d'étude ABE.* 128 pages.
- LALAYE P., 1995 - Ecologie comparée de deux espèces de Chrisichthys, poissons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué-lagune de Porto-Novo au Bénin. *Thèse doctorat en Sciences Ph D. Université de Liège (Belgique).* 152 p. + Annexes.

- LALÈYÈ P. & MOREAU J., 2004 - Resources and constraints of West Africa coastal waters for fish production. In: Abban, E. K. C. M. V. Casal, P. Dugan & T. M. Falk (eds). *Biodiversity, Management and Utilization of West Africa Fishes. World Fish Center Conference*.
- LALÈYÈ, P., NIYONKURU C., MOREAU J. & TEUGELS G. G., 2003 - Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Benin, West Africa. *African Journal of Aquatic Sciences*. Vol 28 (2): 151-161.
- LALÈYÈ A. P., VILLANUEVA M. C., ENTSUA-MENSAH M. & MOREAU J., 2007 - A review of the aquatic living resources in Gulf of Guinea lagoons with particular emphasis on fisheries management. *Journal of Afrotropical Zoology. Proceedings of the Third International Conference on Africa Fish and Fisheries*. Cotonou, Benin, 10-14 November 2003. Special issue: issues; 123-136.
- LALÈYÈ P., CHIKOU A., PHILIPPART J.-C., TEUGELS G. G. & VANDEWALLE P., 2004 - Étude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cy-bium*. Vol 28(4):329-339.
- LEDEROUN D., 2006- Etude de l'exploitation des ressources halieutiques de la lagune de Porto-Novo au Bénin. *Mémoire d'Ingénieur des Travaux de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC)*; UAC
- LEGENDRE M. & ÉCOUTIN J.-M., 1989 - Suitability of brackish water Tilapia species from the Ivory Coast lagoons for aquaculture. I. Reproduction. *Aquatic Living Resources*. Vol 2 : 71-79.
- LEGENDRE M., 1991 - Potentialités aquacoles des Cichlidae (*Sarotherodon melanotheron*, *Coptodon guineensis*) et Clariidae (*Heterobranchius longifilis*) autochtones des lagunes ivoiriennes. *Thèse de Doctorat, Université Montpellier II*.
- LEVEQUE C., PAUGY D. & TEUGELS G.G., 1990-1992 - Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afriques de l'Ouest. *Tome 1 et 2. Editions de l'ORSTOM*. 902 pages.
- MAMA D., DELUCHAT V., BOWEN J., CHOUTI W., YAO B., GNON B. & BAUDU M., 2011 - Caractérisation d'un Système Lagunaire en Zone Tropicale: Cas du lac Nokoué (Bénin). *European Journal of Scientific Research*. Vol 56. (4): 516-528.
- MCCONNELL L., 1982 - Tilapias in fish communities, p. 83-113. In: The biology and culture of Tilapias, R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (eds.). *ICLARM Conference Proceedings 7*, Manila, Philippines.
- N'DOUR I., LE LOC'H F., THIAW O. T., ÉCOUTIN J.-M., LAË R., RAFFRAY J., SADIO S. & TITO DE MORAIS L., 2011 - Étude du régime alimentaire de deux espèces de Cichlidae en situation contrastée dans un estuaire tropical inverse d'Afrique de l'Ouest (Casamance, Sénégal). *Journal. Sci. Halieut. Aquat*. Vol 4: 120-133.
- NEHEMIA A., MAGANIRA J. D. & RUMISHA C., 2012 - Length-Weight relationship and condition factor of tilapia species grown in marine and fresh water ponds. *Agriculture and biology journal of north America*. Vol 3 (3): 117.124.
- NIYONKURU C. & LALÈYÈ A. P., 2012 -A Comparative Ecological Approach of the Length-Weight Relationships and Condition Factor of *Sarotherodon Melanotheron* Rüppell, 1852 and *Coctodon guineensis* (Bleeker 1862) in Lakes Nokoué and Ahémé (Bénin, West Africa). *International Journal of Business, Humanities and Technology*. Vol. 2 (3): 41-50.
- NIYONKURU C., 2007 - Étude comparée de l'exploitation et de la démographie des poissons cichlidés dans les lacs Nokoué et Ahémé au Bénin. *Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin*. 225 pages + Annexes.
- OKPEÏCHA S., 2010 - Biodiversité et exploitation des poissons du barrage de SUCOBE dans la commune de Savè au Bénin. *Mémoire de Master en hydrobiologie Appliquée. Faculté des Sciences et Techniques.UAC*.43p + Annexes.
- ONI S. K., OLAYEMI J. Y. & ADEGBOYE J. D., 1983 - Comparative physiology of three ecologically distinct fresh water fishes, *Alestes nurse* Ruppell, *Synodontis schall* Bloch and *S. schneider* and *Tilapia zilli* Gervais. *Journal. Fish Biol*. Vol 22: 105-109.
- ORIBHABOR, B. J.; MOKAYI P. K. & AKINROTIMI, A. O., 2009 - Length-weight relationship of *Sarotherodon melanotheron* (ruppell, 1852) and *Tilapia guineensis* (Günther, 1862) (perciformes: cichlidae) in a niger delta mangrove creek, Nigeria. *Nigerian journal of Agriculture, Food and Environment*. Vol 5(2):1-4.
- 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*. Vol 27 (2) : 157-172.
- PAUGY D., LEVEQUE C & TEUGELS G.G 2004 - Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Faune Tropicale. Edit IRD*. Paris. 815 pages.
- PETERSON M., SLACK T. W., BROWN-PETERSON J.N., & MCDONALD L. J., 2004 - Reproduction in Nonnative Environments: Establishment of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Coastal Mississippi Watersheds. *Copeia*, 4, pp. 842-849.
- SHALLOOF K. A & EL- FAR A. M, 2009 - Age, growth and fishery biology of cichlid spp. in Abu-Zaabal Lakes, Egypt. *Egypt J. Aquat. Biol. & Fish.*, Vol. 13, No. 2: 101-116.
- SOYINKA, O. O. & AYO-OLALUSI, C. I., 2009.- Aspects of ecology and biology of the cichlid, *Tilapia mariae* from two adjacent low-brackish water lagoons in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* Vol 4 (5): 474-483.
- TESCH, W., 1971 - Age and growth, p. 97-130. In W.E. Ricker (ed.) *Methods for assessments of fish production in freshwaters. International Biological Programme, Oxford, England*.
- TOKO I. I., ATTAKPA E. Y. & ELEGBE H., 2011 - Performances biologiques, zootechniques et nutritionnelles de *Tilapia guineensis* en milieux naturel et d'élevage. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*.
- TOSSAVI E. C., 2012.- Evolution de la biodiversité et de l'exploitation des poissons du lac Toho (Sud Bénin): implication pour la gestion durable des ressources halieutiques. *Mémoire des Master en Hydrobiologie Appliquée FAST/UAC*. 96 Pages + Annexes
- VILLANUEVA M.C., 2004. Biodiversité et relation trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest: Adaptation aux pressions environnementales. *Thèse de doctorat, I.N.P. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France*, 246 p + Résumé.



Vulnérabilité des plantes ligneuses à haute importance socioéconomique au Sud-Bénin

J. AVIKPO¹, G.H. DASSOU^{2*}, G.A. FAVI², G.A.H. HOUENON², C.A. ADOMOU², A.H.B. TENTE³, B. SINSIN¹

¹Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

²Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LaBEV), Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 4521 Cotonou, Bénin.

³Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LaBEE), Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 526 Cotonou, Bénin.

Reçu le 20 Septembre 2017 - Accepté le 27 Octobre 2017

Vulnerability of woody plants with high socio-economic importance in Southern-Benin

Abstract: In Africa, ignorance of ecological impacts from plant uses is the cause of decreasing of the population size of many plants. An ethnobotanical study was conducted through individual interviews to assess the vulnerability of used plants with high socio-economic importance in South Benin and to identify the perceptions of people on their threats and the criteria favorable to their sustainable management in order to contribute to the conservation and sustainable use. The data were collected from 113 people distributed in 20 villages and 3 communes around two large classified forests (Lama and Ahozon) and one botanical reserve (Pobè) in southern Benin. The vulnerability index was calculated on the basis of 6 parameters, including the species' popularity, biotope, morphological type, plant organ used, collection mode and pharmaceutical form used. The results showed that among the 59 plant species with high socioeconomic importance identified, 10 are vulnerable. The most cited types of threat are the conversion of land, the debarking of the same part of a tree, and pruning. Among the criteria for sustainable species management, the selective exploitation of the oldest individuals and the prohibition of debarking of young trees are the most important for the populations. The integration of local communities could be an asset for the success of sustainable management of the identified plants.

Keywords: Woody species, utilizations, vulnerability, Southern-Benin

Résumé En Afrique, la méconnaissance des impacts écologiques relatifs aux utilisations des plantes est l'origine de la diminution de la population de beaucoup de plantes. Afin de réunir les informations utiles à la conservation et l'utilisation durable des plantes à haute importance socioéconomique au Sud-Bénin, 113 personnes ont été enquêtées à travers une approche ethnobotanique, dans 20 villages et 3 communes proches des deux grandes forêts classées (Lama et Ahozon) et d'une réserve botanique (Pobè) au Sud-Bénin. Sur les 59 espèces végétales à haute importance socioéconomique recensées dans la zone d'étude, l'indice de vulnérabilité déterminé sur la base de 6 paramètres (popularité de l'espèce, biotope, type morphologique, organe végétal utilisé, mode de collecte et forme pharmaceutique employée), révèle que 10 plantes sont vulnérables. Les menaces les plus citées sont la recherche de nouvelle terre cultivable, l'écorçage poussé d'un même arbre et l'émondage. Parmi les critères pouvant permettre une gestion durable des espèces, l'exploitation sélective des individus les plus âgés et l'interdiction d'écorçage des jeunes arbres se révèlent être les plus importantes pour les populations. L'intégration des communautés locales pourrait constituer un atout pour la réussite de la gestion durable des plantes identifiées.

Mots clés : Plantes ligneuses, utilisations, vulnérabilité, Sud-Bénin.

1. Introduction

A chaque décennie, plus de 0,1 % d'espèces s'éteignent de la planète (Pimm et Ravin, 2000). Les causes profondes de cette perte multiple se rapportent à plusieurs facteurs dont les changements climatiques (Sala *et al.*, 2000), l'action combinée des facteurs naturels et humains (Butare, 2003), la conversion des terres (St Louis *et al.*, 2006) et surtout la surexploitation des ressources biologiques (Roy *et al.*, 2004).

Dans la plupart des régions pauvres du monde comme l'Afrique, les ressources végétales des champs, jachères et formations végétales naturelles, à travers leurs PFNL, contribuent de façon significative d'une part à la santé et à l'alimentation humaine en milieu rural et urbain, et d'autre part à l'économie nationale (Ouedraogo, 1995 ; Sinsin et Owolabi, 2001 ; Assogbadjo *et al.*, 2006 ; Natta *et al.* 2010). Malheureusement, elles sont souvent négligées dans les politiques sylvicoles entraînant de ce fait, l'érosion de leur diversité pour les utilisations et leurs valorisations potentielles par les populations rurales (Natta *et al.*, 2010).

Si au niveau mondial, le poids et la vitesse de régression de ces ressources peuvent être estimés, il est difficile d'apprécier le phénomène avec exactitude à l'échelle locale, nationale, régionale, etc. (Faith, 2005). Néanmoins, il est possible d'évaluer leur vulnérabilité afin de comprendre l'impact que pourrait créer leur utilisation (Betti, 2001 ; Dassou, 2016).

Au Sud-Bénin, 59 espèces végétales à haute valeur socioéconomique pour les populations ont été identifiées. Pour contribuer à leur valorisation et utilisation durable, il est important d'évaluer l'impact que pourrait créer leur utilisation dans un contexte de changement climatique. Selon Dassou (2016), cette évaluation trouve son importance dans la maîtrise des facteurs qui gouvernent la diminution de la population des espèces. La présente étude vise donc à évaluer la vulnérabilité des ligneux à haute importance socioéconomique au Sud-Bénin et à recenser les perceptions des populations sur leurs menaces et les critères favorables à leur utilisation durable.

2. Matériel and Méthodes

2.1. Milieu d'étude

La zone d'étude est située entre les parallèles 6°14' et 7°40' de latitude Nord et les méridiens 1°36' et 2°46' de longitude Est (figure 1). Il est caractérisé par un climat de type subéquatorial avec deux (2) saisons sèches (une petite centrée sur le mois d'août et une grande de novembre à mars) et deux (2) saisons pluvieuses, l'une courte (septembre à novembre) et l'autre plus longue (avril à juillet) (Akoègninou, 2004). La pluviosité moyenne annuelle varie suivant deux

gradients : un gradient ouest-est avec 972 mm de pluie à l'Ouest à Grand-Popo et 1376,1 mm à l'Est à Porto-Novo et un gradient sud-nord, avec 1332,1 mm à Cotonou au Sud. Les températures moyennes annuelles oscillent autour de 27°6. La couverture végétale est caractérisée par son extrême morcellement dû à des conditions climatiques, édaphiques et à l'action anthropique. Selon Akoègninou (2004), 3 domaines de végétation sont distingués : le domaine des formations littorales renfermant la mangrove, les forêts marécageuses et les fourrés littoraux ; le domaine des forêts denses humides semi-décidues où les formations sont en mosaïque avec les fourrés secondaires, les champs et les plantations de diverses espèces exotiques et enfin le domaine des forêts denses sèches, des forêts claires et des forêts galeries entremêlées de savanes et de champs. Les ethnies majoritaires de la zone sont : Fon, Mahi, Aïzo, Adja, Yoruba, Peulh (INSAE, 2013). L'agriculture est la principale activité de la population.

2.2. Collecte de données

Les données ont été collectées auprès des populations voisines des deux grandes forêts classées (Lama et Ahozon) et d'une réserve botanique (Pobè) au Sud-Bénin. Au total, 113 personnes (ménagères, phytothérapeutes, artisans et agriculteurs) réparties dans 3 communes et 20 villages ont été choisies avec l'aide des chefs de village. Les enquêtes ont été réalisées par des interviews individuelles à l'aide des questionnaires semi-structurés. Les différentes rubriques du questionnaire ont été : l'identité de l'enquêté (nom et prénom, localité), les noms locaux des plantes utilisées, les usages, les organes utilisés, la disponibilité de la plante, les menaces et les stratégies à adopter afin de conserver les ligneux autochtones. Les plantes citées par les enquêtés ont été aussitôt récoltées et herborisées pour identification. L'identification taxonomique a été réalisée à l'Herbier National du Bénin par comparaison avec les herbiers de référence ou à l'aide de la Flore Analytique du Bénin de Akoègninou et al. (2006).

2.3. Analyse de données

La méthode de Betti (2001) a été utilisée pour évaluer l'indice de vulnérabilité de chaque plante. Elle s'est basée sur l'utilisation de 6 paramètres dont la popularité de l'espèce, son biotope, son type morphologique, l'organe végétal utilisé, le mode de collecte et la forme pharmaceutique employée (tableau 1).

* Auteur Correspondant : hospice.dassou@fast.uac.bj
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

Tableau 1: Importance des indicateurs de vulnérabilité

CTU=FU/Ut/S

Table 1: Vulnerability parameters and their importance

Paramètres	Vulnérabilité à une exploitation incontrôlée		
	Faible (échelle=1)	Moyenne (échelle =2)	Forte (échelle = 3)
Popularité	Faible FF< 20%	Moyenne 20% ≤ FF < 60 %	très populaire FF ≥ 60 %
Biotope	Rudérale, Jardins, cultures	Forêt secondaire	Forêt peu perturbée ou primaire
Type morphologie	Herbacée annuelle	Herbacée vivace, sous-arbuste	Arbre, arbuste, liane
Organes végétaux	Feuille, latex, résine ou sève	Fruit, graine	Ecorce de tige ou de racine, bulbe, tubercule, bois, plante entière
Mode de collecte	Ramassage		Cueillette
Stades de développement	Vieux ou sénescents	Adulte	Jeune
Formes pharmaceutiques	Cendre, poudre, pommade, organe sec		Macéré, décocté, organe frais

FF : Fréquence relative de l'espèce dans la zone d'étude ; Fmax : Fréquence maximale).

Source:(Betti, 2001)

Pour chaque indicateur, l'échelle d'appréciation de la vulnérabilité est la suivante : 1 : plante non vulnérable pour le paramètre considéré, 2 : plante à vulnérabilité moyenne et 3 : plante très vulnérable (Betti, 2001). Par la suite, l'indice de vulnérabilité pour une espèce donnée est calculé en faisant la moyenne des scores obtenus pour tous les indicateurs de vulnérabilité. Ainsi, une plante non vulnérable présente un indice de vulnérabilité $I_v < 2$; si I_v est compris entre 2 et 2,5 la plante est vulnérable et elle est très vulnérable si $I_v \geq 2,5$.

Par ailleurs, des calculs de fréquence de réponses ont été effectués pour diverses variables (plantes, catégories d'usage, organes utilisés, menaces, critères pour la gestion durable, etc.). Afin de comprendre les relations entre les types de menaces et les ethnies enquêtées, d'une part et d'autre part entre les ethnies et les critères de gestion durable des ligneux, deux Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont été réalisées. Un test de chi² de Pearson a été aussi effectué pour vérifier si la perception des types de menace citée dépendait des ethnies.

Il a été aussi déterminé plusieurs indices ethnobotaniques pour rendre compte des connaissances des populations locales. Il s'agit de la Valeur consensuelle des types d'utilisation (CTU) et de Valeur d'Usage.

Valeur consensuelle des types d'utilisation (CTU) : elle mesure le degré de concordance des enquêtés sur l'utilisation d'une espèce (Monteiro et al., 2006). Elle s'exprime par :

Où TU, est le nombre de fois qu'une utilisation est citée, Ut le nombre total d'utilisations et S le nombre de catégorie d'usage. Elle est comprise entre -1 et 1. Ainsi une espèce est considérée comme très exploitée si cette valeur en valeur absolue est supérieure ou égale à 0,5.

Afin de tester l'existence d'une éventuelle différence significative entre les valeurs d'usage de chaque essence selon l'ethnie et l'âge des enquêtés, le test de Kruskal-Wallis a été réalisé. Aussi, le test non paramétrique de Mann Whitney a été réalisé pour l'appréciation des différences entre les valeurs d'usage de chaque essence selon le sexe des enquêtés. Préalablement, la normalité des valeurs d'usage et l'homogénéité des variances-populations ont été vérifiées au moyen du test de normalité Ryan-Joiner et du test d'homogénéité de variances de Levene.

3. Results

3.1. Vulnérabilité des plantes utilisées au Sud-Bénin

L'indice de vulnérabilité calculé pour chaque plante recensée révèle qu'aucune des 59 plantes n'est très vulnérable par leur utilisation. Au total, 10 parmi elles, ont un indice de vulnérabilité compris entre 2 et 2,4 et sont, ainsi, vulnérables pour leur utilisation au Sud-Bénin (Tableau 2). Certaines plantes un indice de vulnérabilité très proche de 2,5 et constituent les plus importantes plantes vulnérables. Il s'agit de : *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa* et *Vitex doniana* avec un indice de vulnérabilité égal à 2,40 chacun.

Les 10 espèces présentent une grande valeur alimentaire, médicinale, économique et pour leur bois. Au regard de leur indice de vulnérabilité, les 10 plantes sont retenues comme prioritaires dans la zone d'étude.

Tableau 2 : Espèces vulnérables et leur Indice de vulnérabilité

Table 2: Vulnerable species and their vulnerability Index

Plantes	Famille botanique	Iv
<i>Adansonia digitata</i>	Malvaceae	2,40
<i>Parkia biglobosa</i>	Leguminosae-Mimosoideae	2,40
<i>Vitex doniana</i>	Verbenaceae	2,40
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	Rutaceae	2,20
<i>Dialium guineense</i>	Leguminosae-Caesalpinioideae	2,10
<i>Chrysophyllum albidum</i>	Sapotaceae	2,00
<i>Blighia sapida</i>	Sapindaceae	2,00
<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae	2,00
<i>Daniellia oliveri</i>	Leguminosae-Caesalpinioideae	2,00
<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae	2,00

Les 49 autres plantes sont non vulnérables car présentant un indice de vulnérabilité $I_v < 2$ (tableau 3). Parmi elles, 4 avec un indice de vulnérabilité très proche de 2 ont failli être vulnérables (Tableau 3). Il s'agit de : *Spondias mombin*, *Rauvolfia vomitoria*, *Kigelia africana* et *Cyperus papyrus*.

Tableau 3: Espèces non-vulnérables et leurs indices de vulnérabilité

Table 3: Non-vulnerable species and their vulnerability index

Noms scientifiques	Familles botanique	Iv
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	1,90
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.,	Apocynaceae	1,90
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.,	Bignoniaceae	1,90
<i>Cyperus papyrus</i> L.,	Cyperaceae	1,90
<i>Borassus aethiopum</i> Mart.,	Arecaceae	1,83
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	1,83
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.,	Leguminosae.-Papilionoideae	1,83
<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg	Moraceae	1,83
<i>Synsepalum dulcificum</i> (Schumach. & Thonn.) Daniell,	Sapotaceae	1,83
<i>Voacanga africana</i> Stapf.	Apocynaceae	1,7
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg,	Moraceae	1,67
<i>Picalima nitida</i> (Stapf.) T. & H.Durand	Apocynaceae	1,60
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.		1,60
<i>Bombax buonopozense</i> P.Beauv.	Bombacaceae	1,60
<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i> (Sprague) Roberty		1,60
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (De.) Guill. & Perr.,		1,60
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	1,60
<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch. ssp. <i>Welwitschii</i> (Engl.) C.C.Berg	Moraceae	1,60
<i>Moringa oleifera</i> Lam.,	Moringaceae	1,60
<i>Lophira lanceolata</i> Tiegh. ex Keay	Ochnaceae	1,60
<i>Schrebera arborea</i> A. Chev.	Oleaceae	1,60
<i>Talinum portulacifolium</i> (Forssk.) Asch. & Schweinf.	Portulacaceae	1,60
<i>Morinda lucida</i> Benth.		1,60
<i>Gardenia erubescens</i> Stapf & Huteh.,	Rubiaceae	1,60
<i>Paullinia pinnata</i> L.,		1,60
<i>Lecaniodiscus cupanioides</i> Planch. ex Benth.	Sapindaceae	1,60
<i>Cola millenii</i> K.Sebum.,		1,60
<i>Cola gigantea</i> A.Chev. var. <i>gigantea</i>		1,60
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum.,	Sterculiaceae	1,60
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.		1,60
<i>Grewia carpinifolia</i> Juss.,	Tiliaceae	1,60
<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf,	Apocynaceae	1,50
<i>Cocos nucifera</i> L.,	Arecaceae	1,50
<i>Newbouldia laevis</i> (P.Beauv.) Seemann ex Bureau,		1,50
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv	Bignoniaceae	1,50
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. Ex A.De.	Ebenaceae	1,50
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) Webster	Euphorbiaceae	1,50
<i>Azelia africana</i> Smith ex Pers.		1,50
<i>Isobertinia doka</i> Craib & Stapf	Leguminosae.-Caesalpinioideae	1,50
<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.,		1,50
<i>Acacia auriculiformis</i> A.Cunn. ex Benth.	Leguminosae-Mimosoideae	1,50
<i>Baphia nitida</i> Lodd	Leguminosae-Papilionoideae	1,50
<i>Khaya grandifoliola</i> C.DC,		1,50
<i>Trichilia emetica</i> Vahl,	Meliaceae	1,50
<i>Ficus sur</i> Forssk.	Moraceae	1,50

3.2. Perceptions des populations sur les menaces

Au total, 5 types de menaces ont été identifiés par les populations locales. Le type de menace le plus cité est la recherche de nouvelle terre cultivable (53%), suivi de la recherche poussée de l'écorce sur un même arbre (20 %) et la coupe des branches avant la récolte du fruit (17 %). Les autres types de menace à savoir : Feu de végétation (7%) et attaques parasitaires (3%) sont faiblement cités. Il est à noter que la perception de ces types de menace dépend significativement des ethnies soit ($\chi^2 = 16,437$; ddl = 8; prob. = 0,037).

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée a permis de comprendre les relations entre les types de menaces et les ethnies enquêtées (Figure 2). Le premier plan factoriel a extrait 79,49 % de l'inertie totale; ce qui est suffisant pour garantir une précision d'interprétation. La projection des groupes socioculturels et des types de menace dans le système d'axes a révélé que les Fon considèrent l'attaque de parasites comme principale menace qui pèse sur les ligneux alors que pour les Aïzo, ce sont les feux de végétation. Par contre, pour les Adja, la récolte exagérée de l'écorce sur les mêmes arbres constitue la menace qui pèse sur les ressources ligneuses autochtones et pour les Goun et dans une moindre mesure les Yoruba, il s'agit des coupes abusives des branches avant maturité d'organes de l'espèce.

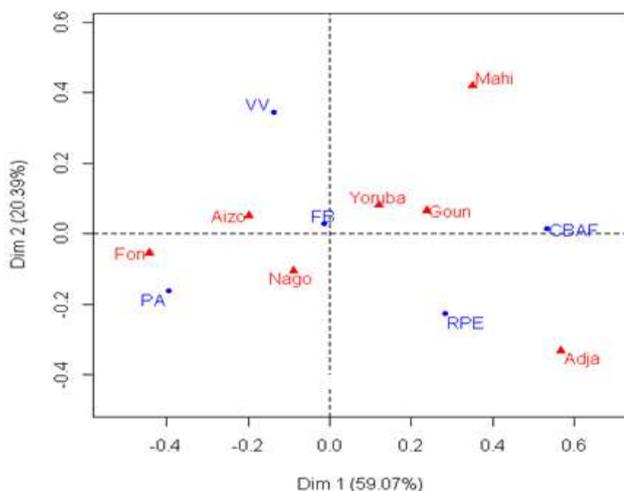


Figure 2 : Projection des groupes socioculturels et des types de menace dans le plan 1/2

RPE : Recherche poussée de l'écorce sur même arbre ; CBAF : Coupe des branches avant la récolte du fruit ; FB : Feu de végétation et PA : Attaque par les parasites.

Figure 2: Distribution of ethnic groups and threat types in factorial plan 1/2
RPE: barking; CBAF: pruning before fruit harvest; FB: Vegetation fire; PA: Parasites.

3.3. Valeur ethnobotanique des plantes prioritaires

3.3.1. Citation et diversité d'utilisation

Les 10 plantes retenues présentent les fréquences de citation les plus élevées (Tableau 4).

Par ordre d'importance décroissante, il s'agit de : *A. digitata*, *C. albidum*, *D. guineense*, *P. biglobosa*, *I. gabonensis*, *D. oliveri*, *V. doniana*, *Z. zanthoxyloides*, *K. senegalensis* et *B. sapida*.

Tableau 4: Fréquences de citation des espèces recensées.

Table 4: Citation frequency of recorded species

Plantes	Citation (%)
<i>A. digitata</i>	46,31
<i>C. albidum</i>	26,69
<i>D. guineense</i>	23,88
<i>P. biglobosa</i>	20,78
<i>I. gabonensis</i>	18,88
<i>D. oliveri</i>	15,68
<i>V. doniana</i>	13,10
<i>Z. zanthoxyloides</i>	12,38
<i>K. senegalensis</i>	12,22
<i>B. sapida</i>	09,39

Les plantes retenues sont utilisées à des fins multiples. Elles constituent aussi bien une source alimentaire, médicinale que de bois de feu pour les populations (figure 3). Les 10 espèces ciblées sont utilisées en médecine traditionnelle. 90% d'elles interviennent comme bois énergie pendant que 70% sont comestibles et 50% utilisés comme bois d'œuvre et de service.

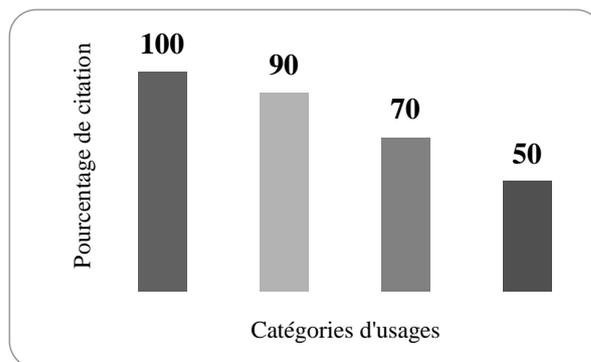


Figure 3: Catégories d'usage de 10 espèces identifiées

Figure 3: Use categories of 10 identified species

3.3.2. Valeurs consensuelles d'usages des dix espèces identifiées

L'analyse du tableau 5 relatif aux valeurs consensuelles des catégories d'utilisation des dix espèces autochtones identifiées révèle que *K. senegalensis* est plus exploitée quelque soit la catégorie d'utilisation considérée. Les espèces à savoir *A. digitata* et *D. guineense* sont plus exploitées dans la construction. *B. sapida* est plus utilisée en médecine traditionnelle. *D. oliveri* et *Z. zanthoxyloides* sont plus exploitées dans la construction et comme bois d'énergie. *I. gabonensis* est plus

exploitée dans l'alimentation et dans la médecine traditionnelle. Quant à *V. doniana*, elle est plus exploitée en médecine traditionnelle, en alimentation et comme bois d'œuvre et d'énergie.

Tableau 5: Valeurs consensuelles des catégories d'utilisation des dix espèces identifiées

Table 5: Consensual values of use categories of 10 identified species

Espèces	Alimentation	Pharmacopée	Bois énergie	Bois d'œuvre et de service
<i>A. digitata</i>	0,14	0,43	0,07	-0,50
<i>B. sapida</i>	-0,30	0,83	0,13	-0,43
<i>C. albidum</i>	-0,32	-0,25	1,00	-0,02
<i>D. guineense</i>	0,34	0,33	0,17	-0,70
<i>D. oliveri</i>	-0,38	0,20	0,60	-0,64
<i>I. gabonensis</i>	-0,80	0,52	0,31	-0,33
<i>K. senegalensis</i>	-0,60	0,87	0,60	-0,60
<i>P. biglobosa</i>	-0,28	0,10	0,70	-0,69
<i>V. doniana</i>	-0,42	0,63	0,78	-0,42
<i>Z. zanthoxyloides</i>	-0,41	0,22	0,65	-0,53

3.3.3. Organes végétaux exploités

Au total, 4 parties végétales sont collectées sur les plantes prioritaires avec des taux de citation variant en fonction de l'espèce ($p < 0,05$) (Tableau 6). Les fruits d'*A. digitata*, *B. sapida*, *C. albidum*, *D. guineense*, *I. gabonensis*, *P. biglobosa* et *V. doniana* sont cités comme les plus fréquemment utilisés. *D. oliveri* et *K. senegalensis* sont citées comme étant les plus écorcées. Concernant les racines, *Z. zanthoxyloides* est l'espèce la plus utilisée.

Tableau 6: Fréquences de citation (%) liées à l'utilisation des organes de 10 espèces

Table 6: Citation frequencies (%) of plant parts of 10 species

Espèces	Feuilles	Ecorce	fruits	Racines
<i>A. digitata</i>	50,00	54,00	70,00	3,33
<i>D. guineense</i>	26,67	53,33	98,67	16,67
<i>D. oliveri</i>	14,00	94,00	0,00	2,00
<i>I. gabonensis</i>	9,33	5,33	96,67	6,67
<i>K. senegalensis</i>	17,33	72,67	1,33	2,00
<i>P. biglobosa</i>	17,33	25,33	100,00	5,33
<i>V. doniana</i>	86,67	51,33	52,67	6,67
<i>B. sapida</i>	1,33	0,00	60,00	5,33
<i>Z. zanthoxyloides</i>	2,00	0,67	1,04	50,67
<i>C. albidum</i>	17,33	25,33	100,00	5,33

3.3.4. Valeurs d'usage des plantes identifiées en fonction des variables socioculturelles

En considérant l'ensemble des ethnies, la valeur d'usage moyenne est comprise entre 4,22 pour *D. oliveri* et 6,46 pour *V. doniana* (tableau 7). Sa variation n'est pas significative quelque soit l'espèce ($p > 0,05$). Avec des valeurs d'usages moyennes supérieures à 5, les espèces telles que *K. senegalensis*, *I. gabonensis*, *Z. zanthoxyloides*, *B. sapida*, *P. biglobosa*, *C. albidum* et *V. doniana* présentent un fort potentiel d'usage dans la zone d'étude.

Une observation similaire a été faite par rapport à l'âge et le sexe des enquêtés ($p > 0,05$).

3.4. Définition des critères favorables à la gestion durable des plantes prioritaires

Au total, 6 critères favorables à la gestion durable des plantes prioritaires ont été recensés. L'exploitation sélective des individus les plus âgés et l'interdiction d'écorçage des jeunes arbres sont les plus citées avec des taux respectifs de 33 et 30%. Le prélèvement partiellement de l'écorce (14%), l'interdiction de prélèvement des parties non encore régénérées après une coupe et l'initiation d'un programme national de sélection, d'amélioration et de multiplication des espèces prioritaires (10% chacune) et la sensibilisation des populations sur les bonnes pratiques de coupe (3%).

L'Analyse Factorielle des Correspondances effectuée a permis d'élucider les relations entre les ethnies et les critères de gestion durable des ligneux (Figure 4). Au total, 86,20 % de l'inertie totale sont contrôlées par le système d'axes 1 et 2. La projection des ethnies et des critères dans le plan factoriel montre que les groupes socioculturels Mahi et Adja pensent qu'il faut prélever partiellement l'écorce des arbres (PPE) pour assurer leur gestion durable. Quant aux Fon, ils pensent que l'exploitation sélective des individus âgés (ESIA) et dans une moindre mesure que le développement des programmes de sélection, d'amélioration et de multiplication de l'espèce (DPA) à grande échelle peuvent contribuer à la gestion durable des ligneux autochtones prioritaires. Ces perceptions s'opposent à celles développées par les Aïzo et les Goun qui considèrent l'évitement d'écorçage des jeunes arbres (EEJA) comme un moyen pour une gestion durable des ligneux autochtones prioritaires. Toutefois, toutes les ethnies s'accordent sur le fait que la sensibilisation des populations sur les bonnes pratiques (VCE) de coupe et attendre que les plantes aient reconstitué la surface d'écorce prélevée avant d'exploiter à nouveau l'arbre (APR) pourraient jouer un rôle subséquent dans la gestion durable des espèces.

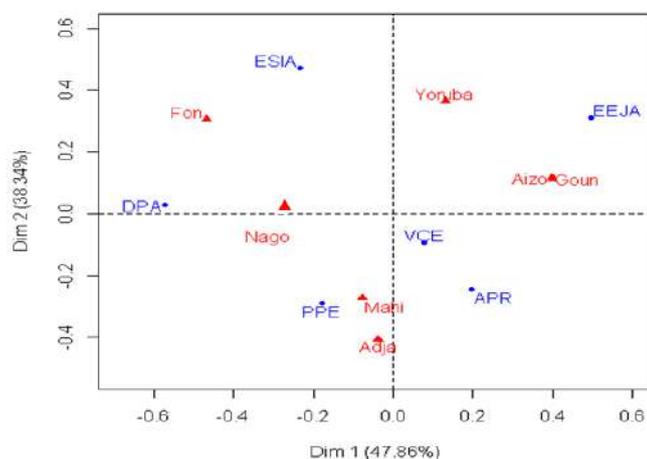


Figure 4 : Projection des groupes ethniques et les stratégies de gestion dans le plan factoriel

Figure 4: Projection of ethnic groups and management strategies in the factorial map

Tableau 7. Valeurs d'usage des dix espèces prioritaires selon l'ethnie, l'âge et le sexe

Table 7: Use values of 10 species according to ethnic groups, age and sex

Espèces	Ethnies							Moy±SD	Prob. (H)
	Fon	Adja	Nago	Mahi	Goun	Aizo			
<i>A. digitata</i>	5,10	6,70	5,74	4,40	4,48	3,16	4,93±0,47	0,42 (6,01)	
<i>C. albidum</i>	6,64	3,80	6,60	6,70	8,48	5,74	6,33±0,57	0,46 (6,07)	
<i>D. guineense</i>	5,32	3,16	3,32	4,48	3,94	6,60	4,47±0,49	0,40 (5,89)	
<i>P. biglobosa</i>	7,68	5,74	6,60	8,48	3,32	3,32	5,86±0,82	0,42 (6,00)	
<i>I. gabonensis</i>	4,20	6,60	3,32	3,94	7,28	7,34	5,45±0,73	0,46 (6,07)	
<i>D. oliveri</i>	3,32	3,32	5,32	3,32	6,70	3,32	4,22±0,57	0,40 (5,89)	
<i>V. doniana</i>	7,34	7,34	7,68	7,28	3,80	5,32	6,46±0,59	0,52 (7,61)	
<i>Z. zanthoxyloides</i>	4,78	4,78	4,20	7,26	3,16	7,68	5,31±0,69	0,99 (5,77)	
<i>K. senegalensis</i>	5,80	6,60	3,32	4,88	5,74	4,20	5,09±0,45	0,41 (5,99)	
<i>B. sapida</i>	6,10	3,32	7,34	6,02	6,60	5,32	5,78±0,52	0,44 (6,09)	

Espèces	Age			Moy±SD	Prob. (H)
	Jeunes	Adultes	Vieux		
<i>A. digitata</i>	4,00	3,97	3,94	3,97±0,02	0,53 (1,26)
<i>C. albidum</i>	0,92	1,26	1,34	1,18±0,15	0,23 (2,98)
<i>D. guineense</i>	5,00	4,97	4,86	4,94±0,05	0,14 (4,00)
<i>P. biglobosa</i>	4,75	5,18	4,97	4,97±0,15	0,28 (2,53)
<i>I. gabonensis</i>	3,10	4,16	4,14	4,13±0,02	0,84 (0,04)
<i>D. oliveri</i>	2,66	2,91	5,00	3,53±0,12	0,05 (5,91)*
<i>V. doniana</i>	2,87	2,96	2,92	2,92±0,03	0,34 (2,15)
<i>Z. zanthoxyloides</i>	5,60	5,68	5,93	5,74±0,12	0,52 (1,32)
<i>K. senegalensis</i>	6,80	7,60	5,64	6,68±0,70	0,28 (2,53)
<i>B. sapida</i>	4,10	4,32	6,36	4,93±0,88	0,52 (5,91)

Espèces	Sexe		Moy±SD	P-value (W)
	Femmes	Hommes		
<i>A. digitata</i>	4,96	4,96	4,96±0,01	0,71 (3409)
<i>C. albidum</i>	1,20	1,28	1,24±0,05	0,61 (2822)
<i>D. guineense</i>	5,00	4,81	4,91±0,13	0,16 (2218)
<i>P. biglobosa</i>	4,03	4,06	4,05±0,02	0,86 (1644)
<i>I. gabonensis</i>	4,24	4,08	4,16±0,11	0,38 (2744)
<i>D. oliveri</i>	4,92	4,95	4,94±0,03	0,48 (1926)
<i>V. doniana</i>	3,90	3,88	3,89±0,01	0,91 (1155)
<i>Z. zanthoxyloides</i>	5,82	5,78	5,80±0,03	0,79 (389,5)
<i>K. senegalensis</i>	5,24	5,08	5,16±0,11	0,38 (2744)
<i>B. sapida</i>	4,92	4,95	4,94±0,03	0,48 (1926)

4. Discussion

De nombreux travaux scientifiques ont été réalisés et ont consisté au calcul de l'indice de vulnérabilité. Les travaux de Betti (2001), sur la vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de biosphère du Dja (Cameroun) ont permis d'identifier *Picralima nitida* et *Alstonia boonei* comme deux espèces très vulnérables. Les propriétés antipaludiques de ces deux plantes se justifient par leur richesse en alcaloïdes. Dzerefos *et al.* (2001), dans leur étude sur les plantes médicinales de la réserve naturelle de Abe Bailey en Afrique du Sud se sont basées sur le calcul de l'indice de vulnérabilité pour scinder les plantes médicinales en trois catégories, chaque catégorie nécessitant une politique de gestion adaptée à son taux de vulnérabilité. Au Bénin, les travaux de Dassou (2016) ont permis de mettre en lumière les plantes vulnérables utilisées en médecine vétérinaire traditionnelle. L'analyse de ces travaux montre que les plantes vulnérables identifiées par le biais de l'évaluation de la vulnérabilité diffèrent du contexte de l'étude.

Dans la présente étude, 10 plantes vulnérables ont été identifiées et considérées comme prioritaires sur la base de leur importance socioéconomique. Il s'agit de: *Adansonia digitata*, *Blighia sapida*, *Chrysophyllum albidum*, *Daniellia oliveri*, *Dialium guineense*, *Parkia biglobosa*, *Irvingia gabonensis*, *Khaya senegalensis*, *Vitex doniana* et *Zanthoxylum zanthoxyloïdes*. Les facteurs responsables de la vulnérabilité de ces espèces sont : l'importance socioéconomique, l'organe végétal et le mode de collecte. Ces résultats confirment les travaux de divers auteurs comme Betti (2001) et Dassou (2016). En ce qui concerne l'importance socioéconomique, 4 catégories d'usage ont été répertoriées traduisant la forte pression sur les individus des espèces. Pour ces utilisations, les populations font majoritairement recours aux écorces de tiges, fruits et racines dont l'utilisation non raisonnée a des impacts écologiques graves sur les espèces (Vermeulen, 2006 ; Gaoué et Ticktin, 2008). Selon Dassou (2016), l'abatage systématique des plantes résultant de la recherche des organes souterrains (comme la racine) est à l'origine de la réduction de la taille de la population de beaucoup de plantes. Pour une meilleure conservation et à une utilisation durable des ressources ligneuses à usages multiples, il faut une mise en œuvre d'actions concertées entre les communautés locales qui disposent des connaissances ethnobotaniques sur les espèces ; les scientifiques qui maîtrisent leur écologie et les institutions politiques de la République qui ont le pouvoir des réformes.

5. Conclusion

Parmi les plantes ligneuses à haute valeur socioéconomique au Sud-Bénin, 10 espèces végétales sont vulnérables.

Il s'agit de *Adansonia digitata*, *Blighia sapida*, *Chrysophyllum albidum*, *Daniellia oliveri*, *Dialium guineense*, *Parkia biglobosa*, *Irvingia gabonensis*, *Khaya senegalensis*, *Vitex doniana* et *Zanthoxylum zanthoxyloïdes*. Trois principaux facteurs sont à l'origine de leur vulnérabilité, notamment leur importance socioéconomique, l'organe végétal récolté et leur mode de collecte. Il est donc urgent de mettre en œuvre des stratégies pour leur gestion durable. Celles-ci doivent passer par 6 critères définis par les populations elles-mêmes. Il s'agit de l'exploitation sélective des individus les plus âgés, l'interdiction d'écorçage des jeunes arbres, du prélèvement partiellement des écorces de tige, de l'interdiction de prélèvement des parties non-encore régénérées après une coupe, l'initiation d'un programme national de sélection, d'amélioration et de multiplication des espèces prioritaires et la sensibilisation des populations sur les bonnes pratiques de coupe. L'intégration des communautés locales pourrait constituer un atout pour la réussite de cette gestion.

CONFLIT OF INTEREST

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt

REFERENCES

- Akoègninou A. (2004). Recherches botaniques et écologiques sur les forêts actuelles du Bénin. Thèse d'Etat. Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire). 326 p.
- Akoègninou A., van der Burg W. J., van der Maesen L. J. G. (2006). Flore Analytique du Bénin. 1034p.
- Assogbadjo A. E., Kyndt T., Sinsin B., Gheysen G. and Van Damme P. (2006). Patens of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia digitata* L.) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Annals of botany* 97 : 819-830.
- Betti J. L. (2001). Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de biosphère du Dja (Cameroun). *Syst. Geogr. Pl.* 71 : 661-678.
- Butare I. (2003). Pratiques culturelles, la sauvegarde de la biodiversité en Afrique de l'Ouest et du Centre. In Actes du Séminaire-Atelier de Ouagadougou, International Development Research Center (Canada, 281p).
- Dassou G. H. (2016). Diversité, ethnobotanique, écologie et statut de conservation des plantes utilisées en médecine vétérinaire traditionnelle au Bénin. Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 203p.
- Dzerefos C.M. & Witkowski E.T.F. (2001). Density and potential utilisation of medicinal grassland plants from Abe Bailey Nature Reserve, South Africa. *Biodiversity & Conservation* 10, 1–22. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013177628331>

- Gaoue O.G. and Ticktin T. (2008). Impacts of bark and foliage harvest on *Khaya senegalensis* (Meliaceae) reproductive performance in Benin. *Journal of Applied Ecology*, 45(1), 34-40.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse économique). (2013). Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Résultats Provisoires du RGPH4, INSAE: Cotonou, Bénin; 8 p.
- St Louis V., Pidgeon A.M., Radeloff V.C., Hawbaker T.J., Clayton M.K. (2006). High-resolution image texture as a predictor of bird species richness. *Remote Sensing of Environment* 105 : 299–312. 14p.
- Monteiro J. M., Albuquerque U. P., Lins Neto E. M. F., Araujo E. L. and Amorim E. L. C., (2006). Use Patterns and Knowledge of Medicinal Species among Two Rural Communities in Brazil's Semi-Arid Northeastern Region. *Journal of Ethnopharmacology* 105: 173-186.
- Natta A. K., Sogbegnon R et Tchobo F. (2010). Connaissances endogènes et importance du *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae) pour les populations autochtones au Nord-Ouest Bénin. *Fruit Vegetable and Cereale Science and Biotechnology*, 4, 18-25. *Global Science Book ; Special Issue 1*.
- Ouédraogo A. S. (1995). *Parkia biglobosa* (Leguminosae) in West Africa : biosystematic improvement. Phd thesis Wageningen University.
- Pimm, S. L. and P. Raven. (2000). Extinction by numbers. *Nature* 403:843–845.
- Roy N., Merrill R.M., Thibeault S., Parsa R.A., Gray S.D. and Smith E. M. (2004). Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J. Speech Lang. Hear Res.* 47, 281–293.
- Sala O.E., Chapin I.F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.H., Mooney H.A., Oesterheld M., Leroy Poff N., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H., (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287 (5459), 1770–1774.
- Sinsin B. et Owolabi L. (2001). Rapport sur la monographie de la diversité biologique du Bénin. Cotonou, Bénin : Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU).
- Vermeulen W. J. (2006). Sustainable bark harvesting for medicinal use: matching species to prescription. In "Trees for health – forever – Implementing sustainable medicinal bark use in Southern Africa" Willow Park, Johannesburg, South Africa.



Caractéristiques des itinéraires techniques de la production de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) chez les petits producteurs de la Commune d'Allada au Bénin.

Saturnin AZONKPIN^{1*}, Chèpo Daniel CHOUGOUROU², Mansourou Mohamed SOUMANOU³

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 PB 175 Cotonou, E-mail: azonsat@yahoo.fr, République du Bénin.

²Département de Génie de l'Environnement, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Email: chougouroud@yahoo.de, République du Bénin.

³Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire (URGEA), Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Département de Génie de Technologie Alimentaire (DGTA), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou, Email: msoumanoufr@yahoo.fr, République du Bénin.

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Characteristics of technical routes of the production of the pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) among small producers of the township of Allada in Benin.

Abstract: The township of Allada is one of the municipalities of Atlantique department in Benin, where pineapple holds a major position among the various economical activities. In order to contribute to the improvement of pineapple yield in South Benin. Technical paths used by producers have been collected through an investigation that takes into account beneficiaries as a whole, in the twelve districts of the township of Allada. The sampling has been done with 10 percent checking rate. The collected data mainly are about soil preparation, sorting of rejects, and plants ranging space, the density of plants, the type of fertilizer, the number of weeding, the associated cultures, rotation and the floral induction test, application of Ethephon on pineapple fruits, and pineapple yield. A combination of cultural practices has been done so as to determine technical routes. The same way, an analysis of the variant permitted to set apart the technical routes according to the yield. The results obtained have shown that the agricultural practices not recommended such as "clearing and burning" and "monoculture" continues to be practiced. They are actually favored by land renting and the lack of material that are to be used for plant waste burial. Furthermore, most of the producers do not use the sulfate potassium to fertilize pineapple fields. Over 86 technical routes identified, the fifth best having a yield of more than 50 tons per hectare have been selected. Among them, the technical route of the number 75 has had the best yield of pineapple (69.81 tons per hectare). This technical route includes the following agricultural practices: clearing without burning, soil leveling after hand labor, sorting of rejects, rejects planting to a density of 55,000 plants per hectare, weeding (5), fertilization with potassium sulfate and nitrogen, the floral induction test that is realized with carbon calcium to 65 kg per hectare and application of Ethephon on the fruits. Small producers of the township of Allada use a number of technical route, among which five can be recommended.

Keywords: Vegetal production, yield, agricultural practices, *Ananas comosus*, Benin.

Résumé : La Commune d'Allada est l'une des localités du Département de l'Atlantique où la culture d'ananas occupe une place importante parmi les différentes activités économiques du Bénin. Afin de contribuer à l'augmentation du rendement de l'ananas au sud du Bénin, les itinéraires techniques pratiqués par les petits producteurs ont été inventoriés à travers une investigation auprès des parties prenantes de la production de l'ananas dans les 12 arrondissements de la Commune d'Allada. L'échantillonnage par quota a été effectué avec un taux de sondage de 10%. Les données collectées concernent essentiellement la préparation du sol, le triage des rejets, les écartements de plantation, la densité des plants, le type engrais, le nombre de sarclage, les cultures associées, la rotation, le Test d'Induction Florale, l'éthrelage et le rendement d'ananas. Une combinaison des pratiques culturales a été faite afin de déterminer les itinéraires techniques. De même, une analyse de la variance a permis de discriminer les itinéraires techniques suivant le rendement. Les résultats obtenus ont montré que les pratiques agricoles déconseillées telles que "le défrichement et brûlis" et "la monoculture" continuent d'être pratiquées. Ces pratiques sont favorisées par la location des terres et le manque de matériel permettant l'enfouissement des débris végétaux. En plus, la plupart des producteurs n'utilisent pas le sulfate de potassium pour la fertilisation des champs d'ananas. Sur 86 itinéraires identifiés, les cinq meilleurs ayant des rendements de plus de 50 tonnes par hectare ont été retenus. Parmi ces derniers, l'itinéraire technique portant le numéro 75 a obtenu le meilleur rendement d'ananas (69,81 Tonnes par hectare). Cet itinéraire technique rassemble les pratiques agricoles suivantes : le défrichement sans brûlis, le nivellement du sol après le labour, le triage des rejets, la plantation des rejets à une densité de 55000 plants par hectare, les sarclages (05), la fertilisation au sulfate de potassium et à l'urée, le Test d'Induction Florale qui se réalise avec le Carbure de calcium à 65 kilogrammes par hectare et l'éthrelage des fruits avec l'application de l'éthephon. Les petits producteurs de la Commune d'Allada pratiquent une diversité d'itinéraires techniques parmi lesquels cinq peuvent être recommandés.

Mots clés : Production végétale, rendement, pratiques agricoles, *Ananas comosus*, Bénin.

1. Introduction

L'ananas est l'un des principaux fruits tropicaux faisant l'objet d'un commerce au niveau international avec une production mondiale qui dépasse 15 millions de tonnes depuis 2005 (Loeillet, 2005). Au Bénin, l'ananas occupait la onzième place des fruits les plus cultivés avec un peu plus de 24,8 millions de tonnes en 2013. La production mondiale s'accroît régulièrement et a progressé de plus de 8 millions de tonnes entre 2000 et 2013 (CNUCED, 2016). En Afrique de l'Ouest, l'ananas est le deuxième fruit tropical le plus important en matière de volume de production, après la banane et avant la mangue (Mangara et al., 2010).

Le Sud du Bénin et principalement le département de l'Atlantique était dominé dans les années 1980 par la production de cultures de rente telles que le palmier à huile et les vivriers que sont le maïs et le manioc. Cependant les nombreuses crises au niveau des principales cultures de rente du pays (le palmier à huile et le café dans le département de l'Atlantique) ont amené les acteurs de la vie économique nationale à penser à d'autres spéculations en guise de cultures de rente. Dans le département de l'Atlantique, le manioc et l'ananas ont été ainsi ciblés (TROPAGRI Consult, 1998).

Principale culture fruitière au Sud-Bénin, particulièrement dans le département de l'Atlantique, l'ananas est cultivé par environ 70% des producteurs qui réalisent environ 95% de la production totale du Bénin (Helvetas-Bénin, 2008). Le Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) a fait de la promotion des filières agricoles l'un des axes majeurs

pour relever les principaux défis du développement agricole. Dans ce plan, 13 filières sont visées en priorité, à savoir l'ananas, l'anacarde, le maïs, le manioc, le riz, le palmier à huile, les cultures maraichères, la volaille, l'aulacode, le lait, les œufs, les crevettes et le poisson (MAEP, 2010).

La promotion de la filière ananas qui apparaît clairement dans la politique agricole du Bénin passe par l'application de bonnes pratiques culturales depuis la préparation du sol jusqu'à la récolte de l'ananas. L'enjeu étant de taille quant à la diversification des exportations agricoles, le Bénin a besoin d'accroître son exportation d'ananas en vue d'augmenter ses recettes et améliorer les conditions de vie des producteurs (Tidjani-Serpos, 2004). Or, les systèmes de culture d'ananas sont jusqu'à maintenant peu connus, ce qui se traduit par une variabilité des itinéraires techniques (Agbangba, 2008).

Les études antérieures qui ont abordé la production de l'ananas ont été partielles. Elles ont abordé les perceptions paysannes des variabilités climatiques, les pratiques culturales et les systèmes de cultures. Mais, il s'avère nécessaire d'inventorier les divers itinéraires techniques pratiqués par les producteurs afin d'identifier parmi eux les plus productifs. Sebillotte (1974) a défini les itinéraires techniques comme des combinaisons logiques et ordonnées de techniques qui permettent de contrôler le milieu et d'en tirer une production donnée". Un itinéraire technique consiste donc en une suite cohérente de techniques culturales pour conduire une culture.

Les pratiques culturales sont les manières d'agir des agriculteurs dans leur contexte d'action spécifique (Milleville, 1987).

C'est dans ce cadre que s'insère la présente étude qui a pour objectif général de contribuer à l'amélioration quantitative de la production d'ananas des petits producteurs de la Commune d'Allada. De façon spécifique, il s'agit de caractériser les pratiques culturales de la production d'ananas et de faire la typologie des itinéraires techniques.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La Commune d'Allada est subdivisée en 12 arrondissements et 84 villages et quartiers de villes depuis le découpage de 1978. L'effectif de la population d'Allada avait été évalué à 127 512 habitants en 2013 avec un taux d'accroissement de 2,95% selon les données du RGPH-4. Ce taux est faible par rapport à la moyenne départementale (5,05%) et nationale (3,52%) (INSAE, 2016). La Commune disposait d'une forêt dense qui a disparu sous l'effet de la pression démographique et des défrichements abusifs, laissant place à une savane arborée. La plupart des terres de la Commune sont de moins en moins fertiles. Les principaux groupes socioculturels qui composent le milieu, sont les Aïzo, les Fon, les Wèmè, les Tori. Les principales productions agricoles de la Commune sont le maïs, le manioc, l'ananas (Commune d'Allada, 2005). La Commune d'Allada a été choisie car elle fait partie du département de l'Atlantique, où l'ananas est cultivé par environ 70% des producteurs qui réalisent environ 95% de la production totale du Bénin (Helvetas-Bénin, 2008). Selon Tossou (2001), l'ananas occupe une place importante dans les systèmes de production agricole du département de l'Atlantique à cause des conditions climatiques et agro-pédologiques favorables à sa culture. Suivant les statistiques de l'INSAE (2009), la Commune d'Allada produit 13% de la production d'Ananas au Bénin. Elle fait donc partie des grandes Communes productrices de cette culture.

2.2. Méthodes de collectes des données

Les travaux de recherche de la présente œuvre ont consisté en une enquête auprès des petits producteurs d'ananas dans les 12 arrondissements de la Commune d'Allada en 2013. Les petits producteurs cultivent au plus 0,5ha d'ananas (Tidjani-Serpos, 2004). Des entretiens par focus group ont été aussi organisés pour la collecte des données en milieu réel. Pour ce faire, une phase exploratoire a eu lieu pour prendre contact avec les actifs agricoles de la zone, les agents d'encadrement, les personnes ressources, les services compétents intervenant dans le secteur et les autorités locales. Ensuite, une pré-enquête a été effectuée pour tester les outils de collecte des données afin de les réajuster. La phase d'enquête proprement dite est venue clôturer les travaux.

La méthode d'échantillonnage par quota a été utilisée. Pour déterminer l'effectif des producteurs enquêtés parmi les 1551 dénombrés par le Centre Communal pour la Promotion

Agricole (CeCPA) d'Allada (2011), un taux de sondage de 10% a été adopté. Au total, 155 producteurs ont été enquêtés dans les arrondissements d'Agbanou, Ahouannonzoun, Allada, Attogon, Avakpa, Ayou, Hinvi, Lisse-Gazoun, Lon-Agonme, Sekou, Togoudo et Tokpa. De plus, deux à trois focus group (de 6 à 8 personnes) ont été réalisés dans chaque arrondissement au sein duquel, les meilleurs villages produisant l'ananas ont été priorisés. Ces focus group ont été réalisés avec les producteurs, les agents d'encadrement du CeCPA d'Allada et les agents des ONG (HELVETAS, GERME) qui interviennent dans le domaine. Enfin, des entretiens semi-structurés ont été effectués avec les personnes ressources exerçant dans une structure qui intervient dans la filière ananas à Allada. Il s'agit du Groupement Communal des Producteurs d'Ananas (GCPA), des Groupements Villageois des Producteurs d'Ananas (GVPA), du Réseau des Producteurs d'Ananas du Bénin (RePAB), du Centre de Recherches Agricoles de Niaouli (CRA-Niaouli), des ONG HELVETAS, GERME, et Agriculture Bénin Développement (ABD), de l'Initiative pour la Relance de l'Ananas (IRA), et de la Direction de la Promotion de la Qualité et du Conditionnement (DPQC).

2.3. Caractéristiques des producteurs enquêtés

L'âge des producteurs enquêtés varie entre 25 et 58 ans. Les tranches d'âge 30 à 35 ans (27,74%) et 35 à 40 ans (32,26%) ont été les plus représentés. La grande partie de ces producteurs était âgée de moins de 40 ans. Ils ont été donc relativement jeunes. Parmi les producteurs enquêtés la culture de l'ananas est une activité pratiquée par 95,48% des hommes contre 4,52% de femmes. Trois groupes sociolinguistiques ont été recensés. Les Aïzo, autochtones de la Commune, ont été majoritaires avec 86,45% suivi des Fon (10,97%) et ensuite les Mahi avec 2,58%. Les tranches d'années d'expérience 5 à 10 ans et 10 à 15 ans ont été les plus représentées avec les proportions respectives de 54,19% et 37,42%. De plus, la proportion des producteurs ayant au-delà de 15 ans d'expérience a diminué progressivement lorsqu'on passe d'une tranche d'année à l'autre. Le mode d'accès prépondérant à la terre a été la location dont l'importance relative est 74,21%. Ensuite ont suivi successivement l'héritage avec 21,38%, l'achat (3,37%) et le don (0,63%). Deux variétés sont cultivées dans la Commune d'Allada. Il s'agit d'Abacaxi communément appelé pain de sucre et Cayenne lisse. Les petits producteurs de la Commune d'Allada ont produit plus la variété Pain de sucre qui a occupé une proportion de 78,42%. La cayenne lisse n'a été produite que par 21,58% de producteurs.

2.4. Analyse statistique des données collectées

Une analyse descriptive à partir des fréquences des producteurs, a permis de caractériser les pratiques culturales de ces derniers. Ensuite, une combinaison des pratiques culturales a été faite avec le logiciel ACESS 2007. Elle a permis de déterminer les itinéraires techniques mis en œuvre par les petits producteurs de la Commune d'Allada. Enfin, une analyse de la variance (ANOVA) suivie de la séparation des

moyennes avec le test de Student-Newman-Keuls (SNK), a été effectuée avec le logiciel SPSS 16.0 afin de discriminer

les itinéraires techniques et de les caractériser suivant le rendement.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques des pratiques culturales

De la préparation du sol jusqu'à la récolte, les caractéristiques des pratiques culturales des petits producteurs de la Commune d'Allada se présentent comme suit.

3.1.1. Préparation du sol

Tous les producteurs enquêtés ont réalisé le labour manuel. De même, la quasi-totalité (96,77%) des producteurs ont essouché leur terrain. Le défrichage suivi du brûlis a été plus pratiqué (86,45%) tandis que le défrichage sans brûlis a été pratiqué par 16,77%. Le nivellement du sol a été réalisé par moins de la moitié (49,03%) des producteurs enquêtés (Figure 1).

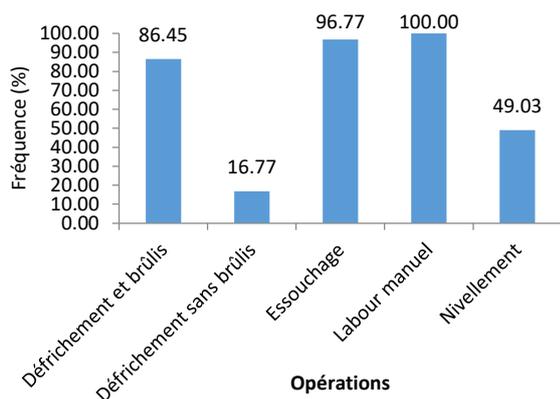


Figure 1 : Proportion de producteurs ayant réalisé les opérations de préparation de sol

Figure 1 : Proportion of producers who performed soil preparation

3.1.2. Triage des rejets

La grande partie (74,19%) des producteurs, a déclaré avoir trié leurs rejets avant la plantation. Néanmoins, 25,81% des producteurs n'ont pas adopté cette pratique culturale.

3.1.3. Ecartement de plantation des rejets d'ananas

Les écartements de plantation les plus représentatifs pour la variété pain de sucre ont été 0,60 m x 0,30 m ; 0,70 m x 0,30 m ; 0,70 m x 0,35 m ; 0,70 m x 0,40 m ; 0,80 m x 0,30 m. Tandis que pour la variété Cayenne lisse, les écartements les plus représentatifs sont 0,65 m x 0,35 m ; 0,80 m x 0,30 m ; 0,80 m x 0,40 m ; 0,80 m x 0,40 m x 0,25 m ; 0,80 m x 0,40 m x 0,40 m (Figure 2).

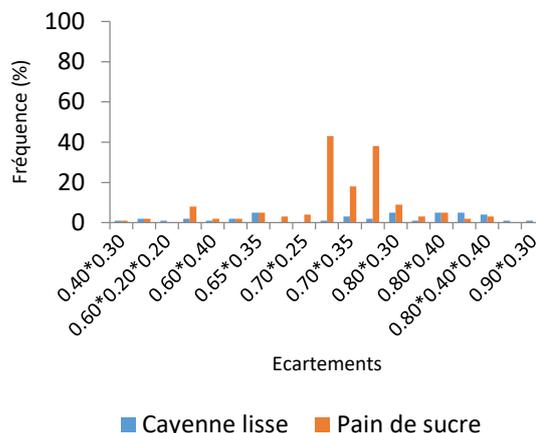


Figure 2 : Répartition des enquêtés selon l'écartement entre les lignes et les plants.

Figure 2 : Distribution of the respondents according to the spacing between the lines and the plants.

3.1.4. Usage des engrais

Les petits producteurs ont utilisé majoritairement (96,13%) les engrais chimiques seuls. Ceux qui utilisent à la fois les engrais chimiques et organiques sont les producteurs de l'ananas biologique qui ont été en faible proportion (3,87%) (Les engrais NPKSB, Urée et K₂SO₄ ont été utilisés par les producteurs.

3.1.5. Nombre de sarclages

Trois tendances s'observent sur la figure 3. Les producteurs qui ont fait 3 à 6 sarclages. Ceux qui ont fait 7 à 10 sarclages et ceux qui ont fait 11 à 14 sarclages. Mais les producteurs qui ont fait 7 à 10 sarclages ont été les plus représentés. Par contre, ceux qui ont été moins représentés et qui ont fait 3 à 6 sarclages, ont utilisé des herbicides.

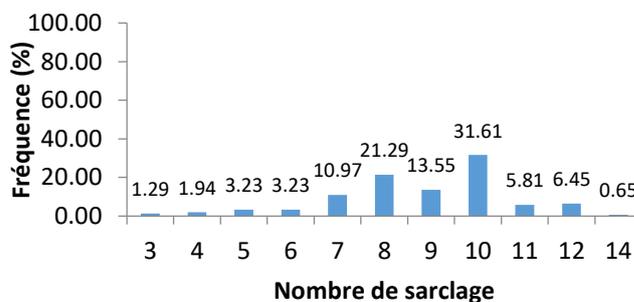


Figure 3 : Répartition des enquêtés selon le nombre de sarclages

Figure 3 : Distribution of the respondents according to the number of weeding

3.1.6. Ethrélage

La majorité (72,74%) des champs d'ananas des petits producteurs de la Commune d'Allada n'a pas été éthrélée. Néanmoins, 27,74% de ces producteurs ont éthrélé leurs fruits.

3.1.7. Rotation et association de cultures

Une grande partie des petits producteurs d'ananas de la Commune d'Allada a pratiqué l'association des cultures (47,49%) et la monoculture d'ananas (45,15%). Seuls 5,69% ont procédé à la rotation des cultures et 1,67% ont inséré la jachère dans leur rotation (Figure 4).

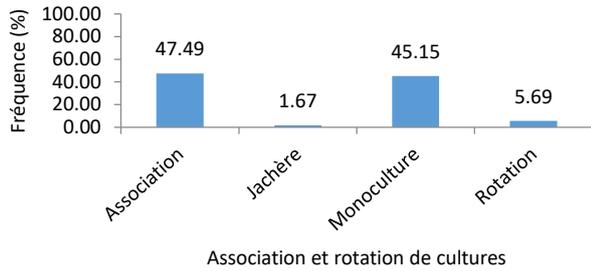


Figure 4 : Répartition des enquêtés selon l'association et la rotation de cultures.

Figure 4 : Distribution of the respondents according to the association and crop rotation.

3.1.8. Culture en association

Des cultures associées par les producteurs, l'association maïs-ananas a représenté 68,29%. Dans une moindre mesure ces producteurs ont associé à l'ananas par ordre d'importance, la tomate (21,95%), l'arachide (3,41%), le manioc (3,41%), le niébé (1,46%), le palmier à huile (0,98%) et le piment (0,49) (Figure 5).

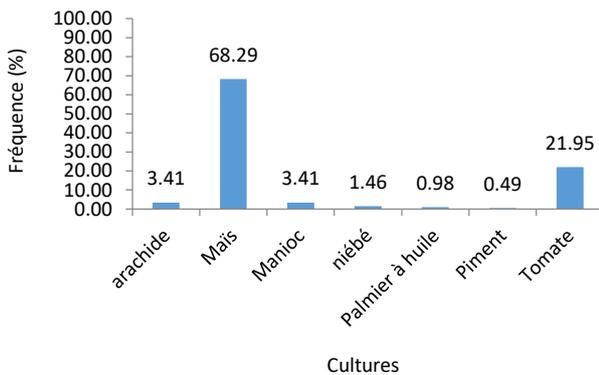


Figure 5 : Répartition des enquêtés selon les cultures en association avec l'ananas.

Figure 5 : Distribution of the respondents according to crops in association with pineapple.

3.2. Caractéristiques des itinéraires techniques

Quatre-vingt-six (86) différents itinéraires techniques ont été identifiés au niveau des petits producteurs d'ananas enquêtés dans la Commune d'Allada. Parmi ces itinéraires, le

labour et le défrichage avec brûlis ont été le mode de préparation du sol au niveau de 65 itinéraires. Le nivellement a été fait au niveau de près de la moitié des itinéraires. Le triage des rejets a été réalisé dans la majorité des itinéraires. La densité de plantation a varié de 43 000 à 77 000 plants/ha. Le nombre de sarclage a varié de 5 à 13. Les engrais NPK et Urée ont été les plus utilisés dans la plupart des itinéraires, mais le sulfate de potassium (K_2SO_4) a été utilisé dans une petite partie de ces itinéraires. La dose du carbure de calcium utilisé pour le Test d'Induction Florale a varié de 10 à 65 kg/ha. L'éthrélage des fruits n'a pas été fait dans la plupart des itinéraires techniques. Enfin, le rendement de ces itinéraires a varié de 10,55 tonnes par hectare (itinéraire N°48) à 69,81 tonnes par hectare (itinéraire N°75) (Tableau 1, Appendice).

Concernant le rendement, l'itinéraire technique N°75 a été celui qui a eu le meilleur rendement (69,81T/ha) tandis que ceux N° 49, 52, 34 et 48 représentent la catégorie ayant eu le plus faible rendement (12,56 tonnes par hectare). Le groupe qui a réuni plus d'itinéraires techniques (35 itinéraires) a obtenu un rendement de 22,746 tonnes par hectare. Les cinq meilleurs itinéraires techniques ayant obtenu un rendement de plus de 50 tonnes par hectare d'ananas sont ceux N° 75, 13, 77, 14, 78 (Figure 6).

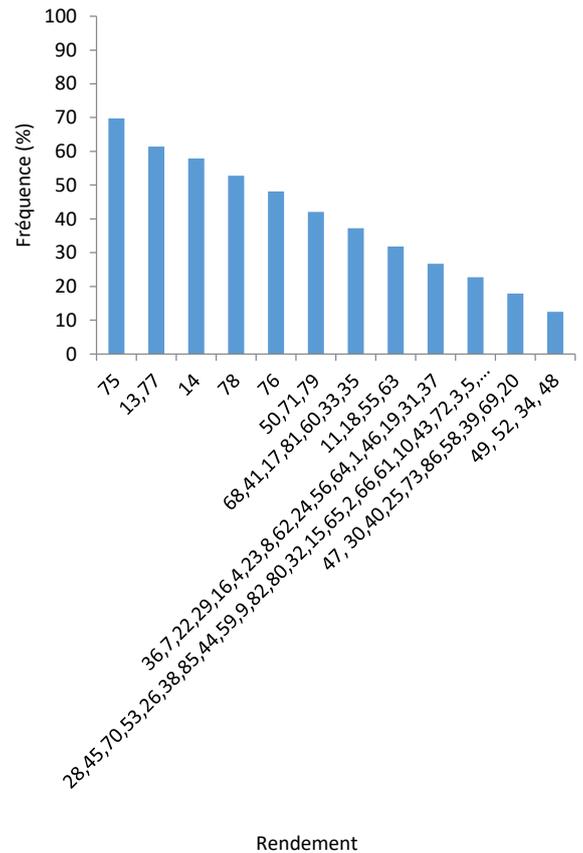


Figure 6 : Rendement d'ananas selon les différents itinéraires techniques appliqués par les petits producteurs

Figure 6 : Yield of pineapple according to the various technical routes employed by small producers

3.3. Caractéristiques des cinq itinéraires techniques les plus productifs

Les cinq itinéraires techniques les plus productifs qu'on peut proposer aux producteurs, présentent les caractéristiques suivantes. Le labour et le défrichage sans brûlis ont été réalisés dans trois itinéraires. Le triage des rejets a été systématique au niveau de tous ces itinéraires. Le nombre de sarclage a varié de 5 à 9. Le sulfate de potassium a été utilisé en association avec les engrais NPK et urée. La densité moyenne des plants a varié de 43000 à 55000 plants/ha. La dose de carbure de calcium utilisée pour le Test d'Induction

Floral (TIF) a varié de 10 à 65 kg/ha. Le rendement a varié de 52,75 à 69,81T/ha. Les meilleurs itinéraires techniques ont été obtenus tant au niveau de la variété Cayenne lisse (75,77 et 78), que celle pain de sucre (13 et 14) (Tableau 2).

Tableau 2 : Cinq meilleurs itinéraires techniques selon le rendement

Tableau 2 : Five best technical routes depending on the efficiency

Num	PREPARATION _SOL	TRIAGE _REJET	NOMBRE _SAR- CLAGE	TYPE_ENGRAIS	DOSE_T IF	ETHRELA GE	MOY_ DENSITE	RDT_MOYEN (T/ha)
75	SANS BRU- LIS/NIV	Oui	5	UREE+ SUL- FATE	65	Oui	55000	69,80
13	BRULIS SANS BRU-	Oui	5	NPK+UREE+ SULFATE	65	Oui	55000	62,00
77	LIS/NIV	Oui	9	NPK+UREE+SU LFATE	10	Oui	43000	60,92
14	BRULIS SANS BRU-	Oui	5	UREE/NPK NPK+UREE+SU	10	Non	43000	57,96
78	LIS/NIV	Oui	9	LFATE	16	Oui	43000	52,75

Note : NIV = Nivellement ; La préparation du sol sous-entend le labour dans tous les itinéraires techniques

4. Discussion

4.1. Caractéristiques des pratiques culturales

Deux variétés sont cultivées dans la Commune d'Allada. Il s'agit d'Abacaxi communément appelé pain de sucre et Cayenne lisse. La variété Pain de sucre a été majoritairement (78,42%) cultivée par les petits producteurs d'ananas de la Commune d'Allada. Ces résultats corroborent avec ceux de Sossa et al. (2014) qui ont constaté que la variété pain de sucre est la plus cultivée et concerne 96% des producteurs. Cette situation s'explique par le fait que le pain de sucre réclame moins de soins que la cayenne lisse et il est plus apprécié sur notre territoire (Djossou, 2011). De plus, le pain de sucre est moins exigeant en coût de production que la cayenne lisse (Tidjani-Serpos, 2004). Cette situation serait aussi due à la sensibilité de la variété cayenne lisse à la maladie de wilt. En effet, Carter et Collins (1947) ont montré que la variété Cayenne lisse est plus sensible à la maladie MWP. De même, selon l'étude effectuée au Bénin par Fanou et Adikan (2008), la sévérité de la maladie du wilt est liée à l'importance de la culture de la variété Cayenne lisse dans une localité.

Quant aux opérations de préparation de sol, tous les producteurs enquêtés ont réalisé le labour manuel. De même, la quasi-totalité (96,77%) des producteurs ont essouché leur terrain. Ceci s'explique par le fait que le labour se fait en même

temps que l'essouchage par les petits producteurs (Tossou, 2001). Le défrichage suivi du brûlis a été plus pratiqué. Les rares producteurs qui ont fait le défrichage sans brûlis ont utilisé la machette pour découper les débris végétaux de façon manuelle. Le nivellement du sol est réalisé par moins de la moitié des producteurs enquêtés. L'essouchage et le labour sont réalisés par la plupart des producteurs. Mais le nivellement et le défrichage sans brûlis des débris végétaux ne sont pas encore pratiqués par la plupart des petits producteurs de la Commune d'Allada. Cette situation serait due à la location de la terre et au manque de matériel d'enfouissement des débris végétaux.

La grande partie des producteurs, a déclaré avoir trié ses rejets avant la plantation. Néanmoins, 25,81% des producteurs n'ont pas adopté cette pratique culturale. Or, le triage permet d'avoir des plants homogènes capables de produire de bons fruits d'ananas au même moment. De plus, cette pratique favorise la sélection des rejets sains qui permettent d'éviter l'apparition précoce de la maladie de wilt dans les champs (Houndedji et al, 2016).

Concernant les écartements de plantation les plus représentatifs pour la variété pain de sucre ont été 0,60 m x 0,30 m ; 0,70 m x 0,30 m ; 0,70 m x 0,35 m ; 0,70 m x 0,40 m ; 0,80 m x 0,30 m. Tandis que pour la variété Cayenne lisse, les écartements les plus représentatifs ont été 0,65 m x 0,35 m ; 0,80 m x 0,30 m ; 0,80 m x 0,40 m ; 0,80 m x 0,40 m x

0,25 m ; 0,80 m x 0,40 m x 0,40 m. Ces résultats sont partiellement conformes à ceux présentés par l'INSAE (2009) qui sont de 90 cm x 30 à 40 cm x 20 à 30 cm.

Selon les types d'engrais, les petits producteurs de la Commune d'Allada ont utilisé majoritairement les engrais chimiques. Ceux qui ont utilisé à la fois les engrais chimiques et organiques sont les producteurs de l'ananas biologique. Ils ont utilisé en plus des engrais organiques, du sulfate de potassium. La fertilisation pratiquée ne suit pas la norme. En effet le rapport K_2O/N doit être compris entre 2,5 et 3 (Saudubray et al., 2006). Seul l'itinéraire technique 75 a respecté cette norme parmi les 86 dénombrés. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Batamoussi et al. (2015) qui ont révélé que 42,5% des producteurs ont respecté la norme recommandée. Cette différence est due à la norme utilisée par ces auteurs (300 kg/ha de NPK, 300 kg/ha d'urée et 300 kg/ha de K_2SO_4).

Au niveau du nombre de sarclages, trois tendances s'observent parmi lesquelles, les producteurs qui ont fait 7 à 10 sarclages ont été les plus représentés. Par contre, ceux qui ont été moins représentés et qui ont fait 3 à 6 sarclages, ont utilisé des herbicides. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Batamoussi et al. (2015) qui ont révélé que 52,5% des producteurs font 3 sarclages et seulement 25% de ces producteurs font plus de 3 sarclages. Selon ces derniers, les producteurs qui ont utilisé d'herbicide, ont effectué 2 sarclages. Les producteurs ont utilisé les herbicides tels que l'AGRI-BROMA 80% WP (Bromacil 800 g/kg), AGRAZINE (Atrazine 800 g/kg), CHEMOVAR 80% WP (Bromacil 800 g/kg) et CHEMURON (Diuron 800 g/Kg).

La majorité des champs des ananas des petits producteurs de la Commune d'Allada n'a pas été éthrelée. Néanmoins, 27,74% de ces producteurs ont éthrelé leurs fruits. Ceci s'explique par le fait que c'est la variété Cayenne lisse, destinée à l'exportation qui est le plus souvent éthrelée. Mais de nos jours, une bonne partie de pain de sucre est exportée et est par conséquent éthrelée. La majorité d'ananas des petits producteurs de la Commune d'Allada est donc vendue sur le marché local. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Batamoussi et al. (2015) qui ont révélé que les fruits éthrelés sont destinés à l'exportation.

Une grande partie des petits producteurs d'ananas de la Commune d'Allada ont pratiqué l'association des cultures (47,49%) et la monoculture d'ananas (45,15%). Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par Batamoussi et al. (2015) qui ont révélé que 20% des producteurs ont associé des cultures à l'ananas. Seuls 5,69% ont procédé à la rotation des cultures et 1,67% ont inséré la jachère dans leur système de culture. Ceux qui ont fait la rotation ou ont inséré la jachère dans leur système de culture, sont les propriétaires terriens. En effet, les focus group ont révélé que cette situation est due principalement à la location des terres car le locataire ne se préoccupe pas du maintien de la fertilité du sol, mais de l'obtention du bon rendement de sa culture.

Le maïs est la principale culture associée à l'ananas par les petits producteurs de la Commune d'Allada. Des cultures as-

sociées par les producteurs, l'association maïs-ananas a représenté 68,29%. Dans une moindre mesure ces producteurs ont associé à l'ananas par ordre d'importance, la tomate, l'arachide, le manioc, le niébé, le palmier à huile et le piment. Ces résultats corroborent avec ceux de l'INSAE (2009) qui a constaté que les producteurs d'ananas associent certaines cultures vivrières (surtout le maïs) à l'ananas dans leurs champs. De même, Batamoussi et al. (2015) ont trouvé des résultats similaires en montrant que l'association maïs-ananas vient en tête avec 53,57%, suivi des autres cultures telles que le piment, l'arachide, la tomate et le Gboman,

4.2. Caractéristiques des itinéraires techniques

Quatre-vingt-six (86) différents itinéraires techniques ont été identifiés au niveau des petits producteurs d'ananas enquêtés dans la Commune d'Allada. La densité des plants a varié de 43000 à 77000 plants par hectare. Ces résultats sont partiellement conformes à ceux de Batamoussi et al. (2015) qui varient de 44 000 à 55 000 plants par hectare. Les rendements de ces itinéraires ont varié de 10,55 tonnes par hectare (itinéraire 48) à 69,81 tonnes par hectare (itinéraire 75). Il existe une différence significative entre les différents groupes d'itinéraires techniques. L'itinéraire technique 75 a été celui qui a obtenu le meilleur rendement tandis que celui 48 a eu le plus faible rendement. Les cinq meilleurs itinéraires techniques ayant obtenu un rendement de plus de 50 tonnes par hectare d'ananas sont ceux 75, 13, 77, 14 et 78. Les meilleurs itinéraires techniques ont été obtenus tant au niveau de la variété Cayenne lisse (75,77 et 78), que celle pain de sucre (13 et 14). La variété n'influencerait donc pas le rendement de l'ananas des petits producteurs de la Commune d'Allada. En dehors de Lon-Agonmè où on ne produit pas l'ananas, sur les 11 autres arrondissements producteurs d'ananas, les meilleurs itinéraires techniques ont été retrouvés seulement dans les arrondissements d'Allada, d'Avakpa, d'Attogon de Hinvi et d'Ahouannonzoun. Sékou qui a hébergé le plus grand nombre de petits producteurs d'ananas n'a utilisé aucun de ces meilleurs itinéraires techniques et a comporté donc des producteurs ayant de faibles rendements tout comme Lissègazoun, Agbanou, Tokpa, Ayou et Togoudo. Une étude menée par Chaffa en 2005 à Zè, une Commune voisine à celle d'Allada, a révélé un rendement moyen d'ananas qui varie entre 53 066,67 à 78 667,67 kg/ha. Ces résultats sont largement au-dessus des nôtres. Ceci serait dû au nombre restreint de producteurs (55) qu'il a enquêtés d'une part et à la fertilité des sols de Zè d'autre part. Selon les statistiques du CeCPA d'Allada (2011), la moyenne des rendements d'ananas relevés dans la Commune d'Allada de 1995 à 2006, est de 12,5 tonnes par hectare. Ces rendements qui sont inférieurs aux nôtres seraient dus aux itinéraires techniques utilisés par les producteurs. Mais nos résultats sont partiellement conformes à ceux obtenus par l'INSAE (2009) qui a indiqué que les rendements varient de 35 754 kg/ha à 58 334 kg/ha à Allada.

5. Conclusion

La présente étude a permis d'obtenir des données scientifiques sur les pratiques culturales et les itinéraires techniques utilisés par les petits producteurs d'ananas de la Commune d'Allada. Il ressort de cette étude que des pratiques déconseillées comme la monoculture et le défrichement suivi du brûlis continuent d'être utilisées par les petits producteurs de la Commune d'Allada. L'un des facteurs favorisant cette pratique est le mode d'accès à la terre où la location est majoritaire. De plus, la fertilisation pratiquée ne suit pas la norme (rapport K_2O/N doit être compris entre 2,5 et 3). Seul l'itinéraire technique 75 respecte cette norme parmi les 86 dénombrés. Les cinq meilleurs itinéraires techniques ayant un rendement de plus de 50 tonnes par hectare d'ananas sont ceux N° 13, 14, 75, 77, 78. Parmi ces derniers, l'itinéraire technique 75 a le meilleur rendement. En perspective, cette étude pourrait aussi être élargie aux autres zones de production d'ananas au Bénin. La recherche de matériel d'enfouissement des résidus de récolte pourrait aider les producteurs à adopter de bonnes pratiques de maintien de la fertilité des sols.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Agbangba C. E. (2008). Contribution à la formulation d'engrais spécifique pour la culture de l'ananas par le diagnostic foliaire dans la commune d'Allada. Thèse d'ingénieur agronome, Université de Parakou, Parakou, p. 159.
- Batamoussi M. H., Bachabi S. F. X., Orou Mere Tokore J. S. B., Babayai L. L., Tovihoudji P.G. (2015). Contribution to the improvement of the farming practices of production of pineapple in Benin: Case of the municipality of Allada in the department of the Atlantic, *European Scientific Journal*, édition vol.11, No.36 ISSN: 1857 – 7881.
- Carter, W. & Collins, J. L. (1947). Resistance to mealybug wilt of pineapple with special reference to a Cayenne-Queen hybrid. *Phytopathology*, 37, 332–348.
- Chaffa Y. G. S. (2005). Efficacité économique des systèmes de production d'ananas dans la commune de Zè (Département de l'Atlantique). Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UAC, 89p.
- CeCPA d'Allada. (2011). Rapport annuel de campagne 2010-2011. 55p.
- CNUCED (2016). Ananas. Un profil de produit de base par INFO-COMM, Fonds de la CNUCED pour l'information sur les marchés des produits de base agricoles, Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement, 23p.
- Djossou L. A. M. (2011). Economie de l'ananas dans la commune de Zè. Mémoire de maîtrise de Géographie, FLASH/UAC, 102p.
- Fanou, A. & Adikan, B. (2008). Etude de l'importance et de la distribution des ravageurs et maladies d'ananas dans le département de l'Atlantique dans la perspective d'élaborer des méthodes de la lutte intégrée. In *Promotion des Filières Agricoles Porteuses*, Adjanohoun A, Igue K (eds). Actes de l'Atelier Scientifique National. Tenu à Abomey-Calavi, 19-22 Décembre 2006. Tome 1, 146-158.
- Fatoumbi D. A., Daouda D. A. A. (2011). Analyse comparée de la rentabilité de la production du maïs et de l'ananas dans la commune d'Allada. Mémoire Licence Professionnelle en Economie et Gestion des Exploitations Agricoles (EGEA), Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG), Université d'Abomey-Calavi. 78p.
- Helvetas-Bénin. (2008). Appui à la Filière Ananas Biologique et Équitable: Document du Projet. Helvetas-Benin. Cotonou.
- Houndédji C. D., Zandjanakou-Tachin M., Affokpon A., Bokonon-Ganta A. H., (2016). Prevalence de la maladie du déperissement de l'ananas (Wilt) et perception des producteurs au Bénin. *European Scientific Journal* November 2016 édition vol.12, No.33 ISSN: 1857 – 7881.
- INSAE (2009). Dynamique des filières d'exportation au Bénin de 1999 à 2008 : cas de quatre produits (anacarde, ananas, tabac, canne à sucre). 49p.
- INSAE (2016). Principaux Indicateurs socio-démographiques et économiques du département de l'Atlantique (RGPH-4, 2013), 32p.
- Loeillet D. (2005). *Cyclope 2005: les marchés mondiaux*. Paris. Economica, pp. 339-341.
- MAEP (2010). Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole. 108p.
- MEPDEAP (2007). Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté. 163p.
- Millerville P. (1987). Recherches sur les pratiques des agriculteurs. *Cahier de la recherche-Développement*, 16, 3-7.
- Mongbo R., Floquet A. (1995). Enjeux fonciers, pauvretés et stratégies de survie sur terre de barre, MPRE/GTZ, Cotonou, 77p.
- Saudubray F., Horry J., Marie-Alphonsine P., Cros D., Soler A. (2006). Management de la qualité dans la filière ananas en Martinique. *Fruits*, vol. 61(1), p. 39–53.
- Sebillotte M. (1974). Agronomie et agriculture, analyse des tâches de l'agronome. *Cahiers. ORSTOM, série biologie*, 24 3-25.
- Tidjani-Serpos A. (2004). Contribution de la culture d'ananas à l'amélioration des conditions de vie des producteurs : cas des producteurs d'Abomey-Calavi et d'Allada dans le département de l'Atlantique. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC-Bénin, 116p.
- Tossou, C. (2001). Impact de la culture de l'ananas sur l'environnement dans le département de l'atlantique. Thèse pour le Diplôme d'Etude Supérieure en Aménagement et Gestion des Ressources Forestières, FSA/UAC, 109p.
- Tropagri-Consult (1998). Etude sur la filière ananas au Bénin, Tome 1 : Synthèse du diagnostic et recommandations, 35p.

Appendice

Tableau 1 : Itinéraires techniques identifiés et leur rendement

Table 1 : Technical routes identified and their efficiency

N° itinéraire	PREPARATION DU SOL	TRIAGE DES REJETS	NOMBRE DE SARCLAGE	TYPED'ENGRAIS	DOSE DU TEST D'INDUCTION FLORAL (TIF) (kg/ha)	ETHRELAGÉ	DENSITÉ MOYENNE	RENDEMENT MOYEN (T/ha)
1	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	SULFATE	23	Non	43000	25,6
2	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	SULFATE	23	Non	77000	22,93
3	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	16	Non	43000	22,29
4	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	27,13
5	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	23	Non	43000	22,29
6	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	21,89
7	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	28,71
8	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	13	UREE/NPK	16	Non	77000	26,75
9	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	13	UREE/NPK	16	Oui	77000	23,86
10	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	FIENTE/DEJECTION	35	Oui	43000	22,63
11	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	23	Oui	43000	33,28
12	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	35	Oui	43000	22,27
13	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	65	Oui	55000	62,00
14	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	10	Non	43000	57,96
15	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	23	Oui	77000	23,30
16	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	35	Oui	77000	27,14
17	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	10	Non	43000	38,12
18	LAB./DEF. ET BRULIS	oui	9	SULFATE	16	Oui	55000	32,43
19	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	23	Non	77000	25,22
20	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	23	Oui	55000	15,60
21	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	35	Oui	55000	21,40
22	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	35	Oui	77000	28,32
23	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	65	Oui	77000	27,02
24	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	10	Non	43000	26,66
25	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	10	Oui	43000	18,88
26	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	24,07
27	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	20,06
28	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	43000	24,81
29	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	27,80
30	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Oui	77000	19,37
31	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	43000	25,22
32	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	23,30

33	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Oui	77000	35,86
34	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	FIENTE/DEJECTION	16	Oui	43000	11,35
35	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	FIENTE/DEJECTION	35	Oui	43000	35,66
36	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	SULFATE	10	Non	55000	29,42
37	LAB./DEF. ET BRULIS	oui	13	SULFATE	35	Oui	43000	25,08
38	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	24,07
39	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	16	Oui	43000	16,05
40	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	77000	19,11
41	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	SULFATE	23	Non	77000	38,52
42	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	22,14
43	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	23	Non	77000	22,47
44	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	24,00
45	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	24,38
46	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	13	UREE/NPK	35	Non	43000	25,34
47	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	13	UREE/NPK	35	Non	77000	19,96
48	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	5	UREE/NPK	23	Non	55000	10,55
49	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	aucun	10	Non	43000	14,46
50	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	16	Oui	43000	43,49
51	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	16	Oui	43000	22,29
52	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	23	Oui	55000	13,87
53	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	35	Oui	43000	24,32
54	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	10	Non	43000	21,52
55	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	31,41
56	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	55000	26,03
57	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	20,29
58	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Oui	77000	16,72
59	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	23,93
60	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Oui	43000	36,48
61	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	22,82
62	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	65	Non	77000	26,75
63	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	30,09
64	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	43000	25,79
65	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	77000	23,30
66	LAB./DEF. SANS BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	22,93
67	LAB./DEF. SANS BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	22,29
68	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	10	Non	43000	39,07
69	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	15,60
70	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	23	Non	77000	24,36
71	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	55000	41,61

72	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	22,47
73	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	23	Non	77000	18,88
74	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	21,02
75	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	5	SULFATE	65	Oui	55000	69,81
76	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	16	Non	43000	48,15
77	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	10	Oui	43000	60,92
78	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	16	Oui	43000	52,75
79	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	65	Oui	77000	41,28
80	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	10	Oui	43000	23,41
81	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	37,04
82	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	23,60
83	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	20,06
84	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	43000	20,93
85	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	24,07
86	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	18,52
N° itinéraire	PREPARATION DU SOL	TRIAGE DES REJETS	NOMBRE DE SARCLAGE	TYPED'ENGRAIS	DOSE DU TEST D'INDUCTION FLORAL (TIF) (kg/ha)	ETHRELAGE	DENSITE MOYENNE	RENDEMENT MOYEN (T/ha)
1	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	SULFATE	23	Non	43000	25,6
2	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	SULFATE	23	Non	77000	22,93
3	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	16	Non	43000	22,29
4	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	27,13
5	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	23	Non	43000	22,29
6	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	21,89
7	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	28,71
8	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	13	UREE/NPK	16	Non	77000	26,75
9	LAB./DEF. ET BRULIS	Non	13	UREE/NPK	16	Oui	77000	23,86
10	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	FIENTE/DEJECTION	35	Oui	43000	22,63
11	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	23	Oui	43000	33,28
12	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	35	Oui	43000	22,27

13	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	SULFATE	65	Oui	55000	62,00
14	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	10	Non	43000	57,96
15	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	23	Oui	77000	23,30
16	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	5	UREE/NPK	35	Oui	77000	27,14
17	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	10	Non	43000	38,12
18	LAB./DEF. ET BRULIS	oui	9	SULFATE	16	Oui	55000	32,43
19	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	23	Non	77000	25,22
20	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	23	Oui	55000	15,60
21	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	35	Oui	55000	21,40
22	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	35	Oui	77000	28,32
23	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	SULFATE	65	Oui	77000	27,02
24	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	10	Non	43000	26,66
25	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	10	Oui	43000	18,88
26	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	24,07
27	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	20,06
28	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	43000	24,81
29	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	27,80
30	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	23	Oui	77000	19,37
31	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	43000	25,22
32	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	23,30
33	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	35	Oui	77000	35,86
34	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	FIENTE/DEJECTION	16	Oui	43000	11,35
35	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	FIENTE/DEJECTION	35	Oui	43000	35,66
36	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	SULFATE	10	Non	55000	29,42
37	LAB./DEF. ET BRULIS	oui	13	SULFATE	35	Oui	43000	25,08
38	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	24,07
39	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	16	Oui	43000	16,05
40	LAB./DEF. ET BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	77000	19,11
41	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	SULFATE	23	Non	77000	38,52
42	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	22,14
43	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	23	Non	77000	22,47
44	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	24,00
45	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	24,38
46	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	13	UREE/NPK	35	Non	43000	25,34
47	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Non	13	UREE/NPK	35	Non	77000	19,96
48	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	5	UREE/NPK	23	Non	55000	10,55
49	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	aucun	10	Non	43000	14,46
50	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	16	Oui	43000	43,49
51	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	16	Oui	43000	22,29
52	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	23	Oui	55000	13,87

53	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	35	Oui	43000	24,32
54	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	10	Non	43000	21,52
55	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	31,41
56	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	55000	26,03
57	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	20,29
58	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Oui	77000	16,72
59	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	23,93
60	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Oui	43000	36,48
61	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	22,82
62	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	65	Non	77000	26,75
63	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	30,09
64	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	43000	25,79
65	LAB./DEF. ET BRULIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	77000	23,30
66	LAB./DEF. SANS BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	43000	22,93
67	LAB./DEF. SANS BRULIS	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	22,29
68	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	10	Non	43000	39,07
69	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	15,60
70	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	23	Non	77000	24,36
71	LAB./DEF. SANS BRULIS	Oui	13	UREE/NPK	35	Non	55000	41,61
72	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	16	Non	77000	22,47
73	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	23	Non	77000	18,88
74	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Non	9	UREE/NPK	35	Non	77000	21,02
75	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	5	SULFATE	65	Oui	55000	69,81
76	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	FIENTE/DEJECTION	16	Non	43000	48,15
77	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	10	Oui	43000	60,92
78	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	16	Oui	43000	52,75
79	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	SULFATE	65	Oui	77000	41,28
80	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	10	Oui	43000	23,41
81	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	43000	37,04
82	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	16	Non	77000	23,60
83	LAB./DEF. SANS BRULIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	23	Non	77000	20,06

84	LAB./DEF. SANS BRU- LIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	43000	20,93
85	LAB./DEF. SANS BRU- LIS/NIV	Oui	9	UREE/NPK	35	Non	77000	24,07
86	LAB./DEF. SANS BRU- LIS/NIV	Oui	13	UREE/NPK	16	Non	77000	18,52



Capital social et transmission du capital humain chez les femmes peulhs transformatrices de lait de vache au Bénin

Paul JIMMY^{1*}, Ismail MOUMOUNI¹, Florent OKRY^{2,3}, Nadia FANOU FOGNY⁴

¹Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur l'Innovation pour le Développement Agricole, BP : 123 Parakou, Bénin

²Access Agriculture, PO Box 66158-00800 Westlands, Nairobi, Kenya

³Université Nationale d'Agriculture, République du Bénin, 041 BP13, Cotonou, République du Bénin

⁴Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Nutrition et des Sciences Alimentaires, 01 BP : 526, Cotonou, Bénin

Reçu le 15 Novembre 2017 - Accepté le 11 Décembre 2017

Social capital and human capital transmission within dairy processing Fulani women in Benin

Abstract: This paper analyzes the contribution of social capital in transmission of human capital within non-formal education systems related to agriculture in Benin. The traditional dairy processing of Fulani women is concerned. Data were collected mainly through semi-structured interviews with 85 Fulani women in the District of Gogounou, Northern Benin. The results showed that bonding social capital (familial environment) predominantly intervenes in the women human capital building. Also, the linking social capital, derived from development project's intervention provides human capital reinforcement through associations and technological innovations. The transmission of human capital from mother to daughter supports the perpetuation of this economic and cultural activity of Fulani women across generation. These results suggest that the intergenerational transmission of human capital of Fulani women refers to dynamic of social reproduction. The promotion of bridging social capital (women's associations) and the increasing of their contact social capital are recommended to manage modernization of their activity in order to improve food security.

Keywords: social reproduction, agricultural foods processing, Perishable products, Fulani women, Benin.

Résumé : Le présent papier analyse la contribution du capital social dans la construction du capital humain dans les systèmes d'éducation non formelle relatifs au domaine agricole au Bénin. L'activité de transformation traditionnelle du lait de vache, considérée comme activité à la fois économique et culturelle des femmes peulhs est concernée. Les données ont été collectées principalement avec des entretiens semi-structurés réalisés auprès de 85 femmes peulhs transformatrices de lait de vache dans la commune de Gogounou, Nord Bénin. Les résultats ont montré que le capital social d'attachement est prépondérant dans la construction du capital humain des femmes transformatrices. Aussi, le capital social de contact représenté par les relations avec les projets de développement est une source de renforcement du capital humain et d'innovation pour ces femmes lorsqu'elles sont regroupées en association (capital social d'acointance). La transmission du capital humain de la mère à la fille supporte la pérennisation de cette activité identitaire des femmes peulhs d'une génération à l'autre. Ces résultats suggèrent que la transmission intergénérationnelle du capital humain des femmes peulhs se réfère à une dynamique de reproduction sociale. La promotion du capital social d'acointance représenté par les associations de femmes et l'augmentation de leur capital social de contact sont recommandées pour favoriser la modernisation de leur activité en vue d'améliorer la sécurité alimentaire.

Mots clés : Capital humain, Capital social, Transformation agro-alimentaire, Denrées hautement périssables, Bénin.

1. Introduction

La fonction productive du capital humain propre au capital social est bien reconnue (Bourdieu, 1979; Coleman, 1990). Cela s'inscrit dans le débat sur les processus de transmission intergénérationnelle des habiletés et connaissances, et des niveaux d'éducation, de même que les inégalités de classes sociales, de revenus qu'elle implique (Becker et Tomes, 1986 ; Lindahl et al, 2012 ; Mollegaard et Jaeger, 2015). D'une part, en plus de fournir aux enfants des aptitudes innées par les gènes, les parents s'activent dans les décisions prises en matière de dépenses et d'investissements dans l'éducation de leurs enfants pour augmenter leurs compétences (Becker et Tomes, 1986 ; Goldberger, 1989). Les parents utilisent ainsi des ressources économiques et autres pour produire le capital humain en leurs enfants, à savoir des capacités cognitives et non-cognitives pour un succès à long terme (Mollegaard et Jaeger, 2015). D'autre part, les parents utilisent les ressources non monétaires, telles que les actifs culturels pour promouvoir le succès de leurs enfants (Bourdieu, 1979 ; Coleman, 1990). La littérature sur la transmission intergénérationnelle du capital humain apporte ainsi la lumière sur la question de la façon dont la famille influence les capacités, les statuts économiques, voire les résultats économiques de leurs enfants au travers des générations (Tzanakis, 2011 ; Roksa et Potter, 2011 ; Stella, 2013 ; Borisov et Pissarides, 2016).

Mais, la plupart des études sur la transmission intergénérationnelle du capital humain se focalisent sur les systèmes d'éducation formelle, en considérant les diplômes académiques et les niveaux de qualification professionnelle atteint par les enfants et leurs parents (Bourdieu, 1979 ; Coleman, 1990 ; Tzanakis, 2011 ; Roksa et Potter, 2011 ; Stella, 2013). Ce faisant, les aptitudes acquises dans les modèles d'apprentissage non formels, à savoir "l'apprentissage par le faire faire" (learning-by-doing), l'observation, et l'imitation s'intégrant au processus de socialisation des enfants (Bisin et Verdier, 1998 ; Schuller, 2001) ne sont pas distinctement considérées. De même, la transmission intergénérationnelle du capital humain tel que les savoir et savoir-faire liés aux métiers ou activités spécifiques des systèmes d'éducation non formelle n'est pas suffisamment expliquée. En évoquant l'accomplissement des enfants par rapport à celui des parents, le statut économique est vu en termes de position sociale, niveau d'instruction et de revenus (Björklund and Salvanes, 2010 ; Lindahl et al, 2012 ; Chan et Boliver, 2013 ; Piraino et Fourie, 2014 ; Mollegaard et Jaeger, 2015), et non en termes d'une activité spécifique. D'autre part, quelques auteurs ayant travaillé sur la transmission du statut de travailleur indépendant dans un sens général (Blanchflower et Oswald, 1998; Lentz et Laband, 1983, 1990 ; Dolton et Akepeace, 1990 ; Colombier et Masclet, 2007) ont démontré que les parents peuvent transmettre à leurs enfants des compétences spécifiques à un métier et des aptitudes entrepreneuriales

augmentant la probabilité d'être travailleur indépendant quelque le métier considéré (Lentz et Laband, 1983, 1990 ; Colombier et Masclet, 2007). Aucune mention n'est faite pour une activité économique spécifique. Or, selon certains auteurs (Coleman, 1990 ; Becker, 1996 ; Bisin et Verdier, 1998), la socialisation dans les modèles d'apprentissage non formels peut être à l'origine de la capacitation pour une spécialisation dans une activité économique. De plus, en combinant directement les différentes actions des parents dans l'accomplissement économique des enfants, y compris leur investissement pour leur instruction, le rôle ou l'influence des différents cadres de socialisation, voire les formes du capital social qui y sont sous-jacent ne sont pas élaborés. Bien que d'autres auteurs relèvent la limite de considérer seulement l'environnement familial des individus, à savoir leurs géniteurs, et étendent la sphère d'influence aux autres parents ou au voisinage (Hlaimi, 2005), ou à d'autres générations antérieures dans la famille (Lindahl et al, 2012 ; Mollegaard et Jaeger, 2015 ; Borisov et Pissarides, 2016), la distinction des différents types de capital social et leur influence n'apparaissent pas dans l'analyse. Cela est dû, comme nous l'avons souligné plus haut, au fait que la littérature ne s'est focalisée sur la transmission des savoir-faire spécifique liée à une activité ou un métier, comme dans les systèmes d'éducation non formelle.

Le présent papier vise à analyser l'influence du capital social dans la construction du capital humain dans les systèmes d'éducation non formelle, en l'occurrence dans le domaine agricole. Spécifiquement, il décrit l'importance des différentes formes de capital social dans la transmission des connaissances, compétences et habiletés agricoles d'une part, et les processus de transmission de ces connaissances d'autre part. L'étude de cas se base sur les femmes peulhs transformatrices de lait de vache de la commune de Gogounou au Nord Bénin. La suite de ce papier se présente comme suit. La section suivante aborde le contexte de la gestion de lait chez les femmes Peulhs. La section 3 présente le cadre analytique, et la section 4 aborde la méthodologie. La section 5 présente les résultats et la section 6 présente les discussions et conclusion.

1.1. Contexte de la gestion de lait chez les femmes Peulhs

La gestion du lait implique une répartition sexuelle des tâches associant les hommes à la conduite des troupeaux et les femmes à la traite du lait et l'utilisation du lait (Querre, 2003). Le lait de vache est la propriété de la femme dès qu'elle se marie dans un ménage. La femme peut donc disposer du lait selon ses intérêts. En effet, le droit de propriété de la femme sur le lait lui donne la charge de l'entretien de la famille. Le lait intervient prioritairement dans l'alimentation des ménages. Une partie du lait entre dans les activités de commercialisation des femmes soit sous forme de lait frais, soit sous formes de ses produits dérivés (lait caillé, beurre du lait, fromages, etc.). Les transformatrices ont l'art et l'aptitude de la transformation du lait en ses produits dérivés. Les

* Auteur Correspondant : jimmykouetepaul@yahoo.fr
Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

revenus des femmes provenant du lait leur servent à acheter les condiments, ustensiles de cuisine, colliers, pagnes, savons, etc. Ainsi, les activités de commercialisation liées au lait donnent aux femmes la possibilité d'une émancipation économique et sociale (Dupire, 1962 ; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003). Le lait trait peut également faire objet de don aux voisins ou visiteurs lorsque le bénéficiaire ne le destine pas à la vente : le don de lait symbolise les relations sociales et l'hospitalité (Dupire, 1962 ; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003). D'autre part, le lien entre le statut féminin et le lait se révèle dans le rite de passage du mariage, car la jeune fille reçoit de sa mère les ustensiles de mesure du lait et les calebasses qui vont contenir le lait. Le lait pour les ménages peulhs en général, et les femmes en particulier représente donc toute leur économie, leur vie sociale et leur identité (Dupire, 1962 ; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003).

La transformation agroalimentaire du lait et ses produits dérivés (fromages) occupe ainsi traditionnellement les femmes peulhs et contribue à plus de 50% au revenu annuel de leurs ménages (Ogodja et al, 1991), favorisant leur autonomisation financière. Les produits transformés entrent fortement dans l'alimentation des ménages au niveau local, comme national et jouent un rôle important dans la diversification et la variation des régimes alimentaires de par leur densité en nutriments spécifiques. Aussi, l'étude sur la compétitivité des filières agricoles dans l'espace l'UEMOA a-t-elle fait ressortir l'intérêt de la promotion des filières telles que les fruits et cultures maraîchères, le lait et ses dérivés pour le relèvement des économies locales (Dupaigne et al, 2004). Les politiques appropriées dans le secteur pour apporter des innovations sont indiquées pour améliorer leurs niveaux d'activité, et par suite leur contribution à la réalisation de l'objectif de sécurité alimentaire, de même que la réduction de pauvreté dans leurs communautés.

1.2. Cadre analytique

Le capital humain fait référence aux connaissances, habiletés et compétences propres aux individus et qui sont économiquement productives (Becker, 1975 ; Rosen, 1989). La considération du capital humain ne saurait donc exclure l'éducation non formelle, en l'occurrence l'apprentissage des savoir-faire agricoles fait partie intégrante des processus de transmission de capital et de réalisation des individus au sein des populations agricoles, et qui déterminent leurs activités et leurs productivités économiques dans ce contexte. Le capital social évoque l'intérêt ou les avantages que peut tirer un individu du fait d'appartenir à un réseau, une organisation, ou simplement de connaître des gens (Bourdieu, 1980 ; Coleman, 1988). La contribution des différentes formes de capital social dans la construction du capital humain n'est pas explicitement évoquée. Les cadres de socialisation primaire (Parsons, 1965), et secondaire (Berger et Luckmann, 1966) mise en exergue comme point de départ de la socialisation de l'individu correspondent indistinctement aux trois formes de capital social connues d'après Woollock (1998), à savoir le capital social d'attachement (*bonding social capital*), le capital social d'accointance (*bridging social capital*) et le capital

social de contact (*linking social capital*). Le capital social d'attachement se focalise sur l'unité familiale pendant que le capital social d'accointance se réfère aux formes associatives entre des personnes partageant les mêmes caractéristiques démographiques, donc les relations horizontales. Le capital social de contact concerne les rapports d'un individu lui-même, ou son unité familiale (*bonding social capital*) ou son association (*bridging social capital*) avec des personnes ou structures externes d'intervention (en position de pouvoir ou d'influence).

Nous combinons ici la théorie de l'apprentissage social (*social learning*) de Bandura (1977), avec la distinction des différentes formes de capital social (Woollock, 1998), et la transmission intergénérationnelle du capital humain pour expliquer la reproduction sociale (Bourdieu, 1979) de l'activité de transformation de lait de vache chez les femmes Peulhs. L'analyse expose ici l'importance des différentes formes de capital social dans la transmission des connaissances, compétences et habiletés de même que les processus et les représentations sociales qui y sont sous-jacents.

2. Méthodologie

L'étude a été conduite dans la commune de Gogounou. La commune de Gogounou est située dans le département du Borgou-Alibori et est le principal bassin laitier du Bénin. En effet, elle abrite le plus grand marché de bétails et le siège national de l'Association nationale des Organisations Professionnelles des Eleveurs de Ruminants (ANOPER) qui est la structure faîtière des organisations d'éleveurs. La production laitière dans la commune provient essentiellement des systèmes d'élevage traditionnels des éleveurs peulhs dont les femmes sont dans les activités de transformation de lait. Cette étude a porté sur les unités domestiques de transformation de lait en ses dérivés. Trois marchés de vente des fromages, notamment Gamagou, Gounarou et Zougou-Pantrossi situés respectivement dans les arrondissements de Sori, Gounarou et Zougou-Pantrossi ont été choisis avec l'aide des techniciens du Secteur Communal du Développement Agricole (SCDA) pour constituer l'échantillon parce qu'ils représentent les principaux points de convergence des femmes transformatrices pour l'écoulement des fromages après la préparation dans les hameaux.

L'échantillon est représentatif des femmes opérant dans l'activité et constitué de 85 femmes transformatrices rencontrées sur les marchés pendant la période de l'enquête. Il s'agit des femmes peulhs non scolarisées âgées en moyenne de 35 ans. Ces unités de transformation artisanales utilisent les marmites moyennes ou grandes pour la préparation, les bassines pour la collecte de lait, les ustensiles de cuisine (passoires, bols, calebasses, etc.) et les foyers traditionnels à trois pierres avec les bois de chauffe. Elles ne disposent pas d'équipements modernes de conservation. La main d'œuvre est essentiellement familiale et constituée des filles de la transformatrice en âge de l'assister à la cuisine. Les données ont été collectées sur la base d'un questionnaire et des entretiens semi-structurés. Un bref questionnaire a été adressé aux

enquêtés sur leurs sources d'apprentissage des connaissances et habiletés relatives à l'activité de transformatrice de lait de vache en ses produits dérivés. Le guide d'entretien a permis d'investiguer en profondeur les processus d'apprentissage, notamment les méthodes, les moyens, les types de connaissances, les buts et représentations sociales des acteurs. L'ensemble des entretiens ont été enregistrés afin de faciliter le traitement des données.

L'analyse des données est basée principalement qualitative ; en effet, selon Coleman (1990) le capital social se définit par sa fonction, donc plus démontrable par les études qualitatives ou les études quantitatives utilisant les données qualitatives. En l'occurrence, l'approche d'analyse s'est insérée dans une démarche compréhensive et interprétative (Holbrook et O'Shaughnessy, 1988) qui vise à la connaissance d'un « système de pratiques » (Garfinkel, 1967), les pratiques elles-mêmes et ce qui les relie (Blanchet et Gotman, 1992). Ainsi, les propos tenus par les interviewés sont apportés comme évidence des modèles de transmission du capital humain relatif à l'activité de transformation de lait en ses produits dérivés. La statistique descriptive est utilisée pour présenter les pourcentages concernant l'importance des différentes formes de capital social dans la construction du capital humain des femmes transformatrices.

3. Résultats

3.1. Importance des différentes sources de construction du capital humain des femmes transformatrices du lait

Les femmes interviewées ont évoqué essentiellement deux sources de connaissances et d'informations sur la transformation du lait en ses produits dérivés en rapport avec le capital social. 100% d'entre elles indiquent que le capital social d'attachement a construit leurs aptitudes et compétences dans la gestion du lait en général, et en particulier dans la transformation de lait en ses produits dérivés. Pour toutes ces femmes transformatrices, leurs connaissances proviennent de leur mère, soit leur milieu familial.

Environ 35% ont rapporté avoir bénéficié d'informations et formations sur les pratiques de transformation de lait provenant du capital social de contact. Cette catégorie concerne essentiellement les femmes du village de Gamagou appartenant à une association de transformatrices mise en place dans ce village. Cela s'inscrit dans le cadre du Projet d'Appui au Développement Rural (PADER). Les connaissances reçues avec la structure d'intervention constituent pour ces femmes des éléments supplémentaires de renforcement de leur capital humain.

Ces résultats démontrent de la prédominance du capital social d'attachement dans la construction du capital humain des femmes transformatrices. D'une part, le capital social d'attachement est la source de formation du capital humain des femmes transformatrices. D'autre part, les dispositifs impliquant le capital social de contact comme de source de renfor-

cement du capital humain sont rares et concernent des villages touchés par une intervention d'un projet (1 sur 3 des villages pris en compte dans l'échantillon).

3.2. Capital social d'attachement et apprentissage des techniques de transformation de lait en ses dérivés

3.2.1. Objet de l'apprentissage, méthodes et moyens

Les femmes interviewées rapportent devoir leurs connaissances et pratiques de transformation de lait à leurs mères. L'aptitude de transformation de lait est transmise de génération en génération, de la mère à la fille. La construction du capital humain de la femme transformatrice est basée sur l'observation et la pratique. Une des transformatrices rapporte son parcours, qui est similaire à celui de la plupart d'entre elles. Voici ses propos :

« Déjà toute jeune, je suis ma mère dans tout ce qu'elle fait du lait. Je l'assistais pendant la traite, et pendant toutes les phases de la préparation. J'ai appris tout en la voyant faire. A 12 ans déjà, je pouvais préparer de fromages. Mais, c'est vers 17 ans qu'elle a commencé à me laisser prendre le devant. Je l'aide à faire la traite. Elle m'envoyait chez ses fournisseurs de lait. Je préparais les fromages. Je pouvais venir la remplacer au marché quand elle va faire la collecte... Tout ça m'a permis de m'améliorer dans la pratique, de connaître les prix, etc... ».

Dans ces propos, nous pouvons noter qu'outre l'acquisition des savoir-faire spécifiques à l'activité de transformation de lait en ses produits dérivés, l'implication dans les relations avec les fournisseurs et sa participation à la vente au marché ont permis à la transformatrice durant la phase d'apprentissage à se doter des aptitudes supplémentaires liées à l'organisation et à la gestion de son activité.

3.2.2. Représentations sociales de la transmission des connaissances chez les femmes Peulhs

L'apprentissage de la gestion du lait comme élément de socialisation économique de la jeune fille peulh

Les opportunités d'apprentissages de la fille ne concernent pas spécifiquement une formation donnée par la mère. Elles s'intègrent aux processus de socialisation de la jeune fille peulh en termes de son éducation pour sa vie future de femme, notamment au plan économique. Cela ressort bien des propos de la plupart des transformatrices pendant les entretiens. Voici le contenu :

« Une femme doit avoir son activité pour participer à la vie économique du ménage. Et chez nous les peulhs, les activités de transformation du lait de vache permettent cela. C'est pourquoi depuis le jeune âge, chaque fille peulh est intégrée à l'apprentissage de la manipulation du lait auprès de sa mère. De cette façon, on (toute femme peulh) est préparé pour jouir du droit sur le lait lorsqu'on se serait marié... Parce que l'utilisation du lait dans le ménage revient à la femme: le don, la transformation, la vente, etc... ».

De même, il ressort dans ces propos le facteur de répartition sexuelle des tâches associées au lait, et à sa valeur sociale (Dupire, 1962; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003) comme cela transparait respectivement dans les portions d'interviews "...est préparé pour jouir du droit sur le lait lorsqu'on se serait marié" ou "parce que l'utilisation du lait dans le ménage revient à la femme", et "le don..." en tant qu'élément de gestion du lait.

L'installation dans l'activité et la répétition comme éléments d'expériences améliore les aptitudes (capital humain) de la transformatrice. Entretien avec une transformatrice :

« On apprend encore une fois qu'on se marie, et qu'on a sa propre activité. Ce n'est pas qu'on réapprend les pratiques, mais on a mieux la maîtrise du lait. On peut reconnaître la qualité en l'observant, et faire un choix judicieux entre faire des fromages ou de lait caillé avec beaucoup de succès. Certainement, je ne pouvais pas le faire avec autant d'exactitude. C'est ma mère même qui le faisait... ».

La transmission des connaissances dans la gestion du lait comme une exigence culturelle et pérennisation du modèle culturel peulh

L'art de la transformation artisanale du lait est identitaire et culturel des peulhs (Dupire, 1962 ; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003). La transmission intergénérationnelle des capacités et compétences en transformation de lait chez les femmes peulhs sous-tendant leur spécialisation dans une activité économique -élément de capital humain- démontre donc d'une forme de productivité du capital social (Coleman, 1988), en l'occurrence le capital social d'attachement. Le capital social d'attachement est le support de la transmission de cet art relevant d'une exigence culturelle. Les entretiens effectués avec les femmes supportent bien cette assertion. Voici les propos :

« Transformer le lait, c'est Dieu qui l'a donné à nous les femmes peulhs. Chaque mère a le devoir de l'apprendre à sa fille, qui l'apprendra à sa fille en retour... Cela se faisait toujours ainsi. De la même manière que nous l'avons appris de nos mères, nous l'apprenons déjà à nos filles: c'est d'une exigence culturelle puisqu'une femme peulh doit savoir manipuler le lait... ».

Nous pouvons noter par ailleurs, comme cela transparait dans la portion du précédent entretien "Chaque mère a le devoir de l'apprendre à sa fille, qui l'apprendra à sa fille en retour... Cela se faisait toujours ainsi", que la transmission des savoir-faire de transformation de lait d'une génération à une autre est le vecteur de la reproduction du modèle culturel peulh impliquant la pérennisation de cette activité identitaire des femmes peulhs.

3.3. Capital social de contact et apprentissage des techniques de transformation de lait en ses dérivés

La structure d'intervention comme capital social de contact ici concerne le Projet d'Appui au Développement Rural (PADER) dont les femmes transformatrices de Gamagou ont été la cible. Le capital social de contact a visé à renforcer le

capital humain des transformatrices. Le PADER avec la participation financière de la mairie a doté les femmes transformatrices du village de Gamagou d'une mini-laiterie devant servir d'unité pilote de formation. Le projet a initié la création d'association de transformatrices. L'association (capital social d'accointance) est un moyen de création et de facilitation des contacts avec les structures d'intervention. La mini-laiterie équipée de matériels modernes de collecte de lait, d'un réfrigérateur, des glacières et des ustensiles de cuisine (passoires, bols, Calebasses, etc.).

Pendant la phase d'essai, les femmes ont bénéficié à travers l'association des formations sur l'utilisation des matériels et équipements (relativement modernes), les mesures d'hygiène dans les processus de préparation des fromages, et la présentation des produits. La présentation des posters et des séances d'expériences pratiques de transformation de lait dans la mini-laiterie sont utilisées par les formateurs comme moyens de transfert des nouvelles connaissances. Par ces formations, le capital social de contact contribue au renforcement du capital humain des femmes transformatrices ; par suite elle contribue à l'amélioration de leur productivité.

Entretien avec une femme du village de Gamagou ciblé par l'intervention du PADER :

« Avec les connaissances reçues auprès des formateurs du PADER, je fais plus attention à utiliser de l'eau propre quand je prépare les fromages. Habituellement, je maintiens mes ustensiles au propre. Maintenant, j'y veille davantage. Egalement, je mets plus de soins à la présentation des fromages : je fais beaucoup plus les fromages de format moyen que j'écoule mieux... ».

Notons que les activités de formations ont été inscrites dans la phase pilote du projet ; l'installation des femmes dans la mini-laiterie et sa mise en exploitation restait non effective jusque pendant la phase de terrain de cette étude.

4. Discussions et conclusion

Le présent article a permis d'analyser la transmission intergénérationnelle du capital humain dans les systèmes d'éducation non formelle relatifs au domaine agricole, à travers le cas du statut de transformatrice traditionnelle de lait de vache en ses dérivés. Les résultats ont montré que le capital social d'attachement est prépondérant dans la construction du capital humain des femmes transformatrices du lait de vache en ses produits dérivés de la commune de Gogounou. L'environnement familial, en l'occurrence les mères constituent la source d'apprentissage des connaissances et savoir-faire sur le lait des filles, d'une génération à l'autre. Les opportunités d'apprentissages de la fille s'intègrent aux processus de socialisation de la jeune fille peulh en termes de son éducation pour sa vie future de femme peulh. La fille dès son jeune âge et durant tout le temps de sa présence dans le foyer est impliquée dans l'organisation de l'activité de transformation du lait au cours de laquelle elle apprend par l'observation et la mise en pratique. Comme le note Bandura (1977), les séquences d'observation font l'écho des modali-

tés de l'apprentissage social ; l'observation permettant l'acquisition d'informations qui servent de guide à l'action. La fille peulh pendant la phase d'apprentissage s'approprie les savoir-faire de la manipulation du lait qu'elle adopte lorsque sa mère, son modèle ou son patron comportemental selon les termes de Bandura (1977) lui donne les occasions de mise en pratique de ses connaissances. D'un autre côté, l'implication dans les relations avec les fournisseurs et sa participation à la vente au marché permettent à la transformatrice durant la phase d'apprentissage de se doter des aptitudes managériales supplémentaires en rapport avec l'organisation de son activité. Partant, cette étude confirme que la transmission intergénérationnelle de capital humain associé au capital social d'attachement est relative à la fois aux savoir-faire spécifiques et des compétences non spécifiques (Lentz et Laband, 1983, 1990 ; Colombier et Masclat, 2007) pouvant améliorer la productivité. D'autre part, le capital social de contact constitué par les interventions de projets de développement lorsqu'il existe dans le milieu a contribué au renforcement du capital humain des transformatrices de lait en ses produits dérivés. En effet, le capital social de contact-avec l'installation de mini-laiterie dotée d'équipements semi-modernes, est porteur des formations et des expériences pratiques au profit des transformatrices pour améliorer leur compétitivité. Aussi, constitue-t-il un canal d'introduction d'innovations et de changements sociotechniques pour renforcer les connaissances apprises par les transformatrices dans le système traditionnel. Comme le note Becker (1975), les formations qui facilitent l'acquisition de connaissances et compétences susceptibles d'accroître la productivité d'un individu dans le temps sont du domaine de la création du capital humain. La réceptivité des femmes Peulhs pour ces formations et l'adoption des innovations contraste l'idée des communautés Peulhs fermées dont elle est taxée assez souvent. Au contraire, c'est peut-être les interventions qui les ont moins ciblées, à savoir 1 village sur 3 dans la localité est impliqué dans le projet dans toute la zone, soutenant ainsi les auteurs qui évoquent plutôt que les Peulhs sont marginalisés dans les actions politiques en faveur du milieu rural (Bierschenk et Forster, 2004 ; Hall et al, 2016).

Remarquons que la contribution du capital social d'attachement à la construction du capital humain des femmes transformatrices est exprimée par la transmission verticale (c'est-à-dire des mères aux filles) des savoir-faire, aptitudes et habiletés relatifs à la gestion du lait au niveau domestique. Cela dénote de la spécialisation économique que peuvent porter les processus de socialisation comme l'ont indiqué certains auteurs (Coleman, 1990 ; Becker, 1996 ; Bisin et Verdier, 1998). La pratique de l'activité de transformation de lait en ses produits dérivés est la principale source d'autonomisation économique des femmes peulhs. Selon Becker et Tomes (1986), Bisin et Verdier (1998) et Hlaimi (2005), la motivation des parents à socialiser les enfants relève de l'altruisme des parents. En ce qui concerne les femmes transformatrices, la transmission verticale du capital humain est sous-tendue par une exigence culturelle de la part envers leurs filles. Plus loin, il s'agit de l'obligation de maîtrise de

la manipulation du lait par les femmes peulhs, donc le devoir de transmission de la mère à sa fille, d'une génération à l'autre. Aussi, la transmission verticale de capital humain s'associe-t-elle à l'acte du don se rattachant directement aux théories de Mauss (2001) où donner, recevoir et rendre sont intimement liés dans un système normatif pour une orchestration de la dette. La transmission des savoir-faire de transformation de lait de la génération des mères à celle de leurs filles, avec l'obligation de transmission à leur tour, c'est-à-dire le paiement de la dette (Mauss, 2001), favorise la pérennisation de cette activité identitaire des femmes peulhs. La transmission intergénérationnelle des connaissances par la socialisation supporte la reproduction des grands schèmes culturels (Bourdieu, 1979), notamment étant donné que le lait est fortement associé au statut économique, social et culturel de la femme peulh (Dupire, 1962 ; Kuhn, 1997 ; Querre, 2003). Plus loin, cette transmission englobe également la répartition sexuelle des tâches, le don du lait, etc... qui s'intègrent au domaine des règles sociales gouvernant la gestion du lait dans les milieux peulhs (Corniaux, 2005).

Les résultats suggèrent que la pérennisation de la gestion du lait par la transmission intergénérationnelle peut se référer à la reproduction culturelle (Bourdieu, 1979). Il ne s'agit pas d'une reproduction culturelle comparative de deux classes mais, d'une reproduction culturelle vue sous l'angle du maintien et de la stabilité au sein des femmes peulhs de l'activité de transformation de lait et les connaissances sous-jacentes. Mais cela n'exclut pas l'intervention extérieure (capital social de contact) pour l'intégration des innovations pour l'amélioration du niveau d'activités. L'extension des interventions des structures de développement au profit de l'ensemble des zones de production et de transformation de lait en ciblant les associations des transformatrices permettrait de leur apporter des innovations, améliorant ainsi leurs niveaux d'activité, et par suite leur contribution à la réalisation de l'objectif de sécurité alimentaire, de même que la réduction de pauvreté dans leurs communautés. Des études ultérieures pourraient s'intéresser à la dynamique de ces connaissances des femmes Peulhs, à savoir leur acquisition ou non dans d'autres groupes ethniques.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Commission de l'Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine (UEMOA) qui a financé le projet N°42 intitulé « Transformation agro-alimentaire des denrées périssables au Bénin et au Burkina Faso : renforcement du rôle des transformatrices dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages de l'Afrique de l'Ouest » dans le cadre du Projet d'Appui à l'Enseignement Supérieur dans les pays membres de l'UEMOA (PAES/UEMOA).

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, p.22.
- Becker, G. S. 1975. *Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Becker, G., 1996. *Accounting for Taste*. Harvard University Press.
- Becker, G.S. and Tomes, N. 1986. Human capital and the rise and fall of families. *Journal of Labor Economics*, 4, S1–S39.
- Berger, P. and Luckmann T. 1966. *The social construction of reality: a treatise in the sociology Of knowledge*, Double way, Garden City N.Y.
- Bierschenk, T. and Forster, R. 2004. *L'organisation sociale des Peuls dans l'est de l'Atacora (République du Bénin, communes de Kouandé, Péhonco et Kérou)*. Édition revue et corrigée, Mainz. Working Papers, Vol. 46.
- Bisin, A., and Verdier, T. 1998. On the cultural transmission of preferences for social status. *Journal of Public Economics* 70 (1998) 75–97.
- Björklund, A., and Salvanes K. G. 2010. *Education and Family Background: Mechanisms and Policies*. NHH Dept. of Economics Discussion Paper No. 14.
- Blanchet, A. etGotman, A. 1992. *L'enquête et ses méthodes : l'entretien*. Paris, Nathan.
- Blanchflower D. and Oswald A. 1998. What Makes an Entrepreneur. *Journal of Labor Economics*, vol. 16, no 1, pp. 26–30.
- Borisov, G.V. and Pissarides, C.A. 2016. *The Intergenerational Transmission of Human Capital and Earnings in Contemporary Russia*. IZA Discussion Paper No. 10300.
- Bourdieu P. 1979. *La Distinction*. Paris, Éditions de Minuit.
- Chan, T.W. and Boliver, V. 2013. The grandparents effect in social mobility: Evidence from British birth cohort studies. *American Sociological Review*, 78, 662–678.
- Coleman, J. S. 1988. Social capital in the creation of human capital. *The American Journal of Sociology*, (94), S95-S120.
- Coleman, J. S. 1990. *Foundations of social theory*. Cambridge: Harvard University Press.
- Colombier, N., et Masplet, D. 2007. L'importance de l'environnement familial comme déterminant du travail indépendant. *Économie et Statistique*, N° 405/406.
- Corniaux, C. 2005. *Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : les champs du possible pour une commercialisation durable du lait : Cas des modes de production actuels du delta du fleuve Sénégal*. Thèse de doctorat. Institut national agronomique de Paris-Grignon, p.258
- Dupaigre, B.F., Baris, P. et Liagre, L. (éditeurs), 2004. *Etude sur la compétitivité des filières agricoles dans l'espace UEMOA (Elaboration d'un argumentaire de choix de filières)*. Rapport provisoire. IRAM Paris et Montpellier, France ; Commission DDRE/ UEMOA, Burkina Faso.
- Dolton P.J. and Makepeace G.H. 1990. The Earnings of Economics Graduates. *Economic Journal*, vol. 100, no 127, pp. 237-250.
- Garfinkel H. 1967. *Studies in Ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall.
- Goldberger, A.S. 1989. Economic and mechanical models of intergenerational transmission. *American Economic Review*, 79, 504–513.
- Guilherm, D. 2006. *Le lait de vache dans les sociétés peules : Pratiques alimentaires et symbolisme d'un critère identitaire*. le-mangeur-ocha.com.
- Haller, T. van Dijk H., Bollig M., Greiner C., Schareika N. and Gabbert C. 2016. Conflicts, security and marginalisation: institutional change of the pastoral commons in a 'glocal' world. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 35 (2), 405–416.
- Hlaimi, B. 2005. *Transmission intergénérationnelle du capital humain: cas des familles hétérogènes*. Document LEST. Séminaire thèse ; <halshs-00004052>.
- Holbrook, M. and O'Shaughnessy, J. 1988. On the scientific status of consumer research and the need for an interpretive approach to studying consumption behavior. *Journal of Consumer Research*, 15, 398-402.
- Kuhn B. 1997. Pas de lait, pas d'argent, l'importance du lait chez les femmes peules du Nord-Bénin, Trajectoires peules au Bénin. Sous la direction de T. Bierschenk & P-Y. Le Meur, Paris : Karthala, p.63-76.
- Lentz B.S. and Laband D.N. 1983. Like Father, Like Son: Toward and Economic Theory of Occupational Following. *Southern Economic Journal*, vol. 50, no 2, pp. 474-493.
- Lentz B. and Laband D. 1990. Entrepreneurial Success and Occupational Inheritance Among Proprietors. *Canadian Journal of Economics*, vol. 23, no 3, pp. 563–579.
- Mauss M. 2001. *Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques* in *Sociologie et anthropologie*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Mollegaard, M. and Jæger, M. 2015. The effect of grandparents' economic, cultural, and social capital on grandchildren's educational success. *Research in Social Stratification and Mobility*, 42, 11–19.
- Parsons, T. 1965. *The Social System*. New York, Free Press.
- Ogodja, J.O., Hounsou-Vè, G. et Dehoux, J.P. 1991. Part I : Rôle et activité de la femme Peulh dans son ménage dans le sud Borgou au Bénin. Part II : Commercialisation du lait et des produits laitiers dans le sud Borgou en République du Bénin. *Projet de Développement Pastoral intégré dans le Borgou*. Parakou Bénin. 20 p.
- Querre, M. 2003. *Quand le lait devient enjeu social : le Cas de la société peule dans le Séno (Burkina Faso)*. *Anthropology of food2 Milk*.
- Piraino, P., Muller, S., Cilliers, J. and Fourie, J. 2014. The transmission of longevity across generations: The case of the settler Cape Colony. *Research in Social Stratification and Mobility*, 35, 105–119.
- Rosen, S. 1989. Human Capital. In J. Eatwell, M. Milgate, & P. Newman (Eds.), *The New Palgrave: Social Economics*, (pp. 136-155). New York: W. W. Norton.
- Roksa, J. and Potter, D. 2011. Parenting and Academic Achievement: Intergenerational Transmission of Educational Advantage. *Sociology of Education* 84(4) 299–321.
- Schuller, T. 2001. *The Complementary Roles of Human and Social Capital*. *Canadian Journal of Policy*. Research Retrieved September 27, 2009, from <http://www.oecd.org/data-oecd/5/48/1825424.pdf>.
- Stella L. 2013. *Intergenerational Transmission of Human Capital in Europe: Evidence from SHARE*. *IZA Journal of European Labor Studies* 2(13) <http://www.izaioels.com/content/2/1/13>.
- Tzanakis M 2011. Bourdieu's reproduction thesis and the role of cultural capital in educational attainment. *Educate*, 11(1): 76-90.
- Woolcock, M. 1998. Social Capital and Economic Development: Toward a Theoretical Synthesis. *Theory and Society*, 27(2), 151-208.



Le développement rural à l'échelle locale au Bénin ou l'histoire des réformes du CARDER de 1969 à 2017

Ingrid Sonya Mawussi ADJOVI¹

¹ Laboratoire d'Analyse des Dynamiques Socio-anthropologiques et d'Expertise en Développement (LADSED)

Reçu le 03 Octobre 2017 - Accepté le 04 Décembre 2017

Rural development at the local level in Benin or the history of CARDER reforms from 1969 to 2017

Abstract: A collection and analysis of Benin's archival documents reveal that the peripheral state structures responsible for agricultural development have undergone several reforms over time. Essentially based on documentation, this research unveils these reforms from 1969 to 2017 from the angle of the transformation of organizational structures and their analysis. The Regional Action Centers for Rural Development (RACRD) were created in 1969 and functioned until 2004. During this period, the organizational structure of the RACRD was modified according to the institutional environment and the results expected and obtained from the latter. After many political, economic and institutional crises, Benin has revised its approach to rural development by replacing the RACRD by the Regional Agricultural Promotion Centers (RAPCe). Although they have a more streamlined organizational chart than the RACRD, the RAPCe, in turn, did not function as hoped by the State. In 2013, it was decided to transform them again into RACRD. No longer in Regional Action Center for Rural Development (RACRD), but in Rural Agricultural Center for Regional Development (RACRD). However, with a streamlined organizational structure, the "new generation" of RACRDs was abolished in 2017 for the Territorial Agencies for Agricultural Development (TAAD).

Keywords: Agriculture, public policy, Benin, CARDER.

Résumé : Une collecte et une analyse des documents d'archives du Bénin révèlent que les structures périphériques étatiques chargées du développement agricole ont subies plusieurs réformes dans le temps. Essentiellement documentaire, cette recherche appréhende ces réformes de 1969 à 2017 sous l'angle des transformations des structures organisationnelles et leurs analyses. Ainsi, les Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER) furent créés en 1969 et fonctionnèrent jusqu'en 2004. Sur cette période, la structure organisationnelle du CARDER a été modifiée en fonction de l'environnement institutionnel et des résultats attendus et obtenus de ces dernières. Après de nombreuses crises politiques, économiques et institutionnelles, le Bénin a remanié son approche du développement rural en remplaçant les CARDER par les Centres Régionaux de Promotion Agricole (CeRPA). Bien que dotés d'un organigramme plus allégé que celui des CARDER, les CeRPA, à leur tour n'ont pas fonctionné comme l'espérait l'Etat. En 2013, il fut décidé de les transformer à nouveau en CARDER. Non plus en Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER), mais en Centre Agricoles Régionaux de Développement Rural (CARDER). Avec une structure organisationnelle aussi allégée, le CARDER « nouvelle génération », a pourtant été supprimé en 2017 au profit des Agences territoriales de développement agricole (ATDA).

Mots clés : Agriculture, politique publique, Bénin, CARDER.

1. Introduction

L'agriculture a connu un essor spectaculaire avec le roi Guézo du Danxomé (1818-1858). Sous le règne de ce monarque, le commerce de l'huile de palme connu une expansion remarquable avec l'interdiction de la traite négrière en Europe (Juhé-Beaulaton D., 1998 :360-362 et Le Meur, 1995: 83). Ainsi, le couvert végétatif s'enrichissait proportionnellement à l'accroissement de la population du royaume. Avec la colonisation, l'action de l'occident sur le secteur agricole a commencé à se faire réellement sentir suite à l'annexion du Danxomé aux colonies françaises en 1894. Les Sociétés Indigènes de Prévoyance, de secours et de prêts mutuels agricoles (SIP) furent instaurées par le décret du 10 juin 1910 de la France. Ces sociétés constituaient le canal par lequel les décisions en matière de production des matières premières par les colonies s'organisaient en fonction des besoins de la métropole.

Après une trentaine d'années, l'Europe et les autres pays du monde furent confrontés à la deuxième guerre mondiale. Ce conflit eut pour conséquence l'appauvrissement de la France qui devait se reconstruire et restaurer son économie. En 1945, les SIP ne répondant plus réellement aux aspirations françaises furent transformées en Sociétés africaines de prévoyance » (SAP).

Au Dahomey, les cercles de développement agricole furent créés par l'arrêté général n°149 du 24 juin 1913 qui organisait la colonie dahoméenne en 13 cercles, ayant chacun un chef-lieu. Dès lors, il fallait délocaliser la gestion du secteur agricole au niveau de chacun des 13 cercles créés. Les SAP furent transformées en Sociétés mutuelles de production rurale, (SMPR) en 1953. Avec l'essor du modèle économique libéral, il était question de réunir plusieurs conditions pour la croissance économique dans les colonies.

La gestion de la production agricole seule ne suffisait plus. Il fallait favoriser le développement rural pour lancer l'industrialisation du pays. Les SMPR furent transformées en sociétés mutuelles de développement rural (SMDR). Ces dernières avaient pour ambition de devenir des organisations régionales de développement économique à l'instar des coopératives. Elles intervenaient également dans la commercialisation. Cependant le choix des spéculations était fixé par le colonisateur français. La cartographie agricole de cercles étant connue d'avance, l'adhésion des paysans était forcée.

Les CARDER (Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural ainsi dénommés entre 1969 et 2004) en tant que structures opérationnelles périphériques présentes sur le terrain ont une réelle importance dans l'environnement institutionnel du développement agricole au Bénin. Depuis le premier CARDER de 1969 à 2017 en passant par 1990 et 2013, ils ont subi plusieurs mutations. L'essentiel des réformes intervenues est appréhendé dans cette recherche au niveau du CARDER Mono puisqu'il constitue la première expérience CARDER du Bénin.

La présente contribution scientifique essaie de faire une analyse socio-organisationnelle des différentes réformes du CARDER dans le temps au Bénin.

2. Approche méthodologique

Cette recherche est essentiellement documentaire et se base sur l'analyse des documents d'archives collectés aux archives nationales, au ministère en charge de l'agriculture et au premier CARDER du Bénin, le CARDER Mono. Dans les journaux, les rapports, les actes administratifs collectés, l'historique de la création et des mutations du CARDER ont été répertoriés et analysés. Cette collecte a débuté avec la recherche de la thèse de doctorat en 2013 et s'est poursuivie en 2016 et 2017.

Plusieurs difficultés ont été rencontrées lors de cette recherche. La première est d'ordre temporel puisque cette recherche a subi plusieurs interruptions dans le temps. En effet, avec les mutations, les affectations et les départs à la retraite des fonctionnaires des centres d'archives visités, il n'a pas été aisé de réaliser la collecte documentaire en un court laps de temps. Pour surmonter cette difficulté, plusieurs incursions sur ces sites ont été nécessaires. La seconde difficulté est liée à l'accès aux documents d'archives proprement dits qui n'a pu être réalisé que grâce à plusieurs plaidoyers.

3. Résultats et discussions

Les résultats obtenus seront présentés en quatre grandes articulations relatives aux périodicités des réformes du CARDER : entre 1960 et 1975, entre 1975 et 1990, entre 1990 et 2013, et enfin entre 2013 et 2017.

3.1. Le CARDER entre 1969 et 1975

Au moment de sa création à Lokossa le 1er janvier 1969, le premier Centre d'Action Régional de Développement Rural (CARDER) était sous la tutelle du Ministère du Développement Rural et de la Coopération (CARDER Mono/MDRC/RD, 1969). Avec un personnel de quatre-vingt (80) encadreurs qui couvraient tout le département du Mono, il présentait l'organigramme présenté en figure 1.

* Auteur Correspondant : samysonya@yahoo.fr

Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

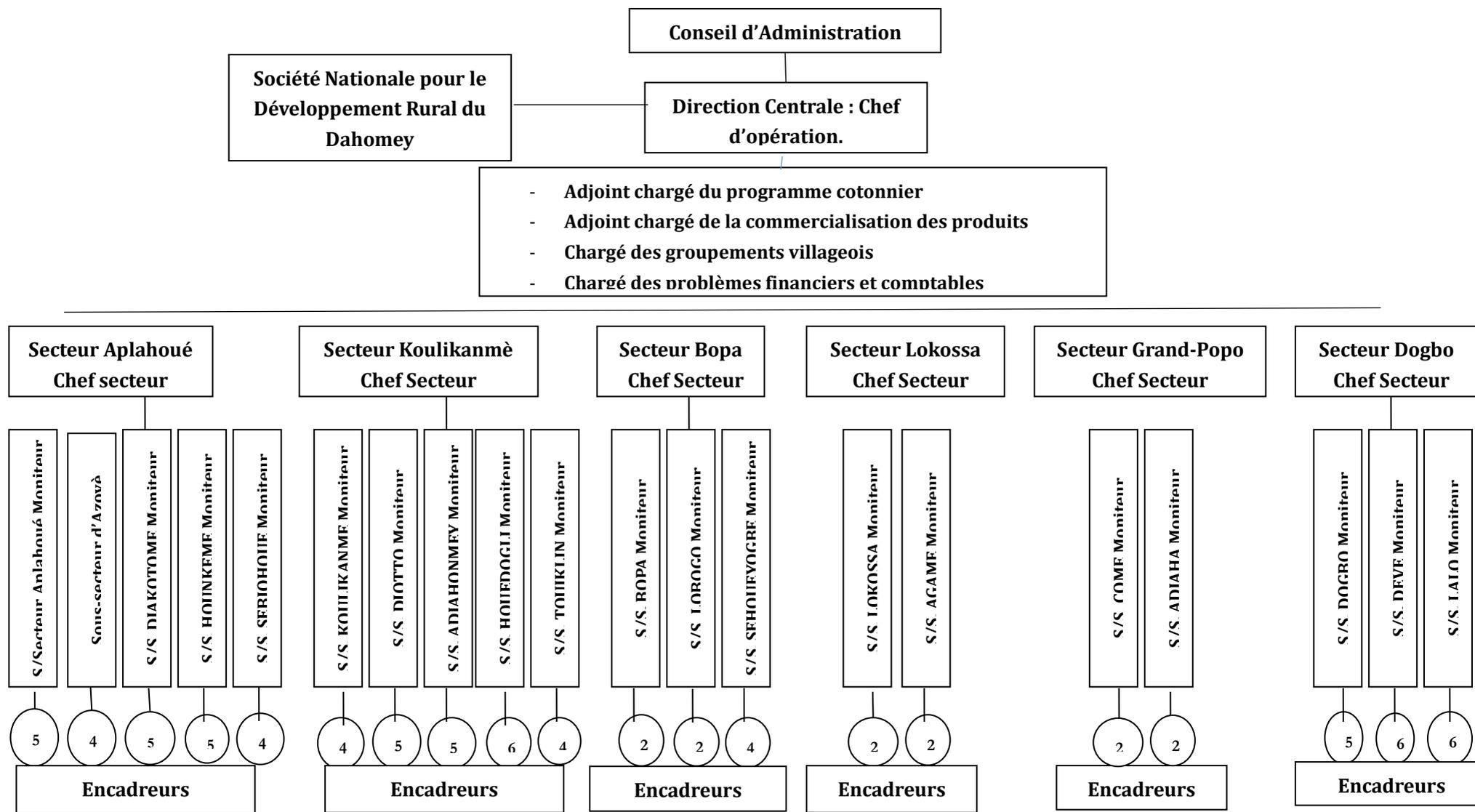


Figure 1 : Organigramme du CARDER du Mono avec ses relations avec les secteurs

Légende : S/s : sous-secteur

Source : D'après le Plan de campagne 1970-1971

Selon cet organigramme, la Direction centrale du CARDER travaillait en étroite collaboration avec la Société nationale pour le développement rural du Dahomey (SNDRD). Ainsi encadré entre le ministère et la SNDRD, le CARDER ne pouvait qu'être la cheville ouvrière de la politique nationale de développement rural. Le directeur est assisté par 4 adjoints chargés respectivement du programme cotonnier, de la commercialisation des produits, des groupements villageois et des problèmes financiers et comptables. Le découpage administratif du cercle de Lokossa qui couvre les actuels départements du Mono et du Couffo a permis de délimiter les secteurs agricoles d'Aplahoué, de Koulikanmè, Bopa, Lokossa, Grand-Popo, Dogbo. Chaque secteur est administré par un chef secteur. Celui-ci a la mission d'assurer la coordination des encadreurs déployés dans les nombreux

sous-secteurs de leurs territoires tout en contribuant à la gestion locale du programme cotonnier, de la commercialisation des produits et des groupements villageois.

De façon pratique, la phase pilote du CARDER de 1969 avait pour mission d'assurer un développement rural holistique en tenant compte des dimensions ludiques, éducatives, agronomiques et commerciales (CARDER Mono/SONADER/RPB, 1975). Comme l'illustre la figure 2, les paysans bénéficiaient de diverses activités d'animation et d'alphabétisation destinées à les former pour améliorer la production agricole et leur capacité de gestion commerciale.

Le premier modèle de CARDER ayant fait ses preuves, avec la révolution de 1972, l'Etat généralise les Centre d'Action Régional pour le Développement Rural (CARDER) à toutes les provinces du pays par l'ordonnance n°75-84 du 29 décembre 1975 portant création et approbation des statuts du Centre d'Action Régional pour le Développement Rural.

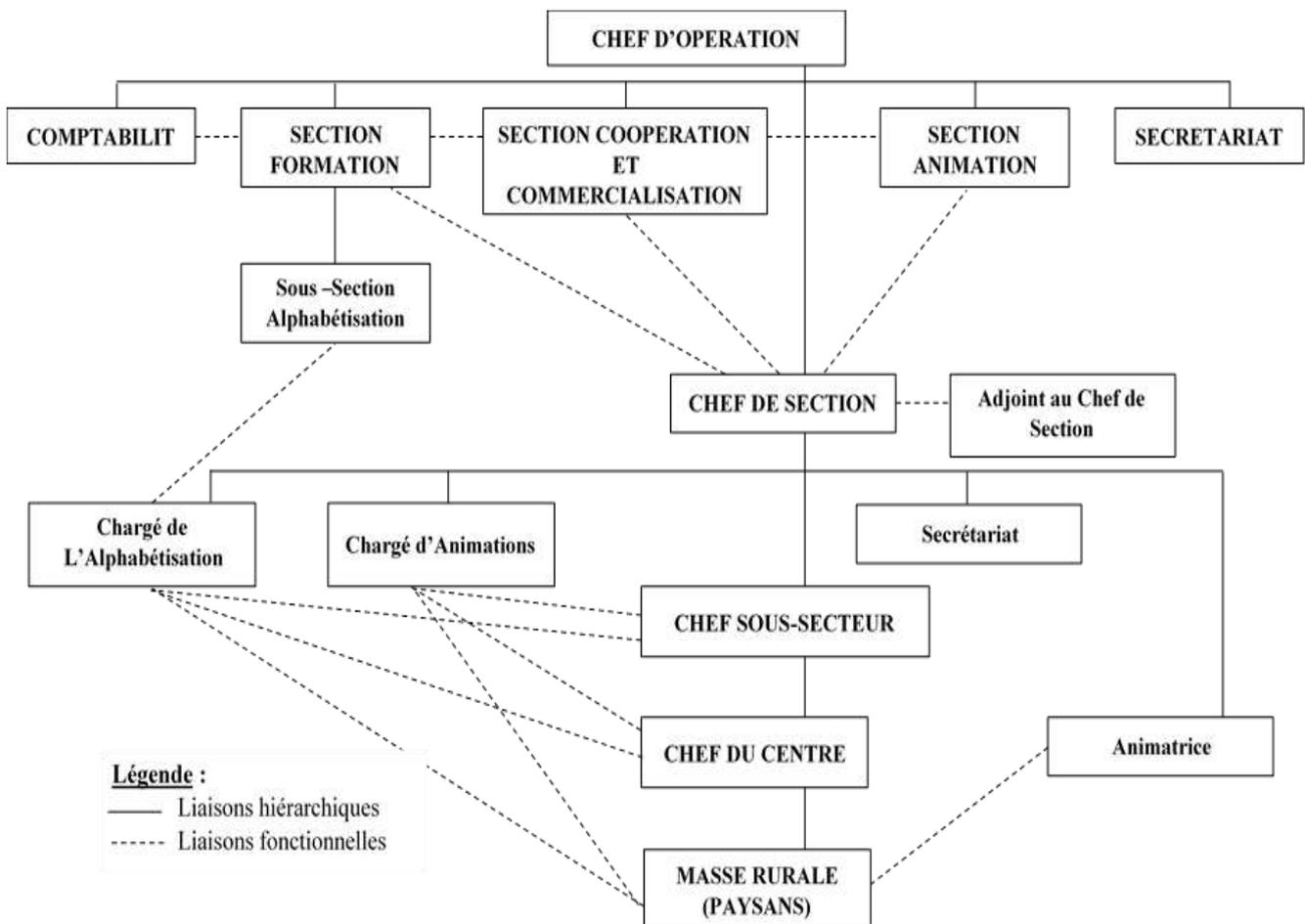


Figure 2 : Organigramme fonctionnel du CARDER du Mono (Phase pilote du CARDER de 1969)

Source : D'après le Rapport annuel 1974

3.2. Le CARDER de 1975 à 1990

La période révolutionnaire en Afrique commence durant les années 1970. Au Bénin, le Gouvernement Militaire Révolutionnaire (GMR) prend le pouvoir en 1972. Le 19 novembre 1975, le GMR abandonne le nom de Dahomey pour la « République Populaire du Bénin ». L'Etat révolutionnaire veut relancer l'agriculture et l'industrie. Le Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER) est désormais créé dans toutes les provinces par l'ordonnance n°75-84 du 29 décembre 1975 (RPB, 1975). Les CARDER ont vu leurs attributions évoluer.

Ces structures ont désormais pour mission de s'intéresser aux cultures vivrières, à l'élevage, au maintien de la fertilité des sols et à la structuration du monde rural.

Le renforcement de la mission du CARDER a eu pour conséquence l'accroissement des besoins en renforcement des capacités humaines, financières et matérielles. Les résultats obtenus à la fin de la première campagne agricole (1975-1976) ont dépassé les prévisions dans la région agricole du Mono (CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1976). Au titre de ses activités de formations, le CARDER Mono avait formé plusieurs jeunes membres des clubs de villages (figure 3).

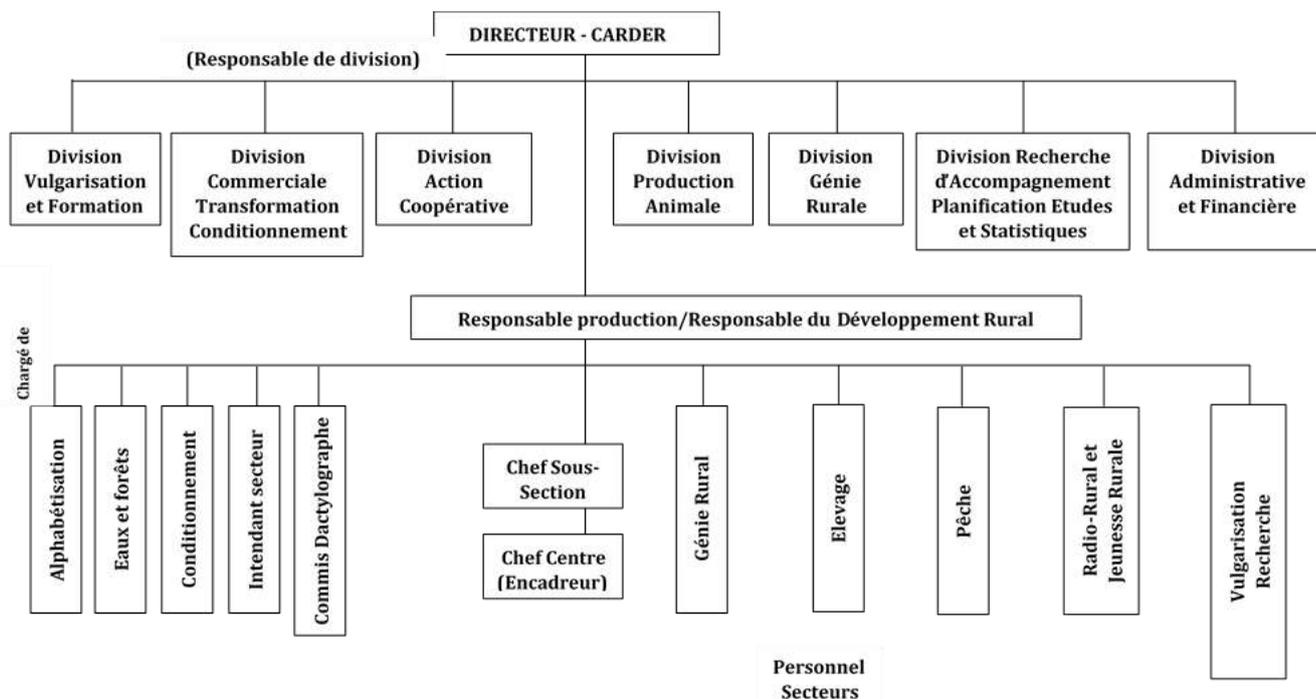


Figure 3 : Organigramme du CARDER du Mono après l'ordonnance de 1975
 Source : D'après le Rapport annuel 1975-1976

On observe désormais dans son organigramme de nouveaux services. Plus structuré que l'organigramme de 1969, celui de 1975, positionne les chefs de division sous l'autorité hiérarchique directe du Directeur du CARDER.

Des divisions sont créées pour se charger de la vulgarisation et de la formation, de la commercialisation, de la transformation et du conditionnement, de l'action coopérative, de la production animale, du génie rural, de la recherche d'accompagnement, de la planification, des études et statistiques et enfin des affaires administratives et financières. Les Responsables du Développement Rural (RDR) ont rang de chef division et sont chargés d'assurer la gestion à l'échelle locale.

De nouvelles techniques agricoles sont expérimentées. Les agents d'encadrement ont réussi à mobiliser les producteurs agricoles. Plusieurs Groupements Villageois de Producteurs (GV) ont été créés. Certains d'entre eux se sont dotés de magasins d'approvisionnement qu'ils ont géré de façon autonome après le retrait des agents du CARDER.

Les GV se réunissaient au sein de coopératives dotées de capital social (cotisé par les membres). A cette époque, l'actuelle commune de Toviklin était contenue dans Klouékanmè. On dénombrait à Aplahoué 33 GV de 3.269 producteurs agricoles et à Klouékanmè 37 GV de 3.583 producteurs agricoles. La culture attelée introduite dans la région en 1974 reste toujours expérimentale. Le CARDER Mono collaborait avec plusieurs partenaires en 1975. Il s'agit notamment des volontaires du Corps de la Paix, la subdivision régionale des travaux publics et la Coopérative Provinciale de Construction du Mono (COPROMO).

Les problèmes institutionnels et financiers que connaissent les entreprises publiques ont amené le gouvernement à mettre sur pieds une commission gouvernementale à produire des réformes

Plusieurs sociétés ont été fusionnées, d'autres liquidées à partir de 1982 (CARDER Mono/MDRAC/ RPB, 1977; CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1982 et CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1983). Ainsi, suite aux résultats catastrophiques enregistrés par les sociétés provinciales et nationales du secteur agricole, l'Etat a procédé à leur liquidation en 1982.

Il a dû transférer leurs compétences, leurs personnels et leurs patrimoines après leur dissolution aux CARDER.

Pour permettre à ceux-ci de faire face à leur nouvelle mission qui comporte la prise en charge d'importantes activités commerciales et industrielles, il a été procédé à la réorganisation des CARDER avec la création d'une direction générale (figure 4).

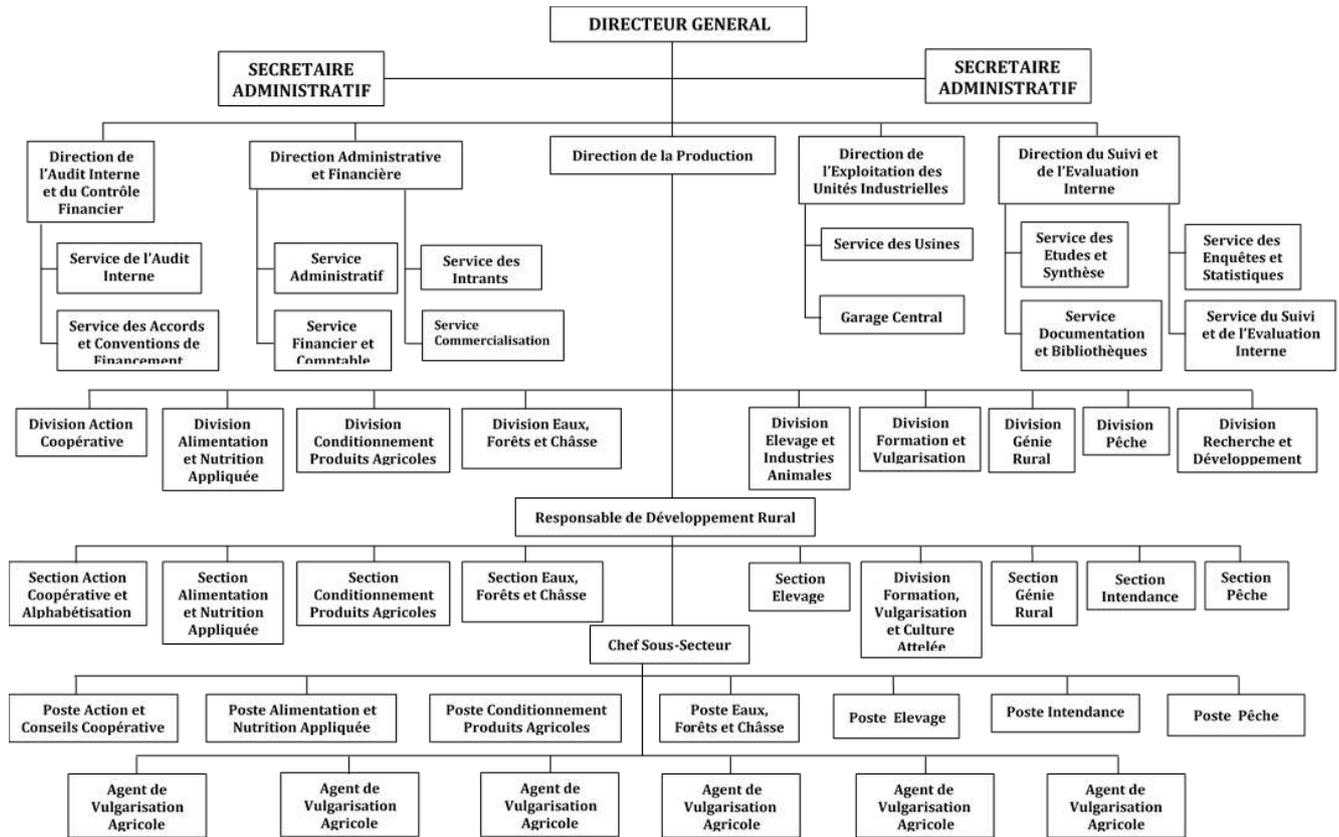


Figure 4 : Organigramme du CARDER du Mono en 1988
 Source : D'après le Plan de campagne 1987-1988

L'organigramme des CARDER s'enrichit de nouvelles subdivisions et de plusieurs niveaux ou paliers hiérarchiques. Sous le Directeur Général, sont placés des directeurs techniques. Sous l'autorité de chacun de ces derniers figurent des services et des divisions. Le directeur de la production coordonne le travail des Responsables du Développement Rural. Le CARDER s'enrichit de divisions alimentation et nutrition appliquée, conditionnement produits agricoles, forêts et chasse, élevage et industries animales, génie rural, d'un service des usines et d'un garage central. Au niveau local, l'option est faite pour la vulgarisation agricole.

Malgré la création de services de suivi et d'évaluation, cette nouvelle structure organisationnelle du CARDER mul-

tiplie les niveaux de responsabilités, alourdit la chaîne hiérarchique, enlève l'administration et augmente démesurément les charges de fonctionnement.

L'importance des activités à mener étant en totale discordance avec les moyens alloués et/ou générés, la situation financière des CARDER s'est progressivement dégradée, de même que leurs performances techniques. On a assisté à un lent déclin des CARDER dans tout le pays.

3.3. Le CARDER de 1990 à 2013

Après la faillite de l'Etat durant les années 1980, il fallait revoir la mission des CARDER pour éviter les travers observés les années précédentes : le détournement de fonds, la

mauvaise utilisation du personnel, la faillite des usines placées sous l'administration des CARDER, le manque d'approvisionnement des producteurs, etc. la mise en œuvre du PAS et l'impératif du redressement des finances publiques ont poussé les gouvernants à réformer le CARDER par le décret 91-310 du 31 décembre 1991 portant approbation des statuts des Centres d'Action Régionaux pour le Développement Rural. L'application de ce texte a été rendu possible grâce à l'arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 janvier 1992 portant attribution, organisation et fonctionnement des Centres d'Action Régionaux pour le Développement Rural (CARDER), signé par Monsieur Mama Adamou-N'Diaye, alors Ministre du Développement Rural.

Encadré 1: Extrait de l'arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 janvier 1992 portant attribution, organisation et fonctionnement des Centres d'Action Régionaux pour le Développement Rural (CARDER)

« *Article 1^{er} : Le Centre d'Action Régional pour le Développement Rural (CARDER) est un établissement public qui a pour mission d'appuyer le développement rural. A ce titre, il est chargé :*

**de la définition des mesures de politique agricole propres à améliorer l'environnement économique et social des exploitations agricoles et du suivi de leur application*

**de l'appui technique aux paysans et à leurs organisations. Il vise à aider les paysans à améliorer leurs techniques de production et leur productivité et à leur permettre d'accéder plus facilement aux biens et services nécessaires pour atteindre leurs objectifs de production et en assurer la valorisation*

**de la définition et de la mise en œuvre des conditions d'exploitation des ressources naturelles et de leur préservation de la coordination des activités des Organisations Non Gouvernementales intervenant dans le développement rural »*

Source : Arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 janvier 1992

Le CARDER d'avant la période démocratique s'étant montrée incapable d'assumer sa mission, ses attributions ont été partagées entre la Société nationale de promotion agricole ou SONAPRA (pour ce qui concerne le volet commercial et industriel), les ONG (la formation, l'alphabétisation et la sensibilisation), aux mairies en devenir (le génie rural), les organisations professionnelles agricoles et les opérateurs privés (l'approvisionnement en intrants).

Une nouvelle structure organisationnelle très allégée est mise sur pieds dans les CARDER (figure 5) après le décret 91-310 du 31 décembre 1991 et l'arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 janvier 1992. Six directions techniques sont placées sous l'autorité hiérarchique du directeur général du CARDER. Ces directions se chargent respectivement de la programmation et du suivi-évaluation, de la vulgarisation et de l'appui aux organisations paysannes, du contrôle vétérinaire et phytosanitaire, de l'aménagements et

équipement rural, des forêts et de la protection des ressources naturelles, et enfin de l'administration et des finances.

Les CARDER se sont spécialisés dans l'appui-conseil. Durant cette période ré-décentralisation le flou est consommé autour des prérogatives de l'Etat, de la société civile, des maires et chefs villages. Le secteur agricole et les structures opérationnelles de l'Etat et donc les CARDER n'ont pas été épargnées par ce climat d'imprécision. A la fin du PRSA en 1998, les CARDER se sont retrouvés incapables d'assurer leur mission. En effet avec la dévaluation du franc CFA et la crise économique, les ressources allouées par l'Etat aux CARDER étaient insuffisantes pour financer le fonctionnement et les activités de ces structures. La conclusion qui se dégage de ce qui précède est que la réforme de 1991 n'a pas réellement permis de régler les problèmes du secteur. Les activités industrielles et commerciales des CARDER qui leur permettaient de mobiliser des ressources financières pour s'autofinancer ont disparu et l'Etat se retrouve seul à financer ces structures. Les CARDER ont dû cesser toute activité durant la période faute de financement.

Avec la loi n°97-028 du 15 janvier 1999 portant organisation de l'administration territoriale de la République du Bénin, la décentralisation a été opérée par la suite l'organisation des 1ères élections communales en 2003 ; il fallait opérer des choix pour la survie des structures opérationnelles déconcentrées du ministère de l'agriculture. C'est l'ère des Programmes de Développement Communal (PDC). Ces derniers sont réalisés sans partenariat technique et financier durable. C'est dans ces circonstances que l'année 2004 a sonné le glas des CARDER qui sont devenus les Centres Régionaux de Promotion Agricole (CeRPA). C'est par le décret n°2004-301 du 20 mai 2004 portant approbation des statuts des Centres Régionaux de Promotion Agricole (CeRPA), que le Ministre Lazare Sèhouéto, alors Ministre en charge de l'agriculture pris l'initiative de créer ces structures comme des offices à caractère social, culturel et scientifique. Les CeRPA au niveau régional (département) ont une autonomie administrative et financière : et au niveau communal, des Centres Communaux de Promotion Agricole (CeCPA) comme le présente la figure 6.

La nouvelle institution a une organisation en paliers. Administrée à partir du département, le CeRPA a des démembrements dans les communes. Une innovation est apportée à l'architecture du CeRPA à travers l'Unité d'Appui aux Réformes et à la Vérification Interne (UARVI) qui soutient le Directeur Général dans son travail.

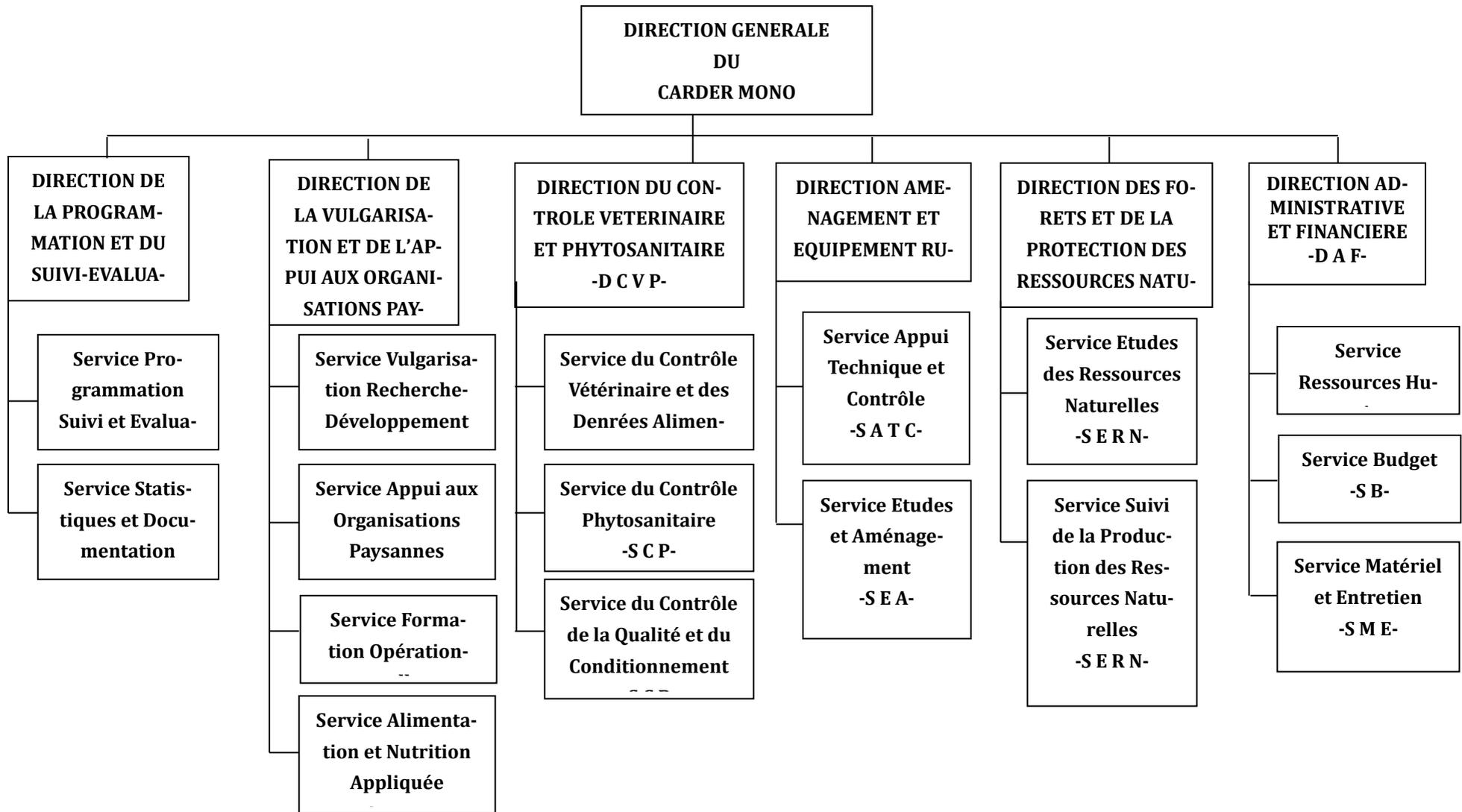


Figure 5: Organigramme de CARDER du Mono après le décret 91-310 du 31 décembre 1991 et l'arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 Janvier 1992
 Source : D'après le Plan de campagne 1992-1993

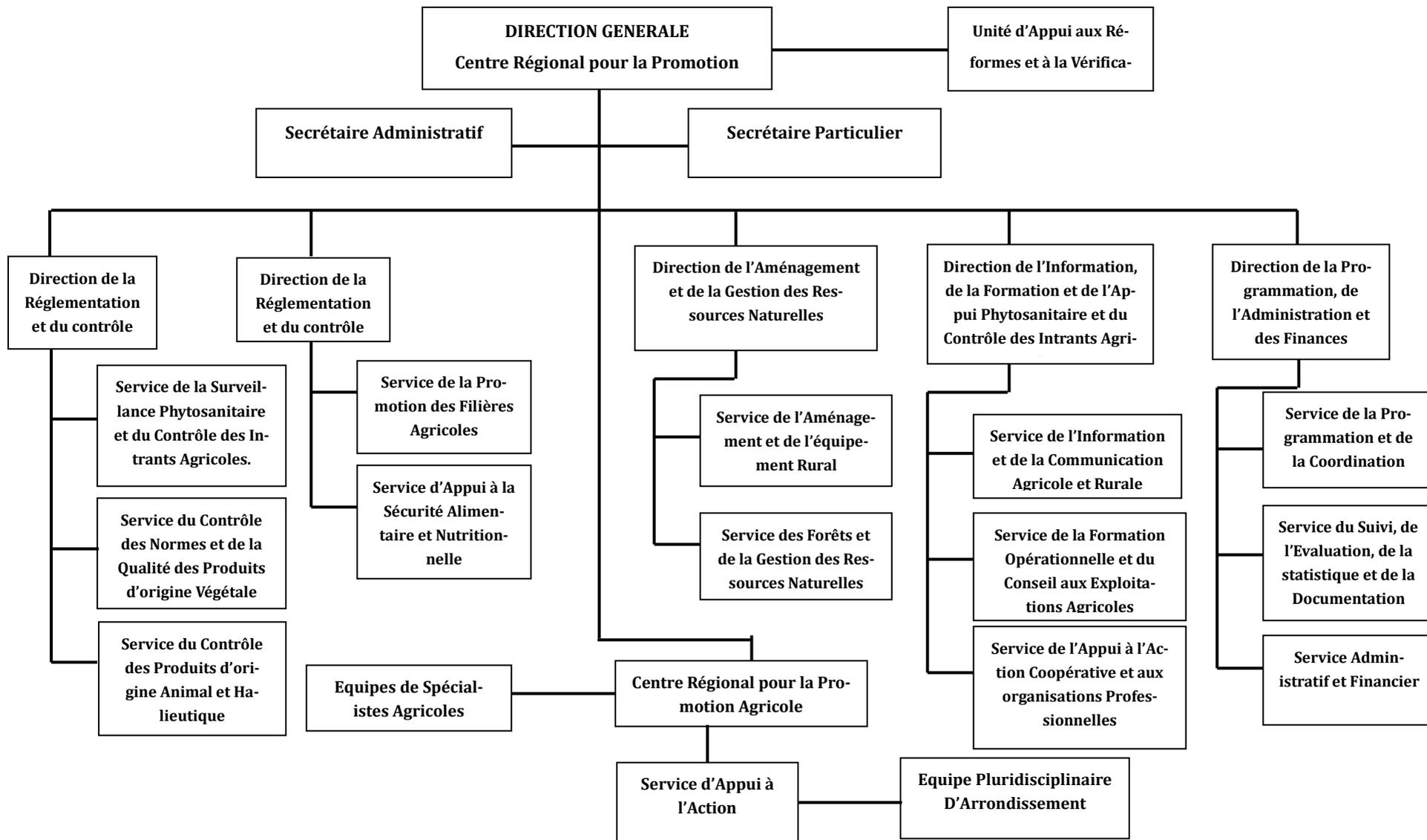


Figure 6: Organigramme du CARDER du Mono-Couffo après le décret n°2004-301 du 20 mai 2004 portant approbation des statuts des Centres Régionaux
 Source : D'après l'arrêté n°776 /MAEP/D-CAB/SGM/DRH du 03 juin 2004 portant attribution, organisation et fonctionnement du Centre Régional pour la Promotion

Encadré 2 : Extrait de l'arrêté n°776 /MAEP/D-CAB/SGM/DRH du 03 juin 2004 portant attribution, organisation et fonctionnement du Centre Régional pour la Promotion Agricole des départements du Mono et du Couffo

« Article 8 : L'Unité d'Appui aux Réformes et à la Vérification Interne (UARVI), a pour mission sous la coordination opérationnelle directe du Secrétaire Général Adjoint du Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, d'assister la Direction Générale du CeRPA et des différents démembrements dans le processus des réformes, en vue d'assurer des services efficaces et efficients au niveau du CeRPA, en étroite collaboration avec l'ensemble des acteurs du département agricole. »

Source : D'après l'arrêté n°776 /MAEP/D-CAB/SGM/DRH du 03 juin 2004

Le CeCPA est dirigé par un Responsable Communal pour la Promotion Agricole (RCPA) qui dirige une équipe de techniciens spécialisés en divers domaines selon les potentialités de la commune.

Les CeRPA, à leur tour n'ont pas fonctionné comme l'espéraient les initiateurs. En 2013, il fut décidé de les transformer à nouveau en CARDER. Non plus en Centre d'Action Régional pour le Développement Rural (CARDER), mais en Centre Agricoles Régionaux de Développement Rural (CARDER). Cette nouvelle structure diffère des précédentes puisque ce CARDER « nouvelle génération » est plus assimilable aux CeRPA qu'aux CARDER de 1969-2004.

Ces offices à caractère agricoles sont dotés de la personnalité morale et d'une autonomie financière et d'une structure organisationnelle totalement différente de celle des anciens CARDER comme l'illustre la figure 7. Le nombre de directions techniques sous l'autorité du directeur général est réduit à quatre : une Direction du Développement Agricole, une Direction de la Promotion des Filières Agricoles, une Direction de l'Aménagement et de l'Équipement Rural et une Direction Administrative et Financière.

Encadré 3 : Extrait des statuts du décret n°2013-137 du 20 mars 2013 portant transformation des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) en Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER).

« Article 6 : Le Centre d'Actions Rurales pour le Développement de la Région Agricole (CARDER) a pour objet de :

- *mettre en œuvre la politique agricole propre à améliorer l'environnement technique, économique et social des exploitations et des entreprises agricoles au niveau régional ;*
- *coordonner les interventions des acteurs publics et privés du secteur agricole au niveau régional ;*
- *appuyer la diversification et la promotion des filières agricoles ;*
- *assurer la protection phytosanitaire et zoonositaire, et le suivi du secteur agricole ;*

- *appuyer les organisations professionnelles agricoles, les entreprises privées agricoles et les collectivités locales ;*
- *assurer la mise en place, le suivi et le contrôle des normes techniques, des infrastructures d'aménagement et d'équipements agricoles ;*
- *veiller à la gestion rationnelle de la flore, de la faune, des sols et des eaux ;*
- *veiller à la prise en compte de la dimension genre dans toutes les actions de promotion agricole et rurale ;*
- *mener toutes les actions se rattachant directement ou indirectement aux activités ci-dessus ou de nature à favoriser leur développement ;*
- *recevoir et assurer toute délégation de pouvoir du Ministre chargé de l'Agriculture, dans son ressort territorial de compétence ;*
- *apporter une assistance-conseil aux communes dans le secteur agricole conformément à la politique nationale de décentralisation et de déconcentration en vigueur »*

Source : D'après le décret n°2013-137 du 20 mars 2013

Dans le décret n°2013-137 du 20 mars 2013 portant transformation des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) en Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER), il est bien mentionné « Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER) ». Mais dans les statuts qui lui sont annexés, l'article 6 (comme le montre l'encadré ci-dessus) parle encore de « Centre d'Actions Rurales pour le Développement de la Région Agricole (CARDER) ». Est-ce fait à dessein ou est-ce une omission ? Puisque l'article 1er des mêmes statuts parle de Centres Agricoles Régionaux de Développement Rural, on peut supposer qu'il s'agit d'une erreur ou d'une omission dans l'article 6 des présents statuts.

Il ressort de l'analyse du décret N°2004-301 du 20 mai 2004 portant approbation des Statuts des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) et du décret n°2013-137 du 20 mars 2013 portant transformation des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) en Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER) que :

- fondamentalement les attributions de cette structure opérationnelle du MAEP n'ont pas changé ;
- le ressort territorial est demeuré le même entre les structures communales du CeRPA et celles des SCDA CARDER ;
- la désignation des structures communales a changé ainsi que celle des techniciens chargés de la promotion agricole ;
- la question de l'accompagnement de la promotion agricole telle qu'elle se faisait par les professionnels tels que les vétérinaires au temps de l'ancien CARDER n'a pas été réglée ;

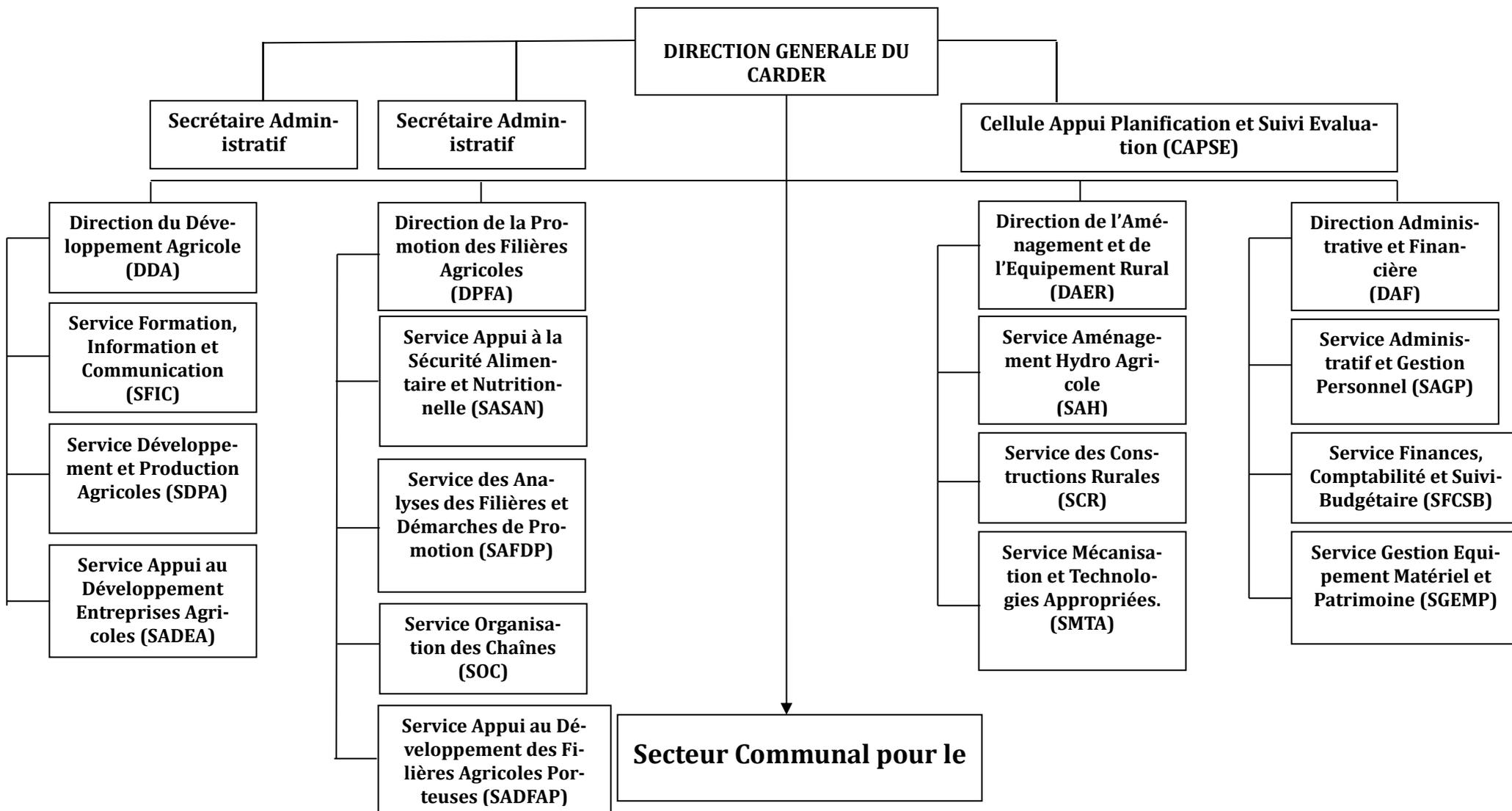


Figure 7 : Organigramme du CARDER du Mono-Couffo après le décret n°2013-137 du 20 mars 2013
 Source : D'après le décret n°2013-137 du 20 mars 2013 portant transformation des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) en Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER)

- la question de l'autonomie financière des CARDER n'a pas été réglée dans cette réforme ;
- la question des intrants n'a pas non-plus été réglée par cette réforme qui n'y a pas fait allusion.

En un mot, la réforme du CARDER semble être une tentative de propagande à l'endroit des producteurs agricoles qui idéalisent le CARDER d'alors. On peut conclure de cette analyse qu'il y a répétition dans la réforme puisque le SCDA CARDER n'est CARDER que de nom. Il a gardé pratiquement les mêmes missions, les mêmes moyens que le CeRPA qu'il est pourtant censé transformer.

3.4. Le CARDER entre 2013 et 2017

Depuis 2016, l'avènement du régime dit du « Nouveau départ » ou de la « rupture » au Bénin, a produit de nombreuses réformes dans le secteur agricole. Ainsi, pour mettre en œuvre les orientations stratégiques du Programme d'Actions Gouvernemental(PAG) sur le quinquennat 2016-2021, le Conseil des ministres réuni en séance ordinaire le mercredi 30 novembre 2016 a décidé de la création de 7 pôles de développement agricole, de 7 agences territoriales de développement agricole et de 12 Directions Départementales de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (RB, 2016). Cette nouvelle structure déconcentrée représente le ministère en charge de l'agriculture dans les départements du pays.

Ces mesures sont accompagnées par la suppression des CARDER. Ces dernières sont remplacées par les Agences territoriales de développement agricole (ATDA). L'Agence territoriale de développement agricole constitue l'organe de gestion de chaque pôle de développement agricole tel que consacré par le décret n°2017-101 du 27 février 2017 constatant approbation de la création des Agences Territoriales de Développement Agricole (RB/PR, 2017). Selon ce texte, 7 agences sont créées pour gérer les 7 pôles de développement agricoles que sont : (i) la vallée du Niger ; (ii) l'Alibori Sud

et le Borgou Nord 2KP ; (iii) l'Atacora Ouest ; (iv) le Borgou Sud, la Donga et les Collines ; (v) le Zou et le Couffo ; (vi) le Plateau et enfin (vii) l'Ouémé, l'Atlantique et le Mono (RB/PR, 2017). La mission de l'Agence en création est de mettre en œuvre la politique agricole et d'initier les actions propres à promouvoir les filières porteuses spécifiques aux Pôles. Selon les dispositions de l'article 2 dudit décret, « l'Agence Territoriale de Développement Agricole est l'organe de gestion du Pôle de Développement Agricole. Elle est dotée de la personnalité morale et de l'autonomie financière » (RB/PR, 2017 :2). Elles ont pour objet de combiner le développement des territoires à celui de filières clés dans chaque pôle.

L'organigramme de cette nouvelle structure (Figure 8) compte cinq directions techniques : la Direction du marketing et de l'accès aux marchés, la Direction administrative et financière, la Direction des infrastructures et équipements, la Direction de l'analyse, de la planification et du suivi-évaluation et la direction de la promotion des filières et du développement des chaînes de valeurs. Cette dernière direction technique est la structure réellement opérationnelle des agences. Elle a plusieurs services clés. Les services des programmes de promotion des filières clés par pôle et un service chargé du programme de diversification agricole. Au sein de chaque service, l'organisation est stéréotypée : un technicien spécialisé en production, un technicien spécialisé en transformation et un technicien spécialisé en conservation.

Cette nouvelle approche concilie non seulement le développement local et le développement agricole au sein des pôles, mais également l'appui à la production, à la transformation et à la conservation des produits agricoles. Néanmoins, ces agences étant actuellement en création, la mise en pratique de l'idéal imaginé dans les documents officiels ne peut pas encore pas être évaluée.

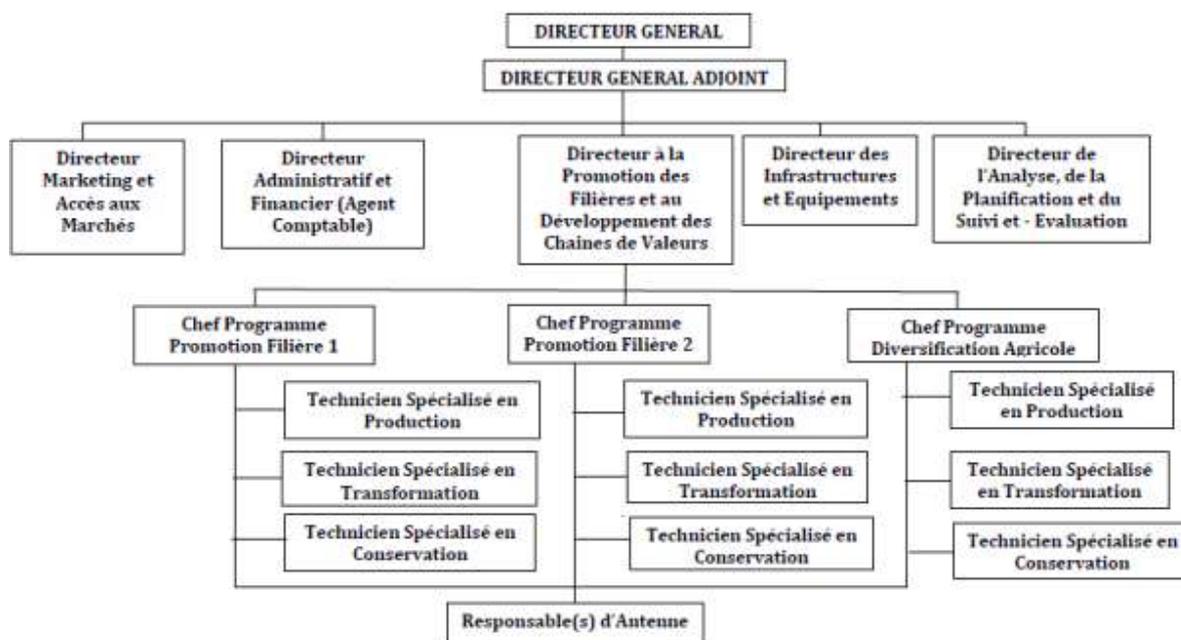


Figure 8 : Organigramme des Agences Territoriales de Développement Agricole

Source : D'après le décret n°2017-101 du 27 février 2017 constatant approbation de la création des Agences Territoriales de Développement Agricole

4. Discussion

Depuis sa création, le CARDER a subi de multiples réformes visant à redéfinir ses attributions, performer son fonctionnement, alourdir ou réduire l'effectif de son personnel, regagner la confiance des autres acteurs du monde agricole, l'ouvrir au secteur privé, promouvoir l'innovation et servir de vitrine à la politique gouvernementale.

L'intervention d l'Etat dans l'édification du développement agricole au Bénin révèle l'ambiguïté du rôle de l'Etat. Entre sa volonté de centraliser, la décentralisation, la délégation du pouvoir, la privatisation, l'ouverture à la société civile la cheville ouvrière du développement agricole à la base, le CARDER, se retrouve prisonnier des multiples réformes qui s'enchaînent. Ces réformes simultanées du CARDER se conforment au schéma général d'édifications des politiques agricoles dans le pays qui ressemble beaucoup à "du bricolage" (Le Meur, 1995 :99). La persistance de ces paradoxes institutionnels du développement agricole ne favorise pas le décollage de ce secteur. Dans un contexte sous régional actuel marqué par la compétitivité, ces balbutiements structurels du Bénin ne sauraient plus être excusés.

L'agriculture occupe une place importante dans l'économie des pays en développement et contribue à la création de la richesse. Elle contribue pour plus de 80% à la valeur des échanges commerciaux et apporte à l'industrie plus de 50% des matières premières (FAO, 2008). Pendant que dans certains pays de la sous-région ouest africaine des logiques clientélistes s'instaurent et favorisent l'instrumentalisation des ressources mobilisées pour le développement agricole (Chauveau, 1997 : 18) d'autres pays comme la Côte d'Ivoire et le Nigéria ont impulsé des essarts exemplaires à ce secteur.

Le Nigéria par exemple a réalisé des avancées énormes dans ce secteur depuis 2011. Avec des interventions étatiques novatrices telles que le don de téléphone portables aux producteurs agricoles pour faciliter la circulation de l'information, la mise en place de conditions attractives visant à attirer les jeunes dans ce secteur, le choix stratégique de la réduction des importations de produits alimentaires en privilégiant des spéculations telles que le manioc, le riz et le cacao, ce pays opte désormais pour la production de semences agricoles comme unique alternative pour l'autosuffisance alimentaire (Akinochi A., 2016 et Terre-Net, 2015). De plus pour corriger son absence sur le marché mondial du manioc, bien qu'étant le plus grand producteur mondial de cette spéculation, le Nigéria a décidé d'en améliorer la qualité et d'investir massivement dans la transformation agro-alimentaire de cette spéculation (Johnkingsley, 2015).

Malgré les efforts fournis par de nombreux pays, on observe un déclin du poids du secteur agricole dans les économies des pays du sud et du nord tandis qu'en Chine une nette explosion est réalisée (Bertheliet et Lipchitz, 2005 : 603). Ce déclin s'explique notamment par le rôle déterminant joué par les politiques publiques. En effet, les politiques publiques déterminent la taxation appliquée par l'Etat et donc les effets de ses interventions publiques, sur les marchés intérieurs comme à l'exportation ; le poids des marchés internationaux

sur la détermination du prix réel des produit ; le capital physique et le capital humain ; la résolution des problèmes fonciers et d'accès à la terre et enfin l'innovation et la technologie au service du secteur agricole (Bertheliet et Lipchitz, 2005 : 612-613).

A cet égard le déficit du secteur agricole sur le continent africain doit impérativement se combler pour permettre l'autosuffisance alimentaire et des gains de réserves financières réalisés sur l'importation prohibitive de denrées alimentaires par les pays pauvres. Ainsi, il faut une réelle transformation de l'agriculture en Afrique comme l'affirme Akinwumi A. Adesina rapporté par Breuil Florent. « Pareille transformation de l'agriculture entraînerait une réduction du déficit commercial net de l'Afrique dans le domaine alimentaire, voire 100 milliards de dollars d'économies nettes par an. Nous devons mettre fin à l'anomalie aussi coûteuse que dommageable qu'est ce déficit alimentaire. L'Afrique ne doit plus produire ce qu'elle ne peut ou ne veut pas consommer et, à l'inverse, consommer ce qu'elle ne produit pas – mais qu'elle pourrait aisément produire » (Breuil, 2017).

Le Bénin doit construire une meilleure stabilité de ses politiques agricoles et des structures opérationnelles chargées de la conduire aussi bien au niveau central qu'au niveau pé-riphérique.

5. Conclusion

Ces interrogations d'un sociologue sur l'itinéraire des CARDER au Bénin depuis leur création en 1969 montrent bien que la démarche sociologique est à un carrefour disciplinaire qui dans cette recherche sollicite l'histoire, les sciences politiques et la sociologie des organisations. Les idéaux qui ont suscité les différentes attributions, dénominations et structures organisationnelles adoptées par le CARDER au Bénin ont produits des résultats bien différents et souvent en dessous des attentes des acteurs du monde agricole.

Le premier modèle de CARDER qui avait connu un franc succès a été dupliqué dans les autres provinces de la République Populaire du Bénin par l'ordonnance n°75-84 du 29 décembre 1975 portant création et approbation des statuts du Centre d'Action Régional pour le Développement Rural. Pendant quelques années encore l'approche de développement local intégrée adoptée par les CARDER est couronnée de succès. Le CARDER s'enrichit de divisions génie rural, alimentation et nutrition appliquée, conditionnement produits agricoles, forêts et chasse, élevage et industries animales, d'un service des usines et d'un garage central. Mais les difficultés ne tardent pas à e manifester et durant les années 1980, malgré la création de services de suivi et d'évaluation, la nouvelle réforme du CARDER échoue. Avec une structure organisationnelle démultipliant les niveaux de responsabilités, ce qui alourdit la chaîne hiérarchique, enlise l'administration et augmente démesurément les charges de fonctionnement.

Après la fusion des attributions des sociétés d'Etat supprimées aux CARDER, l'importance quantitative, le niveau

d'expertise requis et les moyens nécessaires confrontés aux moyens alloués et/ou générés enlève davantage les CARDER. La situation financière se dégrade progressivement, de même que les performances techniques des CARDER. On a assisté à un lent déclin des CARDER dans tout le pays. La réforme de 2004, censée atténuer le phénomène ne restitue pas aux CeRPA la grandeur d'antan des CARDER. En 2013, la nouvelle réforme qui crée les Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER) est mitigée puisqu'elle ne produit pas de transformation notable dans les résultats produits. La dernière réforme en date, supprime les CARDER et crée à leur place des agences territoriales de développement agricole. Cette nouvelle approche concilie non seulement le développement local et le développement agricole au sein des pôles, mais également l'appui à la production, à la transformation et à la conservation des produits agricoles. Mais il n'est pas encore possible d'évaluer leurs résultats puisque le processus de leur mise en place est toujours en cours au Bénin.

Au vu de cette investigation, la question du défaut d'évaluation dans la gouvernance des CARDER se combine à celles de la qualité de la gestion et de l'adéquation des moyens aux objectifs se posent. Ces interrogations dépassent la simple dimension des CARDER et se déplace dans toutes les structures gouvernementales africaines où la forte immixtion du politique dans les affaires publiques inhibe la performance.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Akinochi A., 2016, « Nigeria : la révolution agricole sera semencière ou ne sera pas ». In *Agence ecofin*. [En ligne]. Disponible à l'URL : <https://www.agenceecofin.com/agro/2004-37476-nigeria-la-revolution-agricole-sera-semenciere-ou-ne-sera-pas>. (Page consultée le 23/12/ 2017).
- Berthelie P. et Lipchitz A., 2005, « Quel rôle joue l'agriculture dans la croissance et le développement ? ». In *Revue Tiers Monde* 2005/3 (n° 183), p. 603-624.
- Breuil F., 2017, « L'agriculture africaine : à qui appartiendra l'avenir ? Par Akinwumi A. Adesina, président de la Banque africaine de développement ». In *Mediaterre*. [En ligne]. Disponible à l'URL : <https://www.mediaterre.org/actu,20170906085311,11.html>. (Page consultée le 24/12/ 2017).
- CARDER de la province du Mono/MDRAC/RPB, 1986, *Plan de campagne 1987-1988*. Lokossa, 137.
- CARDER Mono/MDR/RB, 1993, *Plan de campagne 1994-1995*. Lokossa, 73.
- CARDER Mono/MDR/RB, 1996, *Rapport annuel 1995-1996*. Lokossa.
- CARDER Mono/MDR/RB, 1997, *Plan de campagne 1998-1999*. Lokossa, 93.
- CARDER Mono/MDR/RB, 1997, *Rapport annuel 1996-1997*. Lokossa, 42.
- CARDER Mono/MDR/RB, 1998, *Rapport annuel 1997-1998*. Lokossa, 58.
- CARDER Mono/MDR/RB, 2001, *Rapport annuel 2000-2001*. Lokossa, 78.
- CARDER Mono/MDR/RB, 2002, *Rapport annuel 2001-2002*. Lokossa, 116.
- CARDER Mono/MDRAC/RB, 1989, *Plan de campagne 1990-1991*. Lokossa, 95.
- CARDER Mono/MDRAC/RB, 1990, *Plan de campagne 1991-1992*. Lokossa, 89.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1976, *Rapport annuel campagne 1975-1976*. Lokossa, 58.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1977, *Rapport annuel d'activité 1976-1977*. Lokossa, 49.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1982, *Plan de campagne 1983-1984*. Lokossa, 123.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1982, *Rapport annuel 1981-1982*. Lokossa, 88.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1983, *Plan de campagne 1984-1985*. Lokossa, 121.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1983, *Rapport annuel 1982-1983*. Lokossa, 63.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1985, *Plan de Campagne 1986-1987*. Lokossa, 114.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1986, *Plan Campagne 1987-1988*. Lokossa, 137.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1987, *Plan de campagne 1988-1989*. Lokossa, 122.
- CARDER Mono/MDRAC/RPB, 1988, *Plan de campagne 1989-1990*. Lokossa, 111.
- CARDER Mono/MDRC/RD, 1969, *Plan de campagne 1970-1971*. Lokossa, 44.
- CARDER Mono/RD, 1971, *Plan de campagne 1972-1973*. Lokossa, 30.
- CARDER Mono/SONADER/RPB, 1975, *Rapport annuel 1974*. Lokossa, 43.
- CARDER Mono-Couffo/MAEP/RB, 2003, *Rapport annuel 2002-2003*. Lokossa, 96.
- CARDER/MDR/RB, 1991, *Plan de campagne 1992-1993*. Lokossa, 99.
- CARPDR Mono/MDRAC/RB, 1984, *Plan Campagne 1985-1986*. Lokossa, 105.
- Carrière R., 2000, « Le palmier à huile en Afrique : le passé, le présent et le futur ». In *Collection du WRM sur les plantations* N°10, 70.
- CeRPA/MAEP/RB, 2005, *Rapport Annuel 2004-2005*. Lokossa, 46.
- Chauveau J.-P. (dir), 1997, « La dynamique des sociétés rurales face aux projets participatifs de développement rural. Réflexions et propositions d'actions à partir d'expériences d'Afrique de l'Ouest ». Rome, FAO, 155.

- FAO, 2008. *Vue générale du secteur agricole national : la République du Bénin. Profil de l'agriculture par pays*. FID/CP/BEN.
- Johnkingsley Emeka, 2011, « Le Nigéria fonde ses espoirs d'une révolution verte sur le manioc ». In *SciDevNet*. [En ligne]. Disponible à l'URL : <https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/biotechnologie/actualites/le-nig-ria-fonde-ses-espoirs-d-une-r-volution-verte-sur-le-manioc.html#>. (Page consultée le 24/12/2017).
- Juhé-Beaulaton D., 1998, « La palmeraie du Sud Bénin avant la colonisation : essai d'analyse historique ». In Chastanet M. *Plantes et paysages d'Afrique, une histoire à explorer*. Karthala : 327-352.
- Le Meur P.-Y., 1995, « Le palmier vu d'en bas. État, paysannerie et pouvoirs locaux au sud-Bénin ». *Politique Africaine*, 59 : 82-101.
- MAEP/RB, 2004, *Arrêté n°776 /MAEP/D-CAB/SGM/DRH du 03 juin 2004 portant attribution, organisation et fonctionnement du Centre Régional pour la Promotion Agricole des départements du Mono et du Couffo*. Cotonou, 5.
- MDR/RB, 1992, *Arrêté n°025/MDR/DC/CC/CP du 13 janvier 1992 portant attribution, organisation et fonctionnement des Centres d'Action Régionaux pour le Développement Rural (CARDER)*. Cotonou, 9.
- Par Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Rural Institutions and Participatio*
- RB, 1991, *Décret 91-310 du 31 décembre 1991 portant approbation des statuts des Centres d'Action Régionaux pour le Développement Rural*. Cotonou, sans pagination.
- RB, 2004, *Décret n°2004-301 du 20 mai 2004 portant approbation des statuts des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA)*. Cotonou, sans pagination.
- RB, 2013, *Décret n°2013-137 du 20 mars 2013 portant transformation des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) en Centres Agricoles Régionaux pour le Développement Rural (CARDER)*. Cotonou, 18.
- RB, 2016, *Point de presse du conseil des ministres du 30 Novembre 2016*, [En ligne], disponible à l'URL : <http://gouv.bj/point-de-presse-du-conseil-des-ministres-du-30-novembre-2016/>, page consultée le 20/08/2017.
- RB/ PR, 2017, *Décret n°2017-101 du 27 février 2017 constatant approbation de la création des Agences Territoriales de Développement Agricole*. Cotonou, 15.
- RD/MDRC/CARDER du Mono, 1971, *Rapport annuel 1970-1971*. Ed. SONADER/ CARDER-MONO, 23.
- Rostow W. W., 1965, *Les étapes de la croissance économique, Revue économique*. Rouret (du) M.-J. (trad.), Volume 16, n°4, pp. 629-630.
- RPB, 1975, *Ordonnance n°75-84 du 29 décembre 1975 portant création et approbation des statuts du Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural (CARDER)*. Cotonou, 7.
- RPB, 1975, *Ordonnance n°75-84 du 29 décembre 1975 portant création et approbation des statuts du Centre d'Action Régional pour le Développement Rural (CARDER)*. Cotonou, 6.
- RPB, 1981, *Loi organique n°81-009 du 10 octobre 1981, portant création, organisation, attributions et fonctionnement des organes locaux du pouvoir d'Etat et de leurs organes exécutifs*. Cotonou, pas de pagination.
- Terre-Net, 2015, *Le Nigeria se rêve en puissance agricole*. [En ligne]. Disponible à l'URL : <https://www.terre-net.fr/actualite-agricole/economie-social/article/le-nigeria-se-reve-en-puissance-agricole-202-108889.html>. (Page consultée le 23/12/2017)



Influence de l'approvisionnement en intrants sur la performance des systèmes de cultures d'ananas au sud Bénin

Vidédji Naéssé ADJAHOSSOU¹, Baï Sèdami ADJAHOSSOU², Edia Flavien DOVONOU³

1 Université Nationale des Sciences Technologies Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM)/ FAST, Laboratoire Biotechnologies, Ressources génétiques, Amélioration des espèces Animales et Végétales (BIORAVE) BP 143 Dassa Zoumé, vidnae@yahoo.fr, + 229 97 68 59 71

2 Université d'Abomey-Calavi (UAC)/ EPAC, Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA), 01 BP 2417 Cotonou sedajas@yahoo.fr

3 Université d'Abomey-Calavi (UAC)/ Institut National de l'Eau/ Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA), 01 BP 526, HYPERLINK "mailto:dovflav@yahoo.fr"

Reçu le 27 Septembre 2017 - Accepté le 27 Octobre 2017

Influence of input supply on pineapple cropping system performance in southern benin

Abstract: In recent years, pineapples have become the main cash crop grown in the Atlantic department. Producers are faced with a problem of access to inputs including chemical fertilizers. The objective of this research is to present the strategies developed by the producers in order to reconcile cash crops and food crops to ensure both food security and non-food needs. This research consisted in analysing the strategies developed by small producers to stay in the sector. The methodological approach adopted consisted in collecting data from pineapple producers, input distributors, technical managers and managers of structures involved in monitoring producers. A total of 104 producers were interviewed in 3 villages of the communes of Abomey-Calavi, Allada and Zè in southern Benin, located in the department of the Atlantic. The study shows that the various strategies developed by producers are aimed at addressing the problems of land shortages and the inorganization of an input supply system. Producers have therefore initiated a change in cropping systems that tend to integrate the cash crop of pineapple into food production.

Keywords: Cropping system, pineapple, intercropping system, agricultural inputs, strategies, Benin

Résumé : L'ananas est devenu, pendant ces dernières années, la principale culture de rente pratiquée dans le département de l'Atlantique. Les producteurs sont confrontés à un problème d'accès aux intrants notamment, les engrais chimiques. L'objectif de cette recherche est de présenter les stratégies développées par les producteurs afin de concilier cultures de rente et cultures vivrières pour assurer aussi bien la sécurité alimentaire que la satisfaction des besoins non alimentaires. Cette recherche a consisté à analyser les stratégies développées par les petits producteurs pour se maintenir dans la filière. La démarche méthodologique adoptée a consisté en la collecte des données auprès des producteurs d'ananas, des distributeurs d'intrants, des responsables techniques, et des responsables des structures impliquées dans le suivi des producteurs. Au total 104 producteurs ont été interrogés dans 3 villages des Communes d'Abomey-Calavi, Allada et Zè au Sud du Bénin situées dans le département de l'Atlantique. Il ressort de cette étude que les diverses stratégies développées par les producteurs visent à pallier les problèmes de pénurie de terre, et de l'inorganisation d'un système d'approvisionnement en intrants. Les producteurs ont donc amorcé, une modification des systèmes culturels qui tendent à intégrer à la production vivrière, la culture de rente que constitue l'ananas.

Mots clés : Systèmes culturels, ananas, association de cultures, intrants agricoles, stratégies, Bénin

1. Introduction

La population rurale du département de l'Atlantique en République du Bénin, abritant 12 % de la population du pays, est essentiellement agricole et produit aussi bien les cultures vivrières que les cultures de rente. L'ananas est la principale culture fruitière au Sud-Bénin, particulièrement dans ce département (Adjahossou et al., 2013). Les principaux acteurs sont les petits producteurs. Ces derniers sont confrontés à un problème d'accès aux facteurs de production notamment la terre, les pesticides, les produits de traitement hormonal et les engrais chimiques.

La filière ananas est confrontée à la fois à des problèmes d'organisation et à d'importantes insuffisances techniques (Alia et al., 2016) qui constituent autant de handicaps pour que la production atteigne une performance lui permettant d'être plus compétitif sur le marché international. La résolution de ces problèmes requiert aussi bien une volonté politique qu'une méthodologie et une planification stratégique qui commence par une analyse de la chaîne de production dont l'un des premiers maillons est la disponibilité et la gestion des facteurs de production (Adjahossou, 2006).

Les différentes études menées jusque-là dans le département de l'Atlantique sur l'ananas sont beaucoup plus orientées vers l'analyse de la rentabilité des systèmes de production de cette culture et l'analyse de quelques contraintes. (Arouna et Afomasse, 2005; Sissinto, 2005 et Chaffa, 2005) ont montré que les systèmes de production de l'ananas sont financièrement rentables.

Mais le système d'approvisionnement en intrants et leurs effets sur la performance des systèmes de cultures a été peu étudié. C'est dans ce sens que le présent travail se propose de déterminer et d'analyser les stratégies mises en œuvre par les petits producteurs d'ananas pour se procurer les intrants et faire face à la non disponibilité de terres.

En effet, à défaut d'une fumure adéquate, l'accroissement de la production d'ananas a pour corollaire, l'emblavure de nouvelles superficies. Or dans le département de l'Atlantique, les terres cultivables disponibles sont de plus en plus rares (Sodjinou et al., 2011) et la culture de l'ananas tend à réduire les superficies des cultures vivrières.

Dans un contexte de limite des espaces agricoles disponibles et de complexification des modes d'accès à la terre alors que l'ananas s'affirme comme une culture intéressante pour les agriculteurs, ces derniers se livrent donc à des ajustements dans leurs systèmes de culture lesquels ajustements n'ont pas retenu suffisamment l'attention de la recherche. C'est pour cette raison que cette recherche ne s'est pas limitée au seul problème de l'accès aux intrants mais également

celui qui en constitue à la fois l'une des causes et conséquences, des dynamiques des systèmes de production.

2. Matériel et méthodes

Il décrit le milieu d'étude et la démarche suivie depuis la collecte de données jusqu'à l'analyse des résultats

2.1. Cadre de l'étude

Couvrant une superficie de 3116 km², le département de l'Atlantique est l'un des plus petits des douze départements du Bénin. L'Océan Atlantique et le département du Littoral forment la limite sud du département qui est limité à l'ouest par le département du Mono. Le lac Ahémé, le fleuve Couffo et le fleuve Aho constituent les limites naturelles de cette frontière. Au nord, le département est limité par le département du Zou. Cette frontière se situe au niveau géographique des villages de Séhouè, Kpomè et Djigbé et passe par la dépression de la Lama et la forêt classée de la Lama. A l'est, il est limité par le département de l'Ouémé. La frontière passe au milieu de la Vallée de l'Ouémé et traverse le lac Nokoué. Du sud vers le nord, le département s'étend sur 65 km environ entre les latitudes 6 °40 N et 6 °56 N. La largeur moyenne est d'une cinquantaine de kilomètres entre les longitudes de 1 ° 56 E et 2 ° 14 E (Carte de situation).

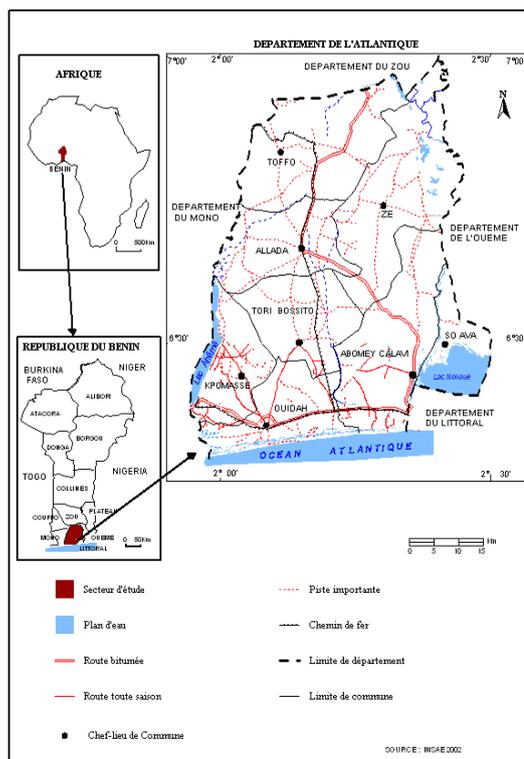


Figure 1 : Carte de la situation du département de l'Atlantique au Bénin
 Figure 1: Map showing the localization of Atlantic department in Benin

* Auteur Correspondant : vidnae@yahoo.fr
 Copyright © 2017 Université de Parakou, Bénin

Selon Adam et Boko (1993), le département de l'Atlantique est essentiellement marqué par un climat subéquatorial caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons de pluies. La grande saison dure de mi-mars à mi-juillet. Ensuite, la saison sèche dure de mi-juillet à début septembre et la petite saison des pluies, de septembre à mi-novembre. Enfin, la grande saison sèche dure de mi-novembre à mi-mars.

Selon ce même auteur, la pluviométrie moyenne annuelle est voisine de 1 200 mm, dont 700 à 800 mm pour la première saison pluvieuse et 400 à 500 mm pour la seconde saison des pluies.

Les types de sols rencontrés dans le milieu d'étude sont les sols ferrallitiques, les sols ferrugineux, les sols hydromorphes et les vertisols.

Le département de l'Atlantique offre ainsi des conditions favorables à la production de l'ananas (Topagri Consult, 1998) et des cultures vivrières comme le maïs, le manioc, le niébé, l'arachide...

2.2. Choix des localités

La recherche a été conduite dans le département de l'Atlantique. Le choix de ce département se justifie par le fait que la quasi-totalité des superficies d'ananas cultivées au niveau national est concentrée dans ce département (Tossou, 2001 ; Adjahossou, 2005). Par ailleurs 90% environ de cette activité est localisée dans les Communes d'Abomey Calavi, de Zê et d'Allada (Adjahossou, 2006). Les travaux de terrain, ont été menés dans trois villages situés dans chacun des trois communes, soit un village par commune. Le choix des villages a tenu compte des caractéristiques et de la répartition de la population des producteurs d'ananas dans le département de l'Atlantique. Ce sont donc les villages qui ont les plus grands nombres de producteurs selon les statistiques de (CeRPA-Atlantique, 2005) qui ont été choisis.

2.3. Echantillonnage

La liste des producteurs établie par les services de la statistique du (CeRPA-Atlantique, 2005) a été complétée lors de la phase exploratoire. Après ce recensement, il a été réalisé une typologie des producteurs par village d'étude.

La population théorique a été divisée en trois strates ou classes selon les superficies d'ananas cultivées. Ainsi, il a été identifié parmi les petits producteurs, dont la superficie maximale est de 2 ha, trois sous classes :

- petits producteurs dont la superficie est inférieure à 0,5 ha ;
- producteurs moyens dont la superficie est comprise entre 0,5 ha et 1,5 ha ;
- grands producteurs cultivant plus de 1,5 ha d'ananas.

Par la suite la fréquence relative de chaque classe a été déterminée. A l'aide de ces fréquences, la taille des trois sous-échantillons a été déterminée et les producteurs devant constituer l'échantillon ont été tirés au hasard par catégorie.

Les outils utilisés ont été l'entretien non structuré, l'entretien semi structuré et l'entretien structuré. Ces entretiens se sont déroulés avec les agents d'encadrement, les commerçants et les producteurs d'ananas. Les informations recueillies sont relatives à la commercialisation des produits de récolte (prix de vente, quantités vendues...), aux caractéristiques des exploitations (superficie totale, différents systèmes de cultures...) et aux divers circuits d'approvisionnement en intrants.

L'effectif de cet échantillon, constitué de façon aléatoire et stratifiée est de 104 producteurs.

2.4. Estimation des superficies et des rendements

Les superficies des cultures recensées sont exprimées en "kantins" qui est une unité traditionnelle de mesure agraire dans la zone d'étude. Ces données ont été converties en hectare. En moyenne, 1 hectare équivaut à 25 "kantins".

A partir des enquêtes de terrain, des rendements de production de fruits ont été estimés afin d'analyser la performance agronomique et financière de ces systèmes de cultures traditionnels en milieu paysan. Les données collectées ont été statistiquement traitées à l'aide du logiciel Statistix 8.

2.5. Estimation du ratio prix de vente

Pour chaque producteur, les recettes liées à la commercialisation des fruits d'ananas ont été collectées. Ensuite les prix du marché tout au long de l'année ont été obtenus chez divers producteurs et les commerçantes. Il a été procédé au calcul du ratio en faisant le rapport du prix moyen auquel le producteur interrogé arrive à de vente par, sur le prix moyen de vente sur le marché. Ce ratio permet d'apprécier par producteur, le manque à gagner en vendant son produit à un prix donné. Soit t le ratio, le manque à gagner r est la différence $r = (100 - t) \%$.

3. Résultats et discussion

Dans les villages d'étude, les producteurs s'organisent de diverses manières pour l'obtention des intrants pour la production d'ananas. Deux variétés sont produites à savoir la Cayenne Lisse et le Pain de sucre. Les intrants concernés sont surtout les fertilisants chimiques de synthèse. Il est apparu deux grands types de modes ou formes d'accès, à savoir, le mode direct et le mode indirect. Par le mode direct, le producteur obtient ses intrants soit en allant directement sur le marché soit par son groupement. Par le mode indirect, le producteur obtient les intrants par l'intermédiaire des commerçants de fruits ou des gros producteurs qui sont en liaison avec les circuits d'approvisionnement d'intrants. Les commerçants impliqués sont le plus souvent les vendeuses de fruits sur le marché local. Le tableau 1 présente les modes d'accès aux intrants.

Tableau 1 : Répartition des producteurs par type de circuit d'approvisionnement et par village

Table 1: Distribution of producers by supplying form per village

Modes d'accès	Zinvié Zoumè (Commune Abomey-Ca- lavi)	Wawata Zounto (Commune Zè)	Dodji Aliho (Commune Allada)	Moy- enne
	(%)	(%)	(%)	(%)
Mode direct	55,9	75	70,6	67,3
Mode indirect	44,1	25	29,4	32,7
Total	100	100	100	-

Source: Enquête de terrain, 2014

L'analyse du tableau 1 montre que 67 % des petits producteurs ont un accès direct aux intrants contre un pourcentage de 33 pour l'accès indirect. Les différents modes d'accès aux intrants sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

3.1. Modes d'accès directs aux intrants

Le village de Wawata Zounto a le pourcentage le plus élevé soit 75 % des producteurs.

Cela pourrait s'expliquer par la présence des points de vente d'intrants dans le village. Cette proximité permet aux producteurs de s'organiser pour s'approvisionner. De plus, les producteurs de ce village sont pour la plupart, membres de groupements. En effet des producteurs d'ananas se sont constitués en groupements de producteurs pour s'entraider aussi bien pour les activités champêtres que pour l'acquisition des intrants. Chaque groupement définit la périodicité des cotisations et le montant à verser à la trésorerie. A l'approche de la période de fumure, certains membres qui connaissent bien le marché nigérian, s'y rendent pour acquérir les intrants qui seront distribués aux membres en fonction de ce que chacun a épargné. Mais il faut noter que ces intrants sont de qualités douteuses vu que les paysans se plaignent de son efficacité. Ils proviennent d'un circuit informel qui échappe au contrôle des institutions étatiques chargées du contrôle des normes et qualités des intrants agricoles.

Dans les autres villages comme Zinvié Zoumè, il y a un groupement qui commercialise de l'engrais mais ce groupement s'approvisionne très sporadiquement ce qui explique que généralement les intrants ne sont pas toujours disponibles. Ceci pourrait justifier le pourcentage moins important de 55,9 % d'accès direct.

La non satisfaction des besoins en engrais a pour conséquence, la réduction des surfaces cultivées, la réduction de la dose et du nombre d'apport de fumure. Généralement, les producteurs réduisent la dose d'engrais à apporter. Il est recommandé par le Centre Régional de Promotion Agricole (CeRPA), quatre (4) grammes de NPK ou urée par plant durant tout le cycle en sept (7) apports. Mais du fait du manque d'engrais, les producteurs se contentent d'un ou deux apports avec des doses qui dépendent de la quantité d'engrais obtenue. Même avec un sac de 50 Kg d'engrais, certains producteurs fument jusqu'à un hectare d'ananas, soit 1,25 g par

plant pour une densité de plantation de 40 000 pieds par hectare.

3.2. Modes d'accès indirects aux intrants

Ces modes d'accès concernent surtout les producteurs qui ont un faible pouvoir d'achat. Ils représentent en moyenne 33 % de la population concernée. Ils passent par l'intermédiaire d'un acteur de la "filière ananas" pour obtenir de l'engrais. Ces acteurs sont généralement les commerçants et parfois de grands producteurs d'ananas.

3.2.1. Accès par l'intermédiaire des commerçants

Le producteur, négocie avec le commerçant pour définir les modalités de l'emprunt. Ce dernier visite d'abord le champ d'ananas à fumer. Ce qui lui permet de localiser le site pour mieux suivre l'évolution des activités du producteur. Une fois cette visite effectuée, le commerçant peut, devant témoin, lui allouer les fonds dont il a besoin ou lui apporter les intrants demandés en précisant les coûts d'acquisition. Ces coûts seront remboursés par le producteur dès qu'il aura vendu les produits de sa récolte. Les commerçants exigent bien entendu que ces fruits leur soient vendus pour qu'ils déduisent directement les fonds empruntés.

A la commercialisation des fruits, les créanciers achètent toute la récolte du producteur à un prix nettement inférieur à celui du marché. Ce prix varie au cours de la même période, d'un cas à un autre, la fixation du prix de vente définitif est fonction de la capacité du producteur à résister à l'intimidation du commerçant. Le manque à gagner varie de 17 % à 49%.

3.2.2. Accès de l'intrant par l'intermédiaire des grands producteurs

Ce mode d'accès qui est très peu répandu dans les villages d'étude, met en relation les petits producteurs et les grands producteurs. Environ 11,54 % de l'échantillon affirme avoir eu recours à ce mode d'accès. Les grands producteurs fournissent de l'engrais aux petits producteurs qui n'ont pas la capacité de se l'acheter comme dans le cas précédent. Lorsque la cession des intrants est faite, les petits producteurs sont contraints de leur céder une partie de leur récolte. Ici, le créancier est plus flexible et n'exige pas la totalité de la récolte.

Ces grands producteurs sont généralement des exportateurs qui, au lieu de louer d'autres terres, établissent ce contrat avec les petits producteurs et font le suivi des itinéraires techniques en conformité avec les exigences du marché international. A l'achat des fruits, les grands producteurs proposent un prix inférieur au prix du marché qui varie selon l'habileté du petit producteur. En tout état de cause les grands producteurs restent très exigeants sur la qualité des produits. Cette forme d'accès s'observe surtout dans les zones de production d'ananas pour l'exportation comme la commune d'Allada.

3.3. Effets des modes d'accès aux intrants sur la performance financière des systèmes de culture

Le mode d'accès aux intrants constitue l'un des facteurs qui conditionnent la performance économique et la dynamique des systèmes de cultures.

Dans une filière fonctionnelle, l'organisation temporelle aurait permis non seulement de rendre disponibles, les intrants, mais aussi de les amener à temps au niveau du système de culture. L'organisation de la filière ananas n'étant toujours pas une réalité depuis quelques décennies, accéder aux intrants et commercialiser les fruits, restent deux problèmes majeurs. Il s'établit alors dans le cas où le producteur a accès aux intrants par l'intermédiaire du commerçant, une relation de dépendance qui permet au commerçant d'acheter les fruits à des prix nettement inférieurs au prix en cours sur le marché.

Dans ce contexte, la performance financière est appréciée par le rapport du prix de cession des fruits du producteur par le prix de cession sur le marché. Ainsi, le tableau 2 présente la comparaison des ratios prix de vente des fruits par village.

Tableau 2 : Comparaison des ratios prix de vente des fruits par village

Table 2: Ratios selling price of fruit per village comparison

Types de formes d'accès	Zinvié Zoumè	Wawata Zounto	Dodji Aliho	Moyenne
Accès direct	0,92	0,96	0,97	0,95
Accès indirect	0,65	0,71	0,64	0,67
Moyenne	0,78	0,83	0,81	0,81

Source: Enquête de terrain, 2014

Le village de Dodji Aliho a le plus fort ratio qui est de 0,97 pour l'accès direct. En ce qui concerne l'accès indirect, les villages de Dodji Aliho et à Zinvié Zoumè, ont enregistré les plus faibles ratios qui sont respectivement de 0,64 et de 0,65. Il faut remarquer que Zinvié Zoumè a les plus faibles ratios pour les deux formes d'accès. Ce faible ratio s'explique par le nombre relativement élevé de producteurs d'ananas vivant dans cette localité. Ce qui conduit par moment à la saturation du marché local, faisant ainsi baisser le prix de vente des fruits.

La comparaison statistique à l'aide du test T de Student au seuil de 1%, montre une différence hautement significative entre les ratios de l'accès direct et ceux de l'accès indirect quel que soit la localité. Mais au sein du même mode d'accès, statiquement, il n'y a pas de différence entre les ratios. L'accès indirect qui est réservé aux petits producteurs, ne leur laisse aucune possibilité de choisir leur marché d'écoulement et d'imposer le prix de vente de leurs fruits. Ces producteurs, voient leur recette totale diminuée de 17 % à 49 %. Cette réduction a une répercussion directe sur la marge brute et donc, sur la rentabilité de leur système de culture. Cette réduction est due au fait que les commerçants ou gros producteurs qui ont fait un prêt intrant à ces producteurs, leur impose un prix de vente des fruits, prix souvent en deçà du prix de vente sur le marché.

3.4. Effets du mode d'accès aux intrants sur la dynamique des systèmes de cultures

Depuis la mise en œuvre du Programme de Relance de l'Ananas (PRA), cette culture occupe désormais une place importante dans les systèmes de cultures dans le département de l'Atlantique. Ainsi, on assiste à un taux d'accroissement annuel qui peut atteindre 28 % des superficies d'ananas (Tossou, 2001). Les terres cultivables étant limitées chez les producteurs (Sissinto, 2005 ; Adjahossou, 2006), ils ont instauré dans les systèmes de culture, l'association ananas-cultures vivrières notamment celle du maïs. Bien que le paysan tire un revenu relativement satisfaisant de la culture d'ananas, il n'est pas prêt à en faire la monoculture parce que son principal objectif est de satisfaire les besoins vitaux, dont le plus important est d'ordre alimentaire pour son ménage. Cette association leur permet d'une part de résoudre "en partie", le problème de manque de terre et d'autre part, de faire bénéficier aux maïs, la fumure de l'ananas surtout que les terres deviennent davantage pauvres (Adjahossou, 2005).

A ces problèmes de baisse de fertilité et de manque de terre, s'ajoutent ceux d'accès aux intrants.

Pour faire face à la fois aux problèmes de baisse de fertilité, d'accès difficile aux intrants et de manque de terre, certains producteurs procèdent à une modification importante du système de cultures typique de l'ananas. Ainsi pour la production de la variété Cayenne Lisse, la densité recommandée est d'environ 55 000 pieds par hectare et pour le pain de sucre, de 40 000 à 45 000 pieds par hectare. Ce qui permet d'obtenir respectivement un rendement de 60 t/ha et de 40 à 45 t/ha si l'itinéraire technique est respecté. Mais pour pratiquer l'association de cultures dans la plantation d'ananas, les producteurs rencontrés réduisent les densités entre 45 000 et 50 000 pour la Cayenne Lisse, soit une réduction de 9 à 18 % de la densité et entre 30 000 à 35 000 plants par hectare pour le pain de sucre, soit une réduction de 22,22 à 25 % pour le Pain de sucre.

Environ 41% des producteurs interrogés pratiquent l'association de culture entre l'ananas et les autres cultures vivrières.



Photo 1 : Association Ananas-maïs
Prise de vue : Adjahossou, 2014



Photo 2 : Association Ananas-niébé
Prise de vue : Adjahossou, 2014

Dans la pratique, la culture à associer est mise en place un à six mois après la plantation d'ananas. Ces cultures secondaires ont un cycle de deux à huit mois.

Les cultures alimentaires les plus fréquemment associées à l'ananas dans le département sont : le maïs, le niébé, la tomate et le piment. Ce qui est confirmé par (Adjahossou, 2005), qui affirme que l'association des cultures vivrières à l'ananas constitue une réponse au dilemme qui existe entre l'utilisation des terres pour l'ananas et pour les cultures vivrières. L'auteur estime en particulier que « l'association ananas-maïs est un compromis qui concilie les exigences de sécurité alimentaire et la nécessité de disposer des ressources financières nécessaires pour vivre dans un contexte national et international caractérisé par la chrématistique ».

L'association de cultures qui consiste à produire simultanément deux espèces ou plus, sur le même champ est caractérisée par une compétition pour la lumière, l'eau et les sels minéraux. Les associations de cultures les plus fréquemment rencontrées sont celles qui comprennent les céréales et les légumineuses (Singh et al., 1984). Mais ici, cette association met en jeu une culture de rente et les cultures vivrières et maraîchères. La compétition des cultures en présence sera d'autant plus grande que les densités sont élevées. Il apparaît donc un nouveau problème dont la résolution nécessite une approche rationnelle pour tenir compte des exigences respectives des différentes cultures. Ce qui ne semble pas être encore toujours le cas. Il est constaté par exemple que parmi les paysans qui combinent l'ananas et la tomate, les plantes de tomates ont couvert, par endroit, les pieds d'ananas.



Photo 3 : Association ananas- tomate
Prise de vue : Adjahossou, 2014

En plus de la compétition pour l'eau et les sels minéraux, que subissent les pieds d'ananas, s'ajoute la compétition pour la

lumière. Cette compétition réduit le rayonnement global reçu par les plants d'ananas. Selon (Py et al., 1984), il existe pourtant un rayonnement minimal dont la plante d'ananas a besoin pour produire un minimum de fruit. Ce rayonnement agit directement sur les réactions de la photosynthèse. La réduction de la quantité de lumière reçue par l'ananas entraînera donc inéluctablement une baisse de rendement de l'ananas. Pourtant, le principe de l'association des cultures vivrières à l'ananas n'est pas sans avantages et nécessite des recherches spécifiques pour son amélioration. En effet, certains auteurs ont démontré que les systèmes de cultures associées produisent les meilleurs rendements par unité de surface (Mustaers, 1978 ; Moreno et Hart, 1979 ; Reijntjes *et al.*, 1995). Ces résultats ont été confirmés par (Adjahossou *et al.*, 2013) qui a montré que l'association de cultures permet d'obtenir jusqu'à plus de 58% du rendement enregistré en culture mono spécifique. Il apparaît donc que potentiellement les systèmes de cultures associées ont une grande productivité et peuvent servir de base à une agriculture intensifiée tout en conservant les avantages que leur confèrent leur statut de petites exploitations (Steiner, 1985 ; Adjahossou, 2012).

Dans le cas de l'association de l'ananas à d'autres cultures, il est probable que même bien conduite, le producteur enregistre un manque à gagner. Mais cette perte pourrait être compensée par la commercialisation de l'ananas à une certaine époque de l'année où l'on enregistre une hausse des prix de vente des fruits. Un autre type d'association, qui a également besoin de technicité est celle avec le piment ayant en moyenne un cycle d'environ 8 mois. Il apparaît donc aussi bien que le maïs, la tomate, le niébé et le piment en association avec l'ananas dans des conditions d'un encadrement technique adéquat pourrait non seulement satisfaire les besoins alimentaires des producteurs et de leur famille, mais aussi leur permettre d'accroître leur capacité financière à l'accès aux intrants. En effet, lorsque les cultures associées à l'ananas telles que le piment et la tomate sont récoltées, elles sont commercialisées et les recettes obtenues servent à acquérir les intrants pour la fumure de l'ananas.

En tout état de cause, on assiste à une modification notable des systèmes de cultures à base de l'ananas et à base des cultures vivrières. Ce nouveau système adopté par bon nombre de producteurs (environ 31% des producteurs) peut être qualifié de système semi extensif ou semi intensif selon la typologie faite par (Icea entreprises, 1993). D'après cet auteur, il existe deux types de systèmes d'exploitation à savoir, le système intensif et le système extensif. Le système intensif est caractérisé par une densité de plantation de l'ordre de 60 000 plants à l'hectare et par l'application du traitement d'induction florale tandis que l'extensif a une densité d'environ 30 000 plants à l'hectare sans application du traitement de l'induction florale. Le système rencontré chez les producteurs qui ont un accès direct aux intrants et qui pratiquent aussi l'association des cultures vivrières avec l'ananas, est un système semi intensif. Cela se justifie par le fait que, sur une même parcelle, il est cultivé à la fois, des plants d'ananas et d'autres cultures vivrières augmentant ainsi la quantité de plants (ananas et cultures vivrières) par unité de surface. Il

est montré qu'un tel système améliore la surface équivalente relative (SER) de l'exploitation (Adjahossou, 2012). Cela évite l'extension vers de nouvelles terres.

4. Conclusion

La production d'ananas est une activité qui occupe de plus en plus les jeunes mais rencontre quelques difficultés. Les véritables problèmes qui se posent à l'accès à ces intrants sont ceux de la proximité des points de vente, leur disponibilité et leur coût relativement élevé pour les petits producteurs. Ces problèmes entraînent un surcoût pour la production de l'ananas. Les producteurs utilisent donc diverses approches pour acquérir ces intrants dont les principaux modes d'accès sont : le mode d'accès directs et indirects. La performance des exploitations des producteurs concernés s'en trouve affectée. Pour continuer de s'approvisionner par accès direct, les producteurs ont développé d'autres stratégies qui consistent en la création de nouveaux systèmes de cultures. Ces systèmes sont caractérisés par l'association de l'ananas, culture de rente avec les cultures vivrières telles que le maïs, la tomate, le piment et le niébé. Le cycle de ces cultures étant plus court, la commercialisation du fruit de leur récolte permet à ces producteurs, de se procurer des ressources financières pour acquérir les intrants nécessaires à la culture d'ananas. Ce mode d'accès aux intrants a ainsi créé une dynamique des systèmes de cultures à base d'ananas et à base de cultures vivrières. La pérennisation de l'agriculture dans l'Atlantique ne pourra donc vraisemblablement s'assumer que par une intensification qui commence par la structuration et le contrôle d'un circuit d'approvisionnement en intrants nécessaires à la production des cultures en général et de l'ananas en particulier.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- Adam S. et Boko M., 1993. Le Bénin, Editions le flamboyant, EDICEF, 96 p.
- Adjahossou V.N., Adjahossou S. B, Dovonou F., Adjahossou D. F., et Boko M., 201. Evaluation de l'intensité territoriale de deux systèmes de cultures associées modérément fertilisées au Sud-Bénin. *Int J. Biol. Chem.Sci.*, 1.7(6): 2233-2247.
- Adjahossou V.N., 2012, Intensification des systèmes de cultures traditionnels et préservation de l'environnement en Afrique de l'Ouest : le cas du Bénin. Thèse de Doctorat unique, Option Environnement, Santé, Développement, Université d'Abomey-Calavi, 279p.
- Adjahossou, V.N., 2006, La culture de l'ananas dans le département de l'Atlantique : Formes d'accès aux intrants et leurs effets sur les systèmes de cultures. Thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, 127 p.
- Adjahossou B.S., 2005, Biodiversité végétale, facteur de productivité et de durabilité de l'agriculture : cas du département de l'Atlantique au Bénin, Thèse de Doctorat Unique FLASH / Université d'Abomey-Calavi 232 pages.
- Adjahossou V.N. Adjahossou Sédami B., Dovonou F., Adjahossou D. Firmin, BOKO M., 2013, Evaluation de l'intensité territoriale de deux systèmes de cultures associées modérément fertilisées au Sud-Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(6): 2233-2247.
- Alia A.W.R., Adjahossou V.N., Vissin E.W. 2016, Production agricole et techniques culturales dans la commune de Zè. Actes du Colloque sur Risques et catastrophes climatiques vulnérabilité et adaptation en Afrique de l'Ouest, Abomey-Calavi Bénin, 48-58.
- Arouna, A. et Afomasse, D., 2005, *Analyse de la compétitivité de la filière ananas au Bénin in*. Adjanohoun, H.; Bankole, B.; Ganglo, J.; Sagbohan, J.; Igue, K. et Matthes, A. (ed). Acte 5 de l'atelier scientifique national du 14 au 17 Décembre 2004 à Abomey-Calavi Bénin. pp. 246- 262.
- CeRPA-Atlantique, 2005. Rapport d'activité, pp 48-49
- Chaffa, G. 2005, Efficacité économique des systèmes de production d'ananas dans la commune de Zè (département de l'Atlantique) Thèse d'Ingénieur Agronome FSA/UAC, 90 pages.
- Icea entreprises, 1993, Diagnostic stratégique du secteur ananas export au Bénin 61 pages
- Moreno, R. A. & Hart, R. D., 1979, Intercropping with cassava in central America. Dans: WEBER, E., NESTEL, B. et CAMPBELL, M. (Eds.): *Intercropping with cassava. Proceedings, International Workshop*. 27 nov. 1^{er} déc.1978. Trivandrum, Inde. IDRC. Ottawa: 17-24.
- Mutsaers, H.J.W., 1978, Mixed cropping experiments with maize and groundnuts. *Neth. J. agric. Sci.* 26 : 344-353.
- Py C., Lacoeyllhe J. et C. Teisson, 1984, *L'ananas sa culture, ses produits*. Edition Maisonneuve et Larose Paris, France 562 pages.
- Reijntjes, C., Hav Erkort, B., & Waters-Bayer, A., 1995, Une agriculture pour demain. Editions Karthala (Paris) et CTA (Wageningen), 473 pages.
- Singh. R. D., Kehrberg, E. W., & Morris, W.H. M., 1984, Small farm production systems in Burkina Faso (Upper-Volta). Descriptive and production function analysis. *Purdue University Sta. Bull.* n° 442, 61 pages.
- Sissinto, E., 2005, Analyse de la rentabilité financière et économique des systèmes de production de l'ananas au Bénin, Mémoire du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 85 pages.
- Sodjinou E., Adegbola P. Y., Bankole A.B., 2011, Analyse de la performance des chaînes de valeurs de l'ananas au Bénin. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), Porto-Novo, 71 p.
- Steiner, K. G., 1985, Cultures associées dans les petites exploitations agricoles tropicales en particulier en Afrique de l'Ouest. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH et Dag-Hammarskjöld-Weg 1+2, Postfach 5180, D 6236 Eschborn*, 347 p.
- Topagri Consult, 1998, Etude sur la filière ananas au Bénin Tome II : Le secteur de l'ananas au Bénin. Etat des lieux, 96 p.

Tossou, C. C., 2001, Impact de la culture de l'ananas sur l'environnement dans le département de l'Atlantique (République du Bénin). Thèse d'ingénieur Agronome. FSA-UAC, 105p.



Protective effects of vitamin C on kidney, liver and brain: a study in wistar rats intoxicated with mercury

Armelle S. Y. HOUNKPATIN^{1,2}, Roch C. JOHNSON², Maximin SENOU³, Léonce DOVONON⁴, Chibuisi G. ALIMBA⁵, Sèdjro G. A. NAGO⁶, Jean Marc GNONLONFON¹, Isabelle GLITHO⁷

¹ Université Nationale des Sciences Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM), Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET), BP 133 Lokossa, BENIN.

² University of Abomey-Calavi (UAC), Interfaculty Center of Training and Research in Environment for Sustainable Development (CIFRED), Laboratory of Hygiene, Sanitation, Toxicology and Environmental Health, 01 BP 1463 Cotonou, BENIN.

³ Université Nationale des Sciences Technologies, Ingénierie et Mathématiques (UNSTIM), Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Biologie Expérimentale et Clinique (LaBEC), BP 14 Dassa-Zoumè, BENIN.

⁴ Université d'Abomey Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), 01BP2009 Cotonou, BENIN.

⁵ University of Lagos, Department of Cell Biology and Genetics, Faculty of Sciences, NIGERIA.

⁶ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie Végétale (LEB), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Bénin.

⁷ Université de Lomé, Faculté des Sciences, BP1515 Lomé, TOGO

Reçu le 28 Septembre 2017 - Accepté le 27 Octobre 2017

Effets protecteurs de la vitamine C sur les reins, le foie et le cerveau: une étude chez des rats de souche Wistar intoxiqués au mercure

Résumé: La présente étude a été conçue pour étudier les effets néfastes de l'intoxication chronique du mercure sur le rein, le foie et le cerveau et les possibilités allégeantes probables de l'acide ascorbique (vitamine C) contre de tels impacts. Ainsi, 25 rats mâles albinos de souche Wistar ont été subdivisés en 5 groupes de 5 animaux y compris le groupe contrôle. Les deux premiers groupes (I; II) ont été exposés respectivement au mercure (0,12 mg/kg ; 1,2 mg/kg). Les deux derniers groupes (Ic; IIc) ont reçu respectivement en plus de ces différentes doses précédentes, une dose journalière de 150 mg/kg de Vitamine C pendant la même période. Le groupe contrôle (G) a reçu uniquement le même volume d'eau distillée. Le mercure de même que la vitamine C ont été administrés oralement pendant 28 jours consécutifs aux rats. A la fin de l'exposition, le foie, les reins et le cerveau des rats ont été examinés par l'histopathologie. L'intoxication au mercure induit une dégénération et une altération nécrotique du rein, du foie et du cerveau. Les résultats de cette étude révèlent que l'intoxication au mercure a produit des effets délétères néphro-hépatiques et neurotoxiques qui ont été corrigés par l'acide ascorbique utilisée comme complément alimentaire.

Mots clés : Histopathologie, toxicité, hépato-néphro-neurotoxicité.

Abstract: The present study was designed to investigate the effects of chronic mercury poisoning on the kidney, liver and brain and possible remedies with vitamin C feeding. For this purpose, 25 male albino Wistar rats were divided into 5 groups of 5 animals including a control group. Two groups (I & II) were exposed, respectively, to mercury chloride at concentrations of 0.12 mg/kg and 1.2 mg/kg. and the last two groups (Ic; IIc) have respectively received in addition to the previous doses of mercury a daily dose of 150 mg/kg vitamin C during the same period. The control group received the same volume of distilled water. Mercury as well as vitamin C were administered orally for 28 consecutive days to the rats. At the end of this exposure, the liver, kidneys and brain of rats were examined by histopathology. Mercury induced degeneration and necrotic alteration of the kidney, liver and brain. The results of this study reveal that mercury poisoning induced hepato-nephro-neurotic deleterious effects which were reversed by vitamin C used as a dietary supplement.

Keywords: Histopathology, toxicity, hepato-nephro-neurotic effect.

1. Introduction

Mercury often found in fungicides, thimerosal in vaccines, and gamma-globulin, is a widespread environmental and industrial pollutant, which induces severe alterations of body tissues of both human and animals (Lund et al., 1993; Mahbood et al., 2001; Sener et al., 2007). It also causes renal and central nervous system toxicity and is deposited in the liver, kidneys and brain (Clarkson, 2002). Chronic exposure to mercury through consumption of fish and seafood products (Suzy et al., 2008) can cause adverse effects on the cardiovascular, gastrointestinal, reproductive, immune and nervous systems (Clarkson, 1997; Crinnion, 2000; Cheng et al., 2006; Boscolo et al., 2009; Diez, 2009; Mahour and Saxena, 2009). Chronic toxicity symptoms include paresthesia, peripheral neuropathy, cerebellar ataxia, spasticity, memory loss, dementia, constricted vision, dysarthria, impaired hearing, smell and taste, tremors, and depression (Clarkson, 2002). Mercury can induce apoptosis in affected organs (Olivieri et al., 2000; Reus et al., 2003; Monroe and Halvorsen, 2006; Singh et al., 2007). The mercury intoxication causes nephrotoxicity and kidney damage (Nath et al., 1996; Oda and El-Ashmawy, 2012). Neurologic and neuro-behavioral disturbances caused by mercury compounds have gained more attention in recent decades. Some mercuric compounds can pass through placenta and blood brain barrier and affect the developing central nervous system of embryos (Satoh and Suzuki, 1983; Suzuki et al., 1984; Kishi et al., 1994; Sakamoto et al., 2004). The pre-natal exposure to mercuric chloride has shown teratogenic effects (Satoh and Suzuki, 1983; Yoshida, 2002). It can cause structural abnormalities in the neural tube and spinal cord of embryos in rats (Rastegar et al., 2010).

Vitamine C is a very strong antioxidant compound capable of scavenging both free radicals and other reactive oxygen species (ROS). Thus, it increases the antioxidant potential of cells by reversing the deleterious effects of free radical reactions (Lee et al., 2001). In addition, vitamin C regulates the intracellular contents of reduced glutathione (GSH) and chelates metal ions (Borsari et al., 2001). Studies have shown that vitamin C supplementation has various effects on induced toxicity (Khan et Sinha, 1993; Netke et al., 1997; Aly et Donya, 2002; Kaya, 2003; Liopiz et al., 2004; Ddique et al., 2005). Ascorbic acid has been found to interact with several elements and rendered them less available for animals (Hill, 1980). The present study was carried out to investigate the adverse effects of chronic mercury intoxication on the kidneys as well as liver and brain based on histopathological alteration parameters and the probable reverse effect of vitamin C against chronic mercury intoxication in rats.

2. Material and Methods

2.1. Biological material

The biological material was composed of 25 male albino Wistar rats aged from 6 to 8 weeks and weighting about 108 ± 25 g. These rats obtained at the Animal Breeding Unit of the University of Lagos, Nigeria were acclimated for two weeks before the experiments. They were placed in designed sterile polypropylene cages in a room at ambient temperature ($25-30^{\circ}\text{C}$) with relative humidity of ($60^{\circ}\text{C} \pm 5\%$). The cages were illuminated with a sequence of 12 hours with light and 12 hours into dark. Animals had free access to water and standard rodent laboratory chow (Ladokun feed Nigeria®) fed ad libitum, in the animal "Botanical and Zoological Garden" in UNILAG (University of Lagos), Nigeria where experiments were conducted.

2.2. Chemicals and preparation of different solutions

The chemicals tests used for the experiment is anhydrous mercury chloride. The powdered mercuric chloride ($\text{HgCl}_2 = 271.50$; Minimum assay: 98%) is purchased from "General Purpose Reagent BDH Chemicals Ltd. Poolo England". Vitamin C (100 mg tablet), registered under NAFDAC REG. No. 04-1453, manufactured by 'Emzor Pharmaceutical Industries Ltd. Plot 3C Block A, was obtained at "Outpatient Pharmacy Department of the Lagos University Teaching Hospital" in Nigeria. The vitamin C tablets that were used were hardly soluble form of a fine powder prior to their solution was shaken vigorously before each oral administration. Concentrations were prepared for the experiment (0.12 mg/kg and 1.2 mg/kg) for mercuric chloride and 150 mg/kg ascorbic acid. The different solution concentrations were based on different daily doses, the average weight of each lot and the daily volume administered to rats was 1 mL.

2.3. Experimental design

After two weeks of acclimatization, 25 animals were randomly divided into 5 groups of 5 animals including a control group. Mercury is administered by gavage (via stomach tube) for 28 consecutive days following the method of Alimba et al. (2006) and Awodele et al. (2010). The first two groups (I; II) were exposed respectively to mercury chloride (0.12 mg/kg and 1.2 mg/kg) and the last two group (Ic; Iic) have respectively received in addition to these previous doses of mercury a daily dose of 150 mg/kg vitamin C during the same period (Group I: 0.12 mg/kg of Hg; Group II: 1,2 mg/kg Hg; Group Ic: 0.12 mg/kg of Hg plus 150 mg/kg de vitamin C; Group Iic: 1.2 mg/kg of mercury plus 150 mg/kg of vitamin C; Group Control: only same volume of distilled water. These different doses of mercury respectively corresponding

to 1/10 (1.2 mg/kg) and 1/100 (0.12 mg/kg) of the lethal dose (LD 50; Bharat et al., 2010) were used.

2.4. Histopathological analysis

Slices of the right lobe of the liver, the left kidney and the left brain from exposed and control animals were fixed in 10% neutral buffered formalin. After 48 hours of fixation, organs were dehydrated by passing through ascending order of ethyl alcohol–water concentrations, cleared in xylene and sequentially embedded in paraffin wax blocks using rotary microtome. Tissue sections of 3–5µm thick were cut, stained with Haematoxylin–eosin (H–E), then mounted in neutral DPX medium for morphological evaluation before microscopic examination at magnification x100 and x 400 (Senou et al., 2009; Alimba et al., 2012).

3. Results

3.1. Kidney

In light microscopy, figures 1, 2, 3, 4, 5, respectively, show the photos of normal kidney of Wistar rats (control group); kidney of rats poisoned with mercury (0.12 mg / kg, 1.2mg/kg) (I, II) and kidney of rats poisoned with mercury and treated with vitamin C (150 mg / kg) (Ic, IIc).

In rats of the control group, the kidneys were normal. The collecting tubules are lined with the relatively low simple cubic epithelium. The thick descending and ascending parts of Henle loop and collecting coils of small caliber, and small amount of tissue can be seen in the cross-sections (Fig. 1).

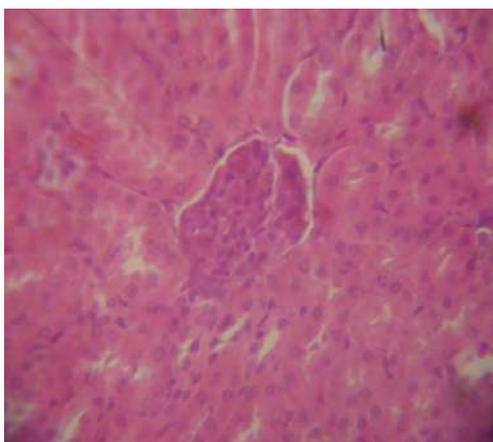


Fig.1: Normal kidney of Wistar rats. G: X 400

In rats of group I which were administered a low dose of mercury multiple foci of thinned tubules with squamous epithelium, were observed, probably a tubular regeneration

(Fig. 2). Similarly in rats of group II addicted to a high dose of mercuric chloride, vacuolar changes of the tubular epithelium in the renal papillae were noted and some of them were squamous (arrow) instead of cubic (Fig.3).

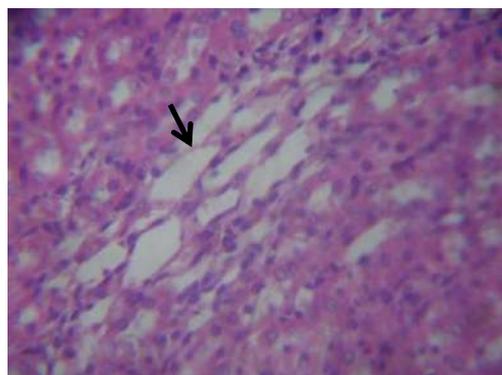


Fig.2: Multiple foci of thinned tubules with squamous epithelium (arrow) G: X 400

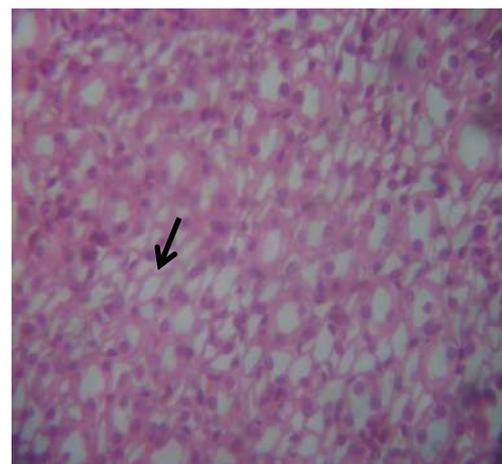


Fig.3: Tubular epithelium in the renal papillae (arrow) G: X 400

In rats of group Ic addicted to low doses of mercury and treated with vitamin C, there is an absence of visible lesions (normal kidney) as in the control groups.

In rats of group IIc addicted to high doses of mercury and treated with vitamin C, there was a slight focal loss of epithelium of some tubules in the renal medulla. These tubules, however, kept the remains of their basement membranes. A slight inflammatory cells aggregation was noted in the renal interstitium (arrow). The renal medulla were also changed; the tubular epithelium going from the cubic form to cylindrical (asterisk) (Fig. 4 and 5).

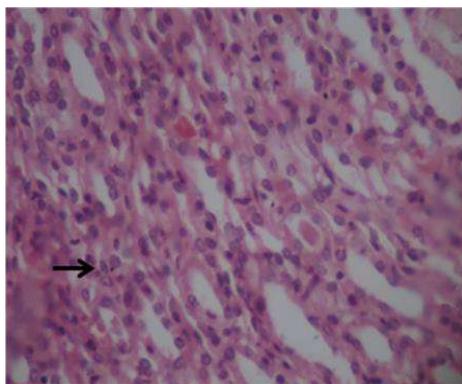


Fig.4: Inflammatory infiltrate in the renal interstitium (arrow). G: X 400

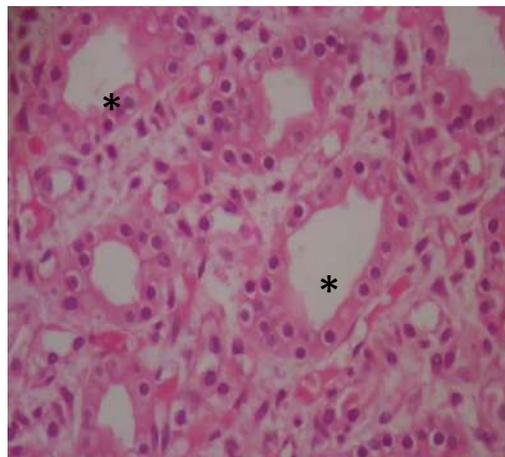


Fig.6: Morphology of normal Wistar rat liver (lot G). G: X 400

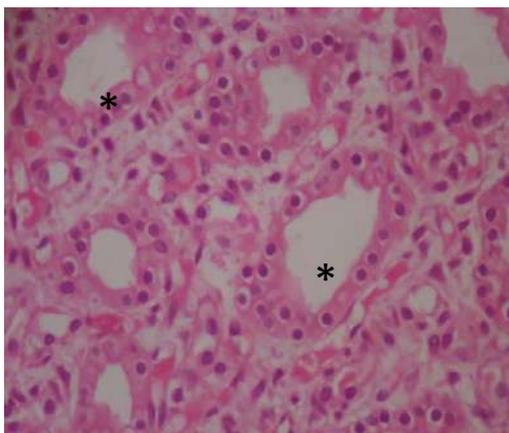


Fig.5 : Columna reepithelium in renal medulla (asterisk). G: X 400

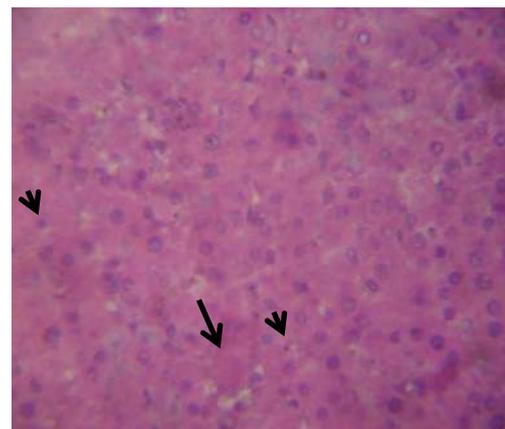


Fig.7: Necrotic hepatocytes, phantom cells (arrow) and pyknotic nuclei (arrowheads) G: X 400

3.2 Liver

The liver of rats intoxicated is crumbly. In light microscopy, figures 6, 7, 8, 9, 10 respectively show the pictures of normal liver of Wistar rats (control group), liver of rats intoxicated with mercury (I, II) and liver of rats intoxicated and treated with Vitamin C.

The architecture of the normal liver parenchyma in control rats is marked by hepatocyte bays arranged radially around the central vein. Hepatocytes have a basophilic and large cytoplasm as well as one or two prominent and slightly stained nuclei (Fig.6).

In Group I rats addicted to the low dose of mercury, rare isolated necrotic hepatocytes were found. Among these, phantom cells (arrows) and pyknotic nuclei (arrowheads) were identified (Fig.7). In group II rats addicted to a high dose of mercury, a moderate hyperplasia of Kupffer cells were (arrows) noted (Fig.8).

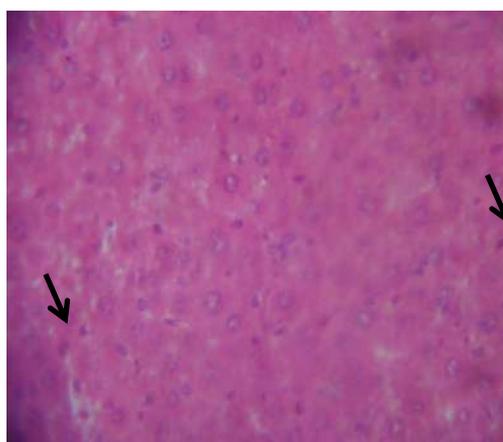


Fig.8: Hyperplasia of Kupffer cells (arrows) G: X 400

In rats of group Ic, addicted to low doses of mercury and treated with vitamin C, there was a slight vacuolar change in periportal hepatocytes. In the same rats, Kupffer cells contain varying amounts of black pigments in their cytoplasm (Fig. 9). In rats of group IIc addicted to high doses of mercury and treated with vitamin C, it has been noticed a moderate congestion of the hepatic veins (Fig. 10).

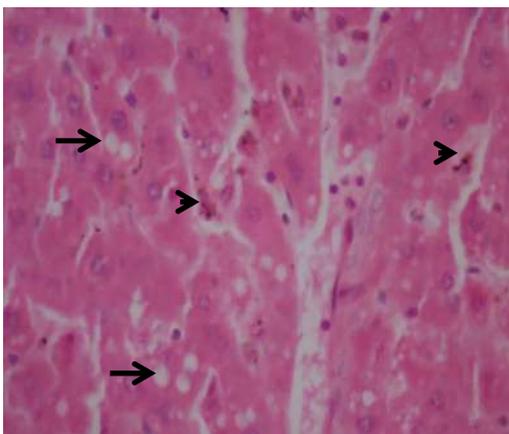


Fig.9: Slight change vacuolar (arrows) of periportal hepatocytes. Kupffer cells with pigments black (arrowheads). G: X 400

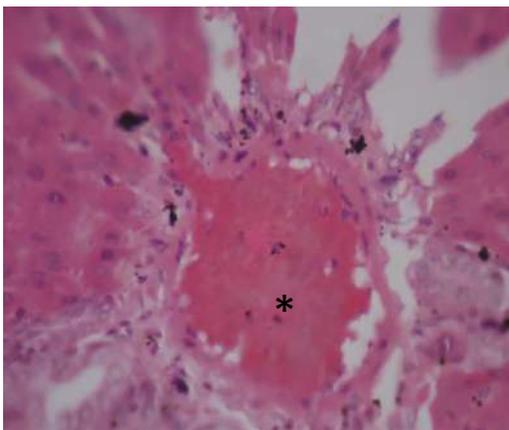


Fig.10: Slight congestion of the hepatic veins (asterisk) G: X 400

3.3. Brain

Light microscopy was used. Figures 11, 12, 13, 14, 15, 16, and 17 respectively show the photos of normal brain of Wistar rats (control group); the brain of rats intoxicated with mercuric chloride (0.12 mg / kg, 1.2mg/kg) (I, II) and brain of rats poisoned and treated with vitamin C (150mg/kg) (Ic, IIc).

In control rats, there was an absence of visible lesions of the brain (Fig.11).

In rats in Group I, addicted to low dose of mercuric chloride; it was observed acute focal necrosis of neurons with

pyknosis (arrow), the presence of ghost cells (arrowheads) and a proliferation of astrocytes. It was also noted multiple small foci of gliosis (Fig. 12 and 13).

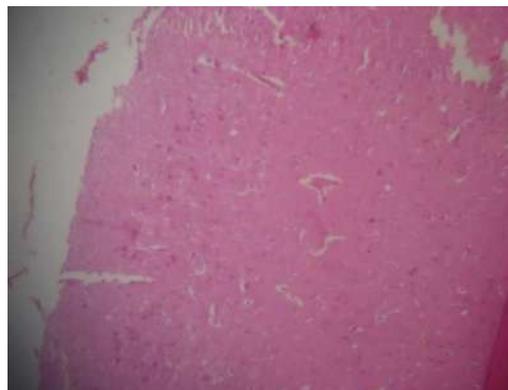


Fig.11: Morphologically normal brain of Wistar rats (control) G: X 400

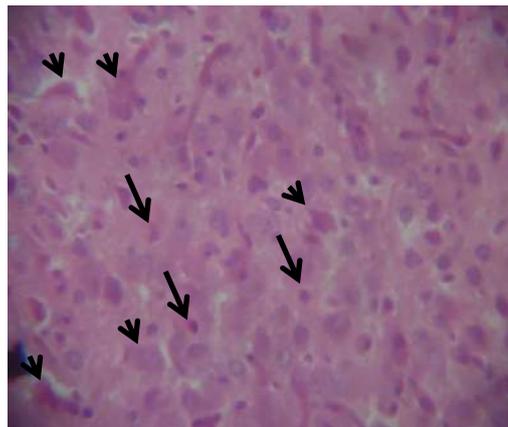


Fig.12: Focal acute neuronal necrosis with pyknosis (arrow), ghost cells (arrow head) and astrocytic proliferation. G: X 400

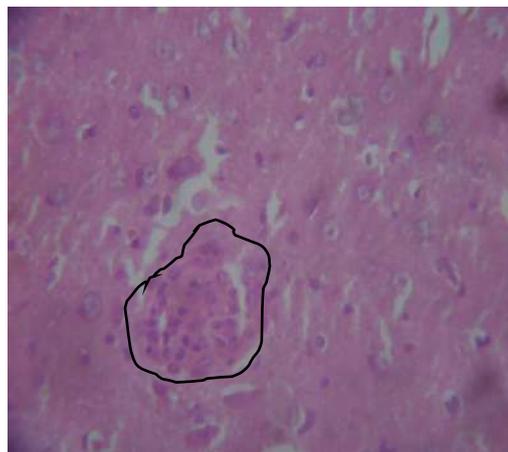


Fig.13: Foci of gliosis (circled area) G: X 400

In rats of group II addicted to high dose of mercury, it was observed a moderate astrocytic gliosis centers (circled area) at the base of the brain (Fig. 14).

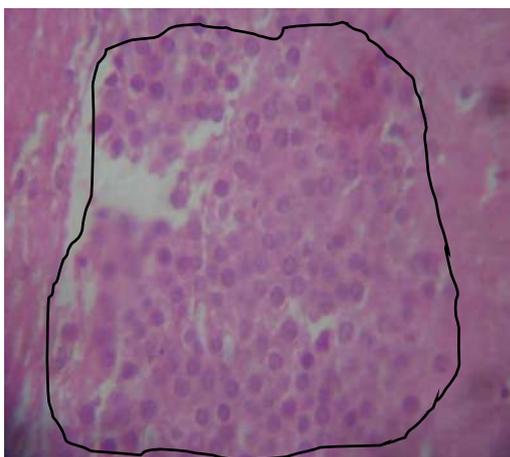


Fig.14: Center astrocytic gliosis (circled area) G: X 400

In rats of group Ic intoxicated with low dose mercury and treated with vitamin C, it was noted an absence of visible injury in some rats, a moderate neuronal focal necrosis, gliosis, and a marked vascular congestion in others (Fig. 15 and 16).

In group Iic made of rats intoxicated with high dose of mercury and treated with vitamin C, no visible lesions was found in anyone of them (Fig. 17).

Table 1 shows the comparison of histopathology results between groups of rats intoxicated with mercury, and those intoxicated and treated with vitamin C.

Table 1: Comparison of histopathology results between groups of rats intoxicated with mercury, and those intoxicated and treated with vitamin C.

Groups	Dose	Liver	Kidney	Brain
Control	Distilled water	-	-	-
I	0.12mg/kg Hg	+	++	++
Ic	0.12mg/kg Hg + 150 mg/kg Vit. C	+/-	-	+
II	1.2mg/kg Hg	+	++	+
Iic	1.2mg/kg Hg + 150 mg/kg Vit. C	+/-	+/-	-

++ : marked histopathological lesion;
 + : moderate histopathological lesion;
 +/- : Barely visible lesion;
 - : no visible lesion.

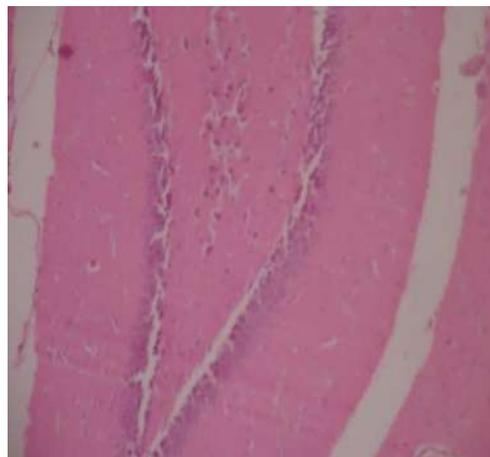


Fig.15: No visible injury. G: X400

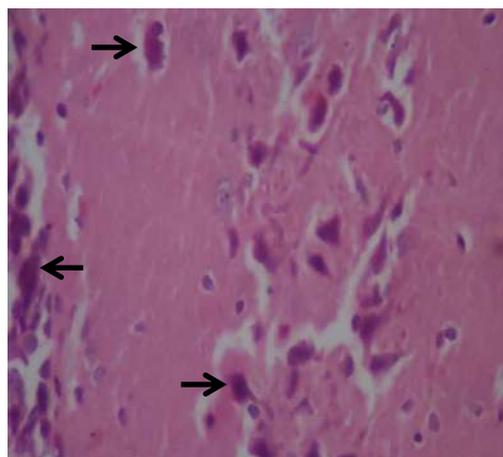


Fig.16: Neuronal necrosis (arrow) gliosis and vascular congestion, G: X 400



Fig.17: No visible injury G: X 400

4. Discussion

The present study investigated the protective effect of vitamin C on liver, kidney and brain in rats poisoned with mercury. Hematein-eosin staining was used to assess the damage caused by mercury kidneys, liver, brain and compensation obtained through the use of vitamin C. This technique was used by Gabe (1968) and Senou et al. (2009) to stain structures of damaged organs. Kidney is the first target organ of accumulation and toxicity of inorganic mercury (Zalups, 2000). In fact, in a very short time (1 hour), 50% of an administered dose of inorganic mercury is present in the kidney (Zalups, 1993). In this organ, the majority of mercuric ions were detected in outer stripe of the outer medulla. Histopathological findings on kidney tissue after chronic mercury intoxication indicate the presence of multiple foci of thinned tubules with squamous epithelium (low dose) and vacuolar changes of the tubular epithelium in renal papillae and some are squamous (high dose). Interaction of mercury with protein sulfhydryl groups is thought to play an important role in nephrotoxicity induced by mercury at cellular level (Zalups, 2000). The results obtained in rats intoxicated with low doses of mercury and treated with vitamin C shows no visible lesion (kidney seem normal) in rats of group Ic. In group Iic rats, addicted to high doses of mercury and treated with vitamin C, were observed a slight focal loss of some tubule epithelium in the renal medulla and a small cluster of inflammatory cells in the renal interstitium. These results compared with the first shows that vitamin C used reduces the severity of intoxication caused by renal mercury in Wistar rats. This beneficial effect of vitamin C was also demonstrated by Akhere et al. (2008) on renal cadmium poisoning.

In the liver, chronic mercury poisoning caused histopathological changes such as presence of rare isolated necrotic hepatocytes. With the high dose of mercury was observed, moderate hyperplasia of Kupffer cells. Similar changes have also been reported by Al-Saleh et al. (2005); Jadhav et al. (2007); Wadaan (2009) and Agarwal et al. (2010); Oda and El-Ashmawy (2012), in liver tissue after exposure to mercury. In rats of group Ic and Iic intoxicated and treated with vitamin C, it was observed a slight vacuolar modification of periportal hepatocytes and a moderate congestion of the hepatic veins. The comparison of these results shows the protective role played by vitamin C used as a dietary supplement. Such liver improvement was obtained by Dougnon et al. (2006) after paracetamol poisoning and corrected with fresh pineapple juice.

The cerebral cortex is the key structures of memory formation. It also integrates higher mental functions, general movement, visceral functions, and behavioral reactions. (Cauller, 1995). A very important organ, the brain is very

sensitive and vulnerable to the devastating effects of many environmental components, biological factors and dietary exposure to heavy metals such as mercury (Schettler, 2001). Neurotoxic effects of mercury are shown *in vitro* and *in vivo* in humans and animals. Previous research has shown the effects of mercury poisoning on behavioral, neurological and psychological functions. Mercury components can induce cerebellar degeneration, sensorimotor and gating disturbances, tremor, ataxia, and depression (Diez, 2009; Nahavadi and Shahbazi, 2010). The results of the present study show an acute focal necrosis with pyknosis of neuron nuclei, the presence of ghost cells and proliferation of astrocytes, the presence of multiple small foci of gliosis in rats addicted to low doses of mercury. There is also a center of moderate astrocytic gliosis at the base of the brain of rats poisoned with a large dose of mercury. These results are similar to those obtained by Eto (1997), which showed the appearance of an acute cerebral edema with focal necrosis of neurons and their replacement by glial cells after mercury intoxication. In rats of group Ic and Iic, it was noted a lack of visible injury in some rats and a moderate neuronal focal necrosis, gliosis, as well as vascular congestion in others. The comparison of these results with those of intoxicated groups shows the protective effects of vitamin C on the neurotoxicity of mercury. These findings are in line with others that have shown that vitamin C supplementation has varied effects on induced toxicity (Khan et Sinha, 1993; Netke et al., 1997; Aly et Donya, 2002; Kaya, 2003; Liopiz et al., 2004; Ddique et al., 2005 Awodele et al, 2010). Ascorbic acid has been found to interact with several elements in such a way to render them less available for animal cells (Hill, 1980). The protective effect of vitamin C against toxicity of mercury has also been demonstrated (Hill, 1980). Considering that oxidative stress and mercury toxicity, it has been suggested that antioxidants could contribute to the treatment of mercury poisoning (Patrick, 2002, Pillai and Gupta, 2005). Vitamin C is a very strong antioxidant compound capable of scavenging both free radicals and thus it increases the antioxidant potential of cells by improving the deleterious effects of free radical reactions (Flora et al., 2008). Vitamin C supplementation regulates the intracellular contents of the reduced glutathione (GSH) and chelates metal ions (Borsari et al., 2001; Flora et al., 2008).

5. Conclusion

This study demonstrated the detrimental effects of mercury which induced chronic toxicity on the kidney, liver and Brain. Vitamin C supplementation improves mercury-induced nephrotoxicity, hepatotoxicity, neurotoxicity and protects the kidney, the liver and the brain against mercury intoxication in male albino rats.

CONFLICT OF INTEREST

The authors did not declare any conflict of interest.

REFERENCES

- Agarwal A.S., Goel R., & Beharia J. 2010. Detoxification and antioxidant effects of curcumin in rats experimentally exposed to mercury. *Journal of Applied Toxicology* 30: 457-468.
- Akhere A., Omonkhua F.O. & Obi P. 2008. Biochemical evaluation of the effects of vitamin C in rats exposed to sub-chronic low doses of cadmium. *International Journal of Toxicology* 1559-3916.
- Alimba C.G., Bakare A.A. & Latunji C.A. 2006. Municipal landfill leachates induced chromosome aberrations in rat bone marrow. *African J. Biotech.* 5:2053-2057.
- Alimba, C.G., Bakare A.A. & Aina O.O. 2012. Liver and Kidney Dysfunction in Wistar Rats Exposed to Municipal Landfill Leachate. *Scientific and Academic Publishing* 2(4):150-163.
- Al-Saleh I., El-Doush I., Shinwari N. & Al-Baradei R. 2005. Does low mercury containing skin lightening cream (Fair and Lovely) affect the kidney, liver and brain of female mice? *Cutaneous and Ocular Toxicology* 24: 11-29.
- Aly F.A.E., & Donya S. 2002. *In vivo* antimutagenic effect of vitamin C and E against rifampicin induced chromosome aberration in mouse bone marrow. *Mutant Research* 518: 1-7.
- Awodele O., Olayemi, S.O., Alimba C.G., Egbejogu C. & Akintonwa A. 2010. Protective effect of vitamin C and or vitamin E on micronuclei induction by rifampicin in mice. *Tanzania Journal Health. Reach* 12:2.
- Borsari M., Gabbi C., Ghelfi F., Grandi R., Saladini M., Severi S., & Borella F. 2001. Silybin, a new iron-chelating agent. *Journal of Inorganic Biochemistry* 85: 123-129.
- Bharat B.P., Atish R., Soumik A. & Shelley B. (2010). Induction of oxidative stress by non-lethal dose of mercury in rat liver: Possible relationships between apoptosis and necrosis. *J. Environ. Boil.* 31:413-416.
- Boscolo M., Antonucci S., Volpe A.R., Carmignani M. & Di-Gioacchino M. 2009. Acute mercury intoxication and use of chelating agents. *J Biol Regul Homeost Agents* 23:217-223.
- Cauller L. 1995. Layer I of primary sensory neocortex: where top-down converges upon bottom-up. *Behav Brain Res.* 71(1-2):163-70.
- Cheng J.P., Min Z., Wei S. & Xue-Yu L. 2006. Expression of c-fos in Rat Brain as a Prelude Marker of Central Nervous System Injury in Response to Methylmercury-stimulation, *Biomedical and Environmental Sciences* 19:67-72.
- Clarkson T.W. 1997. The toxicology of mercury. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* 34: 369-403.
- Clarkson T. W. 2002. The three modern faces of mercury. *Environ. Health. Perspect.* 110 (1): 11-23.
- Crinnion W. (2000). Environmental medicine, part three: long-term effects of chronic low-dose mercury. *Altern Med Rev* 5:209-223.
- Ddique S., Hasan Y., Tanveer T. & Afzal M. 2005. Antigenotoxic effects of ascorbic acid against megestrol acetate-induced genotoxicity in mice. *Human and Experimental Toxicology* 24:121-127.
- Diez S. 2009. Human health effects of methylmercury exposure. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 198:111-132.
- Dougnon T. J., Kpodekon T. M., Laleye A., Adjagba M. & Darboux B. R. 2006. Effets de *Ananas Comus*, (Variété « Pain de sucre ») sur les lésions hépatiques dues à l'intoxication au paracétamol chez les rats Wistar. *Journal de la Société de Biologie Clinique* 10: 47-50.
- Eto K. 1997. Pathology of Minamata disease. *Toxicol. Pathol.* 25: 614-623.
- Flora S.J.S., Megha M. & Ashish M. 2008. Heavy metal induced oxidative stress and its possible reversal by chelation therapy. *Indian J. Med. Res.* 128:501-523.
- Gabe M. 1968. Techniques histologiques. *Editions Masson et Cie.* Paris-France. p435.
- Hill C.H. 1980. Interactions of vitamin C with lead and mercury. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 355: 262-266.
- Jadhac S.H., Sarkar S.N., Patil R.D. & Tripathi H.C. 2007. Effect of subchronic exposure via drinking water to a mixture of eight water-contaminating metals: A biochemical and histopathological study in male rats. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 53:667-677.

- Kaya B. 2003. Antigenotoxic effect of Ascorbic acid on mutagenic dose of three alkylating agents. *Turkish Journal of Biology* 27, 241-246.
- Khan P.K. & Sinha, S.P. 1993. Antimutagenic efficacy of higher doses of vitamin C. *Mutant Research* 298:157-161.
- Kishi R., Doi R., Fukuchi Y., Satoh H., Satoh T., Ono A., Moriwaka F., Tashiro K., Takahata N., & Sasatani H. (1994). Residual neurobehavioural effects associated with chronic exposure to mercury vapour. *Occup. Environ. Med.* 51:35-41.
- Lee S.H., Oe T. & Blair I.A. 2001. Vitamin C-induced decomposition of lipid hydroperoxides to endogenous genotoxins. *Science* 292:2083-2086.
- Liopiz N., Francesc P., Ela C., Lluís A., Anna A., Cinta B. & Salvado J.M. 2004. Antigenotoxic effect of grape seed procyanidin extract in Fao cells submitted to oxidative stress. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52:1083-1087
- Lund B.O., Miller D.M. & Wods J.S. 1993. Studies on Hg (II)-induced H₂O₂ formation and oxidative stress in vivo and in vitro in rat kidney mitochondria. *Biochem. Pharmacol.* 45 : 2017-2024.
- Mahboob M., Shireen K.F., Atkinson A. & Khan A.T. 2001. Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity in different organs of mice exposed to low level of mercury. *Journal of Environmental Science and Health B.* 36: 687-697.
- Mahour K. & Saxena P.N. 2009. Assessment of haematotoxic potential of mercuric chloride in rat. *J. Environ. Biol.* 30:927-928.
- Monroe R.K. & Halvorsen S.W. 2006. Mercury abolishes neurotrophic factor-stimulated Jak-STAT signaling in nerve cells by oxidative stress. *Toxicol. Sci.* 94:129-138.
- Nahavadi A. & Shahbazi A. 2010. Nitric Oxide is Protective Against Mercury Induced Depression. *Basic. Clin. Neurosc.* 1:56-60.
- Nath K.A., Croatt A.J., Likely S., Behrens T.W., Warden D. 1996. Renal oxidant injury and oxidant response induced by mercury. *J. Kidney. Int.*50:1032-1043.
- Netke S.P., Roomi M.W., Tsao C. & Niedzwiecki A. 1997. Ascorbic acid protects guinea pigs from acute aflatoxin toxicity. *Toxicol. Appl. Pharm.* 143:429-435.
- Oda-Samah S. & El-Ashmawy I.M. 2012. Protective Effect of Silymarin on Mercury-Induced Acute Nephro-Hepatotoxicity in Rats. *Global Veterinaria* 9 (4):376-383.
- Oliveira C., Lopasso F.P., Laurindo F., Leitao R.M. & Laundanna A.A. 2001. Protection against liver ischemia-reperfusion injury in rats by silymarin or verapamil. *Transplantation Proceedings* 33: 3010-3014.
- Patrick L., 2002. Mercury toxicity and antioxidants. Part I: Role of glutathione and alpha-lipoic acid in the treatment of mercury toxicity. *Alternative Medicine Review* 7:456-471.
- Pillai A., Gupta S. 2005. Antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in liver of female rats co-exposed to lead and cadmium: effect of vitamin E and Mn²⁺. *Free Radical Research* 39:707-712.
- Rastegar T., Nobakht M., Mehdizadeh M., Shahbazi A. 2010. Mercuric Chloride Induced Cell Death in Spinal Cord of Embryo in Rat. *Basic. Clin. Neurosc.*1:47-51.
- Reus I.S., Bando I., Andres D. & Cascales M. 2003. Relationship between expression of HSP70 and metallothioneins and oxidative stress during mercuric chloride induced acute liver injury in rats. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* 17:161-168.
- Sakamoto M., Kubota M., Liu X.J., Murata K., Nakai K. & Satoh H. 2004. Maternal and fetal mercury and n-3 polyunsaturated fatty acids as a risk and benefit of fish consumption to fetus. *Environ. Sci. Technol.* 38:3860-3863.
- Satoh H. 2003. Behavioral teratology of mercury and its compounds. *Tohoku. J. Exp. Med.* 201:1-9.
- Satoh H. & Suzuki T. 1983. Embryonic and fetal death after in utero methylmercury exposure and resultant organ mercury concentrations in mice. *Ind. Health.* 21:19-24.
- Schettler T. 2001. Toxic threats to neurologic development of children. *Environ. Health. Perspect.* 109 Suppl. 6:813-816.
- Sener G., Sehirlı A.O. & Ayanoglu-Dulger G., 2003. Melatonin protects against mercury (II)-induced oxidative tissue damage in rats. *Pharmacology and Toxicology* 93:290-296.
- Senou M., Costa M. J., Khalifa C. & Many M-C. 2009. Role of caveolin-1 in thyroid phenotype, cell homeostasis, and hormone synthesis: in vivo study of caveolin-1 knockout mice. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 297: 438 – 451.
- Singh V., Joshi D., Shrivastava, S., Shukla S. 2007. Effect of monothiol along with antioxidant against mercury-induced oxidative stress in rat. *Indian. J. Exp. Biol.* 45:1037-1044.
- Suzuki T., Yonemoto J., Satoh H., Naganuma A., Imura N. & Kigawa T. 1984. Normal organic and inorganic mercury levels in the human fetoplacental system. *J. Appl. Toxicol.* 4:249-252.
- Suzy L. W., Ellen J. & Lye D. 2008. Statistique Canada n° 82-000 XPF au catalogue. Rapport sur la santé 19(4): 31-37.
- Wadaam A. & Mohammad M. 2009. Effects of mercury exposure on blood chemistry and liver histopathology of

male rats. *Journal of Pharmacology and Toxicology* 4(3):126-131.

Yoshida M. 2002. Placental to fetal transfer of mercury and fetotoxicity. *Tohoku. J. Exp. Med.*, 196:79-88.

Zalups R.K. 1993. Early aspects of the intrarenal distribution of mercury after the intravenous administration of mercuric chloride. *Toxicology* 79:215-228.

Zalups R.K. 2000. Molecular interactions with mercury in the kidney. *Pharmacological Reviews* 52:113-143.



Instructions aux auteurs

1 Ligne éditoriale

La revue Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » est une revue scientifique à comité de lecture et en accès libre. Elle est destinée à un public diversifié constitué entre autres de professionnels du développement (techniciens et ingénieurs), chercheurs, enseignants, étudiants et agriculteurs. Les articles, rédigés en français ou en anglais, doivent être originaux, constituer un apport scientifique ou technique important pour ce public et intéresser un lectorat international.

La revue publie des travaux pluridisciplinaires de recherche (expérimentations, enquêtes, modélisations, simulations, méta-analyses, etc.) et des synthèses sur tous les domaines des sciences naturelles, agronomiques et environnementales. Elle s'intéresse en particulier à la rationalisation de la production, l'amélioration des systèmes de production, ainsi qu'à la valorisation et à l'exploitation durable des ressources naturelles.

Plus précisément, la revue est ouverte à des travaux concernant :

- Les sciences et techniques de production végétale (phytotechnie, horticulture, biotechnologie et protection des végétaux, stockage et conservation des produits de récolte) ;
- Les sciences et techniques de productions animales (zootechne, santé animale, pêche, aquaculture, amélioration génétique des animaux, domestication et exploitation des espèces non conventionnelles) ;
- Les sciences agroalimentaires, la nutrition et la sécurité alimentaire, notamment la transformation et l'utilisation des produits animaux et végétaux dans l'alimentation ou l'industrie ;
- L'aménagement et la gestion des ressources naturelles (forêt, faune, eau) et des territoires ruraux, y compris la sylviculture, l'écologie, les impacts environnementaux, la conservation de la biodiversité, la gestion des aires protégées, l'écotourisme, les aménagements hydro-agricoles ;
- L'économie et la sociologie des systèmes de production et des ressources naturelles ;
- Le développement agricole en général et les innovations techniques, institutionnelles et politiques dans tous les domaines ci-dessus.

A partir de 2017, la revue paraîtra semestriellement (deux fois par an) et passera de la publication au format papier à une diffusion électronique uniquement et sans abonnement. Le comité de rédaction a pour ambition d'accélérer le processus de traitement des articles soumis en privilégiant notamment la communication et la publication en format électronique.

Chaque parution est composée d'articles soumis spontanément par leurs auteurs. En outre, des numéros spéciaux peuvent être initiés par le comité de rédaction autour de thématiques d'actualité et constitués d'articles suscités ou d'actes de réunions scientifiques (conférences, colloques, ateliers...) à l'initiative des organisateurs desdits événements ou sur invitation de la rédaction.

Les articles soumis pour publications, y compris dans le cadre de colloques scientifiques, sont examinés par le Comité de lecture des Annales de l'Université de Parakou et des relecteurs anonymes chargés d'apprécier les manuscrits en fonction de :

- L'adéquation à l'objectif de la revue ;
- L'intérêt du sujet traité pour le public de la revue ;
- La rigueur du raisonnement et la clarté de la rédaction.

La décision finale d'acceptation ou de rejet de l'article est prise par le Comité de Publication.

2 Soumission et évaluation des manuscrits

Les articles sont soumis sous forme électronique (.doc, .docx ou .rtf). La soumission se fera exclusivement par e-mail à l'adresse unique suivante : revue.sna.annales-up@fa-up.bj. Aucune attention ne sera accordée à un manuscrit envoyé sous une autre forme ou à une autre adresse.

Chaque soumission comprend :

- le manuscrit de l'article en un seul fichier « .doc », « .docx » ou « .rtf » (obligatoire)
- une lettre d'accompagnement (obligatoire)
- les autorisations de reproduction d'illustrations réalisées par des tiers (si applicable)

L'auteur correspondant doit attester dans la lettre d'accompagnement que le document soumis a été approuvé par tous les auteurs et qu'il n'a pas été proposé à d'autres revues. Il doit également impérativement proposer à la revue trois évaluateurs, sans lien professionnel ou institutionnel avec les auteurs, et le cas échéant, déclarer tout conflit d'intérêt potentiel.

Le processus d'évaluation par les pairs se fera en protégeant autant que possible l'anonymat des auteurs vis-à-vis des évaluateurs et vice versa. À ce titre, les auteurs et évaluateurs doivent éliminer leur identité des propriétés du fichier (menu Fichier dans Word), en cliquant sur les commandes suivantes dans les versions récentes de Word: Fichier > Info > Inspecter le document > Supprimer les informations personnelles du fichier lors de l'enregistrement > Enregistrer (ou OK).

Les manuscrits soumis à la revue passent successivement par (1) une analyse de recevabilité du manuscrit (texte complet, lettre d'accompagnement, et anonymisation » des fichiers) ; (2) une analyse de conformité à la ligne éditoriale de la revue et d'originalité des résultats ; (3) une évaluation anonyme par des experts internationaux choisis parmi ceux qui sont proposés par les auteurs et par les membres du comité de rédaction. A chacune de ces étapes, l'article pourra être renvoyé à l'auteur s'il n'est pas conforme aux instructions et à la ligne éditoriale de la revue ou s'il est jugé de qualité insuffisante.

Les épreuves sont adressées par l'éditeur à l'auteur correspondant par e-mail. En cas de demande de révisions, la version modifiée doit être renvoyée par l'auteur dans un délai de deux semaines pour des révisions mineures et un mois pour des révisions majeures. Toutes les recommandations des relecteurs sont à prendre en compte. En cas de désaccord avec certaines remarques des relecteurs, l'auteur argumente clairement les raisons pour lesquelles elles ne sont pas intégrées au nouveau manuscrit. Un courrier récapitulatif toutes les modifications faites en réponse aux commentaires des relecteurs est joint à la version révisée.

Après corrections et acceptation définitive de l'article, celui-ci sera publié en ligne en version pdf téléchargeable. Dans le même temps, l'auteur recevra par email la version finale au format pdf en guise de tiré à part.

3 Frais de publication

Les auteurs doivent payer des frais de publication de 25 000 FCFA (soit 40 Euros) par article accepté, dans un délai de 7 jours suivant l'acceptation de l'article.

4 Présentation des manuscrits

Tous les manuscrits doivent être conformes aux instructions suivantes avant d'être examinés.

- La longueur souhaitée d'un manuscrit est au plus 8 000 mots. La revue peut toutefois admettre, à titre exceptionnel, des textes plus longs, notamment pour les articles synthèse comportant de nombreuses références bibliographiques. La longueur de l'article s'entend pour des textes complets incluant titre, résumés en français et en anglais, mots clés, texte, références bibliographiques, tableaux et illustrations avec leurs titres et légendes bilingues ;
- Les éléments constituant l'article (titre, résumés en français et en anglais, mots clés, texte, références bibliographiques, tableaux et illustrations avec leurs titres et légendes bilingues) devront être regroupés dans un seul fichier rendu anonyme ;
- Le titre, le résumé, et l'introduction de l'article doivent comporter tous les éléments permettant de saisir l'intérêt scientifique de l'article, son originalité et sa pertinence, en donnant envie de le lire ;
- Les manuscrits seront rédigés dans un logiciel de traitement de texte compatible avec Windows, au format A4, police « Times New Roman 12 » et paginés, avec une marge normale (2,54 cm) sur tous les bords et interligne simple;
- Les sous-titres sont limités à trois niveau au plus et le texte doit être rédigé en caractère normal sans gras, et sans aucun mot souligné (à l'exception des liens URLs);
- Les notes en bas de page ne sont pas acceptées ;
- Les illustrations seront limitées au minimum nécessaire pour la compréhension de l'article (en général 5 à 6 tableaux et/ou figures) et seront fournies avec leurs titres et légendes bilingues (français et anglais) ;
- Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible. Les abréviations internationales sont acceptées (FAO, DDT, etc.).
- Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) sont acceptés ;
- Les fractions seront présentées sous la forme "7/25" ou "(a + b)/c".
- Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira un nom scientifique dans le texte (et pas dans le titre de l'article).
- Dans le texte, utiliser avec modération les termes techniques très spécialisés, les abréviations et sigles peu connus, et les expliciter systématiquement lors de leur premier emploi dans le résumé et le corps du texte.
- Les manuscrits seront subdivisés en plusieurs parties sur des pages séparées et dont les contenus sont décrits ci-après.

4.1 Page 1 : Titre et affiliations des auteurs

Cette page doit indiquer clairement :

- Le titre de l'article (20 mots au maximum) : il comporte l'objet et le taxon s'il y en a avec les noms scientifiques sans auteur (s) ;
- Les noms des auteurs de l'article précédés de leurs prénoms ;
- Les affiliations des auteurs de l'article (nom de l'université ou de l'institution suivi du nom du laboratoire ou du département, et enfin l'adresse postale et l'adresse email) ;
- Le contact de l'auteur correspondant : adresse email et numéro de téléphone.

4.2 Page 2 : Résumé et abstract

Un bref résumé (300 mots maximum) dans la langue de l'article est nécessaire. Ce résumé sera précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas), le titre sera traduit dans cette seconde langue. Les sections devant être résumées comprennent l'introduction (contexte, problématique et objectifs), la méthodologie, les résultats et la conclusion.

Six (6) mots clés suivront chaque résumé, décrivant l'article le plus complètement possible, et indexés dans le thésaurus Agrovoc de la FAO (<http://aims.fao.org/standards/agrovoc/functionalities/search>). Les mots clefs seront séparés par des virgules. Indiquer d'abord l'espèce ou l'objet au centre de l'étude et terminer par le pays où a eu lieu l'étude. Exemple : Iroko, *Milicia excelsa*, variation génétique, RAPD, structure des populations, Bénin.

4.3 Texte

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et méthodes, Résultats, Discussion, Conclusion, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Si l'auteur le désire, Résultats et Discussion peuvent être combinés.

Introduction : L'introduction présente la nature et importance du problème et le place dans le contexte de ce qui est déjà connu (revue de la littérature). Elle permet de justifier le choix de l'hypothèse et de la démarche scientifique. Les objectifs, les questions ou les hypothèses de l'étude doivent être clairement énoncés et découler logiquement de la problématique et du point des connaissances présentés.

Matériel et Méthodes : Cette section présente les méthodes employées pour arriver aux résultats et permet de juger de la valeur scientifique des travaux. La description du protocole expérimental doit contenir (Dagnelie, 2012): les conditions de réalisation de l'expérience ou de la recherche ; les individus qui ont été observés (population, échantillonnage...) ; l'organisation de l'expérimentation (durée, traitements, nombre d'observations, d'échantillons, de répétitions...) ; les observations qui ont été réalisées (variables dépendantes et indépendantes) et les méthodes (techniques, instruments...) de collecte de ces observations ; les outils statistiques d'analyse des observations ; l'incertitude relative et la précision des instruments. Pour un protocole déjà bien décrit dans la littérature, une description brève avec un renvoi à une référence sont suffisantes.

Résultats : Cette section sert à présenter les principaux résultats de l'étude (sous forme de chiffres, de tableaux et/ou de figures), sans interprétation ou discussion et en relation avec la question ou l'hypothèse centrale de la recherche. Un ordre de présentation logique représentant le raisonnement de l'auteur doit être employé, afin d'aider le lecteur à comprendre ce raisonnement.

Discussion : Dans cette partie, la réponse à la question ou l'hypothèse centrale doit être apportée. Il faut faire référence aux résultats, sans les reprendre, et expliquer comment ces nouveaux résultats améliorent la connaissance scientifique. La discussion doit aussi apporter une explication sur les résultats, y compris ceux non attendus, en lien avec les recherches précédentes, et présenter au besoin les limites de la recherche réalisée.

Conclusion : Elle précise les implications théoriques et pratiques importantes de l'étude ainsi que les perspectives et/ou recommandations en lien avec résultats présentés. Elle est différente du résumé et ne doit pas être une reprise de celui-ci.

Remerciements : Introduire si nécessaire une section « Remerciements » pour les contributeurs techniques, financiers ou institutionnels.

4.4 Références bibliographiques

Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Dans le texte, les références sont citées en précisant les noms des auteurs (sans les prénoms ou initiales des prénoms) et la date de publication de la manière suivante : Dupont (1995) ou Dupont & Dupont (1990) ou dans le cas de plus de deux (2) auteurs, Dupont et al. (1978). Dans les cas de plusieurs citations d'auteurs-date, les séparer par un point-virgule. Si un auteur donné ou plusieurs mêmes auteurs ont publié la même année, ajouter les lettres a, b, c, etc. après l'année de publication. Il est déconseillé de citer des documents non publiés (à l'exception des textes officiels) ou difficiles à trouver.

Dans la liste des références bibliographiques, les noms d'auteurs seront rangés par ordre alphabétique des noms des auteurs. Citer tous les auteurs jusqu'à 6 ; au-delà de 6, maintenir les 6 premiers, suivis de et al. Lorsqu'un article ou un document est téléchargeable ou au moins consultable sur Internet, indiquer entre parenthèses, à la fin de la référence, l'URL correspondante. Il est aussi recommandé de préciser le DOI d'une référence bibliographique, lorsqu'il existe.

Les noms des revues scientifiques ou des titres de conférences peuvent être abrégés. Le cas échéant, utiliser les standards internationalement reconnus. Voir par exemple :

- https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A_abrvjt.html
- http://www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/office/abk_EN
- <http://library.stanford.edu/guides/find-journal-abbreviations>

Selon les types de publications, les références bibliographiques seront présentées de la manière suivante :

* Pour les revues

- Adjanohoun E. 1962. Etude phytosociologique des savanes de la basse Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio* 11 : 1-38.
- Grönblad R. Prowse G. A. & Scott A. M. 1958. Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.* 58: 1-82.
- Thomasson K. 1965. Notes on algal vegetation of lake Kariba. *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal.*, ser. 4, 19 (1) : 1-31.
- Poche R. M. 1974a. Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest) in West Africa. *J. Applied Ecology*, 11: 963-968.
- Poche R. M. 1974b. Ecology of the African elephant (*Loxodonta africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38: 567-580.

* Pour les contributions dans les livres

- Whitton B.A. & Potts M. 1982. Marine littoral: 515-542. In: Carr N.G. & Whitton B. A. (eds.), The biology of cyanobacteria. Oxford, Blackwell.
- Annerose D. & Cornaire B. 1994. Approche physiologie de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. In Reyniers F. N. & Netoyo L. (eds). Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

* Pour les livres

- Zryd J. P. 1988. Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.
- Stuart S. N., Adams R. J. & Jenkins M. D. 1990. Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN- The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

* Pour les thèses

- Batonon D. I. 2014. Systèmes d'alimentation alternatifs pour le développement des filières volaille en régions chaudes. Thèse de Doctorat, Université François Rabelais, Tours, France, 160 p.

* Pour les communications

- Viera da Silva J. B., Naylor A. W. & Kramer P. J. 1974. Some Ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sci. USA: 3243-3247.
- Lamachere J. M. 1991. Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n°199 : 109-119.

* Pour les abstracts

- Takaiwa F. & Tanifuji S. 1979. RNA Synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiol., 20 (5): 875-884. In: Crop Physiology Abstracts, 1980, 4533.

* Pour les sites web

- Heuzé V., Tran G., Bastianelli D., Hassoun P. & Renaudeau D. 2015. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) tubers. Feedipedia, INRA, CIRAD, AFZ, FAO, www.feedipedia.org/node/745 (consulté le [jour mois année]).

4.5 Logiciel de gestion des références bibliographiques et styles applicables

Pour faciliter la préparation de votre manuscrit, nous vous recommandons fortement d'utiliser un logiciel de gestion des références bibliographiques. Il en existe plusieurs gratuits sur Internet dont les plus populaires sont Mendeley (www.mendeley.com) et Zotero (www.zotero.org). Les fichiers de styles pour ces deux logiciels (et aussi Papers2) s'appuient sur un langage appelé « Citation Style Language (CSL) » et peuvent donc être utilisés indifféremment avec l'un ou l'autre des logiciels. Les paragraphes ci-après expliquent la procédure d'installation du style de la revue Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » dans Mendeley et dans Zotero.

Installation du style SNA-UP dans Mendeley : Le style propre aux Annales de l'Université de Parakou – Série Sciences Naturelles et Agronomie est téléchargeable à l'adresse suivante : <http://csli.mendeley.com/styles/14860463/harvard-AnnalesUP-SNA-1>. Pour l'installer dans Mendeley, aller dans le menu : View >> Citation Styles >> More Styles (aller sur l'onglet Get More Styles). En bas de la boîte de dialogue, ajouter le lien ci-dessus et cliquer sur Download. Le style est automatiquement installé et vous pouvez dès cet instant le choisir pour mettre en forme vos références.

Installation du style SNA-UP dans Zotero : Avec l'application Zotero standalone, vous devez d'abord télécharger le style sur votre ordinateur (avec l'extension « .csl ») depuis l'adresse : <http://csli.mendeley.com/styles/14860463/harvard-AnnalesUP-SNA-1>. Pour l'installer, faites ensuite un clic-double sur le fichier téléchargé pendant que l'application Zotero est ouverte et confirmez l'installation.

4.6 Illustrations : tableaux et figures

Tous les tableaux et figures doivent être numérotés en chiffres arabes (tableau 1 ; figure 2) et cités dans le manuscrit avec leur numéro dans un ordre chronologique. Chaque tableau ou figure doit avoir un titre. Leurs titres et légendes doivent être clairs, concis et bien préciser le contenu pour être compréhensibles sans recours au texte. Les schémas, cartes et photos sont uniformément désignées comme des figures.

Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau de données, et ceux des figures seront écrits en bas des illustrations. Les figures et les tableaux seront positionnés immédiatement après leur première citation dans le texte ou sur la page suivant immédiatement (et non en fin de l'article).

Pour les tableaux et les figures comprenant du texte, utiliser une police de taille 11 ou 12 ; autrement ils deviendraient illisibles, après réduction. Dans les figures, éviter les trames et préférer des figurés plus grossiers (points, hachures...) et utiliser une résolution minimum de 600 dpi environ pour les schémas contenant des lignes et 400 dpi pour les images tramées, photos ou graphiques avec nuances de gris pour que les figures soient lisibles. Les figures (schémas, cartes, photos, ...) en couleur sont acceptées mais les tableaux seront présentés de préférence en noir et blanc.

Pour les tableaux, les bordures des colonnes seront rendues invisibles et seules les bordures de la première ligne et de la dernière ligne seront visibles.

Dans l'hypothèse où certaines des illustrations seraient réalisées par des tiers, qu'elles aient déjà été publiées ou non, l'auteur s'engage à obtenir auprès de ces derniers l'ensemble des autorisations nécessaires à l'intégration de ces illustrations dans son article et à leur exploitation sous cette forme. Il fournira ces autorisations de reproduction avec son manuscrit. Les actes officiels (lois, décrets, décisions...) ne sont pas concernés.

4.7 Matériel supplémentaire

Des éléments non essentiels à la compréhension du travail, mais dont les auteurs pensent qu'ils peuvent avoir un intérêt pour les lecteurs, peuvent être annexés à l'article ; ils sont présentés à sa suite (après les références) comme « matériel supplémentaire ». Les matériels supplémentaires sont indiqués dans le texte par des appels : « (matériel supplémentaire I)... ».

5 Politique de droits d'auteurs

Les droits d'auteurs sur le contenu des articles publiés dans les Annales de l'Université de Parakou Série « Sciences Naturelles et Agronomie » demeurent à leurs auteurs. Ceux-ci garantissent que le contenu de ces articles est original, qu'ils sont bien titulaires des droits et que l'article n'a pas déjà été publié dans une autre revue ou sur tout autre type de support. Les auteurs garantissent également que l'article ne contient aucun emprunt à une œuvre de quelque nature que ce soit. Dans le cas contraire, les auteurs fournissent les autorisations signées des titulaires des droits de ces œuvres pour cette nouvelle exploitation.

Les auteurs autorisent la revue à publier leurs articles en ligne. Ils sont libres de reproduire l'article, à en distribuer des exemplaires, à présenter, représenter ou communiquer les articles au public par tout procédé technique.

6 Conseils généraux

- Conseils méthodologiques : Pochet B. (2015). Comprendre et maîtriser la littérature scientifique. Accessible aux adresses suivantes : <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/186181> et <http://infolit.be/CoMLiS>.
- Logiciels gratuits pour l'édition des images : <https://www.webpagefx.com/blog/web-design/10-excellent-open-source-and-free-alternatives-to-photoshop/> et <http://www.archimag.com/vie-numerique/2016/03/02/3-outils-gratuits-retoucher-photos-pro>
- Logiciels gratuits de gestion des citations et références bibliographiques : https://www.mpl.ird.fr/documentation/download/ENW_Zotero_Mendeley_AperoDoc.pdf et <http://espacechercheurs.enpc.fr/fr/lgrb>
- Logiciels anti-plagiat gratuits : <http://www.archimag.com/bibliotheque-edition/2017/03/01/plagiat-3-outils-reperer-copies-colles> ; <https://www.redacteur.com/blog/logiciel-anti-plagiat-gratuit/> et <http://www.precisement.org/blog/Logiciels-anti-plagiat-gratuits-et-payants-une-selection.html>.

La rédaction remercie les auteurs de l'attention qu'ils porteront à suivre ces instructions. Leur strict respect facilitera grandement la publication de leur article et réduira les délais de parution.