



Annales de l'Université de Parakou

ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Parakou, Bénin

Série « Sciences Naturelles et Agronomie » Décembre 2018, Volume 8, Numéro 2



Forêt claire à *Isoberlinia doka* Craib & Stapf (Caesalpiniaceae) dans la commune de Bassila au Bénin. Photo : BIAOU Samadori S. Honoré (Juillet 2003).

Les forêts claires à *Isoberlinia doka* couvrent près de 20 millions ha en Afrique de l'Ouest (<https://goo.gl/x1LmXq>). Avec son fût assez droit et sans contreforts, *Isoberlinia doka* fait actuellement partie des arbres forestiers les plus exploités comme bois d'œuvre au Bénin.

Plusieurs parties de l'arbre ont également des usages en médecine traditionnelle.

Annales de l'Université de Parakou

Revue publiée par le Vice Rectorat chargé de la Recherche Universitaire (RU/UP)
Université de Parakou, BP 123 Parakou (Bénin) ; Tél/Fax : (229) 23 61 07 12
Email : revue.sna.anales-up@fa-up.bj
Dépôt légal N° 11084 du 08/02/2019, 1er Trimestre, Bibliothèque Nationale
ISSN 1840-8494 / eISSN 1840-8508

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Comité d'édition

Président : Dr Prosper GANDAHO, Professeur titulaire

Vice-Président : Dr O. Holden FATIGBA, Maître de Conférences Agrégé

Membres :

Dr Ibrahim ALKOIRET TRAORE,
Professeur titulaire

Dr C. Ansèque GOMEZ, Maître de
Conférences

Dr Diane GANDONOU, Assistante

Comité d'impression :

Dr Erick Virgile AZANDO, Maître
Assistant

Dr Moutawakilou GOMINA, Maître
de Conférences Agrégé

Dr Sosthène AHOTONDJI, Assitant

Mr B. Ahmed KIMBA

Mr Kayodé Roland CHABI

Mr Wilfried ETEKA

Comité de Publication, Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Directeur de Publication :

Dr Ibrahim ALKOIRET TRAORE,
Professeur titulaire

Secrétaire de publication :

Dr Youssouf TOUKOUROU,
Maître de Conférences

Membres :

Dr Samadori S. Honoré BIAOU,
Maître de Conférences

Dr Gilles NAGO,
Maître Assistant

Dr Franck HONGBETE,
Maître de Conférences

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)

Prof B. BIAO (Economie, Bénin)

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

Prof D. KOSSOU (Phytotechnie, Bénin)

Prof E. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin)

Prof F. A. ABIOLA (Ecotoxicologie, Bénin)

Prof G. A. MENSAH (Zootéchnie, Bénin)

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 (RU/UP)

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

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

Dépôt légal N° 11084 du 08/02/2019, 1er Trimestre, Bibliothèque Nationale

ISSN 1840-8494 / eISSN : 1840-8508

Série « Sciences Naturelles et Agronomie »

Sommaire - Volume 8, Numéro 2 (Décembre 2018)

Contenu et auteurs	Pages
Caractérisation de la production cotonnière conventionnelle et amélioration de la durabilité écologique du système de production au Nord du Bénin Rodrigue V. Cao DIOGO, Prudence HOUEDEGNON, Mélanie DJEDJE	1-14
Perceptions des producteurs de fonio sur les variations climatiques et leurs impacts sur la culture du fonio à Boukombé Armand K. NATTA, Samadori S. H. BIAOU, M ^o Mouyohoun KOUAGOU, N ^o Félikan N ^o TCHA CHIKE, M ^o Po N ^o TIA OPALA, Anatole BOUKARI	15-25
Analyse de l'efficacité économique de la production du coton biologique équitable au Bénin Sagbo Paul HOUNTONDJI, Silvère D. TOVIGNAN, Epiphane SODJINOU	27-38
Plant life forms and chorological types as indicators of land use effect on plant community patterns in Sudanian zone Eméline S. P. ASSEDE, Samadori S. H. BIAOU, Brice SINSIN	39-49
Variabilité climatique et production halieutique du lac Nokoué dans les Aguégués au Bénin Calèche Nehemie Nounagnon AVAHOUIN, Henri Sourou TOTIN VODOUNON, Ernest AMOUSSOU	51-61
Fallows practices and economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin: an application of the Farm Sustainability Indicators approach I. Firmin AKPO, A. Thierry KINKPE, N. Aimée DEDEDJI, A. Jacob YABI	63-70

Pôles de Développement Agricole du Bénin : vers une régionalisation de l'agriculture béninoise en Afrique de l'Ouest	71-82
Patrice Ygué ADEGBOLA, Gbènakpon Aubin Yamonwan Guénolé AMAGNIDE, Biaou Denis OLOU, Comlan Hervé SOSSOU, Guirguissou MABOUDOU ALIDOU, Cossi Léonard HINNOU, Brice Tiburce Cossi OUSSOU, Baudelaire KOUTON-BIGNON, Raoul ADEGUELOU, Jérôme DJIDONOU, Ulrich ARODOKOUN, Aurelle SEDEGNAN	
Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin	83-91
Gildas Louis DJOHY, Ange Honorat EDJA	
Appropriation des règles et conflits dans la gestion collective des magasins de warrantage dans la commune de Bembèrèkè au Bénin	93-102
Samsoudine I. MACHIOUDOU, Ismail M. MOUMOUNI, Clarisse TAMA, Paul K. JIMMY	
Performances technico-économiques comparées des systèmes traditionnel et moderne d'étuvage du riz dans les communes de Gogounou et Banikoara au Nord-Bénin	103-114
Tankpinou Rémy GBEDE, Dado Philomène BIAOU, Agossoussi Thierry KINKPE, Afouda Jacob YABI	
Pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols et performance économique des producteurs de maïs au Nord-Bénin	115-124
Innocent Adédédji LABIYI, Rosaine Nérice YEGBEMEY, Victorine Dukpè OLODO, Jacob Afouda YABI	
Facteurs socioéconomiques déterminants l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières de Banikoara au Nord Bénin	125-135
Barnabé AGALATI, Honorat A. EDJA, Philomène D. BIAOU, Faridath ABOUDOU, Jacob Afouda YABI	
Processus d'adoption des technologies de stockage et de conservation du maïs au sud du Bénin	137-149
Imarath ADEOTI, Patrice ADEGBOLA, Epiphane SODJINOU, Razack ADEOTI, Nour-Eddine SELLAMNA	
Efficacité des structures de stockage et de conservation du maïs au centre et au Nord du Bénin : cas des communes de Savalou et Boukoumbé	151-167
E. SISSINTO-GBENOU, Y. P. ADEGBOLA, R. DISCHL, M. FISCHLER, P. M. HESSAVI, S.K. OHOUKO, S. D. VODOUHE, G. BIAOU	
Remerciements aux évaluateurs des manuscrits soumis en 2017 et 2018	169-170
Instructions aux auteurs	171-178



Caractérisation de la production cotonnière conventionnelle et amélioration de la durabilité écologique du système de production au Nord du Bénin

Rodrigue V. C. DIOGO^{1,2,*}, Prudence HOUDEGNON², Mélanie DJEDJE³

¹ Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Production Végétale, BP 123 Parakou, Bénin

² Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Département des Sciences et Techniques de Productions Animale et Halieutique, Parakou, Bénin

³ Protection et Réhabilitation des Sols pour la Sécurité Alimentaire (ProSOL-GIZ), 08 BP 1132 Cotonou, Bénin

Reçu le 23 Juin 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Characterization of conventional cotton production and improvement of ecological sustainability of the production system in northern Benin

Abstract: The increasing production of conventional cotton in Benin raises concerns about farmers' use and management of pesticides (herbicides & insecticides mainly) and mineral fertilizers, their potential health risks, and the environmental and economic sustainability deriving from such production. We characterized the input management practices of 156 conventional cotton growers selected randomly in the Sudanian zone of Benin. The municipality of Gogounou, which recently experienced increases in the use of pesticides and fertilizers was selected for this case study. We used principal component analysis (PCA) and ascending hierarchical classification (AHC) to determine the typology of the conventional cotton production system. Three types of conventional cotton farms were identified with significant surpluses of insecticides (77% farms) and herbicides (60% farms) use and inadequate mineral fertilizer application (25% less in average) compared to the official recommendations. Producers from group 1 applied 14.4 times more insecticide than those in group 2, when compared to recommended values, $P < 0.05$. Also, those in group 3 significantly differed from group 1 by the amount of insecticide (DIA), the formulations of insecticide slurry (FBIA), and herbicide slurry applied (FBHA; $P < 0.05$). As for fertilizers, lower rates (than the recommended value of 150 kg/ha) were determined. Thus, low fiber yields of 0.9 - 1.1 t/ha have been recorded. The assessment of potential environmental and health risks due to contamination of maize and streams revealed low levels of pesticides in corn and sediments samples, which were all below detection limit. Despite the high use of pesticides, very low cotton yields were recorded which implies a mismanagement by the farmers and calls for a strict regulation for environmental health and food safety.

Keywords: Mineral fertilizers, pesticides, sustainable agriculture, health risks, Gogounou, Benin.

Résumé : La production accrue du coton conventionnel au Nord Bénin soulève des inquiétudes concernant les pratiques d'utilisation et de gestion des intrants tels que les pesticides et les engrais minéraux. Afin de vérifier ces indications et de suggérer des mesures adéquates pour garantir la durabilité environnementale et économique de cette production, les pratiques de gestion des intrants de 156 cotonculteurs conventionnels sélectionnés au hasard dans la zone soudanienne du Bénin ont été caractérisées. La commune de Gogounou ayant connu l'augmentation de l'utilisation des pesticides et des engrais ces dernières années a été choisie pour cette étude de cas. Une typologie des exploitations a été faite par l'analyse en composantes principales (ACP) suivie de la classification hiérarchique ascendante (CHA). Les résultats ont montré trois types d'exploitations cotonnières conventionnelles marquées par des excédents considérables d'insecticides (77% d'exploitation) et d'herbicides (60% d'exploitation) et l'utilisation inadéquate d'engrais minéraux (25% de moins en moyenne) par rapport aux doses

recommandées. Les producteurs du groupe 1 appliquaient 14,4 fois plus d'insecticides que ceux du groupe 2 en comparant aux doses recommandées, $P < 0,05$). De même, ceux du groupe 3 différaient significativement du groupe 1 par la quantité d'insecticide (DIA), la formulation de bouillie insecticide (FBIA) et la suspension d'herbicide appliquée (FBHA, $P < 0,05$). Quant aux engrais, des doses inférieures à la dose recommandée de 150 kg/ha ont été déterminées. Ainsi, des rendements faibles en fibres de 0,9 - 1,1t/ha ont été enregistrés. L'évaluation des risques environnementaux et de santé a révélé de faibles niveaux de résidus d'acétamipride de cyfluthrine et de fluométuron dans les sédiments et grains de maïs certainement dus à la limite de détection. Malgré la forte utilisation de pesticides, les rendements en coton étaient très faibles, impliquant une mauvaise gestion des intrants par les agriculteurs et appelle à une réglementation stricte pour garantir la sécurité sanitaire des aliments et la santé de l'environnement.

Mots clés: Agriculture durable, engrais chimiques, pesticides, risques de santé, Gogounou, Bénin.

1. Introduction

Au Bénin, le coton conventionnel contribue à lui seul à environ 96 % de la production nationale de coton (Organique Exchange, 2008). Cependant, sa production soulève d'énormes polémiques environnementale et de santé (FAO, 2015). Ceci s'explique par les mauvaises pratiques culturales dont des techniques de cultures inappropriées et une gestion inadéquate des fertilisants et pesticides avec pour corollaires des risques sur la santé de l'homme (Toe, 2004) et de l'environnement (Eduor et al., 2010). Face à cette situation, la caractérisation du système de production pour améliorer sa durabilité s'impose (Assogba, 2014 ; FAO, 2015 ; ITK-AidCoton, 2015). Au plan environnemental, les conséquences thématiques majeures de la production conventionnelle de coton sont entre autres : (i) la gestion des ravageurs et des pesticides (Savadogo et al., 2006; Assogba, 2013), (ii) la gestion des nutriments et par conséquent de la fertilité des sols (FAO, 2015 ; ITK-AidCoton, 2015), et (iii) la gestion de l'eau. La gestion des ravageurs constitue un défi à la production agricole cotonnière. La perte cotonnière due à la mauvaise gestion des ravageurs est estimée à environ 20% (Ferron et al., 2006). Face à cet enjeu économique déterminant, les producteurs de coton conventionnel utilisent une panoplie de mesures pour contrôler les ravageurs. L'usage des pesticides occupe une place de choix. Quoique, des données existent sur les types de pesticides utilisés dans ces systèmes de production (Agbohessi et al., 2011 ; Adéchian et al., 2015), les doses réellement appliquées sont peu connues et varieraient suivant les types d'exploitation. Aussi, les doses réelles d'engrais appliquées par les cotonculteurs sont très peu connues.

Au Bénin, plusieurs études ont abordé les antinomies entre exigences et pratiques recommandées et les pratiques paysannes de la gestion des pesticides chimiques de synthèse (PCS). De plus, ces études se sont souvent effectuées par des enquêtes rétrospectives et sont à court terme et ont souvent manqué d'appréhender toutes les pratiques paysannes réelles relatives à l'utilisation efficiente des PCS et de la gestion des fertilisants minéraux (Agagbé, 2008; Agbohessi et al., 2011; Adéchian et al., 2015). Aussi, des données manquent sur l'évaluation des risques de contamination des cultures produites non loin des champs de coton (Eduor et al., 2010). L'appréhension des pratiques paysannes de la gestion des PCS et des fertilisants s'avère indispensable pour convaincre les décideurs sur les actions de durabilité environnementale à entreprendre dans ce secteur vital poumon de l'économie béninoise (Topanou et al., 2015).

Il urge de caractériser et d'analyser le *statu quo* observé dans les systèmes de production de coton conventionnel au Bénin afin d'assurer leur durabilité écologique.

Cette étude s'est focalisée sur les exploitations conventionnelles de coton de la zone soudanienne avec comme cible la commune de Gogounou. Elle vise à : (i) caractériser la diversité des systèmes de production du coton conventionnel en évaluant les pratiques et l'efficacité d'utilisation des intrants majeurs (pesticides et fertilisants) par les producteurs, (ii) quantifier les teneurs en résidus de pesticide dans le maïs produit en culture adjacente au coton et dans les sédiments des rivières environnantes et (iii) analyser la durabilité environnementale du système de production de coton conventionnel.

Vu la pluralité des situations à décrire, les typologies aident à simplifier la réalité tout en respectant les particularités principales.

* Auteur Correspondant : rodrigue.diogo@fa-up.bj ;

dcao_bj@yahoo.fr, Tel:+229-61161525

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

Les typologies d'exploitations agricoles permettent de comparer des groupes d'exploitations entre elles, de juger de leur fonctionnement, d'identifier des solutions éventuelles aux problèmes rencontrés et d'élaborer des recommandations adaptées (Djenontin et al., 2004 ; Dossa et al., 2012). Elles permettent de fournir à l'usage des décideurs une image de l'activité agricole locale pour orienter les actions de développement (Roybin, 1987).

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre de l'étude

L'étude a été réalisée dans la commune de Gogounou, l'une des communes du bassin cotonnier ayant connu l'augmentation de l'utilisation des pesticides et des engrais ces trois dernières années. Gogounou est situé entre 10°33' et 10°57' latitude Nord et 2°15' et 3°15' longitude Est. Cette commune est limitée au Nord par les communes de Kandi et Banikoara, au Sud par les communes de Sinende et Bemberèké, à l'Est par la commune de Ségbana et à l'Ouest par la commune de Kérou (PDC, 2009). Elle est entièrement située dans le département de l'Alibori et compte six arrondissements dont Gogounou, Bagou, Zoungou-Pantrossi, Gounarou, Ouarou et Sori. Gogounou est caractérisé par un climat de type tropical avec un régime unimodal caractérisé par deux saisons contrastées qui font de cette région, un milieu peu favorable aux exploitations agricoles. Il existe une variété de sols (ferrugineux, alluviaux et argilo – sableux) dans la région (Adam, 2005). Or la nature du sol et la pluviosité sont connues comme des facteurs qui influencent la teneur des sols en pesticides et métaux lourds (Savadogo et al., 2006). La végétation prédominante est composée des forêts galeries soumise à une forte influence anthropique (PDC, 2009). Les activités économiques sont basées sur l'agriculture qui occupe plus de 80% de la population (IFDC, 2007). L'activité agricole y est menée autour des spéculations coton, maïs, sorgho, igname et mil.

Le choix des arrondissements et des villages de la zone d'étude a été fait de façon participative avec les membres du bureau de l'Union Communale des Producteurs de Coton (UCPC) de Gogounou, des gros producteurs de coton, les secrétaires généraux des Coopératives Villageoises des Producteurs de Coton (SG/CVPC), et les agents d'encadrement du centre communal de vulgarisation. Il était basé sur les quantités de pesticides commercialisées par le service public de vulgarisation lors de la campagne agricole 2011-2012 (Tableau 1). Un arrondissement a été considéré comme gros consommateur pour un pesticide chimique agricole formel (PCA) si sa consommation est supérieure à la consommation moyenne par arrondissement

pour le pesticide considéré. Ainsi, les gros consommateurs des PCA de coton étaient Bagou et Sori, les arrondissements de consommation moyenne étaient Gounarou et Warra, tandis que l'arrondissement de Gogounou était considéré de petite consommation. Au total, 7 villages ont été enregistrés pour cette étude dans les trois arrondissements majeurs considérés (Bagou, Gogounou et Gounarou).

L'exploitation agricole cotonnière conventionnelle a été constituée comme unité d'observation, dans laquelle les données ont été collectées. La relation de Lahcen (2014) a été utilisée pour constituer un échantillon de 156 producteurs de coton conventionnel enquêtés, où :

$$n = \frac{N}{1 + N * e^2}$$

La taille de l'échantillon était $n = 156$, le niveau de précision $e = 0,080$ et la taille de la population agricole des arrondissements enquêtés est $N = 39241$ habitants (INSAE, 2013).

En appliquant le taux de proportionnalité de la taille de la population de chaque arrondissement à celle de l'échantillon, 103 producteurs ont été retenus à Bagou, 25 producteurs à Gounarou et 18 producteurs à Gogounou. Les cotonculteurs enquêtés ont été tirés au hasard dans la liste des membres de la CVPC fournie par leur Secrétaire.

L'enquête a été effectuée durant toute la campagne cotonnière 2015-2016 et plus précisément lors de l'utilisation des Produits Chimiques de Synthèse (PCS : Pesticides et fertilisants) dans les champs. Des entretiens individuels sur la base d'un questionnaire structuré ont permis de collecter la perception des producteurs par rapport à la gestion des pesticides et ravageurs, la gestion des fertilisants et de la fertilité du sol. Aussi, des entretiens sur la base d'un guide d'entretien ont eu lieu avec les Techniciens Supérieurs en Production Végétale de l'ex-Secteur Communal de Développement Agricole de Gogounou (TSPV/ex-SCDA), les encadreurs des producteurs et les secrétaires généraux des CVPC et ont permis de recueillir des données sur les caractéristiques de la production cotonnière communale, les quantités des PCS recommandées et celles effectivement utilisées dans les champs, les exigences et pratiques recommandées dans la gestion des PCS agricoles. Par la suite, des observations directes dans certains champs de coton et sur les marchés ont aidé à élaborer le répertoire des PCA employés.

Tableau 1 : Consommation officielle des pesticides coton par arrondissement dans la commune de Gogounou de 2011-2012

Arrondissements	Herbicides (en %)				Insecticides (en %)			
	Cottonex (l)	Kalach (l)	Garil (l)	Lagon (fl)	Tihan (fl)	NurelleD (l)	Ema (fl)	Thunder (l)
Bagou	35,1*	32,7	40,3	8,5	29,0	30,9	29,9	16,7
Goumarou	11,4	16,2	17,1	17,8	20,2	19,9	18,2	12,2
Zoungou Pantrossi	7,7	7,4	1,3	10,9	10,2	9,7	8,6	17,3
Sori	22	23,2	24,4	11,8	22,9	22,1	26,9	26,6
Warra	15	12,9	6,3	6,0	11,7	11,5	12,2	17,4
Gogounou	8,8	7,6	10,7	45,0	6,1	5,9	4,2	9,8
Commune (Total)	40669	39491	1907	731	38783	27481	33278	8200

*Pourcentage; (l) : litre; (fl) : flacon de 0,20 l. Source : SCDA-Gogounou (2012) et Adechian et al. (2015).

2.2. Analyse des données

Une typologie des exploitations a été faite afin de catégoriser les pratiques paysannes d'utilisation et de gestion des PCS des exploitations cotonnières enquêtées. Pour l'évaluation des risques des pratiques paysannes des différents groupes de cotonculteurs, des échantillons composites de sédiments (1,5 kg) et de maïs grains (2 kg) ont été prélevés de façon aléatoire, respectivement dans des cours d'eau et les champs de maïs connexes aux champs des cotonniers. Ils ont été analysés pour les résidus des PCA dont acétamipride, cyfluthrine (Sédiment et maïs grain) et fluméturon (Sédiment uniquement) au Laboratoire Central de Contrôle de la Sécurité Sanitaire des Aliments (LCSSA-Cotonou).

Les sédiments ont été préférés aux eaux interstitielles parce qu'ils témoignent du niveau de pollution des activités anthropiques (Gnandi et al., 2007) et constituent le lieu de dépôt de tout ce qui est transporté du continent (Eduor et al., 2010).

Afin d'évaluer l'impact des pratiques des producteurs sur la gestion de la fertilité du sol et la durabilité du système de production, deux indicateurs ont été pris en compte à savoir : l'indice de faisabilité des pratiques et leur rang. L'indice de faisabilité étant la somme des impacts des exploitations sur les pratiques de maintien de la fertilité des sols. Le rang à lui permet le classement des pratiques. La pratique ayant l'indice de faisabilité le plus élevé étant la plus exécutée par l'exploitation.

2.3. Analyse statistique

Le logiciel statistique R (version 3.4.3) a été utilisé pour l'analyse des données. Une typologie des exploitations a été faite après une réduction de variables par l'Analyse en Composante Principale (ACP) suivie de la Classification Hiérarchique Ascendante (CAH). Le test de Student (test t) a été utilisé pour comparer les doses moyennes des produits chimiques de synthèse appliquées par les producteurs aux normes recommandées. L'analyse de variance (ANOVA) a été effectuée pour comparer les moyennes des trois groupes de producteurs identifiés après vérification de la distribution du résiduel. Le test de Tukey HSD a été utilisé pour les comparaisons *à posteriori* au seuil de 5%.

3. Résultats

3.1. Typologie des exploitations cotonnières conventionnelles

Une caractérisation générale des exploitations agricoles a permis de remarquer que les chefs d'exploitations cotonnières sont relativement jeunes avec un âge moyen de $41,6 \pm 12,30$ ans. Environ 55,8% parmi eux ont une ancienneté en production cotonnière conventionnelle inférieure ou égale à 11 ans. Aussi, 50,6% des exploitations emblavent des superficies de moins de 4,25 ha et 40,4% entre 4,25-10 ha (Tableau 2). Les autres variables décrivant les exploitations sont décrites dans le tableau 2.

Trois groupes de producteurs de coton conventionnel ont été identifiés dans la commune de Gogounou à partir d'un groupe de 10 variables (Figure 1) qui ont expliqué environ 73% des variations observées (Tableau 3).

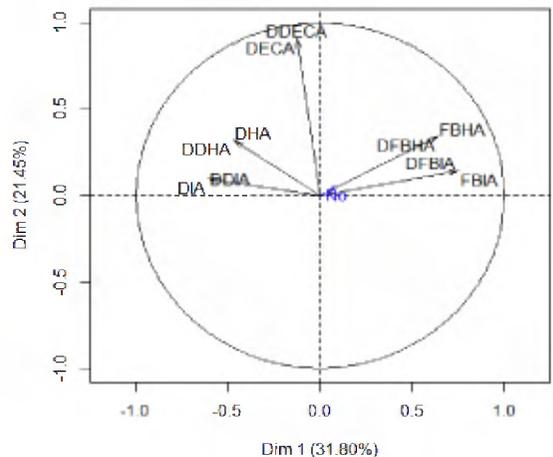


Figure 1 : Projection des 10 variables de la typologie décrivant les producteurs de coton conventionnel sur les axes factoriels 1 et 2.

DIA = dose d'insecticide appliquée ; DIR = dose d'insecticide recommandée ; FBIA = formulation de la bouillie d'insecticide appliquée ; FBIR = formulation de la bouillie d'insecticide recommandée ; DHA = dose d'herbicide recommandée ; DHR = dose d'herbicide recommandée ; FBHA = formulation de la bouillie d'herbicide appliquée ; FBHR = formulation de la bouillie d'herbicide recommandée ; DEC(NPKSB)A = dose d'engrais composé NPKSB appliquée ; DEC(NPKSB)R = dose d'engrais composé NPKSB recommandée.

Tableau 2 : Variables décrivant les producteurs de coton conventionnel à Gogounou, Nord Bénin

Codes et définition des variables	Modalités	Signification des modalités	Fréquences (%) des producteurs
LC = Localisation du cotonculteur	1	Gogounou Centre	7,0
	2	Ouéré	4,5
	3	Bagou Centre	20,5
	4	Kérou Bagou	25,6
	5	Badou	19,9
	6	Gounarou Centre	17,3
	7	Boro	5,1
AGC = Age du cotonculteur (ans)	1	≤ 33	26,3
	2	33 - 48	44,2
	3	≥ 48	29,5
APC = Ancienneté en production de coton (ans)	1	≤ 11	55,8
	2	11 - 21	30,1
	3	≥ 21	14,1
SEC = Superficie de coton emblavée (ha)	1	≤ 4,25	50,6
	2	4,25 - 10	40,4
	3	≥ 10	9
DIA = Dose d'insecticide appliquée (l/ha)	1	≤ 1	75
	2	1 - 2,5	18,6
	3	≥ 2,5	6,4
DDIA = Différence de dose d'insecticide appliquée par rapport à la normale (Nombre de fois)	1	≤ 3	75
	2	3 - 9	18,6
	3	≥ 9	6,4
FBIA = Formule en bouillie d'insecticide appliquée (l/ha)	1	≤ 3,12	40,4
	2	3,12 - 7	38,5
	3	≥ 7	21,1
DFBIA = Différence de formule en bouillie d'insecticide appliquée par rapport à la normale (%)	1	≤ -68,8	40,4
	2	-68,8 - (-30)	38,5
	3	≥ -30	21,1
FTI = Fréquence des traitements d'insecticide par saison	1	≤ 5	12,9
	2	5 - 7	70,5
	3	≥ 7	16,7
DHA = Dose d'herbicide appliquée (l/ha)	1	≤ 2	50,7
	2	2 - 3,5	35,2
	3	≥ 3,5	14,1
DDHA = Différence de dose d'herbicide appliquée par rapport à la normale (Nombre de fois)	1	≤ 1	50,7
	2	1,2 - 2,5	35,2
	3	≥ 2,5	14,1
FBHA = Formule en bouillie d'herbicide appliquée (l/ha)	1	≤ 10	44,9
	2	10 - 17	27,6
	3	≥ 17	27,5
DFBHA = Différence de formule en bouillie d'herbicide appliquée par rapport à la normale (%)	1	≤ -50	44,9
	2	-50 - (-15)	27,6
	3	≥ -15	27,5
FTH = Fréquence des traitements d'herbicide par saison	1	≤ 1	10,2
	2	1 - 2	77,6
	3	≥ 2	12,2
DECA = Dose d'engrais composé (N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁) appliquée (kg/ha)	1	≤ 117	64,1
	2	≥ 113	35,89
DDECA = Différence de dose d'engrais composé (NPKSB) appliquée par rapport à la normale (%)	1	≤ 16,7	64,1
	2	≥ 33,3	35,89
DUA = Dose d'urée appliquée (kg/ha)	1	= 50	100
	1	Mélange des deux	61,5
MAE = Mode d'application des engrais (N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁ et Urée)	2	Un après autre	38,5
	1	≤ 0,84	26,9
RCA = Rendement de coton obtenu sur deux années passées (t/ha)	2	0,84 - 1,25	55,8
	3	≥ 1,25	17,3

Le groupe 1 comptait 10 producteurs de coton soit 6,41 % de la population, tandis que le groupe 2 décomptait plus de la moitié de la population enquêtée (soit 84 producteurs de coton). Quant au groupe 3, il était constitué d'environ 39,74 % de la population soit 62 producteurs de coton conventionnel de la commune de Gogounou.

La meilleure représentation graphique est fournie par une projection dans un plan défini par les axes factoriels 1 et 2 (Figure 2).

Tableau 3 : Contribution cumulée à l'inertie totale des trois premiers axes factoriels de la typologie des cotonculteurs de coton conventionnel à Gogounou, Nord Bénin

Axes factoriels	% d'inertie	% Cumulée
1	31.79	31.79
2	21.44	53.24
3	19.69	72.93

3.2. Diversité dans l'utilisation des pesticides et engrais par les cotonculteurs

• Utilisation des pesticides

Une gamme variée d'insecticides (n=6) et d'herbicides (n=12) du coton était répertoriée chez les cotonculteurs de la commune de Gogounou avec des taux d'utilisation différents et des niveaux de toxicité variables. La majorité est toxique et présente des effets irréversibles très graves, voire mortels, par inhalation (Tableau 4).

Quel que soit le groupe typologique étudié, les producteurs de coton conventionnel utilisaient différentes doses d'insecticides. Les doses moyennes d'insecticide appliquées (DIA, par ha) lors d'un traitement phytosanitaire étaient de 3,6 l; 1,0 l; et 0,7 l, respectivement pour les groupes 1, 2 et 3 (Tableau 5). Alors que les doses d'insecticides Cutter 112 EC, Sibemac 112 EC et Ema Star 112 EC recommandées (DIR) par les services de vulgarisation de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est de 0,25 l/ha soit un flacon de Sibemac 112 EC et Ema Star 112 EC et deux flacons de Cutter 112 EC pour un traitement.

La différence entre les doses moyennes d'insecticides appliquées et la dose recommandée quel que soit le groupe de producteurs est significative ($P < 0,05$, Tableau 5). Les doses actuellement enregistrées étaient largement supérieures à celles recommandées et étaient 14,4 ; 4 et 2,8 fois plus grandes, respectivement, pour les groupes 1, 2 et 3.

De même, les doses de la formulation de bouillie d'insecticide (FBIA, par ha) appliquées par les producteurs étaient de 2,6 l (groupe 1) ; 3,6 l (groupe 2) et de 6,9 l (groupe 3, Tableau 5). La formulation liquide en bouillie recommandée (FBIR) étant de 10 l/ha soit 0,25 l du produit + 9,75 l d'eau. La différence entre les moyennes appliquées et celle recommandée quel que soit le groupe étaient significative ($P < 0,05$).

Quant aux herbicides : Kalach, Califor G ou Adwura Wura SL, leurs doses moyennes appliquées (DHA)

étaient de 2,7 l/ha (groupe 1) ; 2,8 l/ha (groupe 2) et de 2,1 l/ha (groupe 3), pour un traitement phytosanitaire (Tableau 5). Alors que la dose d'application d'herbicide recommandée (DHR) varie selon l'enherbement du champ. Elle est en moyenne de 1 l/ha pour les trois herbicides susmentionnés.

La différence entre les doses moyennes d'herbicides appliquées par les différents groupes de producteurs et celles recommandées était élevée et significative ($P < 0,05$; Tableau 5). En effet, les doses déterminées étaient inférieures à 5 l/ha recommandée (quel que soit l'enherbement) pour le Kalach selon le nouveau programme de protection phytosanitaire du cotonnier campagne 2011-2012 du gouvernement béninois par les services de vulgarisation de l'INRAB.

En ce qui concerne les doses moyennes de la formulation liquide d'herbicides appliquées (FBHA), elles étaient toutes inférieures à la formulation liquide en bouillie d'herbicide recommandée (FBHR) de 20 l/ha soit 1 l de produit + 19 l d'eau. La différence entre les moyennes des FBHA et celle de la FBHR était significative ($P < 0,05$; Tableau 5).

• Utilisation des engrais chimiques agricoles

Deux engrais chimiques agricoles (ECA) ont été répertoriés sur le cotonnier dont l'urée (46 %) et le $N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$ souvent appliqués en mélange (61,5% de producteurs) ou l'un après l'autre (38,5% ; Tableau 2).

L'analyse comparative des résultats des doses d'engrais composé ($N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$) appliquées (DEC_{NPKSB}A) et celle recommandée (DEC_{NPKSB}R : 150 kg/ha ; Dagbénonbakin et al. (2012) a montré que tous les groupes appliquaient des doses d'engrais significativement inférieures ($P < 0,05$) à celle recommandée (Tableau 6).

3.3. Evaluation des rendements et de la durabilité écologique du système de production

Du fait des pratiques d'utilisation inefficace des intrants (Tableau 5 et 6), les rendements du coton déterminés pour tous les trois groupes typologiques étaient très faibles comparés au rendement optimal de 3,5 t/ha, estimé par Mémento de l'Agronome (2014) en condition pluviale. Aussi, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'était observée entre les rendements moyens du coton pour les trois groupes d'exploitations cotonnières étudiés (Tableau 7).

La durabilité écologique du système de production passe aussi par l'évaluation des pratiques de gestion de la fertilité des sols des exploitations cotonnières étudiées. L'évaluation de la matrice des pratiques des cotonculteurs a montré que la fertilisation organique, le labour de conservation, la rotation, la jachère constituaient les pratiques les plus exécutées par les exploitations cotonnières (Tableau 8).

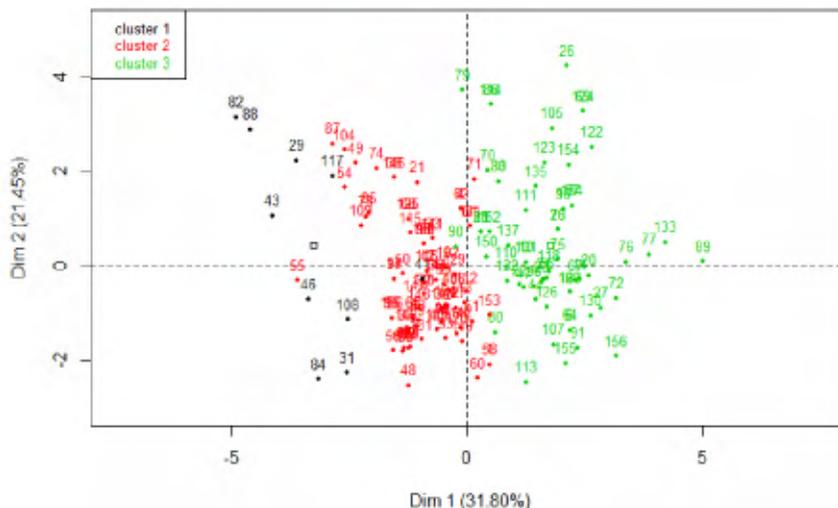


Figure 2 : Projection sur les axes factoriels 1 et 2 des producteurs de coton conventionnel de la commune de Gogounou, Nord Bénin.

Cluster = Groupe, Dim = Dimension.

Tableau 4 : Caractéristiques des pesticides répertoriés chez les producteurs de coton conventionnel de juillet à septembre 2016 à Gogounou, Nord Bénin

Insecticide			Herbicide		
Nom usuel	Matière active	Taux d'utilisation (%)	Nom usuel	Matière active	Taux d'utilisation (%)
Mortel EC	Cyperméthrine(T)(4)	12,82	Kalach	Glyphosate (T)	92,9
	Chlorpyrifos Ethyl (T) (3)		Cottonex	Fluométron Prométryne	-
Ema Star EC	Emamectine Benzoate (T) (1)	64,1	Damin	-	-
	Acétamipride (T) (2)		Califor G	Glyphosate (T) Fluométron Prométryne	87,8
Sibemac EC	Emamectine Benzoate (T) (1)	93,6	Sharp SL	Glyphosate (T) Isopropylamine	12,8
	Acétamipride (T) (2)		Forcc Up	Glyphosate (T) Isopropylamine	9,6
Cutter EC	Emamectine Benzoate (T) (1)	98,7	Adwura Wura SL	Glyphosate (T)	78,2
	Acétamipride (T) (2)		Atraz	Atrazine (T)	-
Lamba Super EC	Lambdacyhalothrine (T)	19,2	Cotochem	Fluométron Prométryne	2,6
			Herbextra	Glyphosate (T)	-
Caïman B EC	Emamectine Benzoate (T) (1)	-	Sibphosate	Glyphosate (T)	3,2
			Hervextra	Glyphosate (T)	-

T : Très toxique pour les organismes vivants avec effets néfastes à long terme selon les données de ANSES (2018) Les chiffres entre parenthèses indiquent l'échelle de toxicité par inhalation selon les données de la même source 4 = nocif par inhalation, 3 =Toxique par inhalation, 2 =Mortel par inhalation, 1 = Danger d'effets irréversibles très graves par inhalation.

NB : Les pesticides dont les taux d'utilisation ne sont pas marqués sont ceux rencontrés sur les marchés ou dont les emballages ont été retrouvés sur les tas d'ordures.

Tableau 5 : Doses moyennes de pesticides appliquées comparées aux doses recommandées chez les cotonculteurs de la commune de Gogounou au Nord Bénin de juillet à septembre 2016

Intrant	Nom commercial	Dose (litre/ha)	Types de producteurs		
			Groupe 1 (n = 10)	Groupe 2 (n = 84)	Groupe 3 (n = 62)
Insecticides	Cutter 112EC/ Sibemac 112EC / Ema Star 112EC	DIA	3,6 ± 0,51 ^c	1,0 ± 0,46 ^b	0,7 ± 0,40 ^a
		DIR		0,250	
		t-student	t(9) = 20,51	t(83) = 14,82	t(61) = 9,55
		P-valeurs	0,000	0,000	0,000
		FBIA	2,6 ± 0,89 ^a	3,6 ± 1,49 ^a	6,9 ± 3,21 ^b
		FBIR		10	
		t-student	t(9) = -26,02	t(83) = -38,86	t(61) = -7,47
		P-valeurs	0,000	0,000	0,000
		DHA	2,7 ± 0,85 ^{ab}	2,8 ± 0,83 ^b	2,1 ± 0,84 ^a
		DHR		1	
Herbicides	Kalach / Califor G / Adwura Wura SL	t-student	t(9) = 6,45	t(83) = 20,40	t(61) = 10,74
		P-valeurs	0,000	0,000	0,000
		FBHA	10,7 ± 6,48 ^a	9,5 ± 3,94 ^a	19,5 ± 4,78 ^b
		FBHR		20	
		t-student	t(9) = - 4,48	t(83) = -24,26	t(61) = - 0,78
		P-valeurs	0,001	0,000	0,43

Entre parenthèses les degrés de liberté ; t = paramètre de Student ; P = probabilité de signification du test de Student ; DIA = dose d'insecticide appliquée ; DIR = dose d'insecticide recommandée ; FBIA = Formulation de la bouillie d'insecticide appliquée ; FBIR = Formulation de la bouillie d'insecticide recommandée ; DHA = dose d'herbicide appliquée ; DHR = dose d'herbicide recommandée ; FBHA = formule de la bouillie d'herbicide appliquée ; FBHR = formule de la bouillie d'herbicide recommandée. NB : Pour les moyennes des DIA, FBIA, DHA, FBHA respectives, les différentes lettres sur chaque ligne indiquent des différences significatives entre les trois groupes typologiques au seuil de 5% (Test de Tukey).

Tableau 6 : Doses moyennes d'engrais coton appliquées comparées aux doses recommandées chez les cotonculteurs de la commune de Gogounou au Nord Bénin de juillet à septembre 2016

Intrant	Nom commercial	Dose en kg/ha	Types de producteurs		
			Groupe 1 (n = 10)	Groupe 2 (n = 84)	Groupe 3 (n = 62)
Engrais	(N ₁₄ P ₂₃ K ₁₄ S ₅ B ₁)	DEC(NPKSB)A	125 ± 26,35 ^a	117,26 ± 23,91 ^a	117,74 ± 45,04 ^a
		DEC(NPKSB)R		150	
		t-student	t(9) = -3	t(83) = -12,54	t(61) = -10,53
		P-valeurs	0,014	0,000	0,000

Entre parenthèses les degrés de liberté ; t = paramètre de Student ; P = probabilité de signification du test de Student ; DEC(NPKSB)A = dose d'engrais composé NPKSB appliquée ; DEC(NPKSB)R = dose d'engrais composé NPKSB recommandée selon Dagbénobakin et al. (2012).

Tableau 7 : Rendements moyens de coton (t/ha) obtenus en 2016 chez les cotonculteurs de la commune de Gogounou, Nord Bénin

	Groupe 1 (n = 10)	Groupe 2 (n = 84)	Groupe 3 (n = 62)
Rendement du coton			
Durant le suivi (2016)	1,1 ± 0,32 ^a	0,9 ± 0,35 ^a	1,0 ± 0,32 ^a
Mémento de l'Agronome (2014)		3,5	

Aucune différence significative n'est obtenue entre les trois groupes au seuil de 5% (Test de Tukey) comme indiqué par les mêmes lettres.

Tableau 8 : Evaluation des indicateurs des pratiques de gestion de la fertilité des sols chez les cotonculteurs de la commune de Gogounou de juillet à septembre 2016

Matrice de pratiques	Exploitations cotonnières conventionnelles			Indice de faisabilité	Rang
	Groupe 1 (n = 10)	Groupe 2 (n = 84)	Groupe 3 (n = 64)		
Fumure organique	2	2	2	6	2 ^{ème}
Labour de conservation	2	1	1	4	4 ^{ème}
Rotation	5	5	4	14	1 ^{er}
Jachère	2	2	1	5	3 ^{ème}
Lutte anti-érosion	1	1	1	3	5 ^{ème}
Indice de faisabilité	12	11	9		

1 : Le groupe n'a pas d'influence sur l'unité d'indicateur ; 2 : le groupe a une influence faible sur l'unité d'indicateur ; 3 : Assez faible ; 4 : Assez forte ; 5 : Forte.

Tableau 9 : Teneurs résiduelles en pesticides dessédiments et grains de maïs prélevés à proximité des champs de cotonnier dans la commune de Gogounou, Nord Bénin

Echantillons		Paramètres d'analyses		
		Insecticides		Herbicide
		Acétamipride	Cyfluthrine	Fluométuron
Groupe 1 (n =10)	Sédiments	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	< 20 µg/kg
	Grain de maïs	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	
Groupe 2 (n = 10)	Sédiments	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	< 20 µg/kg
	Grain de maïs	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	
Groupe 3 (n = 10)	Sédiments	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	< 20 µg/kg
	Grain de maïs	< 25 µg/kg	< 20 µg/kg	

L'indice de faisabilité des pratiques a montré que la rotation culturale venait en première place parmi les indicateurs évalués et se pratiquait chez la quasi-totalité des exploitations (100 %, Tableau 8) par l'alternance du coton avec le maïs sur la même parcelle. Quant à l'apport en fumure organique, il était indirect et était non quantifiable dans les exploitations cotonnières de Gogounou.

S'agissant de la contamination du maïs et de la qualité de l'environnement, les concentrations en résidus de pesticides toxiques dans les échantillons composites de sédiments et grains de maïs prélevés à Gogounou étaient inférieures à la limite de détection des concentrations de ces molécules de pesticides (respectivement < 25 µg/kg, < 20 µg/kg et < 20 µg/kg pour l'Acétamipride, Cyfluthrine et Fluométuron ; Tableau 9).

4. Discussion

4.1. Pratiques de gestion des pesticides chimiques agricoles coton

Les insecticides coton les plus utilisés par les cotonculteurs et répertoriés sont pour la plupart acquis dans le circuit formel. Il s'agit de Cutter 112EC, Sibemac 112EC et Ema Star 112EC. Par contre, d'autres comme le Lamba Super 2,SEC et le Mortel EC sont acquis dans le circuit informel.

Suivant la classification du Comité National d'Agrément et de Contrôle des Produits Phytopharmaceutiques (CNAC, 2012), 100% des matières actives (MA) des insecticides enregistrés appartiennent à la liste des produits chimiques agricoles (PCA) autorisés provisoirement au Bénin tandis que 60% des MA des herbicides appartiennent à la liste des PCA autorisés provisoirement ou homologués au Bénin. La quasi-totalité des MA des pesticides répertoriés sont délétères aux ressources connexes comme le sol, les êtres vivants, l'eau, et l'air. (INRA, 2017).

Malgré cela, certains insecticides comme : Cutter 112EC, Sibemac 112EC et Ema Star 112EC et herbicides dont Kalach et Califor G ont été recommandés dans le département de l'Alibori en 2016 (SCDA Gogounou, 2016). Contrairement aux insecticides, la quasi-totalité des herbicides répertoriés sont acquis dans le circuit informel. Ce qui favorise l'importation

des PCA dont les matières actives sont très dangereuses comme l'atrazine (Triazine), le glyphosate (Organophosphoré), le fluométuron (Urées substituées), le prométryne (Triazine) et l'isopropylamine (Amine)

De plus, dans le cas des insecticides on rencontre des composés comme le chlorpyrifos éthyle (organophosphorés organochlorés) et la cyperméthrine (pyréthri-noïdes) de la classe des molécules très toxiques (Ia) et toxiques (Ib) ou (T), qui sont connues comme hautement prohibées par l'Organisation Mondiale de la Santé depuis longtemps (OMS, 2002). Ces résultats concordent bien avec ceux de Adechian et al. (2015) qui ont observé que 94% des herbicides et 22% des insecticides utilisés dans la commune de Gogounou sont issus du circuit informel. De plus, ils sont concordants avec les résultats récemment trouvés par Gouda et al. (2018) dans le bassin cotonnier du nord Bénin où les substances actives des insecticides les plus usités sont conformes à ceux trouvés dans notre étude. Il ressort de ces constats, des risques écologiques probables de contamination des eaux, des sols et de l'air (Ahouangninou et al., 2011). De même, des risques de santé avec des troubles mental et visuel, la paralysie, des malformations diverses et le développement du cancer chez l'homme liés à l'utilisation, la mauvaise gestion et l'exposition aux PCA existent (Agagbé, 2008, Vazquez et al., 2017). Des expositions sans équipement de protection individuelle de 0,099 à 0,546 mg/kg de poids corporels par jour dépassant les niveaux d'exposition acceptables pour l'opérateur ont été déterminés dans le bassin cotonnier du nord Bénin (Gouda et al., 2018).

Dans le cas de la présente étude, les doses d'insecticides utilisées sont largement supérieures à la dose recommandée de 0,25 l/ha dans tous les groupes de cotonculteurs étudiés. Selon les producteurs, ces irrégularités sont dues à l'inefficacité des PCA coton mises à leur disposition par les services compétents du Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) depuis le retrait de l'endosulfan des PCA autorisés (Assogba, 2014). La même observation a été faite par Agbohessi et al. (2011) à Banikoara, où l'inefficacité du Tihan sur les ravageurs a causé une baisse des rendements contrairement à l'endosulfan dont les actions sont immédiates et visibles après la pulvérisation dans les champs.

De même, les doses d'herbicides appliquées (DHA) dans nos différents groupes typologiques sont significativement supérieures à celles recommandées par les services de vulgarisation de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. Nos résultats sont contraires à ceux obtenus par Adechian et al. (2015) qui ont trouvé au cours de leur étude sur les pratiques de gestion des PCA par les producteurs de Gogounou que la dose moyenne d'herbicide appliquée est de 4,5 l/ha et est en dessous de celle recommandée (5 l/ha). Cette différence entre nos résultats et ceux de Adechina et al. (2015) s'explique par le fait que ces auteurs ont comparé la DHA à celui du Programme de Protection Phytosanitaire du Cotonnier-Campagne 2011-2012 du Bénin. A l'opposé, notre étude a comparé les DHA et DIA moyennes appliquées aux doses recommandées sur les notices officielles de ces PCA coton répertoriés dans la zone d'étude et confirment les résultats récents obtenus par Gouda et al. (2018). L'usage de fortes doses des PCA serait dû au fait que leur application est préventive et n'est pas basée sur une analyse écosystémique (FAO, 2015). A cela, s'ajoute le déséquilibre entre le ratio du nombre de producteurs et encadreurs dans le respect des pratiques et exigences d'application des PCA. Adam (2005) a rapporté que 42% des exploitants agricoles à Gogounou, Kandi et Banikoara ne bénéficient pas d'encadrement technique pour l'usage des engrais et des pesticides. La conséquence directe de cette pratique est une exposition inutile de l'environnement et des humains à ces produits toxiques (Mancini et al., 2005 Adam et al., 2010, Gouda et al., 2018).

Les résultats d'analyse de résidus d'acétamipride (Organochlorés) et de cyfluthrine (Pyréthroïdes) sur le maïs, au niveau des champs adjacents au cotonnier, révèlent pour les différents groupes typologiques, des concentrations inférieures à la limite de détection (LD). Ceci pourrait être dû au protocole mis en place par le Laboratoire Central de Contrôle de la Sécurité Sanitaire des Aliments (LCSSA-Cotonou), mais aussi de la période très courte de prélèvement des échantillons un mois après traitements phytosanitaires. On pourrait également penser à un effet de dilution dues aux précipitations. En effet, Biaou et al. (2003) avaient montré que les teneurs de l'endosulfan et de triazophos diminuent considérablement de 275 ppb à 24 ppb (Endosulfan) et de 29 ppb à 16,2 ppb (Triazophos) dans les végétaux adjacents (Gombo, soja, maïs, arachide et manioc) des champs de cotonnier 48 h après traitement. L'évidence serait que la consommation de ces grains de maïs en culture adjacente au cotonnier constitue des risques de toxicité chronique pour la santé des consommateurs (Biaou et al., 2003) et également pour les animaux si les résidus de ces cultures entraînent dans la chaîne alimentaire des animaux (Agbohessi et al., 2011 ; Agbohessi et al., 2012).

D'autres ressources contaminées par les surplus des doses de PCA coton appliquées, sont les écosystèmes hydromorphiques (Coats, 1991). En effet, les surplus de résidus de PCA coton les plus rémanents tels que l'endosulfan reste déposés sur les sédiments ou encore accumulés dans les chaînes trophiques (Ernoul, 2009 ; Adam et al., 2010).

Nos résultats révèlent, des concentrations infirmes d'acétamipride, de cyfluthrine et fluométuron dans les sédiments et corroborent ceux trouvés par Edoth et al. (2010) dans la même zone d'étude avec des teneurs faibles et invariables en cyfluthrine tournant autour de 0,195 mg/kg et celles de l'acétamipride autour de 0,038 mg/kg dans les sédiments. La présence de ces molécules dans les sédiments représente une menace pour l'écosystème. De plus, la disparition des vers de terre et des bactéries du sol ralentit la minéralisation de la matière organique, ce qui appauvrit davantage le sol et augmente l'usage intensif des engrais (Savadogo et al., 2006).

4.2. Pratiques de gestion des fertilisants du cotonnier et des sols

Contrairement aux PCA coton, la quasi-totalité des engrais chimiques agricoles (ECA) coton sont acquis dans le circuit formel par les producteurs. Ceci est dû au fait que les acteurs impliqués du MAEP contrôlent bien l'importation de ces fertilisants. L'existence du crédit intrant facilite cette pratique par les producteurs. Les ECA coton utilisés par ces derniers sont l'engrais simple Urée (46% N) et l'engrais composé ($N_{14}P_{23}K_{14}S_5B_1$) ce qui confirme les travaux de Djenontin et al. (2015).

Les doses d'engrais composé appliquées par les différents groupes de producteurs sont inférieures à la norme de 150 kg/ha recommandée sur les sols ferrugineux tropicaux des départements de l'Alibori et de l'Atacora par Dagbénonbakin et al. (2014). Par contre tous les groupes de producteurs respectent les 50 kg/ha d'urée, qui constitue la dose normale d'urée recommandée.

Par ailleurs, les rendements obtenus au niveau des trois groupes de producteurs sont faibles. Cette situation s'explique par l'application de faibles doses d'engrais minéraux (Dagbénonbakin et al., 2014) sur des sols déjà épuisés conduisant à une mauvaise gestion du système de fertilisation du cotonnier. Soulignons que les cotonculteurs produisent aussi des cultures vivrières surtout le maïs auquel ils appliquent une partie des ECA destinés à la production du coton. Une telle pratique explique en partie les faibles rendements enregistrés sur le coton grain (Djenontin et al., 2015).

Aussi, les faibles rendements peuvent avoir leurs causes dans les mauvaises pratiques paysannes d'application des ECA. En effet, ces fertilisants sont parfois jetés à la volée sur des points non cibles entraînant ainsi des pertes de nutriments par volatilisation ou lessivage.

De plus, certains producteurs ne respectent pas les dates de semis et d'application des intrants, la densité de semis et les itinéraires techniques recommandés (Dagbénobakin et al., 2014 ; Hermann et al., 2015). A cela s'ajoute les faibles pluviométries dues au changement climatique qui ne facilitent pas la minéralisation des ECA pour une bonne assimilation par le cotonnier (Tossou, 2018). La conséquence directe de ces pratiques est l'épuisement de la fertilité des sols, encouragé par l'infestation des champs par les adventices tels que le *Striga hermontica* spp. (Dagbénobakin et al., 2012).

D'autre part, les travaux de Djenontin et al. (2015) sur la qualité des engrais minéraux coton sur les sites d'entreposage et de distribution au Bénin ont montré que les conditions de stockage des engrais chimiques favorisent 'une perte considérable d'éléments nutritifs majeurs (N, P et K) des engrais minéraux' et contribuent à la perte de rendement moyen en coton grain de l'ordre de 3,79 à 279,59 kg/ha dans le bassin cotonnier. Ces indications corroborent nos résultats où tous les producteurs enquêtés ne disposent pas de magasins adéquats pour l'entreposage des ECA acquis.

Quant à la gestion de la fertilité des sols (GFS), les indicateurs montrent que les exploitations cotonnières de Gogounou sont moins diversifiées dans la gestion durable des terres. La rotation culturale est donc la pratique de GFS la plus pratiquée par les différents groupes de producteurs identifiés suivie de la fertilisation organique par apport indirecte. Par contre, la jachère, l'agriculture de conservation et la lutte anti-érosive sont de moins en moins pratiquées. Ceci est lié à l'augmentation de la population agricole dans la commune.

4.3. Analyse et amélioration de la durabilité écologique du système de production du coton conventionnel

En se basant sur la gestion actuelle du système de production couplée avec le non-respect des itinéraires techniques, il est évident que l'efficacité de production du coton conventionnel soit faible. Ceci ne garantit donc pas une durabilité écologique de la production ou de forte dose d'intrants sont appliquées et dissimulées dans l'environnement avec de nombreuses conséquences sur les points non cibles. L'application des doses élevées de PCA entraîne donc des coûts élevés de production réduisant ainsi le bénéfice des producteurs ; ceci du fait des faibles rendements en coton graine. Selon Toucourou (2012), la variété H279-1 vulgarisée depuis 2003 au Bénin devrait produire entre 2 et 3 t/ha en condition optimale, mais ne produit qu'en moyenne 1,5 t/ha en milieu paysan. Les rendements déterminés dans cette étude étant en deçà de cette moyenne. Ceci dénote bien d'une inefficience dans les pratiques des producteurs.

Pour une durabilité du système de production, une panoplie de mesures doivent être couplées. Cela passe

par la gestion durable des terres et une gestion du système de fertilisation du coton.

Un bon système de stockage et de conservation des nutriments des ECA et une combinaison efficace des engrais organiques et minéraux couplée avec une formation des acteurs sur les bonnes pratiques de fertilisation est indispensable. L'usage du compost, des déjections animales et un bon recyclage des résidus de récolte, dont ceux du cotonnier, s'avèrent indispensables pour conserver la matière organique du sol (Dagbénobakin et al., 2012 ; Diogo et al., 2017 ; Diogo et al., 2018) Dans le présent contexte, la fertilisation organique est peu pratiquée et s'effectue par quelques déjections laissées çà et là par le bétail dans les champs pendant leur pâturage à la conquête des résidus du cotonnier. Aussi, les résultats du niveau d'exécution des pratiques paysannes de gestion de la fertilité des sols : «rotation et agriculture de conservation», «lutte anti-érosive» et «jachère» montrent que les exploitations cotonnières sont moins diversifiées. Des efforts restent encore à faire pour préserver durablement la santé des sols dans ce système de production.

En ce qui concerne les pratiques phytosanitaires des PCA, les producteurs doivent réduire les risques d'exposition aux produits en se protégeant lors des traitements. Aussi, ils doivent respecter les dates d'application et les doses et formulations prescrites. Une utilisation des extraits naturels de plantes pesticides et de la lutte intégrée contre les ravageurs (Togbé et al., 2014) combinée à une bonne rotation culturale par l'usage des plantes améliorantes et des légumineuses herbacées ou arbustives est une piste d'amélioration durable de la production du coton au Bénin.

5. CONCLUSION

Cette étude a permis de faire le point sur la diversité des pratiques de gestion des produits chimiques et engrais agricoles dans les exploitations cotonnières conventionnelles de Gogounou afin d'apprécier la durabilité écologique du système de production. Elle a permis de dégager une typologie des exploitations cotonnières et de caractériser leurs pratiques de gestion des intrants agricoles.

Toutes les exploitations cotonnières étudiées sont caractérisées par une gestion inefficace des intrants chimiques agricoles. Elles utilisent des produits phytosanitaires très délétères pour la santé de l'homme et de l'environnement. De plus, leur production est très faible ce qui réduit les bénéfices pour les producteurs et la durabilité du système de production.

Une panoplie de mesures est proposée pour une meilleure gestion et l'amélioration de la durabilité de la production cotonnière conventionnelle. Ceci passe d'abord par une prise de conscience des producteurs sur les conséquences pour eux-mêmes et sur leur environnement

des mauvaises pratiques de gestion des intrants chimiques. La gestion durable des terres et du système de fertilisation, la rotation du cotonnier avec des légumineuses et engrais verts, un bon système d'assolement, la bonne gestion des résidus de récolte et le recyclage des déjections animales, l'usage du compost et une meilleure combinaison des intrants organiques et chimiques, le respect des itinéraires techniques sont autant d'indicateurs qui permettent une production cotonnière durable.

A cela, s'ajoutent une meilleure formation et un bon encadrement des producteurs et autres acteurs de la chaîne de production du coton.

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements aux producteurs pour leur participation à cette recherche et au Programme Protection et Réhabilitation des Sols pour Améliorer la Sécurité Alimentaire (ProSOL) de l'Agence Allemande pour la Coopération Internationale (GIZ) pour son soutien financier.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Adam S.I. 2005. Impacts environnementaux de la gestion des aires de cultures dans la Commune de Banikoara. Mémoire de DEA, Ecole Doctorale Pluri-disciplinaire, Université d'Abomey-Calavi, 87p.
- Adam S. Etorh P.A. Totin H. Koumoulo L. Amoussou E. Aklikokou K. & Boko M. 2010. Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4(4) : 1170-1179.
- Adechian S.A. Baco M.N. Akponikpe I. Toko I. 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, *Vertigo - la Revue Electronique en Sciences de l'Environnement* 15(2) : 1-13. URL : <http://vertigo.revues.org/16534> ; DOI : 10.4000/vertigo.16534.
- Agagbé A.A. 2008. Etude écotoxicochimique des résidus de pesticides dans le bassin versant de la rivière Agbado par la technique d'analyse ELISA en phase solide. Thèse d'ingénieur des travaux, option : Aménagement et protection de l'environnement. Université d'Abomey Calavi (Bénin), 65p.
- Agbohessi P.T. Imorou Toko I. Yabi J.A. Dassoundo-Assogba J.C. & Kestemont P. 2011. Caractérisation des pesticides chimiques utilisés en production cotonnière et impact sur les indicateurs économiques dans la commune de Banikoara au nord du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5(5): 1828-1841.
- 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: 46 – 56. DOI: 10.1684/agr.2012.0535.
- Ahouangninou C. Fayomi B.E. & Martin T. 2011. Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraichers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures* 20(3) : 216-222.
- ANSES, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire 2018. AGRITOX - Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. Accédé le 19.21.04.18 sur: <http://www.agritox.anses.fr/>
- Assogba S.C. Tossou, R.C. Lebailly P. & Magnon Y. 2013. Intensification durable de l'agriculture au Bénin, mythe ou réalité ? Une analyse à partir des systèmes de cotonbiologique et Cotton made in Africa. Accédé le 14/03/2016 sur http://www.gembloux.ulg.ac.be/eg/publicationseconomieagricole/doc_download/368
- Assogba S. C. 2014. Représentations de l'environnement et adoption des pratiques durables de production par les cotonculteurs du Bénin. Thèse de doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro Bio Tech. Communauté Française de Belgique, 221p.
- Biaou C. Alonso S. Truchot D. Abiola F.A. & Petit C. 2003. Contamination des cultures vivrières adjacentes et du sol lors d'une pulvérisation d'insecticides sur des champs de coton: cas du triazophos et de l'endosulfan dans le Borgou (Bénin). *Revue de Médecine Vétérinaire* 154(5) : 339-344.
- CNAC, Comité National d'Agrément et de Contrôle des Produits Phytopharmaceutiques 2012. Liste des produits phytopharmaceutiques sous autorisation provisoire de vente (apv) et agrément homologation (ah). Accédé le 11.01.19 sur : http://crrmc.ilemi.net/IMG/pdf/Liste_des_produits_homologues_Janvier_2012.pdf.
- Coats J.R. 1991. Pesticide Degradation Mechanisms and Environmental Activation. Reprinted (adapted) *Pesticide Transformation Products* 459(2) : 10-30. American Chemical Society. DOI: [10.1021/bk-1991-0459.ch002](https://doi.org/10.1021/bk-1991-0459.ch002).
- Dagbénonbakin G.D. Chougourou C.D. Ahojo Adjovi N. Fayalo G. & Igué M. 2012. Effets du compost et du N₁₄P₂₃K₁₄S₅B₁ sur la production et les caractéristiques du rendement de coton graine au Nord Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, Numéro spécial Coton, Septembre 2012. BRAB en ligne (online) sur le site web <http://www.slire.net>. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099. pp. 36-45.
- Dagbénonbakin G.D. Amonmide I. & Fayalo G. 2014. Situation de la fertilité des sols et fertilisation du

- cotonnier au Bénin. 7^{ème} réunion bilan du PR-PICA. Dakar, Sénégal.
- Diogo R.V.C. Agandan E.M.M. Nouatin G.S. & Djedje M. 2017. Modes de gestion de la fertilité des sols des agro-éleveurs peuls au Nord-Ouest du Bénin : implications pour la sécurité alimentaire. Annales de l'Université de Parakou, Série 'Sciences Naturelles et Agronomie' Hors-série n°1, 74-81.
- Diogo R.V.C. Adodo P. Nouatin G.S. & Djedje M. 2018. Durabilité agroécologique et déterminants du degré d'investissement des producteurs dans la gestion durable des terres au nord-est du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro Spécial Développement Agricole Durable (DAD) – Décembre 2018. pp. 77-86.
- Djenontin J.A. Amidou M. & Baco N.M. 2004. Diagnostic gestion du troupeau : gestion des ressources pastorales dans les départements de l'Alibori et du Borgou au nord Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) 43 : 30-45.
- Djenontin A.J. Dagbenonbakin G. Igue A.M. Azontonde H.A & Mensah G.A. 2012. Gestion durable de la matière organique du sol par la valorisation des résidus de récolte : outils d'évaluation et de planification dans l'exploitation agricole au Nord du Bénin. Dépôt légal N°5542 du 23 Décembre 2011, 4^{ème} trimestre Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 78-99919-975-6.
- Djenontin A.J. Ahoyo Adjovi N.R. Adegbola Y.P. Dagbenonbakin G.D. Djogbede J. Mensah G.G. Katary A. Azontonde H. A. & Mensah G.A. 2015. Bonnes pratiques de gestion des stocks et des entrepôts d'engrais minéraux dans les zones cotonnières au Bénin. Document technique d'information N°4. Dépôt légal N° 7872 du 22 avril 2015, 2^{ème} trimestre 2015, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-999190-474-0.
- Dossa L.H. Abdulkadir A. Amadou H. Sangare S. & Schlecht E. 2011. Exploring the diversity of urban and peri-urban agricultural systems in Sudano-Sahelian West Africa: An attempt towards a regional typology. Landscape and urban planning 102(3) : 197-206.
- Ederh A.P. Adam S. Totin H. Koumolou L. Amoussou E. Aklikokou K. & Boko M. 2010. Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). International Journal of Biological and Chemical Sciences 4(4): 1170-1179.
- Ernoul E. 2009. Etude de la contamination des bassins versants du layon et de l'aubance par les produits phytosanitaires et de leur bioaccumulation potentielle chez le poisson d'eau douce, Mémoire de Master en Eau Santé Environnement, Option : Qualité des écosystèmes aquatiques.
- FAO, Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture. 2015. Mesurer la durabilité des systèmes de culture du coton. Vers un cadre d'orientation. Accédé le 14/03/2016 sur : <http://www.fao.org/3/a-i4170f.pdf>
- Ferron P. Deguine J.-P. Mouté J.E.M. 2006. Evolution de la protection phytosanitaire du cotonnier: un cas d'école. Cahiers Agricultures 15(1): 128-134.
- Fairhurst T. (ed). 2012. Handbook for Integrated Soil Fertility Management. Africa. Soil Health Consortium, Nairobi. 154p.
- GIZ, Agence Allemande pour la Coopération Internationale 2015. Initiative spéciale un monde sans faim: Protection et réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire (ProSOL). 2p.
- Gouda A.I. Toko Imorou I. Salami S.D. Richert M. Scippo M.L. Kestemont P. & Schiffers B. 2018. Pratiques phytosanitaires et niveau d'exposition aux pesticides des producteurs de coton du nord du Bénin. Cahiers Agricultures 27 (6) 65002. DOI : 10.1051/cagri/2018038
- Hermann M.B. Moumouni I. & Mere S.B.J.T.O. (2015). Contribution à l'amélioration des pratiques paysannes de production durable de coton (*Gossypium hirsutum*) au Bénin: cas de la commune de Banikoara. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(5), 2401-2413.
- IFDC, Centre International pour la Fertilité des sols et le Développement Agricole. 2007. Expériences d'apprentissage de la lutte étagée ciblée avec les producteurs à la base dans les conditions de Banikoara. Rapport Technique d'Activités, Campagne 2006 – 2007. Presse Locale : Cotonou.
- INSAE, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique. 2013. Troisième recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH4) au Bénin (2nd éd.). Presse Locale: Cotonou.
- INRA, Institut National de la Recherche Agronomique 2017. Réduire l'usage des pesticides en agriculture sans perte de performances. Mission interministérielle sur la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques. Etudes INRA. Accédé le 03.01.2018 sur : <http://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/2017-02-Etude-INRA-Reduire-l-usage>
- ITK-AidCoton. 2015. Atelier innovations techniques et indicateurs de durabilité sur la culture du coton. Accédé le 22.12.2018 sur : <http://coton-innovation.cirad.fr>
- Lahcen O. 2014. Echantillonnage Action Contre la Faim (ACF). Accédé le 06.12.2018 sur : <https://fr.scribd.com/doc/221854657/1/INTRODUCTION?sh=9c21696b02e8cb0e>
- Mancini F. Van Bruggen A. Jiggins J.L.S. Ambatipudi J.C. & Murphy H. 2005. Acute pesticide poisoning among female and male cotton growers in India. International Journal of Occupational and Environmental Health, 11(3): 221–232
- Mémento de l'agronome. 2014. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). 1691p.
- PDC. 2009. Plan de développement de la commune de Gogounou 2005-2009. Accédé le 14/03/2016 sur : <http://www.ancb-benin.org/pdc-sdacmonographies/PDC/Alibori/Gogounou/PDC%20Gogounou.pdf>.

- PR-PICA, Programme Régional de Protection du Coton en Afrique 2014. La protection du cotonnier en Afrique. Accédé le 11.01.19 sur : <http://www.prpica.org/>
- Roybin D. 1987. Typologies de fonctionnement d'exploitations : quelles applications pour le Développement. GIS Alpes du Nord/SUACI Montagne Alpes du Nord/INRA SAD/CGERHaute-Savoie, France, 45 p.
- Savadogo P.W. Traoré A. Coulibaly K. Bonzi-Coulibaly Y.L. Sedogo M.P. & Topan M. 2006. Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso. Journal Africain des Sciences de l'Environnement 1: 29-39.
- SCDA Gogounou, Secteur Communal de Développement Agricole de Gogounou 2016. Plan de développement communal de Gogounou 2017-2021. 198p.
- Togbé C.E. Haagsma R. Zannou E. Gbèhounou G. Déguénon J.M. Vodouhè S. Toe A. M. Kinane M. L. Kone S. Sanfo-Boyarm E. 2004. Le non-respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticides enculture cotonnière au Burkina Faso: quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. Revue Africaine de Santé et de Production Animales 2: 275-278.
- Topanou O.L. Okou C. & Boko M. 2015. Durabilité agro-écologique des exploitations agricoles dans la commune de Gogounou au Bénin. Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie 11(3) : 129-137.
- Tossou F. 2018. Travail de fin d'études: " Vers une précision de la prévision des rendements cotonniers (*Gossypium hirsutum*) au Bénin: Cas d'étude dans le Département de l'Alibori à partir du modèle agro météorologique GeoWRSI et du NDVI". Master en Gestion des Risques et des Catastrophes, Faculté des Sciences, Université de Liège, 71p.
- Toucourou A.M. 2012. Prévision des rendements du coton dans les Départements de l'Atacora- Donga du Bénin ». Master en Gestion de l'Environnement dans les Pays En voie de Développement, Université de Liège, Belgique, 62 p.
- Vazquez M.A. Maturano E. Etchegoyen A. Difilippo F.S. & Maclean B. 2017. Association between cancer and environmental exposure to glyphosate. International Journal of Clinical Medicine 8(2) : 73-85.



Perceptions des producteurs de fonio sur les variations climatiques et leurs impacts sur la culture du fonio à Boukombé

Armand K. NATTA^{1,2*}, Samadori S. H. BIAOU^{1,2}, M'Mouyohoun KOUAGOU¹, N'Félikan N'TCHA CHIKE¹, M'Po N'TIA OPALA³, Anatole BOUKARI⁴

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale (LEB),
Université de Parakou (UP), 03 BP 125 Parakou, Bénin

² Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou (UP), BP 123 Parakou, Bénin

³ Aide au Développement de Gembloux (ADG), Natitingou, Bénin

⁴ Association des Professionnels et Promoteurs du Fonio (A2PF), Natitingou, Bénin

Reçu le 14 Janvier 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Perceptions of fonio producers on climate variations and its impacts on fonio cultivation in Boukombe

Abstract: Climate change lead to the intensification of extreme weather events, especially in tropical regions with poor soils such as in the North-Western part of Benin. In that region of Benin, local people have been cultivating the fonio (*Digitaria exilis* stapf, the oldest native grass of Western Africa) to ensure their food security and the sustainability of their production. This study carried out in Boukombé from July to September 2016, evaluated farmer perceptions of the impact of climate change on fonio production. Primary survey (30 respondents) identified the wind intensification, increase in the temperature and rainfall irregularity as the consequences of climate change. Farmer perceptions of the impact of climate change on fonio yield and resilience were obtained by investigating 120 farmers. Log-linear analysis under R3.4.1 was used to test if their perceptions vary with ethnic groups and age categories. Farmer perceptions varied significantly according to ethnic groups and age categories. Perceptions analysis regarding the impact of climate change on fonio production showed that although climate variations are effective, these variations did not affect the fonio production system especially its yield. However, farmers recognized that they use early or late varieties to improve the species adaptation to climate variations and this shows its agronomic anchoring reinforced by its significance in food security as well as for socio cultural and religious purposes.

Keywords: Fonio, *Digitaria exilis*, native grass species, perceptions, climate variation, Benin.

Résumé : Les changements climatiques engendrent une intensification des phénomènes climatiques extrêmes, en particulier dans les régions tropicales aux sols fragiles comme le Nord-Ouest du Bénin. Dans cette région, les populations rurales cultivent depuis longtemps le fonio (*Digitaria exilis* stapf, graminée indigène la plus ancienne d'Afrique occidentale) pour assurer leur sécurité alimentaire et la résilience de leurs systèmes de production. La présente étude, a été conduite à Boukombé, de Juillet à Septembre 2016, pour évaluer les perceptions des producteurs du fonio de l'impact des variations climatiques sur la culture du fonio. Une pré-enquête effectuée auprès de 30 producteurs a permis de retenir l'irrégularité des pluies, l'intensification du vent et l'augmentation de la température comme caractérisant les changements climatiques dans la région. Un questionnaire a été ensuite administré à 120 agriculteurs choisis au hasard parmi les producteurs de fonio pour apprécier leurs perceptions. L'analyse log linéaire sous le logiciel R3.4.1 a permis de tester d'une part l'effet de l'ethnie et de la classe d'âge des répondants sur les perceptions des variations climatiques et d'autre part l'effet de ces variations climatiques sur la culture du fonio. Les perceptions de l'irrégularité des pluies, la forte violence des vents et la hausse des températures variaient significativement selon l'ethnie et la classe d'âge. Cependant, les changements observés au niveau de ces trois paramètres

climatiques n'affectent pas le rendement du fonio selon les producteurs. Cette adaptation du fonio aux changements climatiques serait due à l'utilisation des variétés précoces et tardives au cours du cycle cultural d'où son ancrage agronomique, renforcé par son importance sur les plans alimentaire, socioculturel et religieux.

Mots clés: Fonio, *Digitaria exilis*, espèce indigène, perceptions, variabilité climatique, Bénin.

1. Introduction

Les changements climatiques sont de plus en plus remarquables sur toute la planète terre. Ils entraînent une augmentation des fréquences, des intensités et des amplitudes des événements climatiques extrêmes (IPCC 2012). Au Bénin par exemple, les précipitations moyenne ont régressé de 3,2 mm/an et les températures ont accru de 0,03 °C/an entre 1960 et 2008 (Gnanglè *et al.*, 2011). Guibert *et al.* (2010) ont confirmé la perception de l'irrégularité des pluies, l'augmentation des températures maximales et minimales et l'augmentation de la fréquence des vents violents au Nord Bénin, dans la zone cotonnière. De même, Bambara *et al.* (2013) ont montré que les populations locales perçoivent déjà les modifications des paramètres climatiques au Nord du Burkina faso. Les événements de forte sécheresse et de températures élevées pourraient causer un stress physiologique des plants (Tilman et Downing 1994).

L'agriculture béninoise en dépit de sa forte contribution à l'économie béninoise (45% du Produit Intérieur Brut, PIB, 88% des recettes d'exportation du pays) est confrontée à de nombreuses contraintes dues à ces changements climatiques (Yabi et Afouda 2012). Au Bénin, ces changements climatiques affectent les systèmes de production agricole (Afouda, 1990 ; Houndéno, 1999 ; Ogouwalé, 2006) en réduisant le développement et la croissance des plants et les rendements des cultures (Luka et Yahaya, 2012 ; Adesiji *et al.*, 2012). Cette baisse des rendements agricoles est aggravée en maints endroits par des conditions pédologiques précaires et des pressions anthropiques, d'où l'insécurité alimentaire croissante, la réduction des revenus des ménages et la vulnérabilité des communautés agricoles (Srivastava *et al.*, 2012). L'évaluation de l'impact de ces événements climatiques extrêmes sur les rendements de cultures vivrières est nécessaire pour le choix de cultures qui s'adaptent aux changements climatiques. Cette évaluation peut se faire soit par expérimentation ou par simulation de l'effet des changements climatiques (Afouda 1990, McCarthy et Vlek 2012). A côté

de l'approche expérimentale ou de simulation, l'approche d'évaluation de l'effet des changements climatiques par les perceptions des populations locales (Adesiji *et al.*, 2012, Agossou *et al.*, 2012, Bambara *et al.*, 2013, Gnangle *et al.*, 2012, Mustapha *et al.*, 2012) est utilisée quand les ressources humaines, financières et matérielles sont limitées. Les populations locales ont généralement une bonne perception des changements climatiques pour lesquels ils développent des stratégies d'adaptation (Loko *et al.*, 2013 ; Tchétangni *et al.*, 2016).

Les programmes de modernisation et d'intensification agricole, basés sur la promotion des cultures de rente et celles vivrières importées, ont négligé bon nombre d'espèces locales ou sous-utilisées, à travers l'absence de recherches ou d'actions de promotion de celles-ci et la dévalorisation de leurs valeurs sociale, culturelle, nutritionnelle, alimentaire, etc. Or, ces espèces pourraient présenter des atouts de bonne résilience à la fois d'un point de vue climatique et pour la durabilité du potentiel productif des zones marginales. Elles sont produites localement et contribuent de façon significative à la sécurité alimentaire. Leurs semences sont facilement accessibles aux populations et peuvent générer d'important revenus (Paraïso *et al.*, 2011). Dans ces conditions, il urge de sélectionner les espèces, variétés ou cultivars localement produits pouvant assurer la sécurité alimentaire et ayant un rôle économique et socioculturel mais surtout adaptées aux variations climatiques (CIRAD, 2010). Les recherches par expérimentation et la simulation ont montré que les rendements de l'igname (*Dioscorea alata*) (Srivastava *et al.*, 2012) et du riz (Nwaleji et Uzuegbunam. 2012) ont diminué suite aux changements climatiques. De même, l'évaluation de l'effet des changements climatiques par les perceptions a été menée sur la production du niébé (*Vigna unguiculata*) et du voandzou (*Vigna subterranea*) (Gbaguidi *et al.*, 2015) et sur différentes variétés d'igname (Loko *et al.*, 2013) et ont montré que les populations perçoivent des changements de rendements.

Plusieurs autres cultures pourraient être positivement ou négativement affectées par les changements climatiques. Parmi ces cultures figurent les variétés de fonio *Digitaria exilis* stapf (fonio blanc) et *Digitaria iburua* stapf (fonio noir). En effet, Le fonio est une céréale cultivée en Afrique de l'Ouest du Sénégal au Lac Tchad sur près de 450.000 ha pour environ 360.000 tonnes (rendement moyen de 800 kg/ha) (Cruz *et al.*, 2011).

* Auteur Correspondant : armand.natta@gmail.com,

Tél: (229) 97763438

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

Elle assure l'alimentation de plusieurs millions d'êtres humains durant les mois les plus difficiles et pendant les années de déficit pluviométrique (Cruz *et al.*, 2011). La valeur nutritionnelle du fonio décortiqué est équivalente à celle du riz, et par rapport aux autres céréales, il contient plus de glucides (84 %), moins de lipides (4 %) et moins de protéines (10 %) mais sa teneur en méthionine et cystine est intéressante (Chastanet *et al.*, 2002). Le fonio a des vertus sur le plan alimentaire, à travers la préparation de nombreuses recettes africaines (e.g. couscous, bouillie, boulettes, beignets, pain, etc.) et nutritionnel (Chastanet *et al.*, 2002). De par ses propriétés, le fonio est conseillé pour l'alimentation des personnes atteintes de diabète. Le fonio grain et sa paille servent d'aliments au bétail. La paille est un combustible pour la cuisine et elle est un matériau de construction quand elle est mélangée à de l'argile. Cette céréale joue un rôle socioculturel et économique très important (Ballogou *et al.*, 2012) et contribue à l'alimentation des populations en période de soudure. L'évaluation de l'adaptation de cette céréale au changement climatique permettra de mieux planifier son intégration dans les systèmes de production agricoles.

Boukombé et ses environs est la principale zone de culture du fonio au Bénin (Sekloka *et al.*, 2016). Les variétés cultivées dans cette région restent traditionnelles et leur production est de plus en plus décroissante (Dans *et al.*, 2010). A Boukombé, le semis est fait principalement 'à la volée' sur un sol superficiellement ameubli à une densité de 10 à 30 kg/ha dès les premières pluies. La germination est rapide et l'entretien de la culture se fait généralement en deux désherbages. La récolte est faite par les hommes à l'aide d'une faucille et consiste à couper les plants de fonio entre 20 et 30 cm du sol. Le fonio coupé est immédiatement attaché en petites bottes, qui seront ramassés plus tard par les femmes et les enfants pour être foulés en un lieu propre. Dans cette région du Bénin, le fonio présente une bonne adaptation aux sols peu riches mais son adaptabilité aux changements climatiques reste non encore documentée que ce soit par expérimentation de terrain ou par évaluation des perceptions de fonioculteurs. Cette étude visait à évaluer les perceptions des producteurs du fonio sur les variations climatiques et les impacts des variations climatiques sur la culture du fonio dans la Commune de Boukombé au Nord-Ouest Bénin.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la Commune de Boukombé, d'une superficie de 1.036 km² et localisée sur le flanc Ouest de la chaîne de montagne de l'Atacora (Nord-Ouest Bénin) entre 10° et 10°30' N et 0°50' et 1°25'E (Figure 1). Elle est incluse dans la région sou-

danienne et appartient aux districts phytogéographiques de la chaîne de l'Atacora et Mékrou-Pendjari (Adomou *et al.*, 2006). Cette région jouit d'un climat de type soudanien caractérisé par deux saisons distinctes : une saison sèche de Novembre à Avril et une saison pluvieuse de Mai à Octobre. La température moyenne annuelle varie de 25°C à 29°C, avec une pluviométrie moyenne de 1011mm en 69 jours de pluie. Les sols de la Commune sont ferrugineux tropicaux lessivés, avec une faible teneur en matière organique, une texture sableuse ou gravillonnaire et une structure sensible à l'érosion. La végétation de Boukombé est dominée par des savanes arborée et arbustive saxicoles ou sur plateau et des agroécosystèmes et bas-fonds à forte emprise humaine. Il subsiste néanmoins dans ce paysage à relief accidenté quelques reliques de formations boisées (forêts sacrées, savanes boisées et îlots de forêts galeries) dans les localités de Korontière et de Kousoucoingou. Le niveau de dégradation de la végétation de Boukombé, due à l'action humaine, a entraîné une rareté de la grande faune ; mais il y subsiste quelques antilopes de taille moyenne, des rongeurs et des oiseaux.

La Commune de Boukombé compte 82.450 habitants dont 40.479 hommes (49,09%) et 41.971 femmes (50,90%), avec les Otammari comme groupe socioculturel majoritaire (92,4% de la population) (INSAE, 2013). Les principales activités de la population sont l'agriculture, avec le sorgho, le mil, le fonio, le riz, le voandzou comme principales cultures vivrières, et l'élevage extensif des ruminants, avec les bovins de race locale Somba, les caprins et ovins. Les producteurs ont signalé des perturbations climatiques cycliques caractérisées par le démarrage tardif des pluies, des poches de sécheresse en cours de saison et des arrêts précoces de la saison des pluies.

2.2. Evaluation des perceptions des producteurs du fonio sur les variations climatiques

Suite à une enquête exploratoire en juin 2016, il a été retenu 12 villages et 10 producteurs de fonio par village, choisis par hasard parmi leurs pairs, dans 4 Arrondissements (Dipoli, Natta, Korontière, Boukombé centre) sur les 7 que compte la Commune. Les 120 producteurs ont été classés suivant leurs ethnies et leurs âges (Ayan-tunde *et al.*, 2008) pour évaluer leurs perceptions de l'impact des variations climatiques sur la culture de fonio. Les ethnies les plus impliquées dans la culture du fonio ont été choisies : Otammari (73 enquêtés), Gnindé (30 enquêtés) et les Lamba (17 enquêtés). L'âge a été catégorisé en trois classes : les jeunes [18-31] (24 enquêtés) ; les adultes [31, 61] (72 enquêtés) et les vieux, > 60 ans (24 enquêtés). L'enquête exploratoire (30 enquêtés) a en outre permis de clarifier les variables clés caractérisant, selon les enquêtés, la variation climatique et les stades de croissance et de développement de la culture du fonio les plus sensibles à cette variation climatique.

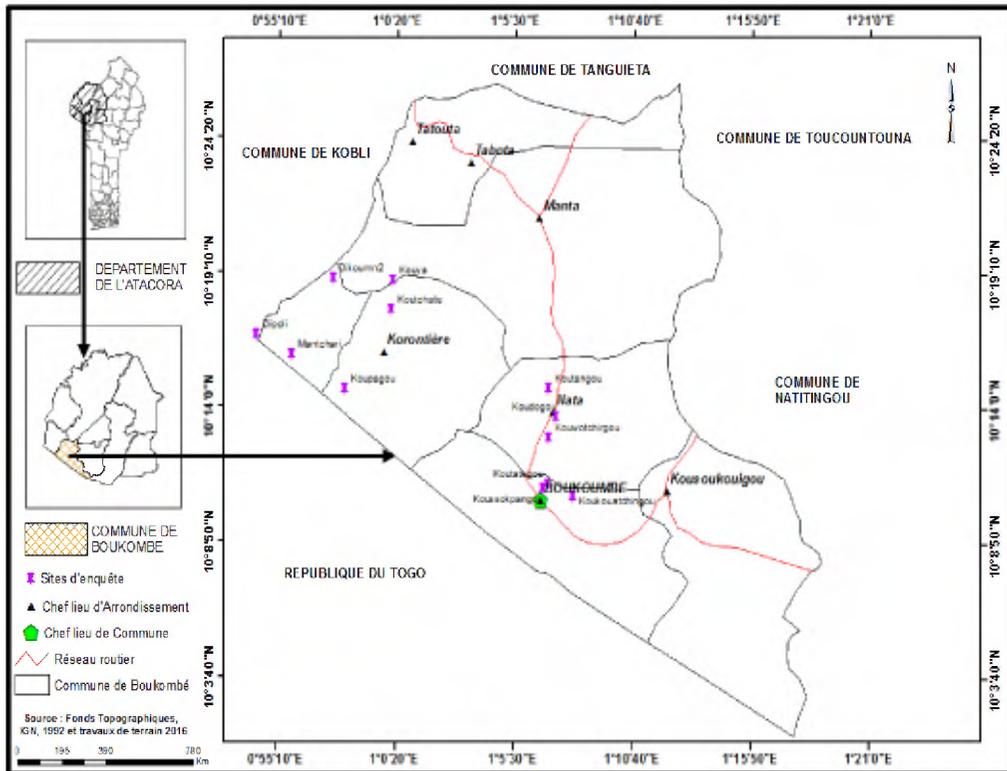


Figure 1 : Localisation de la Commune de Boukombé au Nord-Ouest Bénin.

L'analyse log linéaire avec la distribution poisson pour les résidus a permis de tester l'effet de l'ethnie et la classe d'âge du répondant sur ses perceptions des variations climatiques. Les variables climatiques à deux modalités chacune sont : la régularité des pluies nommée « *Pluie* » (régulière ou irrégulière), l'intensité de la violence du vent nommée « *Vent* » (violent ou moyen) et la variation de la température nommée « *Température* » (stable ou augmentée). Les variables indépendantes sont : l'ethnie, la classe d'âge, les variables climatiques. Les variables dépendantes sont les effectifs pour chacune des modalités des variables climatiques. L'ethnie (ou la classe d'âge) affecte significativement au seuil de 5% les réponses (effectifs pour chacune des modalités) d'une variable climatique (par exemple pluie) lorsque l'interaction entre l'ethnie (ou la classe d'âge) et la variable (par exemple pluie) i.e « *Ethnie x Pluie* » (ou *Age x Pluie*) est significative.

2.3. Evaluation des perceptions des producteurs du fonio de l'influence des variations climatiques sur la culture du fonio

Pour cet objectif spécifique, cinq questions ont été posées aux enquêtés pour tester si les changements climatiques ont affecté les stades de développement, le rendement et l'adaptabilité du fonio (Tableau 1).

Tableau 1 : Questions, variables et modalités des réponses

Questions	Variables	Modalités des réponses
Quels sont les stades du développement sensibles aux variations climatiques ?	Stade	Floraison, Epiaison et Maturité
L'irrégularité des pluies baisse-t-elle les rendements ?	Pluie	Oui, Non
Les vents violents affectent-ils le rendement du fonio ?	Vent	Oui, Non
La hausse des températures entraîne-t-elle la baisse des rendements du fonio ?	Température	Oui, Non
Le fonio s'adapte-t-il aux variations climatiques ?	Adaptation	Oui, Non

L'analyse log-linéaire a été utilisée pour tester l'effet des variables sociodémographiques (ethnie et classe d'âge) des producteurs de fonio sur les effectifs des répondants pour chacune des modalités des cinq (05) variables précédentes. La distribution poisson a été utilisée pour la distribution des résidus. Les variables indépendantes sont : l'ethnie, la classe d'âge et chacune des

cinq (05) variables qualitatives (Stade, pluie, vent, température et adaptation) et les variables dépendantes sont les effectifs des réponses pour chacune des 05 variables. Toutes les analyses ont été réalisées sous le logiciel statistique R 3.4.1 (R Core Team 2017).

3. Résultats

3.1. Perceptions des producteurs du fonio sur les variations climatiques

Plus de 75 % des répondants (23 personnes) de la pré-enquête ont cité la précipitation, la température et le vent comme variables pouvant renseigner l'état du climat et ses changements. La perception de la régularité des pluies a varié significativement selon les ethnies et les âges (Tableau 2). La majorité des enquêtés (91,48 %) ont remarqué l'irrégularité des pluies alors qu'une infime minorité en note leur régularité (8,52 %). Tous les Lamba (100 %) enquêtés affirment que les pluies sont devenues irrégulières, suivi des Otammari (98,63%) (Figure 2A). La proportion des enquêtés qui note l'irrégularité des pluies diminue avec l'âge (de 96,67 % pour les jeunes à 88,89 % pour les vieux) et quand l'âge augmente la probabilité à signaler la régularité des pluies augmente aussi (Figure 2B).

Tableau 2: Analyse de la perception de la régularité des pluies

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Pluie	1	578	578	16,36	0,00371**
Ethnic x Pluie	4	629	157,3	4,453	0,03470*
Age x Pluie	4	766	191,5	5,42	0,02070*
Résidus	8	283	35,3		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, **= P < 0,01; *= P < 0,05.

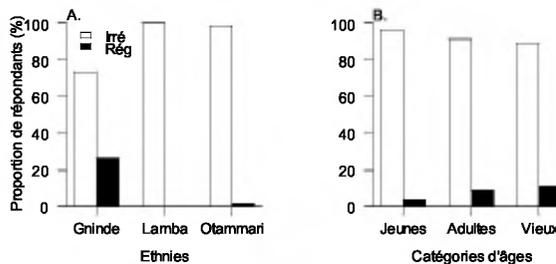


Figure 2 : Perception de la régularité des pluies (Irré=irrégulières, Rég=régulières) suivant les ethnies (A) et suivant les classes d'âge (B).

La perception de la violence des vents a varié significativement selon les ethnies et les âges (Tableau 3). Une forte proportion des enquêtés (75,65%) a souligné que le vent est devenu plus violent qu'auparavant contre 24,35% qui indique le contraire. Les réponses variaient

significativement entre les ethnies et les catégories d'âge (Tableau 3) en ce qui concerne la violence du vent. Tous les Lamba enquêtés (100 %) affirment que les vents sont devenus plus violents contre 76,71 % des Otammari et 70% des Gnindé (Figure 3A). La probabilité d'affirmer que le vent est devenu plus violent diminue avec l'âge alors que la reconnaissance du caractère moyen de la vitesse actuelle des vents augmente avec l'âge (Figure 3B).

Tableau 3 : Analyse de la perception de la violence des vents

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Vent	1	207	206,7	8,251	0,0208*
Ethnic x Vent	4	433	108,2	4,319	0,0375*
Age x Vent	4	536	133,9	5,344	0,0215*
Résidus	8	200	25,06		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction et *= P < 0,05.

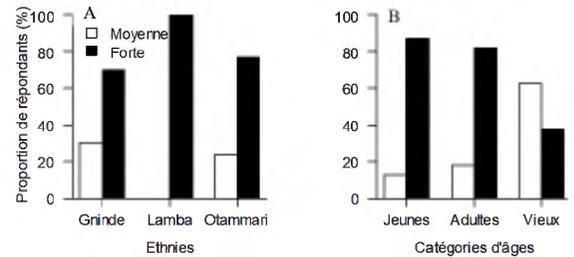


Figure 3 : Perception de la violence des vents (Moyenne ou Forte) suivant les ethnies (A) et suivant les classes d'âge (B).

Selon la majorité des enquêtés (70,02%), les températures ont augmenté ces dernières décennies. Les perceptions de l'augmentation des températures variaient significativement entre les ethnies et les classes d'âge (Tableau 4). Les proportions des enquêtes qui affirment que la température a augmenté sont 66,67%, 80% et 73,97 % respectivement pour les Gnindé, les Lamba et les Otammari (Figure 4A). En ce qui concerne les catégories d'âges, 66,66%, 77,22% et 55,56% respectivement des jeunes, adultes et vieux considèrent que les températures ont fortement augmenté (Figure 4B).

Tableau 4 : Analyse de la perception de l'évolution des températures

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Température	1	168	168,1	7,687	0,0242*
Ethnie x Température	4	375	93,78	4,29	0,0381*
Age x Température	4	588	147,1	6,729	0,0113*
Résidus	8	175	21,86		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction et *= P < 0,05.

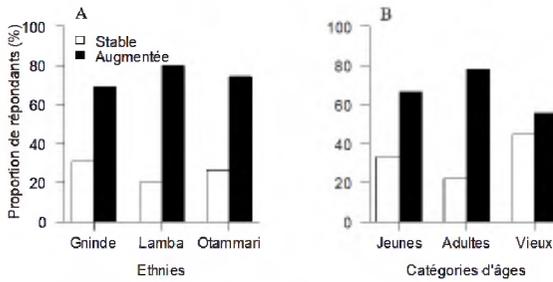


Figure 4 : Perception de l'évolution de la température (Stable ou Augmentée) selon les ethnies (A) et les classes d'âge (B).

3.2. Perceptions des producteurs du fonio de l'influence des variations climatiques sur la culture du fonio

Les phases de développement du fonio sensibles aux variations climatiques sont selon les répondants : la maturité (68,01%), la floraison (15,42%) et l'épiaison (7,23%). L'épiaison et la maturité ont été simultanément citées comme sensibles par 9,34% des enquêtés. Les perceptions des producteurs de fonio sur les stades de la culture sensibles aux variations climatiques varient significativement selon le groupe ethnique et la classe d'âge (Tableau 5). Les Gnindé ont cité premièrement le stade de maturité (70%) puis l'épiaison et la maturité (20%). Pour les Lamba, après la maturité (52,94%) vient la floraison (47,06%). Par contre, chez les Otammari après la maturité (69,86%) c'est l'épiaison (15,07%) (Figure 5A). En outre, toutes les catégories d'âge (61,11 à 87,5%) s'accordent pour reconnaître que le fonio est plus sensible aux variations climatiques dans sa phase de maturité (Figure 5B).

Tableau 5 : Analyse de la perception des stades de développement du fonio sensibles aux variations climatiques

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Stade	3	387	129	21,44	7,5e-06***
Ethnic x Stade	8	350	43,72	7,27	0,00041***
Age x Stade	8	195	24,39	4,055	0,00829**
Résidus	16	96,2	6,01		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, *** = P < 0.001; ** = P < 0.01.

Plus de 2/3 des enquêtés (68,05%) estiment que l'irrégularité des pluies n'entraîne pas la baisse des rendements de fonio pendant que 31,95% affirment le contraire. Les perceptions des effets de l'irrégularité des pluies sur les rendements variaient selon les ethnies et les classes d'âge (Tableau 6). La proportion des Gnindé, Lamba et Otammari, qui affirme que l'irrégularité des pluies n'entraîne pas la baisse des rendements est respectivement de 73,33% ; 56,25% et 66,22 % (Figure

6A). La proportion des vieux, des adultes et des jeunes qui affirme que l'irrégularité des pluies n'affecte pas les rendements est respectivement à 80, 63,29 et 69,23% des enquêtés (Figure 6B).

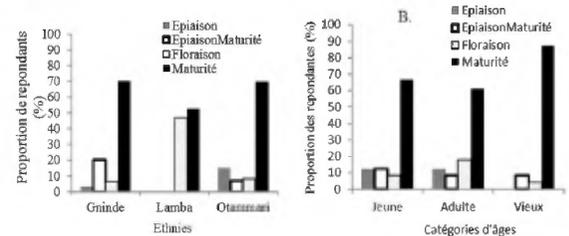


Figure 5 : Perception des stades de développement du fonio sensibles aux variations climatiques selon le groupe ethnique (A) et la classe d'âge (B).

Tableau 6 : Analyse de la perception de l'effet de l'irrégularité des pluies sur le rendement du fonio

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Pluie	1	88,9	88,89	7,882	0,02293*
Ethnic x Pluie	4	346	86,44	7,665	0,00765**
Age x Pluie	4	405	101,3	8,98	0,00470**
Résidus	8	90,2	11,28		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, **P < 0.01; *P < 0.05.

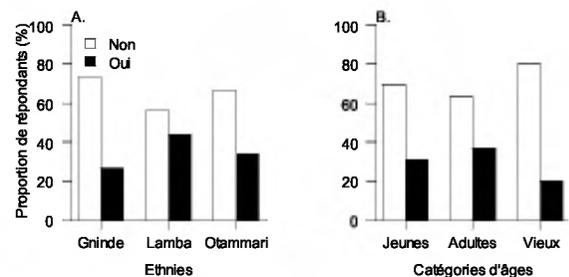


Figure 6 : Perception de l'effet de l'irrégularité des pluies sur la baisse (Oui ou Non) du rendement du fonio selon le groupe ethnique (A) et la classe d'âge (B).

Pour les producteurs (90,68 % des enquêtés), la forte violence notée actuellement des vents n'a aucun impact négatif sur le rendement du fonio. Les avis sur l'impact de l'accroissement de la violence des vents sur le rendement du fonio variaient significativement entre les ethnies et les classes d'âge (Tableau 7). Tous les Lamba (100 %) et 86,3 % des Otammari enquêtés (Figure 7A) et 90 % des jeunes contre 88,89 % des adultes de même que les vieux ont signalé que l'augmentation de la violence actuelle des vents n'a aucun effet sur le rendement du fonio (Figure 7B).

Tableau 7 : Analyse de la perception de l'effet de la violence des vents sur le rendement du fonio

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Vent	1	491	490,9	20,5	0,00193**
Ethnie x Vent	4	408	101,9	4,258	0,03884*
Age x Vent	4	732	182,9	7,64	0,00772**
Résidus	8	192	23,9		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, **= P < 0.01; *= P < 0.05.

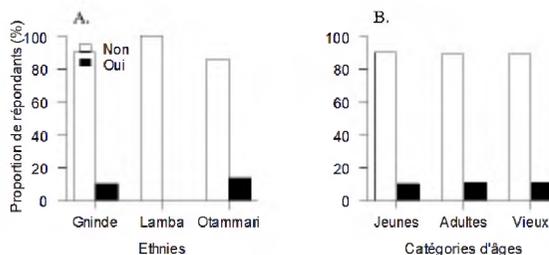


Figure 7 : Perception de l'effet de la violence des vents sur la baisse (Oui ou Non) du rendement du fonio selon les ethnies (A) et les catégories d'âge (B).

Il n'y a pas de différence significativement des perceptions de l'effet de l'augmentation des températures sur les rendements de fonio selon les ethnies (Tableau 8). Cependant, les perceptions variaient selon les classes d'âge (Tableau 8). Les proportions des Gnindé (70 %), Lamba (76,47 %) et Otammari (75 %) qui affirment que la hausse des températures n'entraîne pas la baisse des rendements du fonio sont statistiquement égaux (Figure 8A). Par contre, beaucoup de jeunes (27,59 %), contrairement aux vieux (14,29 %), affirment que l'augmentation des températures entraîne une baisse des rendements de fonio (Figure 8B).

Tableau 8 : Analyse de la perception de l'effet de l'augmentation des températures sur le rendement du fonio

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Température	1	168	168,1	8,11	0,0216*
Ethnie x Température	4	296	74,06	3,574	0,0591 ^{ns}
Age x Température	4	546	136,6	6,59	0,0120*
Résidus	8	166	20,72		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, *= P < 0.05 et "ns" : non significatif.

Les perceptions des producteurs de fonio sur l'adaptation de la culture aux changements climatiques varient significativement selon les ethnies et selon les classes d'âge (Tableau 9). La culture du fonio s'adapte aux changements climatiques selon 81,48%, 100% et

85,71% respectivement des Gnindé, Lamba et Otammari enquêtés (Figure 9A). Selon la classe d'âge, 76,67%, 92,5% et 72,73% respectivement des jeunes, adultes et vieux enquêtés affirment que le fonio s'adapte bien aux variations climatiques (Figure 9B).

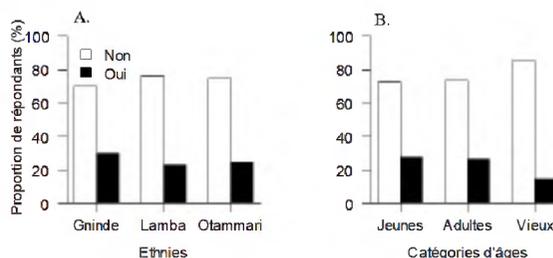


Figure 8 : Perception de l'effet de l'augmentation des températures sur la baisse (Oui ou Non) du rendement du fonio selon les ethnies (A) et les catégories d'âge (B).

Tableau 9 : Analyse de la perception de l'adaptation du fonio aux changements climatiques

Variables	ddl	SDC	MDC	F	P(>F)
Adaptation	1	440	440,1	17,28	0,00318**
Ethnic x Adaptation	4	505	126,2	4,955	0,02632*
Age x Adaptation	4	801	200,2	7,86	0,00709**
Résidus	8	204	25,5		

ddl= degré de liberté, SDC=somme des carrés, MDC=moyenne des carrés, F=statistique de Fisher et P=probabilité et x= interaction, **= P < 0.01; *= P < 0.05.

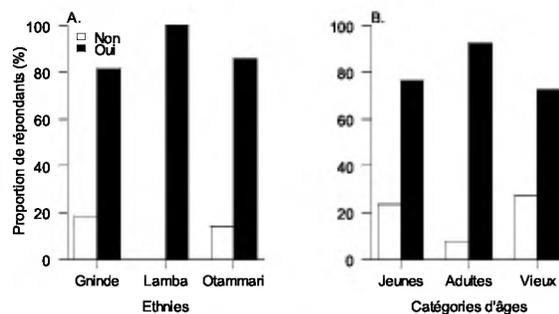


Figure 9 : Perception de l'adaptation (Oui ou Non) de la culture du fonio aux changements climatiques selon les ethnies (A) et les catégories d'âges (B).

4. Discussion

4.1. Perceptions des producteurs du fonio sur les variations climatiques

L'étude de la perception des fonioculteurs de la commune de Boukombé sur les variations climatiques a révélé grâce à la pré-enquête que la pluviométrie, la température et le vent sont les paramètres climatiques les

plus déterminants de ces changements observés. Ces résultats corroborent ceux de Guibert *et al.* (2010) et de Bambara *et al.* (2013) qui mentionnaient que ces trois variables paraissent plus mémorables et visibles par les producteurs que les autres paramètres climatiques tels que l'ETP, l'insolation, l'humidité relative, etc. du fait de leur influence directe sur la production agricole. Les fonioculteurs ont perçu les variations climatiques tels que révélées par PANA-BENIN (2008), qui vont essentiellement dans le sens de l'augmentation de la température, la diminution de la quantité des pluies et la violence des vents (Bergonzini, 2004 ; Yabi et Afouda 2012). Notre étude a montré comme de précédentes études que les producteurs perçoivent les variations climatiques (Loko *et al.*, 2013 ; Tchétangni *et al.*, 2016). Ces perceptions leur permettent de développer les stratégies d'adaptation (Kante, 2011). Plusieurs études basées sur les perceptions aussi au niveau national que dans la sous région ont révélés des résultats similaires (Ganglè *et al.*, 2012; Loko *et al.*, 2013 ; Agossou *et al.*, 2012 ; Mustapha *et al.*, 2012 ; Bambara *et al.*, 2013 ; Ugwoke *et al.*, 2012 ; McCarthy et Vlek, 2012). Dans les sociétés africaines, la variabilité des facteurs climatiques est perçue et comprise de façon diverse selon les caractéristiques socioculturelles des populations (Yabi et Affouda, 2012). Sur cette base, la détermination des facteurs qui influencent la perception des producteurs peut, dans une certaine mesure, améliorer les politiques à mettre en œuvre pour faire face aux impacts négatifs des changements climatiques (Loko *et al.*, 2013).

Pour cette étude, les perceptions variaient significativement suivant les classes d'âges et les groupes ethniques. Tchétangni *et al.* (2016) avait de même trouvé que les perceptions sur les changements climatiques variaient suivant les groupes ethniques dans la commune de Savalou au Bénin. Lors de la collecte de données pour la présente étude, les vieux *Otammari* ont affirmé qu'il y a de cela quatre décennies qu'ils distinguaient trois sortes de pluies qui de nos jours ne sont plus observées: La première dénommée «*Fèyohoun-hofa*» qui signifie littéralement "pluie laveuse de la cour de mil" était fine et succédait immédiatement le battage et égrenage du mil; ensuite «*Fèko-n'tchounfa*» qui signifie "pluie des rigoles", laissait les premiers dépôts d'eau de surface dans les marigots; elle précédait la période de semis du fonio et est propice aux cultures de contre-saison ; et enfin la dernière pluie dénommée «*Fèkoun-n'yonifa*» qui est initiatrice de la véritable saison pluvieuse. En ce qui concerne l'âge, notre étude a montré que les jeunes perçoivent moins les variations climatiques que les adultes et les vieux. Les personnes âgées recourent au calendrier d'ethno-climatologie pour détecter les changements climatiques (Sánchez-Cortés et Lazos Chavero 2011). Ainsi l'habilité à mieux caractériser les changements climatiques augmente avec l'âge (Oyekale et Oladele 2012).

4.2. Perceptions des producteurs du fonio de l'influence des variations climatiques sur la production du fonio dans la commune de Boukombé

L'évaluation de l'impact des changements climatiques par les perceptions des producteurs de fonio a montré que les changements climatiques n'ont aucun effet sur le rendement du fonio quoique certaines phases de développement soient plus sensibles à ces changements climatiques que d'autres. L'absence d'un effet négatif des changements climatiques sur le rendement du fonio selon les fonioculteurs montre que le fonio serait résilient aux changements climatiques contrairement à beaucoup d'autres études qui mentionnent que les changements climatiques affectent négativement l'agriculture (Niang, 2009) surtout dans les pays en développement (Nelson *et al.*, 2009). En effet, les changements climatiques réduisent souvent les rendements des cultures après avoir limité la croissance et le développement des plantes (Adesiji *et al.*, 2012 ; Luka et Yahaya, 2012 ; Rahman *et al.*, 2015). Comme c'est le cas de l'igname (Loko *et al.*, 2013), le riz (Nwalieji et Uzuegbunam, 2012), le niébé (Gbaguidi *et al.*, 2015) et du maïs (Tidjani et Akponikpe, 2012). Le fonio s'adapte donc mieux aux changements de température, de pluviométrie et de l'intensité des vents que l'igname, le riz, le niébé et le maïs. Ces cultures sont plus exigeantes en eau et en humidité.

Selon les fonioculteurs, le rendement du fonio n'est pas affecté par les changements climatiques. Cependant, certaines phases de développement du fonio sont plus sensibles que d'autres aux variations climatiques. Ainsi la sensibilité des plantes cultivées aux variations climatiques diffère suivant les différentes phases de croissance et de développement. Les phases de développement du fonio citées par les producteurs comme sensibles aux variations climatiques sont : épiaison, épiaison/maturité, floraison et maturité. Dans les communautés paysannes africaines, les points de vue sur les perceptions de l'impact des variations climatiques diffèrent (ICSU, 2002 ; Mapfumo *et al.*, 2009 ; Gnganglè *et al.*, 2011). Les vieux *Otammari* disent que le vent n'a pas d'influence sur le rendement du fonio. Cela peut être vrai en ce sens que l'apomixie et l'autogamie observées chez le fonio (Adoukonou-Sagbadja *et al.*, 2007), la flexibilité de son chaume et son aptitude à se coucher dans le sens du vent peuvent faciliter la production et la récolte du fonio. Le fonio en effet est une des céréales négligées, produite localement et ayant une bonne résilience à la fois d'un point de vue climatique que d'un point de vue conservation dans des zones marginales (Sekloka *et al.*, 2015). C'est aussi une céréale photopériodique apte à réguler la durée des phases de végétation en fonction de la précocité de la date de semis (Cruz *et al.*, 2011). La phase de maturité a été la plus citée et cette perception varie suivant l'ethnie et les classes d'âge. Les différences de perception suivant

l'âge pourraient s'expliquer par le fait que l'intervention dans les différentes activités du fonio diffère suivant les classes d'âge. Les jeunes interviennent beaucoup plus dans le labour et le semis (au début de la production) et à la récolte, à l'égrenage (à la fin). Les activités intermédiaires où le cycle de vie du fonio est réellement suivi sont du ressort des vieux. Par ailleurs, le fonio est plus enraciné dans la culture Otammari que dans la culture des autres groupes ethniques de la commune de Boukombé.

5. CONCLUSION

La présente étude s'inscrit dans la démarche scientifique qui vise à valoriser les espèces vivrières endogènes et rustiques, résistantes aux maladies, ancrées dans les mœurs et cultures des populations locales, ayant une aptitude à la résilience aux pressions anthropiques ; avec pour but de réduire la vulnérabilité des populations face à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle, dans un contexte de changement climatique et de vulnérabilité écologique. Ainsi, les perceptions des producteurs de fonio sur les variations climatiques et les impacts des variations climatiques sur la culture du fonio dans la Commune de Boukombé au Nord-Ouest Bénin ont été approchées, à travers des enquêtes auprès des producteurs du fonio. Les variables climatiques : la régularité des précipitations (pluie), de l'intensité de la violence des vents et du niveau actuel des températures sont souvent utilisés pour caractériser les variations climatiques. Les producteurs ont noté que les pluies, vents et températures sont aujourd'hui respectivement irréguliers, très violents et en nette augmentation. Par ailleurs, ils ont mentionné que la culture du fonio est sensible aux variations climatiques au stade de maturité. Cependant, l'irrégularité des pluies et la hausse des températures n'affectent pas négativement les rendements du fonio. De même, les vents violents observés aujourd'hui n'entravent pas la culture du fonio. En somme, les producteurs du fonio affirment que cette spéculation s'adapte mieux aux variations climatiques. Néanmoins, il serait indispensable d'approfondir les connaissances générées par les fonioculteurs à travers des tests expérimentaux en milieu contrôlé (serre) et en milieu réel (paysan) pour évaluer l'impact des variations de pluviométrie, température et vent sur les performances agronomiques de l'espèce.

REMERCIEMENTS

Nous remercions deux relecteurs anonymes dont les contributions ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Adesiji G. B. Matanmi B.M. Onikoyi M. P. & Saka M. A. 2012. Farmers' perception of climate change in Kwara State, Nigeria. *World Rural Observations* 4 (2): 46-54.
- Adomou A.C. Sinsin B. & Van der Maesen L.J.G. 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. *Notulae Florae Beninensis* 12. *Systematics and Geography of Plant*. 76: 155-178.
- Adoukounou-Sagbadja H. Wagner C. Dansi A. Ahlemeyer J. Dainou O. Akpagana K. Ordon F. & Friedt W. 2007. Genetic diversity and population differentiation of traditional fonio millet (*Digitaria spp.*) landraces from different agro-ecological zones of West Africa. *Theoretical and Applied Genetics*. 115 : 917-931.
- Afouda A. 1990. L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine. Thèse de Doctorat nouveau régime Université de Paris I.V. (Sorbonne). Institut de géographie. Paris, France. 428 p.
- Agossou, D.S.M. Tossou C.R. Vissoh V.P. & Agbossou K.E. 2012. Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles Béninois. *African Crop Science Journal* 20 : 565-588.
- Ayantunde, A.A. Briejer, M. Hiernaux, P. Udo H.M.J. & Tabo R. 2008. Botanical knowledge and differentiation by age, gender and ethnicity in South-western Niger. *Human Ecology* 36, 881-889.
- Balogou V. Y. Sagbo F. S. Soumanou M. M. Toukourou F. & Hounhouigan J. D. 2012. Evaluation de la qualité de quelques produits dérivés de deux écotypes de fonio cultivés (*Digitaria exilis*) au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 72 : 27-35.
- Bambara D. Bilgo A. Hien E. Masse D. Thiombiano A. & Hien V. 2013. Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin, climats sahéliens et sahélo-soudanien du Burkina Faso. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*. 74 : 8-16.
- Chastanet M. Fauvelle-Aymar F-X. & Beaulaton D. J. 2002. Valeur alimentaire et symbolique du fonio et du sorgho, in Cuisine et société en Afrique : histoire, saveurs, savoir-faire, Karthala, Paris. 92 p.
- CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement). 2010. Rapport de l'atelier international : De la connaissance à la valorisation du fonio, Niamey, Niger, du 09 décembre 2010 au 11 décembre 2010.

- [http://fonio.cirad.fr/en/content/download/2337/17675/file/De pdf](http://fonio.cirad.fr/en/content/download/2337/17675/file/De%20pdf) (consulté le 17 Mai 2015).
- Cruz J. F. Beavogui F. & Dramé D. 2011. Le fonio, une céréale africaine. *Agricultures tropicales en poche*. Éditions Quae. Presses agronomiques de Gembloux, CTA. Wageningen. 160 p.
- Dansi A. Adoukonou-Sagbadja H. & Vodouhe R. 2010. Diversity, conservation and related wild species of fonio millet (*Digitaria spp.*) in the northwest of Benin. *Genetics Resources and Crop Evolution*. 57 : 827–839.
- Gbaguidi A. A. Faouziath S. Orobiyi A. Dansi M. Akouégninou B. A. & Dansi A. 2015. Connaissances endogènes et perceptions paysannes de l'impact des changements climatiques sur la production et la diversité du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9 (5) : 2520-2541.
- Gnanglè P. C. Glèlè Kakaï R. L. Assogbadjo A. E. Vodounon S. Yabi J. A. & Sokpon N. 2011. Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie* 8 : 26-40.
- Gnanglè C. P. Yabi A. J. Glèlè Kakaï J. L. R. & Sokpon N. 2009. Changements climatiques : Perceptions et stratégies d'adaptations des paysans face à la gestion des parcs à karité au Centre-Bénin. www.sifec.org/Actes/actes_niamey.../1_GNANGLE_comm.pdf ; 1-18.
- Gnangle P. C. Egah J. Baco M. N. Gbemavo C. D. Kakaï R. G. & Sokpon N. 2012. Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 6, 136–149.
- Guibert H. Allé U. C. Dimon R. O. Dédéhouanou H. Vissoh P. V. Vodouhé S. D. Tossou R. C. & Agbossou E. K. 2010. Correspondance entre savoirs locaux et scientifiques : Perceptions des changements climatiques et adaptations au Bénin. ISDA 2010, Montpellier, 1-12.
- Houndénou C. 1999. Variabilité climatique et maïs cultivé en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Thèse de Doctorat de géographie, U.M.R., 5080, CNRS « climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon. France. 341 p.
- ICSU (International Council for Science), 2002. *Science, Traditional Knowledge and Sustainable Development*. Paris: International Council for Science, 24 p.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2013. Résultats provisoires du RGPH4. INSAE, Cotonou, Bénin, 8 p. www.insae-bj.org.
- IPCC. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1st edn. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Kanté A. 2011. Des outils participatifs pour mieux comprendre les liens entre migration et changements climatiques. In *Symposium sur les changements climatiques. Panel 3 : Le rôle des savoirs locaux et autochtones dans l'enjeu du changement climatique*, AfricAdapt (eds.), pp. 3-8 ; www.africa-adapt.net/media/resources/551/Panel%203.pdf : consulté le 23/01/2016.
- Loko Y. L. Dansi A. Agre A. P. Akpa N. Dossou-Amignon I. Assogba P. Dansi M. Akpagana K. & Sanni A. 2013. Perceptions paysannes et impacts des changements climatiques sur la production et la diversité variétale de l'igname dans la zone aride du nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 7: 672–695.
- Luka E. G. & Yahaya H. 2012. Sources of awareness and perception of the effects of climate change among sesame producers in the southern agricultural zone of Nasarawa State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 16(2): 134-143.
- Mapfumo P. Chikowo R. Mtambanengwe F. Adjei-Nsiah S. Baijukya F. Maria R. Mvula A. & Giller K. 2009. L'expérimentation et l'apprentissage : perceptions d'agriculteurs. *Agridape* 24 (4) : 26-27.
- McCarthy D. S. & Vlek P. L. 2012. Impact of climate change on sorghum production under different nutrient and crop residue management in semi-arid region of Ghana: a modeling perspective. *Afr. Crop Sci. J.* 20: 243–259.
- Mustapha S. B. Sanda A. H. & Shehu H. 2012. Farmers' perception of climate change in central agricultural zone of Borno State, Nigeria. *J. Environ. Earth Sci.* 2: 21–27.
- Nelson G. C. Rosegrant M. W. Koo J. Robertson R. Sulser T. & Zhu T. 2009. *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. IFPRI: Washington; 19 p.
- Nhemachena Hassan R. C. 2008. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 2 (1) : 83–104.
- Niang I. 2009. Le changement climatique et ses impacts : les prévisions au niveau mondial. In : IEPF (eds.). *Adaptation au changement climatique ; Liaison Energie-Francophonie*, 85 : 13-19.
- Nwalieji H. U. & Uzuegbunam C. O. 2012. Effect of climate change on rice production in Anambra State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*. 16 (2) : 81-91.
- Ogouwalé E. 2006. *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse de Doctorat unique, LECREDE/ FLASH/ EDP/ UAC, Abomey Calavi, Bénin. 302 p.
- Oyekale A. S. & Oladele O. I. 2012. Determinants of climate change adaptation among cocoa farmers in southwest Nigeria. *ARPN J. Sci. Technol.* 2 : 154–168.

- PANA-BENIN, 2008. Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Bénin (Pana-Bénin) Cotonou, Janvier 2008.
- Paraïso A. A. Sossou A. C. G. Yegbemey R. N. & Biao G. 2011. Analyse de la rentabilité de la production du fonio (*Digitaria Exilis S.*) dans la Commune de Boukombé au Bénin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*. Série A 13 : 27-37.
- 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/>.
- Rahman M. Z. 2015. An 'innovation-cycle framework' of integrated agricultural knowledge system and innovation for improving farmers' climate change adaptation and risk mitigation capacities: A case of Bangladesh. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*. 7 (7). 213-220.
- Sánchez-Cortés M. S. & Lazos Chavero E. 2011. Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Climatic Change*. 107: 363-389.
- Sekloka E. Adoukonou-Sagbadja H. Paraïso A. A. Yoa B. K. Bachabi F. X. & Zoumarou-Wallis N. 2015. Evolution de la diversité des cultivars de fonio pratiqués dans la commune de Boukoubé au Nord-Ouest du Bénin. *International Journal Biological Chemical Sciences* 9: 2446-2458.
- Srivastava A. K. Gaiser T. Paeth H. & Ewert F. 2012. The impact of climate change on Yam (*Dioscorea alata*) yield in the savanna zone of West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 153: 57-64.
- Tchétangni Y. A. Assogbadjo A. E. Houéhanou T. & Bello D. O. 2016. Perception paysanne des effets du changement climatique sur la production des noix d'anacardier (*Anacardium Occidentale L.*) dans la commune de Savalou au Bénin. *Eur. Sci. J. ESJ* 12 : 220-239.
- Tidjani M. A. Akponikpe P. B. I. 2012. Évaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin. *African Crop Science Journal*, 20 (2): 425 - 441
- Tilman D. & Downing J. A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367, 363 - 365.
- Ugwoke F. O. Nnadi F. N. Anaeto C. F. & Aja O. O. Nwakwasi R. N. 2012. Crop Farmers' Perception of and Adaptation to Climate Change in Orlu Agricultural Zone of Imo State, Nigeria. *J. Agric. Ext.* 16: 212-223.
- Yabi, I. & Afouda F. 2012. Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International* 262 : 39-43.



Analyse de l'efficacité économique de la production du coton biologique équitable au Bénin

Sagbo Paul HOUNTONDJI^{1,*}, Silvère D. TOVIGNAN¹, Epiphane SODJINOU¹

¹ Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (FA/UP)
BP 123; Parakou, Rép. du Bénin

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 23 Décembre 2018

Analysis of the economic efficiency of organic cotton production in Benin

Abstract: Environmental protection in our area also involves organic production. Since the meeting on cotton and the environment in Kandi in 1995 and the possibilities of establishing sustainable cotton trade links between Benin and the Netherlands in 1994, Benin has effectively started producing organic cotton next to conventional cotton in 1996. Thus, given the current economic and financial performance of organic cotton production, a study of the economic efficiency of this production is therefore imperative in order to highlight the current modes of allocation of production resources. The study was conducted in the communes of Banikoara and Tanguéta North and that of Glazoue in central Benin. A sample of ninety-six (96) producers was formed in a reasoned and random manner. The Cobb-Douglas Stochastic Production and Cost Boundary Method were used to analyze the collected efficacy data using Frontier 4.1 and STATA 10.1 software. The results show that the averages of the technical, allocative and economic efficiency indices are respectively 0.85, 0.60 and 0.54. Thus, the economic inefficiency of organic cotton production is more related to allocative efficiency (40%); which is more related to producers (78.75%). The determinants of these technical, allocative and economic efficiencies of organic cotton production include: the number of training received, secondary activity, contact with extension, fertility level, livestock size and rotation of crops with legumes.

Keywords: Economic efficiency, organic cotton, stochastic frontier, Tobit, Benin.

Résumé : La protection de l'environnement à notre ère passe aussi par la production biologique. Depuis la rencontre sur le coton et l'environnement à Kandi en 1995 et sur les possibilités d'établir des liens commerciaux en coton durable entre le Bénin et les Pays-Bas en 1994, le Bénin s'est lancé effectivement dans la production de coton biologique à côté du coton conventionnel en 1996. Ainsi, vue les performances économiques et financières actuelles de la production du coton biologique, une étude d'efficacité économique de cette production est donc impérieuse afin de faire ressortir les modes d'allocation actuelle des ressources de production. L'étude a été réalisée dans les communes de Banikoara et de Tanguéta du Nord et celle de Glazoué au centre du Bénin. Un échantillon de quatre-vingt-seize (96) producteurs a été constitué de façon raisonnée et aléatoire. La méthode basée sur les frontières stochastiques de production et de coût, de type Cobb-Douglas a été utilisée pour l'analyse des données recueillies sur les efficacités grâce aux logiciels Frontier 4.1 et STATA 10.1. Les résultats montrent que les moyennes des indices d'efficacité technique, allocative et économique sont respectivement de 0,85, de 0,60 et 0,54. Ainsi on note que l'inefficacité économique de la production du coton biologique équitable est plus liée à l'efficacité allocative (40%) ; qui est plus liée aux producteurs (78,75%). Les déterminants de ces efficacités techniques, allocatives et économiques de la production du coton biologique sont entre autres : le nombre de formations reçues, l'activité secondaire, le contact avec la vulgarisation, le niveau de fertilité, la taille du bétail et la rotation des cultures avec les légumineuses.

Mots clés: Efficacité économique, coton biologique, frontière stochastique, Tobit, Bénin.

1. Introduction

Le coton est la principale culture de fibre dans le monde où environ 25 millions de tonnes de coton fibre sont produit annuellement (Textile Exchange et Agence bio, 2013). Il est pour de nombreux pays en Afrique de l'Ouest, le moteur de développement économique (Helvetas, 2008). C'est le cas du Bénin où depuis son accession à l'indépendance en 1960, il a toujours assis son économie sur l'agriculture. Et la culture du coton reste jusque-là la filière d'exportation la plus importante. Il constitue 44% du total des exportations nationales et est le premier produit d'exportation en 2014 avec 99 066,2 millions de francs CFA contre 89 003,3 millions de francs CFA en 2013 (INSAE, 2015). Ces performances ont permis au secteur primaire de contribuer à 1,1 points à la croissance de 2014 contre 1,2 points en 2013 (INSAE, 2015). En effet, depuis quelques années la filière coton traversent une crise profonde ; Outre les crises du marché, la culture de coton présente de sérieux risques environnementaux dus à l'utilisation élevée de pesticides et d'engrais chimiques (Helvetas, 2008). Ce qui a pour conséquence la dégradation des sols, la baisse des rendements, des résistances des ravageurs aux pesticides ainsi qu'une réduction considérable des revenus des producteurs de coton.

Ainsi, pour pallier ces problèmes, le coton biologique équitable a été introduit au Bénin en 1996 afin de favoriser la régulation écologique et réduire l'usage des intrants chimique. Depuis son introduction sa production du coton graine a évolué de 8,3 tonnes à 1031,9 tonnes de 1996 à 2014, avec un rendement moyen qui évolue en dent de scie allant de 415,7 kg/ha à 562kg/ha de 1996 à 2014 (OBEPAB, 2002 ; Tovignan, 2015). Ces rendements de coton-graine obtenus sont relativement au-dessous de ceux obtenus au niveau du coton conventionnel et sont largement encore en dessous des rendements optimaux. Il existe alors de fortes marges de manœuvre pour l'augmentation de la production du coton biologique. La nécessité de mesurer de façon plus exacte l'écart entre les performances actuelles et optimales sur la base des dotations propres en ressources des producteurs, de la technologie actuelle de production et des prix auxquels ils sont confrontés est indispensable. Étant donné que ces producteurs bénéficient d'une formation et d'un suivi, on doit observer une différence aussi bien au niveau de l'utilisation des ressources qu'au niveau de la qualité des produits. De ce fait, une analyse de l'efficacité et de la durabilité de la

production du coton biologique équitable s'avère nécessaire afin d'avoir une idée sur l'efficacité technique, allocative, et économique des producteurs du coton biologique. Selon Albouchi et al., (2005), les études sur l'efficacité ont le mérite d'indiquer le niveau de performance des secteurs et de déterminer les plans de production optimale.

L'objectif général de cette étude est de faire une analyse de l'efficacité économique de la production du coton biologique au Nord-Centre du Bénin. De façon spécifique, il s'agit d'estimer les indices d'efficacité technique, allocative et économique actuels de la production du coton biologique équitable et d'identifier les facteurs déterminants des niveaux actuels de ces efficacités. Notons qu'au Bénin, c'est les études de (Midin-goyi, 2008) et de (Bonou-zin, 2012) qui ont essayé d'étudier l'efficacité de la production cotonnière au Bénin. Toutefois, Seul le travail de Bonou-zin en 2012 qui a pu aborder l'aspect technique de l'efficacité de la production biologique. Mais elle n'a pas pu toucher les efficacités allocative et économique compte tenu des difficultés liées à la détermination du prix des facteurs notamment le prix des semences et du capital. Cependant, nous allons essayer d'aborder tous les aspects de l'efficacité (technique, allocative et économique).

2. Matériel et méthodes

2.1. Choix de la zone d'étude, échantillonnage et collecte de données

L'étude a été menée au Bénin, un pays côtier de l'Afrique de l'Ouest avec une superficie de 114.763 km², et est limité à l'Est par Nigeria, à l'Ouest par le Togo, au Nord par le Niger et le Burkina - Faso, et au Sud par l'Océan Atlantique. Il est divisé en 12 départements qui sont subdivisé en 77 communes. Le Bénin a un climat chaud et humide avec un climat subéquatorial au sud caractérisé par deux saisons pluvieuses (Avril à Juillet et Octobre à Novembre) et deux saisons sèches (Août à Septembre et Décembre à Mars). Le nord a un climat tropical qui est moins humide avec une saison pluvieuse (Mai à Octobre) et une saison sèche (Novembre à Avril). La population du Bénin était estimée à 10 008 749 habitants en 2013 (INSAE, 2015), avec 58% de la population qui habitent les zones rurales et des groupes ethniques très variés (de plus de 100). Plus de la moitié de la population totale a moins de 18 ans d'âge avec une espérance de vie moyenne estimée approximativement à 60,8 années en 2007 (soient 62,9 pour femmes et 58,6 pour les hommes) (INSAE, 2008).

En effet, La production du coton au Bénin se centre dans le Nord du pays et dans une moindre mesure dans le Centre. Le Centre du pays est plus humide, recevant environ 1.000 à 1.200 mm par an (Ton et

* Auteur Correspondant : psagbohount@gmail.com

Tél : (+229) 96 64 65 57

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

Wankpo, 2004). A défaut de pouvoir couvrir tout le territoire national, à cause du temps et des moyens disponibles, nous avons choisi des zones rurales en tenant compte des caractéristiques suivantes : la variabilité des diverses zones de production cotonnière en utilisant le zonage agro-écologique, la pression foncière dans chaque zone, la présence de la production du coton biologique et le niveau de production de chaque zone. Cependant, les zones retenues pour l'étude sont la zone cotonnière du Nord-Bénin (zone 2), la zone ouest Atacora (zone 4) et la zone cotonnière du Centre-Bénin (zone 5). Ainsi, les communes choisies sont : la commune de Banikoara avec les villages de Bonhanrou, Kokey et Atabénu, Batia dans la commune de Tanguiéta, et la commune de Glazoué avec les villages de Lohoué Lohouédji, Agondji et Kpodjikiki. Alors, pour mieux appréhender ces villages et comprendre certains aspects de ce travail, il est nécessaire de faire une description des différentes communes.

La sélection des villages dans chacune des communes identifiées a été faite de façon raisonnée. Les critères retenus sont la présence de l'agriculture biologique (certifiée) et son année d'introduction (au moins 3 ans), l'accessibilité physique en toute saison de l'année et le nombre de ménage pratiquant le coton biologique. Par ailleurs, l'unité d'observation dans le cas de la présente étude est le chef de ménage producteur du coton biologique. La technique d'échantillonnage raisonnée et aléatoire a été utilisée pour la sélection des ménages devant faire partir de l'échantillon. Elle est raisonnée dans la mesure où cela concerne seulement les producteurs du coton biologique dans les villages et aléatoires dans le cadre de la sélection des enquêtés parmi les recensés. Ainsi, grâce à la liste exhaustive des ménages recensés, un taux d'échantillonnage global de 31% a été appliqué avec une variation dans certaines communes compte tenu de la taille des ménages producteurs du coton biologique afin d'avoir un nombre important de producteurs pour les analyses. Ainsi, au total 96 chefs de ménages ont été enquêtés, soit 32 par commune. Les données collectées auprès de ces producteurs sont d'ordres techniques, socioéconomiques et institutionnels.

2.2. Méthodes théorique et empirique d'estimation des efficacités technique, allocative et économique

Plusieurs méthodes sont utilisées dans l'évaluation et l'estimation de l'efficacité de la production. La littérature mentionne deux principales approches : l'approche non paramétrique et l'approche paramétrique. Nuama (2006) indique que l'approche paramétrique est celle qui présente une fonction comportant des paramètres explicites (Cobb-Douglas, CES, Translog, etc.). Elle est plus préconisée et utilisée dans la plupart par des études d'efficacité d'une exploitation agricole. Ce qui se base sur la

détermination d'une frontière de production. Pour estimer une frontière paramétrique de production, on distingue deux méthodes: déterministe et stochastique. La méthode stochastique sera utilisée dans le cadre de cette étude car selon Coelli et al. (1998) elle présente une variable aléatoire non-négative V_i dans l'équation de la frontière de production. Elle se démarque de la procédure déterministe car elle considère que la production peut être influencée par des chocs exogènes qui échappent au contrôle de la firme, et par les effets des erreurs de mesure. Plusieurs approches sont connues de nos jours, pour la mesure d'efficacité. De nos jours, elle est utilisée dans la plus part des études d'efficacités (Midingoyi, 2008 ; Yabi, 2009 ; Ouattara, 2010 ; Arouna et al., 2010 et Amoussouhoui et al., 2012).

2.3. Estimation des indices d'efficacité technique

L'approche par la frontière stochastique de forme fonctionnelle de type Cobb-Douglas sera utilisée, car elle est le plus utilisée dans plusieurs études et aussi compte tenu des raisons citées plus haut. Néanmoins cette forme sera testée sur la base des tests statistiques de χ^2 du ratio de vraisemblance (LR) pour choisir le type de fonction qui donne les meilleures estimations. La forme fonctionnelle de type Cobb-Douglas donne le modèle suivant :

$$\ln(Prod_i) = \ln(A) + \beta_1 \ln(Sem_i) + \beta_2 \ln(comp_i) + \beta_3 \ln(biopes_i) + \beta_4 \ln(Mot_i) + \beta_5 \ln(Capi_i) + V_i - U_i \quad (1)$$

Où

i : représente le producteur i

$Prod$: production totale récoltée (kg/ha)

Sem : quantité de semence utilisée (kg/ha)

$comp$: quantité totale d'engrais organiques biologique (composte fumure etc..) utilisée (kg/ha)

$biopes$: quantité totale de biopesticide utilisée en litre/ha

Mot : quantité totale de main d'œuvre utilisée en homme-jour/ha

$Capi$: valeur totale des amortissements des équipements utilisés dans la production du coton en FCFA/ha

V_i : variables aléatoires hors du contrôle des producteurs et sont supposées être indépendamment et identiquement distribuées selon une loi normale d'espérance mathématique nulle et de variance σ^2 [$V_i \approx N(0, \sigma^2)$] indépendantes des U_i ;

U_i : sont des variables aléatoires d'inefficacité technique et sont supposées être indépendamment et identiquement distribuées comme des variables aléatoires non négatives, obtenues par une troncature à zéro, de la distribution de type $N(\mu, \sigma^2)$;

Les β , μ et σ^2 sont les paramètres à estimer par la méthode du maximum de vraisemblance (maximum likelihood method) au niveau de chacun des deux mo-

dèles. Ces paramètres sont les coefficients de la frontière de production dont les résidus permettront de déterminer les indices d'efficacité technique (ET).

Le ratio entre la production observée $\exp(x_i\beta - u_i)$ et la production estimée $\exp(x_i\beta)$ sur la frontière d'une firme parfaitement efficace utilisant le même vecteur d'intrants, x_i donne une estimation de l'efficacité technique. Le niveau d'efficacité technique (TE), compris entre 0 et 1, est donné par :

$$ET = \frac{y_i}{\exp(x_i\beta)} = \frac{\exp(x_i\beta - u_i)}{\exp(x_i\beta)} = \exp(-u_i) \quad (2) \text{ Coelli et al. (1998)}$$

Où y_i est la production observée de la firme « i » et $\exp(x_i\beta)$ est la production frontière estimée.

2.4. Estimation des indices d'efficacité du coût (économique) et allocative

Ces indices sont obtenus à travers la fonction frontière de coût qui peut être obtenue au moyen de la dérivation par dualité de la fonction frontière de production de type Cobb-Douglas. Cette fonction prendra la forme fonctionnelle définie pour son équivalent primal qui est la fonction frontière de production. Dans ce cas l'efficacité du coût consiste donc à choisir la meilleure combinaison productive d'intrants compte tenu de leurs prix en vue d'optimiser le profit ou de minimiser les coûts à un niveau de production donné. Ainsi, pour un vecteur de prix des facteurs, le coût de production est donné par le modèle présenté par Ogunhari et Odjo (2006), cité par Midingoyi (2008) et aussi utilisée par Ouattara (2010). D'où la frontière de coût de la forme Cobb-Douglas appliquée dans notre étude est spécifiée de la manière suivante :

$$\ln(C_i) = \ln(A) + \beta_1 \ln(pSem_i) + \beta_2 \ln(pcomp_i) + \beta_3 \ln(pbiopes_i) + \beta_4 \ln(pMot_i) + \beta_5 \ln(pCapi_i) + \ln(Prod_i) + V_i - U_i \quad (3)$$

Où :

C_i représente le coût total de production (exprimée en Francs CFA) du producteur i .

$pSem_i$: est le prix moyen de la semence de coton biologique. Au Bénin, les producteurs du coton reçoivent les semences de façon gratuite. En effet, jusqu'à présent, le coût de production de la semence est supporté par la filière à travers les subventions diverses de l'Etat. Cette charge n'est donc pas incorporée aux crédits intrants ; elle n'est pas alors directement ressentie par le producteur, ce qui donne l'impression que la semence est cédée gratuitement (Sekloka, 2012). Cependant, dans le cadre de notre étude nous allons tenir compte du prix moyen de la sous-région du coton bio. Selon le rapport du Syprobio (2013), le prix de la semence coton bio est estimé à 35 FCFA/kg au Burkina et à 26 FCFA/kg au Mali. D'où le prix moyen a considéré pour notre étude est de 30,5 FCFA/kg.

$pcomp_i$: correspond au prix moyen des intrants organiques biologique (composte fumure etc..) utilisé. Il est exprimé en FCFA par kg au niveau du producteur i . Étant donné que d'autres producteurs fabriquent le

compost eux même, ce prix sera évalué par focus groupe dans chacun des villages. Ainsi, ce prix varie entre 5 FCFA/kg et 10 FCFA/kg selon une étude du GIZ sur la fabrication du compost. En effet, pour les producteurs qui utilisent le tourteau du palmier à huile, le prix est fixé à 130 FCFA/kg d'après les données de l'OBEPAB.

$Pbiopes_i$: représente le prix moyen des biopesticides utilisés. Étant donné que les producteurs fabriquent eux même les biopesticides, ce prix sera évalué par la somme des prix des ingrédients qui composent le produit. Il sera estimé par les producteurs et est exprimé en FCFA par litre.

$Pmot_i$: est le prix moyen de la main-d'œuvre totale (main-d'œuvre salariée et main d'œuvre familiale), exprimée en FCFA par homme-jour au niveau du producteur i .

$Pcap_i$: représente le prix moyen de tous les petits matériels agricoles utilisés par le producteur i . Compte tenu de l'utilisation multiple des matériels pour diverses cultures, le prix a utilisé représente la part des annuités des équipements qui revient à la production du coton biologique et est estimé en FCFA.

$Prod_i$: la production totale récoltée par le producteur i , exprimée en kilogramme.

L'erreur est constitué des composantes V_i (variables aléatoires hors du contrôle des producteurs) et U_i . D'après Coelli (1998), les U_i fournissent l'information sur le niveau d'efficacité de coût ou l'efficacité économique (EEi) du producteur i .

$$EEi = \exp(-U_i) \quad (4)$$

L'efficacité économique (EEi) peut être décomposée en efficacité technique et allocative.

L'efficacité allocative (AEi) est donc estimée par l'équation :

$$AEi = EEi / TEi \quad (5)$$

Avec : EEi, l'efficacité économique et TEi l'efficacité technique

En effet, les équations (1) et (3) ont été estimées à l'aide du logiciel FRONTIER Version 4.1 conçu par (Coelli, 1996). La procédure d'estimation est celle adoptée par Coelli (1996). Elle consiste à maximiser le logarithme népérien de la fonction de vraisemblance et à calculer le ratio de vraisemblance LR. Ce qui permet d'obtenir mathématiquement le sigma carré et le gamma des systèmes d'équation par les formules suivantes :

$$\sigma_s^2 = \sigma^2 u + \sigma^2 v \text{ et } \gamma = \sigma^2 u / \sigma^2 v$$

Pour tester l'existence d'inefficacité technique et allocative, Coelli, (1996) a suggéré d'utiliser le test unilatéral du ratio de vraisemblance généralisé. Cette démarche consiste à tester l'hypothèse nulle $H_0 : \gamma = 0$ contre l'hypothèse alternative $H_1 : \gamma > 0$. La procédure conduit au calcul du ratio de vraisemblance (LR) donné par le logiciel. Le LR suit une distribution de khi-deux de Pearson avec comme degré de liberté (ddl) égale au

nombre de restrictions (nombres de paramètres restreints dans le modèle).

2.5. Méthode d'identification des déterminants des efficacités

Afin d'analyser les facteurs qui expliquent l'inefficacité technique, allocative et économique des producteurs, une régression économétrique des indices d'efficacité (score d'inefficacité) a été utilisée. Cette méthode a été proposée par Ray (1988) et utilisée par plusieurs auteurs comme Midingoyi, 2008 ; Ouattara, 2010; Labiyi et al., 2012 ; Amoussouhoui et al., 2012. Les effets de ces facteurs sur les niveaux d'efficacité sont estimés par la méthode de régression Tobit compte tenu du caractère tronqué des indices d'efficacité (variable dépendante) qui sont compris entre 0 et 1. Le modèle se présente sous la forme suivante :

$$EFF_i = \alpha_0 + \alpha_i \sum X_i + e_i$$

Avec EFF_i les efficacités ($i = ET, EA, EE$ et ET représentant l'efficacité technique,

EA désignant l'efficacité allocative et EE étant l'efficacité économique), X_i les variables explicatives, α_0 et α_i les coefficients de régression et e_i les termes d'erreurs.

Nous supposons, dans cette étude que les facteurs qui affectent le niveau d'efficacité technique, allocative et économique de la production du coton biologique sont les suivants : sexe, l'âge, l'accès au crédit (0 si le producteur n'a pas accès et 1 si oui), le niveau d'éducation (0 si le producteur n'est pas instruit et 1 si oui), l'alphabétisation (0 si le producteur n'est pas alphabétisé et 1 si oui), le contact avec la vulgarisation (0 lorsque le producteur n'a pas de contact et 1 si oui), l'expérience dans la production du coton biologique, le nombre d'actifs agricoles du ménage, la taille de l'exploitation en terme de superficie cultivée et disponible (hectare), la distance entre le marché et la maison du producteur, le nombre de formations reçues, le niveau de fertilité (1 si le niveau de fertilité de la parcelle abritant le coton est élevé et 0 si non), la taille du bétail (le nombre de tête de bovins) et la rotation des cultures (1 si rotation du coton avec les cultures légumineuses et 0 si c'est autres formes de rotation).

En tenant compte de ces variables, le modèle se présente comme suit :

$$EFF_i = \alpha_0 + \alpha_1 SEX + \alpha_2 AGE + \alpha_3 NINS + \alpha_4 VULG + \alpha_5 EXP + \alpha_6 ACRE + \alpha_7 ALPH + \alpha_8 ACT + \alpha_9 SUPC + \alpha_{10} SUPD + \alpha_{11} DISM + \alpha_{12} NIVF + \alpha_{13} FORM + \alpha_{14} TLBET + \alpha_{15} ROTL + e_i$$

3. Résultats

3.1. Caractéristiques socio-économiques et démographiques des enquêtés

Le tableau 1 montre que les femmes sont plus impliquées dans la production du coton biologique que les hommes (58,89% contre 41,11%). Ceci s'explique par le fait que la production du coton biologique n'utilise pas les produits chimiques et n'a pas des effets négatifs sur la santé maternelle. De plus, elles n'ont pas d'accès direct aux intrants agricoles comme les engrais chimiques et aussi la terre. Cette situation montre le contraire de la tendance observée dans le Nord-Bénin où la production du coton est une activité presque exclusivement masculine. Les terres les plus fertiles sont rencontrées dans la zone de Glazoué (46,875%) avec une différence significative au seul de 1% par rapport aux autres communes. Toutefois, pour maintenir la fertilité des sols plusieurs systèmes de rotation de cultures sont observés. Seul 36,12 % des chefs ménages pratiquent la rotation du coton avec les légumineux qui est la plus bonne pratique de maintien de la fertilité des sols. Dans les trois zones d'enquête, l'agriculture est la principale activité des chefs de ménage (93,33%) et le commerce comme l'activité secondaire (25,56%) suivie d'élevage.

Par ailleurs, l'âge moyen des chefs de ménages enquêtés est de 43,11 (+/-12,25) ans dans l'ensemble des zones d'étude (Tableau 3). Le niveau d'instruction des chefs de ménages enquêtés est la classe de CI (Cours d'Initiative) dans l'éducation formel. L'expérience dans la production biologique est en moyenne de 5,56 (+/-3,74) dans l'ensemble et est plus élevé dans la zone de Glazoué avec une différence significative au seuil de 1%. Ce qui s'explique par le fait que cette zone fait partir des premières zones d'introduction du coton biologique au Bénin. La superficie disponible moyenne pour les ménages enquêtés est moyenne de 11,07 (+/-26,25) hectares avec 5,84ha (+/-9,06) cultivées. De plus, seul 1,21 ha (+/-1,43) en moyenne est réservé pour la culture du coton. En outre les exploitations agricoles se situent en moyenne à 1,96 km (+/-1,21) des habitations des ménages.

3.2. Estimation de l'efficacité technique actuelle de la production du coton biologique

Il ressort de l'analyse du tableau 2 que le test relatif à la signification des effets de l'inefficacité technique est significatif au seuil de 10%. Ainsi, γ est statistiquement différent de 0. De ce fait, les effets d'inefficacité technique existent et sont donc inférieur à 1. De plus, la frontière de production stochastique est bien appropriée à cette étude. La valeur $\gamma = 0,05$ montre que 5% de la variation de la production du coton biologique est due à l'inefficacité technique des producteurs et les 95% restant de ces productions sont due aux facteurs aléatoires y compris des erreurs de mesures, ce qui peut provenir de la nature des données.

Tableau 1 : Différentes caractéristiques socio-économiques et démographiques des producteurs

Variables	Modalités	Tanguiéta (%)	Banikoara (%)	Glazoué (%)	Ensemble (%)	Chi-deux
Variables qualitatives						
Sexe	Féminin	75	66,67	37,5	58,89	9,799***
	Masculin	25	33,33	62,5	41,11	
Accès aux crédits	Non	100	80	59,375	78,89	17,29***
	Oui	0	20	40,625	21,11	
Rotation avec légumineux	Oui	3,57	26,67	78,13	36,12	61,367**
	Non	96,43	73,33	21,87	63,88	
Niveau de fertilité	Pauvre	0	0	3,125	1,11	19,50**
	Moyen	100	66,67	50	71,11	
	Fertile	0	33,33	46,875	27,78	
Activité secondaire	Agriculture	3,57	13,33	12,5	10	51,873**
	commerce	0	43,33	31,25	25,56	
	Elevage	0	23,33	12,5	12,22	
Variables quantitatives						
Variables		Tanguiéta	Banikoara	Glazoué	Ensemble	F
Age (ans)		37,86 (12,49)	44,93 (9,77)	46,0 (13,01)	43,11 (12,25)	4,054*
Niveau d'instruction (ans)		0,82 (2,06)	0,73 (1,95)	1,56 (2,87)	1,05 (2,35)	1,167
Actifs agricoles		3,11 (1,99)	5,03 (3,23)	3,78 (2,51)	3,99 (2,72)	4,017**
Expérience dans le coton bio (ans)		3,93 (1,54)	3,97 (0,67)	8,47 (4,69)	5,56 (3,74)	22,17**
Superficie cultivée (ha)		1,64 (1,62)	2,50 (1,82)	12,67(12,47)	5,84 (9,06)	20,25**

Source : Données de l'enquête Syprobio 2014-2015

Tableau 2 : Résultat de l'estimation de la fonction stochastique de la production

Variables	Paramètres	Coefficients	Erreur-type	Valeur de la statistique t
Constante	beta 0	7,56 ***	0,525	14,38
Quantité de semence	beta 1	-0,122E-08 ***	0,21E-9	-5,59
Quantité de biopesticide	beta 2	-0,056	0,151	-0,374
Quantité d'engrais organique	beta 3	-0,49E-09 **	0,24E-09	-1,99
Quantité d'homme-jour	beta 4	-0,204E-09 ***	0,046	-4,41
Capital	beta 5	-0,25E-09	0,206E-09	-1,123
Sigma-carré	σ^2	0,317	1	0,317
Gamma	γ	0,05	1	0,05
Log de vraisemblance		-72,90		
Test du ratio de				
Vraisemblance (LR)		2,875 *		
Efficacité technique moyenne		0.8501		

*** = significatif à 1 %; ** = significatif à 5 % ; * = significatif à 10%.

Source : Données de l'enquête SyProBio2014-2015

Des variables introduites dans le modèle, seuls les variables quantité semence, l'engrais organique et la quantité de la main d'œuvre sont significatives respectivement au seuil de 1%, 10% et 1%. La quantité de semence est positivement significative au seuil de 1%. Les coefficients qui représentent les élasticités de ces trois variables sont négatifs et sont respectivement de 0,122E-08 pour la quantité de semence, de 0,49E-09 pour l'engrais organique et de 0,204E-09 pour la main d'œuvre. Ces résultats nous amènent à conclure que lorsque la quantité de ces variables varie de 1%, on observe une diminution du rendement du coton biologique égale au pourcentage des élasticités. Par ailleurs, on constate que le score de l'efficacité technique moyenne est de 0,85. Ce qui montre que le niveau d'efficacité

technique des producteurs du coton biologique est de 85%.

3.3. Estimation des indices d'efficacité du coût (économique) actuel de la production du coton biologique équitable

L'estimation de la fonction de coût a été faite par la fonction frontière de coût stochastique de type Cobb-Douglas. Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 10%.

Notons que la présence d'inefficacité allocative ou non a été analysé à travers le paramètre d'efficience γ . L'hypothèse nulle testée est que tous les producteurs du coton biologique enquêtés sont efficaces de façon allocative. Du tableau 3, la valeur de γ est 0.7875 et est significativement différent de zéro (car γ est significatif

à 1%). Ce qui indique que 78,75 % de la variation des coûts des intrants est due à l'inefficacité allocative des producteurs et que 21,25% de cette variabilité est alors attribuée aux facteurs aléatoires. De ce fait, la variation de coût observée au niveau des unités de production

étudiées est en partie due aux effets d'inefficacité des producteurs. Par conséquent, les ressources ne sont pas très bien allouées en tenant compte de leur prix dans les systèmes de production du coton biologique des zones étudiées.

Tableau 3 : Résultat de l'estimation de la fonction stochastique du coût

Variabes	Paramètres	Coefficients	Erreur-type	Valeur de la statistique t
Constante	beta 0	8,165 ***	0,545	14,96
Production	beta 1	-0,16E-08 ***	0,31E-09	-5,26
Prix Unitaire d'engrais organique	beta 2	0,44 ***	0,083	5,33
Prix Unitaire de la biopesticide	beta 3	0,24E-09	0,22E-09	1,121
Coût de main d'œuvre	beta 4	-0,0265	0,146	-0,18
Annuité des équipements	beta 5	0,11E-08	0,94E-09	1,187
Prix semence	beta 6	0,118 **	0,05	2,33
Sigma-carré	σ^2	0,704 ***	0,202	3,478
Gamma	γ	0,78 75 ***	0,154	5,10
Log de vraisemblance	Log(1)	-79,071		
Test du ratio de		3,123 *		
Vraisemblance (LR)				
Efficacité moyenne du coût		0,5489		

*** = significatif à 1 %; ** = significatif à 5 % ; * = significatif à 10%.

Source : Données de l'enquête SYPROBIO 2014-2015

Parmi les variables introduites dans le modèle, trois sont significativement différentes de zéro. La quantité récoltée à l'hectare est significative au seuil de 1% et négative, et deux autres variables que sont les prix de la semence et d'engrais organique sont positifs et respectivement significatifs au seuil de 1% et de 5%. Nous avons remarqué que le coefficient de la variable rendement est négatif, ce qui veut dire que lorsque le rendement augmente de 1%, l'efficacité allocative des producteurs du coton biologique diminue de 0.16E-08 % tandis qu'au moment où les prix de la semence et d'engrais organique augmentent de 1%, cette efficacité augmente respectivement de 0.118 % et 0.44%.

3.4. Distribution des indices d'efficacité technique, allocative et économique

L'approche stochastique des frontières de production et de coût a permis d'estimer et de décomposer l'efficacité économique en ses deux composantes. Dans l'ensemble, les moyennes des indices d'efficacité techniques, allocatives et économiques sont respectivement de 0,85 ; 0,60 et 0,54.

Par ailleurs, la figure 1 montre la distribution des fréquences des producteurs du coton biologique selon leurs classes de scores d'efficacité. Les analyses de cette figure montrent que 77,01% des producteurs ont une efficacité technique supérieure à 0,80. Les 23% restants ont une efficacité supérieure à 0,426. Ce qui pourrait s'expliquer par des formations en compostage et en préparation de biopesticides reçues par les producteurs

des différentes structures de vulgarisation avec des suivis réguliers. Aussi, les producteurs enquêtés sont ceux qui ont au moins cinq (05) ans d'expériences dans la production du coton biologique. Ils sont résistants aux chocs externes car après le retard dans le paiement des montants de ventes du coton graine par le gouvernement, ils ont continué de produire sans problèmes alors qu'un bon nombre des producteurs ont laissé. Les fréquences relatives de 45,83% pour l'efficacité allocative et 41,67% pour l'efficacité économique ont pour classes modales respectives de] 0,6 - 0,8] et] 0,4 - 0,6] (figure 1). Ces résultats indiquent que l'inefficacité économique dans la production du coton biologique est liée aux coûts d'allocation des ressources.

3.5. Analyse des déterminants des efficacités technique, allocative et économique

Pour analyser les facteurs déterminants les efficacités de la production du coton biologique, le modèle de régression censurée Tobit a été utilisé. Les résultats issus des facteurs d'efficacité technique des producteurs sont présentés dans le tableau 4 tandis que le tableau 5 présente les résultats des déterminants des efficacités allocative et économique. Les résultats d'estimation des modèles pour les efficacités technique, allocative et économique montrent qu'ils sont dans l'ensemble significatifs au seuil de 1% et ont respectivement des pouvoirs explicatifs R^2 égales à 69,02%, 66,76 et 68,83 ($R^2 = 1 - \text{Pseudo } R^2$). Ainsi les facteurs introduits dans les modèles expliquent à plus de 66% des efficacités de la production du coton biologique.

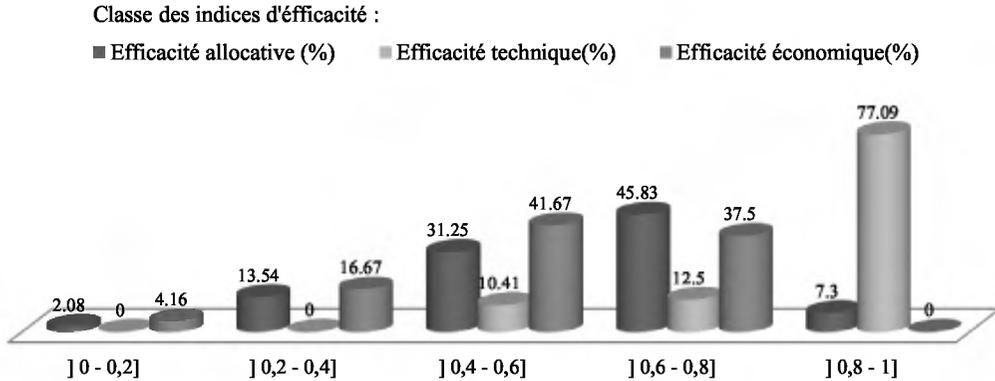


Figure 1 : Répartition des producteurs (%) selon leurs indices d'efficacité technique, allocative et économique

Source : Données de l'enquête SYPROBIO 2014-2015

Tableau 4 : Résultats des déterminants de l'efficacité technique du coton biologique

Variables	Coef.	Std. Err.	t	P> t
Distance entre la maison et l'exploitation agricole	-.142***	.0413	-3.43	0.001
Alphabétisation	-.0700	.099	-0.70	0.484
Nombre d'actifs agricoles	-.0048	.0168	-0.29	0.773
Nombre de formations reçues	.1756***	.0462	3.80	0.000
Age	-.0022	.0037	-0.59	0.555
Sexe	-.0472	.099	-0.47	0.637
Niveau d'instruction	-.0305	.0190	-1.60	0.114
Activité secondaire	.0924***	.0141	6.52	0.000
Expérience dans la production biologique	.0047	.0069	0.69	0.493
Accès aux crédits agricoles	.0054	.107	0.05	0.959
Superficie cultivée	-.0151*	.0086	-1.76	0.083
Contact avec la vulgarisation	.353*	.189	1.87	0.066
Niveau de fertilité	.205**	.094	2.18	0.032
Taille du bétail	.0838	.0852	0.98	0.328
Superficie disponible	.0016	.002	0.64	0.523
Rotation des cultures avec les légumineuses	.335***	.118	2.82	0.006
Constante	-.760**	.344	-2.21	0.030

LR chi2(17) = 148.24
 Prob> chi2 = 0.0000
 Log likelihood = -33.26
 Pseudo R² = 0.31

*** = significatif à 1 % ; ** = significatif à 5 % ; * = significatif à 10%.

Source : Données de l'enquête SYPROBIO 2014-2015

Les résultats du tableau 4 montrent que la distance entre la maison et l'exploitation agricole, le nombre de formations reçues, l'activité secondaire, la superficie totale cultivée, le contact avec la vulgarisation, le niveau de fertilité et la rotation des cultures avec les légumineuses sont les facteurs qui déterminent l'efficacité technique de la production du coton biologique de façon significative. Notons que, à part la distance entre la maison et l'exploitation agricole et la superficie totale cultivée qui ont une influence négative, les autres facteurs influencent positivement l'efficacité technique.

En ce qui concerne les efficacités allocative et économique, la distance entre la maison et l'exploitation agricole, le nombre de formations reçues, l'activité secondaire, le contact avec la vulgarisation, la taille du

bétail et la rotation des cultures avec les légumineuses sont les facteurs qui déterminent l'efficacité économique de la production du coton biologique de façon significative. De ces facteurs, seul le contact avec la vulgarisation ne détermine pas significativement l'efficacité allocative (Tableau 5). Par ailleurs contrairement à la distance entre la maison et l'exploitation agricole qui influence négativement ces efficacités, les autres facteurs ont une influence positive.

La distance entre la maison et l'exploitation agricole apparaît négatif dans l'ensemble des modèles estimés et significative au seuil 1% pour l'efficacité technique et de 10% pour les efficacités allocative et économique. Il s'ensuit que plus les champs de la production du coton biologique sont loin de la maison moins

les producteurs sont efficaces techniquement et économiquement. Alors les exploitations proches de la maison sont plus faciles à entretenir et contrôler que celles qui sont distantes. Ce qui s'explique par le fait que la distance engendre des coûts supplémentaires de déplacement et réduit le temps de travail par jour des producteurs.

Le nombre de formations reçues par les producteurs est positif et significatif au seuil de 1% pour toutes les efficacités. Ceci montre que plus les producteurs du coton biologique suivent des formations (itinéraire technique de production, préparation du compost et biopesticides etc.) sur la production biologique plus ils sont efficaces techniquement, allocativement qu'économiquement. Ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les formations permettent de renforcer le savoir (le savoir-faire, le savoir être) et d'acquérir des connaissances nouvelles. Ce qui conduit à un changement de comportement (d'où les capacités productives).

La superficie totale cultivée en hectare a un effet significatif et négatif (au seuil de 1%) sur l'efficacité technique mais pas sur les autres. Ce qui montre que plus il existe d'emblavures pour le producteur, moins il est techniquement efficace dans la production du coton biologique. Cela s'explique par le fait que les petites parcelles de champs requièrent d'efforts rationnels. Les entretiens se font correctement. Les activités se conduisent à temps alors qu'au niveau des grandes parcelles, il y a une dispersion des efforts. Comme l'a confirmé le travail de Savi (2009) sur la production du crincrin dans la vallée du Mono qui affirme ensuite que cette influence négative ne doit pas induire sur l'abandon des grandes parcelles au profit des petites. Il faut, plutôt, y consentir plus d'efforts sur le plan allocation des ressources afin d'obtenir un «output» conséquent.

Le contact avec la vulgarisation des producteurs est un élément important pour l'efficacité technique car les rencontres avec les agents de vulgarisation sont un moyen pour les producteurs de discuter des difficultés qu'ils rencontrent dans leurs pratiques culturales afin d'avoir des solutions sous forme de conseils ou de nouvelles technologies. Ainsi, plus le producteur pose ces contraintes plus il acquiert des connaissances et plus il est techniquement efficace s'il les applique. Dans notre étude, cette variable a un effet positif et est significative au seuil 10% pour les efficacités technique et économique du producteur. Alors plus le producteur est en contact avec les agents de vulgarisation plus il reçoit un encadrement technique et est plus performant économiquement. Ce résultat a été confirmé par l'étude de Midingoyi (2008) sur l'efficacité économique de la production du coton conventionnel au Bénin.

Le niveau de fertilité est positif et significatif au seuil de 5% pour l'efficacité technique des producteurs du coton biologique. Il n'influence pas de façon significative l'efficacité allocative et économique mais

exerce une influence positive dans les différents modèles. Ainsi, plus la fertilité du sol est élevée, plus les producteurs obtiennent un meilleur niveau d'efficacité technique. En effet, la fertilité traduit la richesse des éléments nutritifs dans le sol. Les résultats obtenus sont dus au fait que le cotonnier est exigeant en éléments minéraux. C'est donc une variable très importante dans l'amélioration de la productivité. Ces résultats témoignent de l'importance de cette variable dans l'amélioration de l'efficacité dans la production cotonnière. En effet, les travaux de Katary (1997) cité par Bonou-zin, (2012) sur la production cotonnière au Bénin ont montré que la non restitution de la matière organique, la mauvaise gestion des engrais et de la fertilité des sols constituent l'une des raisons de la faiblesse de rendement observée dans la production cotonnière au Bénin. D'où la nécessité d'une mise en œuvre des programmes axés sur la gestion de la fertilité des sols doivent être alors mise en œuvre pour améliorer l'efficacité au niveau du système biologique.

Par ailleurs, la variable **rotation de la culture avec les légumineuses** est positive et significative au seuil de 1% pour les trois types d'efficacité. Cela signifie que plus le producteur fait la rotation du coton et des légumineux dans les champs, plus la production du coton biologique est techniquement et économiquement efficace. Ceci s'explique par le fait que la rotation avec les légumineux maintient l'état de fertilité des sols. Aussi, l'apport en engrais organique au niveau des sols ne permet-il pas la dégradation de ces derniers comparativement aux engrais minéraux. L'enfouissement des résidus de récolte dans le sol est un élément important dans la fertilisation. Alors les producteurs doivent adopter cette pratique afin de maintenir l'état fertile des sols ou de régler les problèmes liés à la fertilité des sols.

La possession d'activité secondaire par des producteurs influence positivement les trois types d'efficacité et est significative au seuil de 1%. Ainsi les producteurs qui ont une activité secondaire sont plus performants techniquement, allocativement et économiquement. Ils allouent d'une meilleure façon les ressources productives à la production du coton biologique. Ce qui pourrait s'expliquer par le fait que l'activité secondaire dégage des revenus qui font augmenter le revenu global du ménage et par conséquent les ressources productives du ménage. Ainsi le producteur peut investir facilement dans les facteurs de production (la main d'œuvre, engrais organique, biopesticides etc.).

La taille du bétail détermine positivement les trois types d'efficacité dans l'ensemble des modèles estimés. Mais reste significative seulement pour les efficacités allocative et économique au seuil de 5%. Ainsi, plus le producteur dispose d'un nombre important de têtes de bœufs et de caprins et d'ovins, plus il est allocativement et économiquement efficace. Ce qui s'explique par le fait que le bétail constitue d'une part une source de revenu et d'autre part une ressource riche en

matière organique pour la fertilité du sol dans la production biologique. Cependant, la possession d'un nombre important de bétail permet au producteur d'investir facilement dans les facteurs de production et de fertiliser ces sols sans trop dépenser dans l'achat des

engrais organiques. En effet, la nécessité d'une mise en œuvre des programmes axés sur l'agriculture intégrée pour la gestion de la fertilité des sols doivent être alors mise en œuvre pour améliorer l'efficacité technique et économique de la production du coton biologique.

Tableau 5 : Résultats des déterminants des efficacités allocative et économique du coton biologique

Variables	Efficacité allocative			Efficacité économique		
	Coef.	Std. Err.	t	Coef	Std. Err.	t
Alphabétisation	-.0526	.1033	-0.51	-.0575	.100	-0.57
Nombre d'actifs agricoles	.0185	.0176	1.05	.0174	.0171	1.02
Nombre de formations reçues	.1028**	.0488	2.10	.1047**	.0474	2.21
Age	-.00106	.0038	-0.27	-.0011	.0037	-0.30
Sexe	-.0826	.1036	-0.80	-.0791	.100	-0.79
Niveau d'instruction	-.0191	.0196	-0.98	-.0187	.019	-0.98
Activité secondaire	.0744***	.0157	4.72	.0728***	.0153	4.75
Expérience dans la production biologique	.0153	.0143	1.07	-.0160	.0139	-1.15
Accès aux crédits agricoles	.0841	.112	0.75	.0853	.109	0.78
Superficie cultivée	-.0137	.0090	-1.52	-.0133	.0087	-1.52
Contact avec la vulgarisation	.3258	.197	1.65	.330*	.1914	1.73
Niveau de fertilité	.1361	.0982	1.38	.137	.0954	1.44
Taille du bétail	.195**	.0890	2.20	.190**	.0864	2.20
Distance maison- exploitation agricole	-0.0778*	0.0443	-1.76	-0.0778*	0.043	-1.81
Superficie disponible	.0020	.0026	0.76	.0018	.0026	0.71
Rotation de la culture avec les légumineuses	1.023***	.239	4.28	1.013***	.232	4.37
Constante	-3.342***	.531	-6.29	-3.373***	.515	-6.55
	LR chi2(18)	152.4			155.88	
	Prob> chi2	0.0000			0.0000	
	Log likelihood	-37.95			-35.3	
	Pseudo R ²	0.333			0.312	

*** = significatif à 1 % ; ** = significatif à 5 % ; * = significatif à 10%.

Source : Données de l'enquête SYPROBIO 2014-2015

Outre ces variables, d'autres introduites dans les modèles sont non significatives mais présentent des intérêts. Il s'agit notamment de l'accès au crédit, de l'expérience dans la production du coton biologique et de la superficie disponible. Elles sont non significatives mais présentent le signe positif attendu. Ce qui montre que plus les producteurs ont accès au crédit, d'expériences dans la production biologique et des terres cultivables disponibles, plus ils améliorent leur niveau d'efficacité technique, allocative et économique. Cette disponibilité des terres facilite la rotation des cultures.

4. Discussion

Des résultats obtenus au niveau des efficacités, il a été observé que l'inefficacité des producteurs résulte en grande partie de l'inefficacité allocative (40%) plutôt qu'au niveau de l'inefficacité technique (15%). De là, les producteurs du coton biologique allouent inefficacement les ressources. Ceci suggère que les producteurs combinent bien leurs inputs de manière efficace mais choisissent mal par rapport aux prix du marché, les proportions des différents inputs. Cette constatation améliore celle de Bonou-zin (2012), qui a montré que la production du coton biologique est efficace techniquement à 55%. Par ailleurs, les résultats de notre étude corroborent avec l'étude de Midingoyi (2008) qui a

montré que la production du coton au Bénin est économiquement efficace à près de 55%. Et, il a démontré que les indices moyens d'efficacité technique, allocative et économique du coton étaient respectivement de 0,7116 ; 0,7576 et 0,5489. Ils corroborent aussi avec ceux obtenus par Amoussouhoui et al., (2012) dans les études sur la production du riz qui a une efficacité économique de 62%. Par contre cette production est plus efficace économiquement que la production d'autres cultures comme le soja (46,61%) (Labiya et al., 2012) et de noix d'acajou (42%) (Arouna et al., 2010). Elle est moins efficace économiquement que la production du riz à Gogounou (Yabi, 2009).

Par ailleurs, plusieurs facteurs sont à la base de ces niveaux d'efficacité observés. Il s'agit entre autres de la distance entre la maison et l'exploitation agricole, du nombre de formations reçues, de l'activité secondaire, de la superficie totale cultivée, du contact avec la vulgarisation, du niveau de fertilité, de la taille du bétail et de la rotation de la culture avec les légumineuses. A ce sujet, l'étude de Bonou-zin (2012) dans les mêmes zones a trouvé en plus du niveau de fertilité et l'accès aux crédits, le sexe et le niveau d'instruction des producteurs qui influencent positivement l'efficacité technique du coton biologique. Cependant les facteurs comme le niveau de fertilité, la rotation de la culture

avec les légumineux, l'agriculture intégrée et la formation des producteurs sur les itinéraires techniques sont des facteurs importants dont les agents du développement doivent tenir compte afin de permettre aux producteurs de rentabiliser leur production de façon efficace.

5. CONCLUSION

Des résultats, on constate que les producteurs du coton biologique sont techniquement efficaces à 85% allocativement à 60% et économiquement à 54%. Ainsi on note une inefficacité économique de 46% due à allocation des coûts unitaires. Par ailleurs, bien que plus de 77% des producteurs sont techniquement efficaces de plus de 80%, seulement 7,30% sont allocativement efficaces à 80%. Aucun producteur n'est économiquement efficace à 80%. La majorité a une efficacité économique (41,67%) compris entre]0,4 - 0,6]. Ces résultats montrent que pour les producteurs du coton biologique, il existe encore des gains potentiels considérables à réaliser sur les coûts de production pour obtenir les niveaux actuels de production, ou autrement, il existe encore d'énormes marges de manœuvre pour accroître la production cotonnière sur la base des ressources actuellement utilisées. Cependant, l'étude des facteurs déterminants les efficacités de la production du coton biologique montre que les déterminants sont essentiellement la distance entre la maison et l'exploitation agricole, le nombre de formations reçues, l'activité secondaire, la superficie totale cultivée, le contact avec la vulgarisation, le niveau de fertilité et la rotation de la culture avec les légumineuses et la taille du bétail. Ces facteurs identifiés sont importants et font appel à des implications en termes de politiques agricoles à mettre en œuvre pour améliorer la productivité au niveau de la filière coton biologique équitable.

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères remerciements au CRA-Nord Bénin, au personnel du projet SyProBioet à la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou pour avoir aidé à la réalisation de ces travaux de recherche.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

Albouchi L., Bachtta M.S., Jacquet F. 2005. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes, in: Les Instruments Économiques et La

Modernisation Des Périmètres Irrigués. Cirad, pp. 19p.

Amoussouhoui R., Arouna A., Diagne A. 2012. Analyse de l'efficacité économique des producteurs des semences du riz face à la problématique de la sécurité alimentaire: Cas du Bénin. Afr. Cent. Doc. Afr. Cotonou 17p.

Arouna A., Adegbola P.Y., Adekambi S.A. 2010. Estimation of the economic efficiency of cashew nut production in Benin, in: Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19.

Bonou-zin, R.D.C.2012. Genre et performance économique des systèmes de production cotonnière du centre et au nord du Bénin. Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) en Economie des Ressources Naturelles (ERN), Ecole Doctorale Pluridisciplinaire (EDP), Université de Parakou (UP), Benin, 99 p.

Coelli T., Rao D.P., Battese G.E. 1998. An introduction to efficiency and productivity. Anal. Kluwer Acad. Publ. Boston.

Coelli T.J., 1996. A guide to FRONTIER version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation. CEPA Working papers.

Helvetas. 2008. Guide de production du coton biologique et équitable : Un manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest, 49p.

INSAE. 2015. Les échanges extérieurs du Bénin en 2014 : grands traits du commerce extérieur au Bénin. 23p. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique. 01 mars 2015.

INSAE. 2008. Profils socio-économiques et indicateurs de développement. Tome I, Tableau de Bord Social 2007. Ministère du Développement, de l'Economie et des Finances, Cotonou (Bénin).

Labiya I.A., Ayédèguè L., Yabi A.J. 2012. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du soja au Bénin. Lab. D'Analyse Rech. Sur Dyn. Econ. Soc. Univ. Parakou 19p.

Midingoyi, G.S.K. 2008. Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin: Cas des départements de l'Alibori et de l'Atacora. TFE En Vue L'obtention Diplôme Master Complément. En Economie Sociol. Rural. Belg.

Nuama E. 2006. Mesure de l'efficacité technique des agricultrices de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire. Economie Rurale Agric. Aliment. Territ. 39-53.

OBEPAB. 2002. Le Coton au Bénin: rapport de consultation sur le coton conventionnel et le coton biologique au Bénin, Report for PAN UK's Pesticides Poverty and Livelihoods project, 36 p.

Ouattara W., 2010. Economic efficiency analysis in Côte d'Ivoire. J. Dev. Agric. Econ. 2, 316-325.

Sekloka E. 2012. La production de semences dans une filière organisée : le cas du coton au Bénin.

- Syprobio. 2013. Amélioration des revenus et de la sécurité alimentaire des producteurs à travers des systèmes de production biologique diversifiés, Rapport intermédiaire technique et financier pour la période de Novembre 2012 au Septembre 2013. Europe Aid Mali - FiBL.46p.
- Textile Exchange et Agence bio. 2013. Le bio dans le monde : Agriculture biologique dans le monde. CC2013, chap2_monde_2. pp19-20.
- Ton P., Wankpo E., 2004. La production du coton au Bénin. Proj. D'analyse D'une Spéculation Agric. Par Pays Cotonou Amst. FUPRO-Agriterra.
- Tovignan D.S. 2015. Organic cotton production in Africa: Farm and fiber report for 2014, May, 2015. 9p. Textile Exchange.
- Yabi A.J., 2009. Efficiency in rice production: evidence from Gogounou district in northern of Benin. Ann. Sci. Agron. 12.



Plant life forms and chorological types as indicators of land use effect on plant community patterns in Sudanian zone

Eméline S. P. ASSEDE^{1,2,3,*}, Samadori S. H. BIAOU^{1,2}, Brice SINSIN³

¹ Laboratoire d'Ecologie, de Botanique et de Biologie végétale, Université de Parakou, 03 BP 125, Parakou, Bénin.

² Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin.

³ Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 03 PO Box 2819, Cotonou, Benin

Reçu le 25 Juillet 2018 - Accepté le 23 Décembre 2018

Formes de vie et types phytogéographiques comme indicateurs de l'effet de l'anthropisation sur les communautés végétales de la zone Soudanienne

Résumé : Les populations humaines autour des aires protégées ont souvent des impacts négatifs importants sur la biodiversité. Cette étude vise à examiner les effets des types d'utilisation des terres sur la végétation de savane dans la réserve de biosphère de Pendjari (RBP), en utilisant les formes de vie et les types chorologiques comme indicateurs de perturbation. La végétation a été analysée le long de quatre transects couvrant les différents niveaux de perturbation dans la zone de chasse de la Pendjari au sein de la RBP. Des placettes carrées de 1 ha chacune ont été échantillonnées à 1 km d'intervalle le long de chaque transect, représentant un total de 25 placettes. Chaque placette principale a été ensuite subdivisée en 16 quadrats de 25 m x 25 m, soit un total de 400 quadrats. Les données phytosociologiques collectées selon la méthode de Braun-Blanquet ont été utilisées. Au total, 375 espèces de plantes ont été enregistrées dans quatre types de végétation le long d'un gradient de perturbation anthropique. La composition floristique est variable des champs aux forêts claires. Contrairement aux phanérophtes et aux hémicryptophytes, l'importance des thérophytes et des chaméphytes augmente avec le niveau de perturbation de la végétation. Les espèces paléotropicales et pantropicales étaient positivement corrélées à l'intensité de la dégradation de la végétation. Cependant, l'effet de l'utilisation des terres était plus exprimé par les groupes chorologiques.

Mots clés: Gradient de végétation, Perturbation anthropique, Zone Soudanienne, Réserve de Biosphère de la Pendjari, Bénin.

Abstract: Human populations around protected areas frequently have significant, negative impacts on biodiversity. The objective of this study is to assess land use effects on savanna vegetation within the Biosphere Reserve of Pendjari (BRP), using life forms and chorological types as indicators of disturbance. The vegetation was analysed along four transects covering the different disturbance levels in the Pendjari Hunting Zone of the BRP. Square plots of 1 ha each were sampled 1 km apart along each transect, representing a total of 25 plots. Each main plot was subdivided into 16 quadrats of 25 m x 25 m, i.e. a total of 400 quadrats. Phytosociological data according to the Braun-Blanquet method were used. A total of 375 plants species were recorded in four vegetation types along an anthropogenic disturbance gradient. Floristic composition changed from farmlands to savanna woodlands. Contrary to the phanerophytes and hemicryptophytes, the importance of therophytes and chameophytes increases with the disturbance level of vegetation. Paleotropical and pantropical species were positively correlated with the intensity of vegetation degradation. However, land use effect was most expressed by chorological groups.

Keywords: Vegetation gradient, Anthropogenic disturbance, Sudanian zone, Biosphere Reserve of Pendjari, Benin.

1. Introduction

West Africa is one of the world's biodiversity hotspots (Poorter et al., 2004) and the West African savannas support exceptional species richness with high concentrations of endemism (Hutchinson & Dalziel, 1954-1972; White, 1983). However, these savannas are subject to rapid changes in land use (Wittig et al., 2007; Ouédraogo et al., 2010). The increasing growth in human population has caused rapid habitat degradation resulting in conversion to agricultural land (Myers et al., 2000; Stephenne & Lambin, 2001; Archard et al., 2002; Pare et al., 2008; Devineau, 2011).

Human populations around Protected Areas (PAs) frequently have significant, negative impacts on the biodiversity (Brashares et al., 2001; Hudak et al., 2004; Karanth et al., 2006). Ecosystem degradation and habitat modification in PAs, especially under human pressure, caused biodiversity erosion (Wittemyer et al., 2008).

The Biosphere Reserve of Pendjari (BRP) is an important West African reserve that experiences increasing land use change and decreasing natural savannas in response to a growing human population. The extension of cropping lands in the hunting zone of the reserve during the last decades is due to changes in farming patterns, particularly conversion of land from small to large-scale cotton fields (Djossa et al., 2007). The two most severe disturbances, i.e. selective logging and shifting cultivation (Sayer et al., 1992), represent the most widespread land use types within the BRP. These anthropogenic actions seriously affect vegetation structure of the reserve and could be an important factor of vegetation modification (Kiéma, 2001).

In the context of fast changes of the environment on a planetary scale (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), it is crucial to improve the management of natural ecosystems. There is a need for a method that can provide a rapid overview of ecosystem variability and environmental change (Gillison, 2002; Cousins & Lindborg, 2004).

The functional-group (life forms) approach is widely used as a simple way of assessing ecosystem complexity and processes, and of predicting the dynamics of ecological systems (Woodward & Cramer, 1996; McIntyre et al., 1999; Duckworth et al., 2000; Lavorel and Garnier, 2002). Surprisingly, despite the growing robust generalizations on land use change (Finegan, 1996; Fournier et al., 2001; Guarigata & Ostertag, 2001), much of the emphasis has focused on which species dominate which stages of succession (Fournier et al., 2001). A study in savanna zone used hemicryptophytes

as indicator of grassland state (Houéssou et al., 2012). Skarpe (1996) used a system based on six attributes to predict possible changes in vegetation responses: Raunkiaer (1934) life forms, leaf size, leaf type, leaf longevity, photosynthesis, and rooting depth. Fournier (1991), Menaut and César (1982) used more phenology-orientated typologies of herbaceous plants of West African savannas. Many other studies of African savannas followed an approach assessing the ecological significance of easily identifiable attributes (Diaz & Cabido, 1997; Walker, 1997; Devineau & Fournier, 2005). Thus many studies investigated land-use changes with different approaches (Wittig et al., 2007; Pare et al., 2008; Brink & Eva, 2009; Ouédraogo et al., 2010; Devineau & Fournier, 2010; Schumann, 2011). But, most of these studies agree with the negative effects of land use on the functioning of PAs. Indeed, land use change in savanna may reduce the effective size of natural habitats (Terborgh, 1990; Vester et al., 2007) and modify the original vegetation (Devineau et al., 2009; Pare et al., 2009b; DeFries et al., 2010). Land use change can also alter biological processes (Freeman et al., 2007) crucial to flora and fauna survival. Case studies indicate the reduction or loss of many species (Gaston et al., 2008) and the inability of land use to maintain multiple stages (Vester et al., 2007).

When developing guidelines for long-term management and/or restoration strategies, knowledge and understanding of land use impacts and main indicators of such impacts are crucial.

From this perspective we designed a study to determine land use impacts on vegetation gradients in the BRP. We tested the hypothesis of a correlation between the disturbance level and the functional-group (life form and chorological types) as indicator of vegetation change. More specifically, we addressed the following research questions: (i) What are the farmland practices in the BRP? ii) Is there a vegetation gradient (related to increasing or decreasing disturbance level) from land use areas to the protected area? iii) How do life forms and chorological types change as the disturbance level increases or decreases?

2. Materials and method

2.1. Study area

The BRP is situated in the Atakora province (Adomou et al., 2006), in north-western Benin (10°30' to 11°30' N; 0°50' to 2°00' E). Climate is tropical with one rainy season (mid May-October), a dry and cool season (November-February) and a dry and hot season with temperature maxima of 40°C (March-mid May). The mean annual temperature is 27°C. Soils are tropical ferruginous and hydromorphic. The vegetation is a mosaic of grass and shrub savannas, woodland and dry forest. The reserve is divided into three zones: the core zone

* Auteur Correspondant : assedeemeline@gmail.com
Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

(Pendjari National Park), the Pendjari Hunting Zone (PHZ) and the Konkombri Hunting Zone (KHZ) (Fig. 1). The PHZ is surrounded by a Buffer Zone (BZ) and a farmland (Fig. 1). The farmland or Controlled Occupation Zone (COZ) includes villages with anthropogenic activities. The most important livelihood activity in farmland is subsistence agriculture, with crop fields and fallows dominating the landscape. Cultivated crops include yam, maize, sorghum, cowpea, groundnut, cotton and rice (CENAGREF, 2016). Cattle grazing and

intensive collection of firewood are also observed in the farmland (Sinsin et al., 2002). The BZ is a protected zone where anthropogenic activities only include ritual practices, fishing and harvesting of non-timber forest products. The population around the BRP is estimated to be 30,000 inhabitants. They harvest useful plant species for food, primary healthcare, and to supplement agricultural income (Vodouhê et al., 2009).

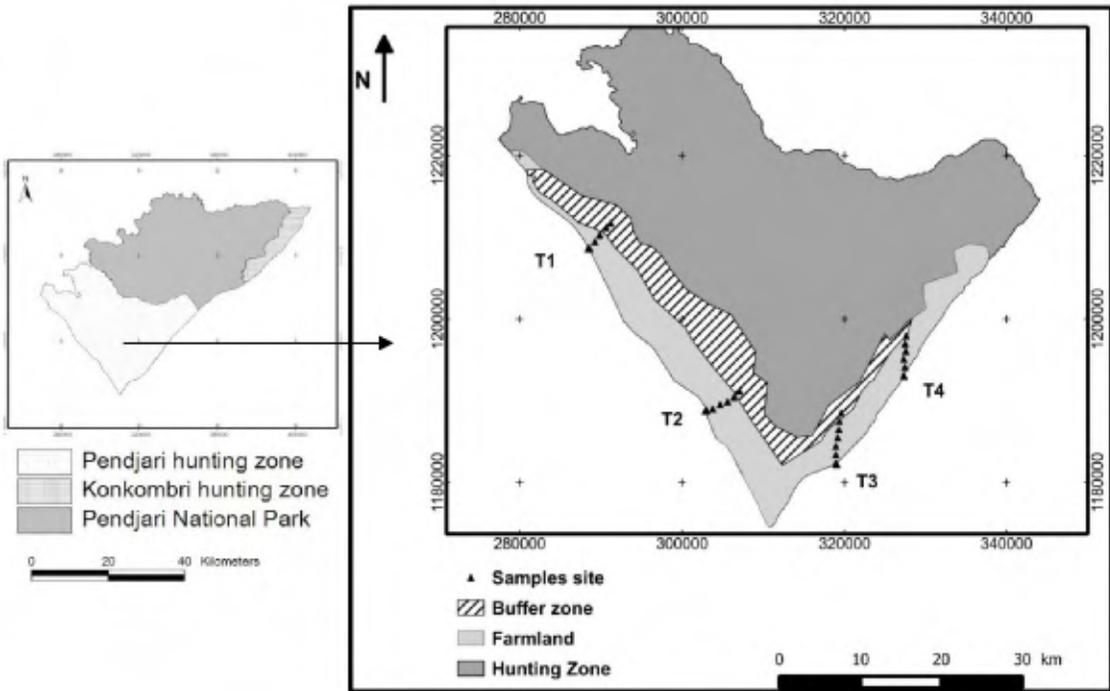


Fig. 1. Pendjari hunting zone and location of sample sites. T indicates transects.

Fig. 1. Zone de chasse de la Pendjari montrant les sites échantillonnés. T indique les transects.

2.2. Data collection

The vegetation was analysed along four transects covering the different disturbance levels from farmland to the BZ. Transects were distributed over the two main road axes surrounding the BRP: Tanguiéta-Batia and Tanguiéta-Porga. The most important villages (in terms of population size and farmland activities) were distributed along these axes and their activities have the most direct influence on the vegetation. Square plots of 1 ha each were sampled 1 km apart along each transect, with a total of 25 plots. Each main plot was further subdivided into 16 quadrats of 25 x 25 m each. The herbaceous and woody vegetation was sampled on a total of

400 quadrats (Table 1). This transect method was adapted from Dutoid et al. (2007).

Phytosociological sampling within each quadrat was done according to the Braun-Blanquet (1932) approach. The vegetation structure (number of layers, their cover and height) was described. The cover of each species was visually estimated using the Braun-Blanquet cover/abundance scale (Westhoff & van der Maarel, 1978; Houinato, 2001) as follows: +: rare with less than 1% cover, 1: 1-5% cover, 2: 5-25% cover, 3: 25-50% cover, 4: 50-75% cover, and 5: 75-100% cover.

Table 1. Dimension and number of plots per transect

Tableau 1. Dimension et nombre de placettes par transect

Tanguiéta-Porga				Tanguiéta-Batia			
Transect	Length (km)	Number of Plots (1 ha)	Number of Sub-plot (25m ²)	Transect	Length (km)	Number of Plot (1 ha)	Number of Sub-plot (25m ²)
T ₁	4	5	80	T ₃	6	7	112
T ₂	6	7	112	T ₄	5	6	96
Total	10	12	192	Total	11	13	208

Farmland practices in the BRP were determined using a semi-structured questionnaire. Data were collected through a semi-structured survey of 30 owners and/or users of farmland. Farmers were selected in 6 villages (Dassari, Pouri, Kane, Tanougou, Batia, and Tchanwassaga) based on the dominant ethnic group (Berba, Gourma ntche, Biali and Waama) around the BRP. The questionnaire was written in French but the interviews were entirely conducted in the respondents' local languages. Most of the questions were closed-ended, and the survey elicited information on fallow periods, the cultivation of cotton and the use of fertilizers and pesticides.

2.3. Data analysis

Variation in plant communities and species composition along the anthropogenic gradient was examined using ordination i.e. Detrended Correspondence Analysis (DCA) with the package Vegan of the software R 3.5.2. The DCA technique was successfully applied to data at biogeographical (Lawesson & Skov, 2002; Adomou et al., 2006) and local scales (Oumorou & Lejoly, 2003; Ouédraogo et al., 2008; Ahmad, 2010) to examine floristic changes. A matrix of 400 floristic relevés and 375 plant species was used.

Species richness and abundance spectra (average cover) of life forms and chorological types were constructed for each plant community.

The life forms defined by Raunkiaer (1934) are used: therophytes (Th), hemicryptophytes (Hec), geophytes (Ge), chameophytes (Ch), phanerophytes (Ph). The chorological types used followed species distribution in the Flora of West Africa (White, 1983) (Table 2).

Table 2. Chorological types (White 1983)

Tableau 2. Types phytogéographiques (White 1983)

Wide distribution species	Continental distribution species	Base element species
Cosmopolitan (Cos)	Sudano-Zambesian (SZ)	Sudanian species (S)
Pantropical (Pan)	Sudano-Guinean (SG)	-
Paleotropical (Pal)	Afro-tropical (AT)	-
Afro-American (Aam)	Pluri-regional African species (PA)	-
-	Guineo-Congolian species (GC)	-

The average species richness, life forms and chorological type's abundance spectra were determined for each plant community. The matrix of functional groups abundance and plant communities was subjected to first order analysis of variance (ANOVA) after "Arcsinus" transformation to normalise the proportional data, to examine variations between life forms and chorological type's abundance according to disturbance gradient of the vegetation.

Spearman's rank correlation test was used to determine the correlation (rho) between functional groups cover and disturbance level (Hauke & Kossowski, 2011). The disturbance level was expressed here as the distance from the plot to the protected area. In each case, the statistical significance was tested at 5%.

Descriptive statistics were used to present the information from investigations related to agricultural practices around the BRP.

3. Results

3.1. Plant communities' characteristics

The DCA ordination of 400 relevés and 375 plant species pointed out plant communities patterned along an anthropogenic gradient ordered from farmland to the Buffer Zone (BZ) of the BRP (Fig. 2). The first two DCA axes explained 65% of the total variance and the analysis of the vegetation gradient makes it possible to distinguish four main plant communities. The classification of floristic relevés showed similar groups (Fig. 3).

The cluster g1 included the relevés from savanna in the BZ with 200 plant species. The cover of tree layer ranged from 20 to 40%. The most frequent species included *Terminalia avicennioides* Guill. & Perr., *Combretum collinum* Fresen. and *Andropogon gayanus* Kunth. It corresponds to savanna woodland with three layers: trees, shrubs and herb layers.

The cluster g2 included the relevés from the old fallows (> 8 years) with 201 plant species. The cover of tree layer ranged from 15 to 30%. The common species included *Terminalia avicennioides*, *Combretum collinum*, *C. nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr., *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. and *Andropogon gayanus*. It corresponds to tree savanna with two layers: tree and herb layers.

The cluster g3 included the relevés from young fallows (3-5 years) with 300 plant species. *Andropogon gayanus* was scarce. The tree layer was mostly absent or very sparse (cover less than 10%). The common species included *Vitellaria paradoxa*, *Terminalia avicennioides*, *Combretum collinum*, *Eragrostis amabilis* (L.) Wight & Arn. ex Nees, *Spermacoce stachydea* DC., *Brachiaria deflexa* (Schumach.) Robyns and *Digitaria horizontalis* (Willd). It corresponds to young fallows with two layers: shrubs (mainly young tree species) and herb layer (mainly tree regeneration).

The cluster g4 included the relevés from postharvest fallow (1-2 years) with 228 plant species. The tree layer and *Andropogon gayanus* were absent in this area. The common species were *Brachiaria deflexa*, *B. lata* (Schumach) C.E. Hubb., *Commelina benghalensis* L., *Spermacoce stachydea*, *S. radiata* (DC.) Sieber ex Hi-

ern., *Tephrosia nana* Schweinf. and *Tridax procumbens* L. It corresponds to post-cultural fallow with only herb layer.

3.2. Plant life forms and chorological spectra

Table 3 presents the spectra of life forms and chorological types of plant communities. The savanna of the BZ and the old fallows (OF) displayed the highest cover in phanerophytes (Ph), hemicryptophytes (He) and base element (S). The highest therophyte cover was obtained in young fallow (YF) and postharvest fallow groups (plant communities of farmlands). The Student-Newman and Keuls test confirmed these results by grouping old fallows with savanna communities (group a) and young fallows with postharvest fallows (group b).

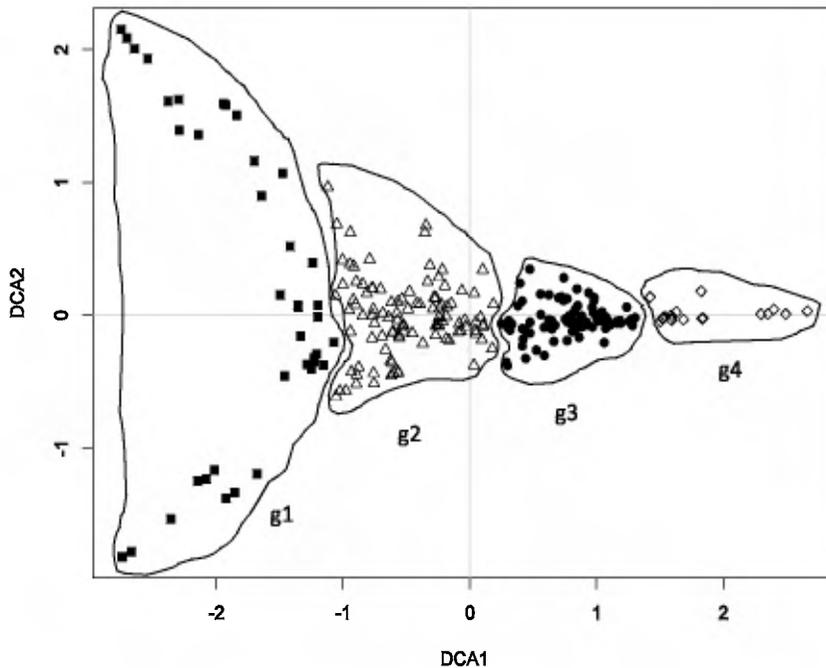


Fig. 2. DCA ordination of 400 relevés and 375 plant species taken from farmland to BZ in the BRP, and showing four clusters. g1: Savanna plant community; g2: Old fallow plant community; g3: Young fallow plant community; g4: Postharvest fallow plant community. Axis 1: eigen values: 0.67; gradient length: 5.4 SD-units (Standard Deviation units); Axis 2: eigen values: 0.52, gradient length: 3.97 SD-units.

Fig. 2. Ordination détendécée de 400 relevés et 375 espèces de plantes des terroirs riverains à la limite de la zone protégée de la RBP montrant quatre groupes. g1: groupement végétal des savanes; g2: groupement végétal des vieilles jachères; g3: groupement végétal des jeunes jachères; g4: groupement végétal des jachères postculturales. Axe 1: valeur propre: 0.67; longueur du gradient: 5.4 SD (unités d'écart-type); Axe 2: valeur propre: 0.52, longueur du gradient: 3.97 SD.

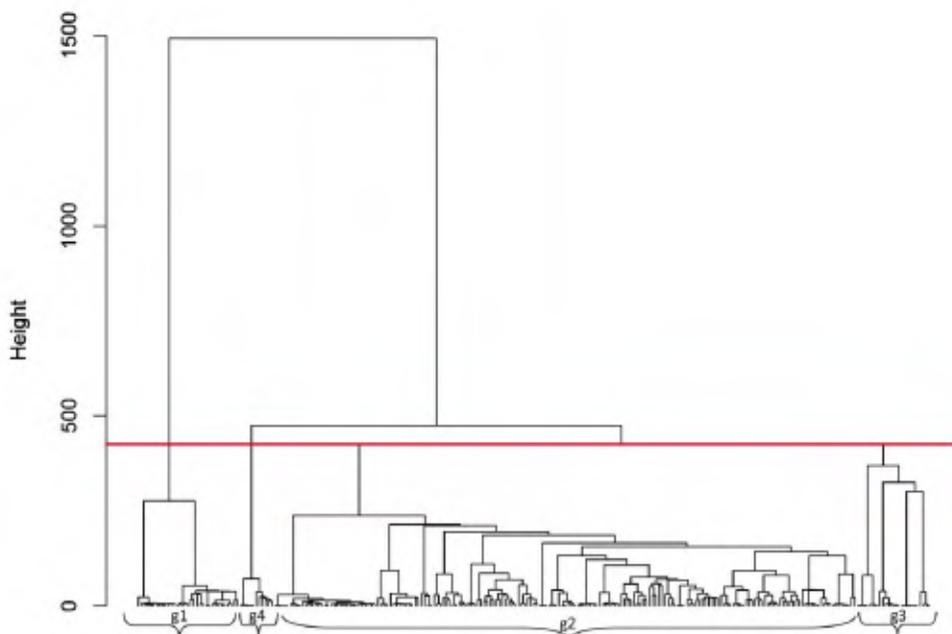


Fig. 3. Classification of 400 relevés and 375 plant species taken from farmland to Buffer Zone in the BRP, and showing four clusters. g1: Savanna plant community; g2: Old fallow plant community; g3: Young fallow plant community; g4: Post-harvest fallow plant community.

Fig. 3. Classification de 400 relevés et 375 espèces des terroirs riverains à la limite de la zone protégée de la BRP, montrant quatre groupes : g1: groupement végétal des savanes; g2: groupement végétal des vieilles jachères; g3: groupement végétal des jeunes jachères; g4: groupement végétal des jachères postculturelles.

Table 3: Life forms and chorological type spectra of plant communities. Average covers followed by the same letter (a or b) denotes homogenous groups from the Student-Newman and Keuls test at 5%.

Tableau 3 : Spectre biologique et phytogéographiques des groupements végétaux. Les couvertures moyennes suivies de la même lettre (a ou b) désignent des groupes homogènes suivant le test de Student-Newman and Keuls test à 5%.

Variables	Plants communities			Postharvest fallow	Probability
	Natural savanna	Old fallow	Young fallow		
Life forms	Average cover of life forms (%)				
He	47.99 a	44.34 a	5.53 b	7.39 b	0.0021
Ch	5.3 a	3.38 a	9.87 a	7.49 a	0.58
Th	3.69 a	12.62 a	54.05 b	73.02 b	0.0001
Ph	40.96 a	38.66 a	29.37 b	11.25 b	0.04
Ge	2.06 a	1.28 a	1.5 a	0.85 a	0.2
Chorological types	Average cover of chorological types (%)				
S	52.03 a	67.01 a	15.46 b	2.96 b	0.0025
SG	12.16 a	9.09 a	7.76 a	3.01 a	0.4
SZ	10.05 a	9.13 a	0.76 a	5.10 a	0.24
Pan	3.36 a	2.99 a	30.21 b	36.01 b	0.05
GC	0.49 a	0.61 a	0.25 a	0.28 a	0.6
Pal	1.41 a	2.01 a	16.25 b	18.77 b	0.009
PA	5.13 a	5.84 a	19.78 b	25.91 b	0.04
Aam	0.01 a	0.23 a	0.46 a	2.19 a	0.06
AT	15.37 a	3.09 a	9.06 a	5.71 a	0.6
Cos	0 a	0 a	0.01 a	0.06 a	0.31

Th: Therophytes; Hec: hemicryptophytes; Ge: geophytes; Ch: chamaephytes; Ph: phanerophytes; Cos: Cosmopolitan; Pan: Pantropical; Pal: Paletropical; Aam: Afro-American; SZ: Sudano-Zambesian; SG: Sudano-Guinean; AT: Afro-tropical; PA: Pluri-regional African species; GC: Guineo-Congolian species; S: Sudanian species.

3.3 Correlation between life forms, chorological types, chorological groups and disturbance gradient of the vegetation

Figure 3 shows correlations between functional groups cover. Strong correlation was observed between life forms and chorological types. The negative and strongest correlation was observed between hemicryptophytes (Hec) and therophytes (Th). The positive and strongest correlation was observed between Hec and Pantropical (Pan) plant species. An increasing cover of Hec plant species translated in a decreasing of Th and increasing cover of Pantropical (Pan) species.

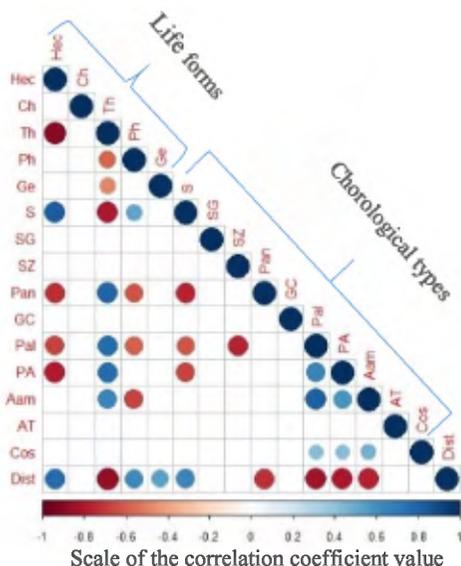


Fig. 3. Correlogram showing significant (at 5%) correlations between functional groups based on Spearman's rank correlation.

Fig. 3. Correlogramme montrant des corrélations significatives (à 5%) entre les groupes fonctionnels selon la corrélation de rang de Spearman.

Legend : Th: Therophytes; Hec: hemicryptophytes; Ge: geophytes; Ch: chameophytes; Ph: phanerophytes; Cos: Cosmopolitan; Pan: Pantropical; Pal: Paleotropical; Aam: Afro-American; SZ: Sudano-Zambesian; SG: Sudano-Guinean; AT: Afro-tropical; PA: Pluri-regional African species; GC: Guineo-Congolian species; S: Sudanian species. Dist: distance from the plot to the protected area.

Table 4 presents Spearman's rank correlation coefficient (rho) at 5% between functional groups cover and disturbance level expressed as distance from the plot to the protected area. The correlation coefficient expresses a strong tendency in the vegetation dynamics following an increasing anthropogenic gradient.

Table 4: Spearman's rank correlation coefficient (rho) between functional groups cover and disturbance level expressed as distance from the plot to the protected area.

Tableau 4 : Coefficient de corrélation de rang de Spearman (rho) entre le recouvrement des groupes fonctionnels et le niveau de perturbation estimé à partir de la distance entre le plateau et l'aire protégée.

Variables	S	rho	P
Hec	134.3	0.76	0.001*
Ch	592.11	-0.06	0.839ns
Th	1044.7	-0.86	3 e-05*
Ph	204.73	0.63	0.011*
Ge	255.73	0.54	0.036*
S	191.27	0.66	0.007*
SG	288.39	0.48	0.066ns
SZ	253.42	0.55	0.034*
Pan	963.95	-0.72	0.002*
GC	500.43	0.10	0.705ns
Pal	1026.5	-0.83	1 e-04*
PA	1010.6	-0.80	3 e-04*
Aam	992.45	-0.77	7 e-04*
AT	581.75	-0.04	0.890ns
Cos	801.6	-0.43	0.108ns

P: Probability; *: significant at 5%; ns: not significant at 5%; S: sum of all squared rank differences; rho: Spearman's correlation coefficient; Th: Therophytes; Hec: hemicryptophytes; Ge: geophytes; Ch: chameophytes; Ph: phanerophytes; Cos: Cosmopolitan; Pan: Pantropical; Pal: Paleotropical; Aam: Afro-American; SZ: Sudano-Zambesian; SG: Sudano-Guinean; AT: Afro-tropical; PA: Pluri-regional African species; GC: Guineo-Congolian species; S: Sudanian species.

Life forms and chorological types showed a moderate to strong significant correlation with the disturbance level of the vegetation expressed as distance from the plot to the protected area. However, there was a weak correlation between the disturbance level and chameophytes or Afro-tropical (AT) and the Cosmopolitan (Cos) plant species cover. Contrary to phanerophytes, hemicryptophytes (Hec) and geophytes, the average cover of therophytes (Th) and chameophytes increases with an increasing distance to the protected area, or an increasing anthropogenic disturbance. The highest correlations were observed with Th and Hec. In the same way, Paleotropicals, Pantropicals, Pluri-regional African, Afro-American, and Cos plant species were negatively correlated with the distance to the protected area, indicating their positive reaction to an increasing disturbance. However, these correlations were not significant at 5% for AT and Cos plant species. The highest and significant correlations were observed with Pal and PA plant species.

Table 5 shows the ANOVA results for the average cover of chorological groups. Contrary to Sudanian species (g1), the land use effect was significant on widespread species (g5) as well as on continental distributed species (g2 and g4) at 5%.

3.4. Farmland practices

The agricultural farmland of the BRP was essentially a subsistence agricultural system. The practices and techniques were highly characterised by rotation and association of crops with an important use of fertilizers and pesticides. All of surveyed farmers had maize and cotton fields and used fertilizers and pesticides. Fallow periods varied from 5 to 10 years. However, in many instances, the period of land abandonment did not exceed 3 years. The wood exploitation and grazing of woody plants occur through all the seasons, but their intensity decreases from farmland to the BZ of the BRP.

4. Discussion

The vegetation of the BRP indicated decreasing human disturbance activities from the farmland (Controlled Occupation Zone) to the Buffer Zone of the reserve (protected zone). The vegetation response to the anthropogenic disturbance gradients is expressed through the plant communities as seen elsewhere (Feoli et al., 2003). Thus, the most degraded lands along the sampled transects were essentially observed in the farmland. These results supposed that the farming practices that disrupted and disorganised the natural soil structure also modified the plant community structure. The land use flora, dominated by annual species, resulted from an adaptation to the cereal crop cycle. The production system in the farmland included cotton farming, characterised by a high level of application of chemical fertilizers (urea and NPK) and pesticides. It resulted in a land cover change (Dale & Palasky, 2007).

In the BRP, land for agriculture is increasingly scarce and the traditional long fallow period (30–40 years) is shorten to 3–4 years, associated with cotton and maize farming. These problems had led to some changes in farmers' behaviour regarding natural resource management in general. The current farming practices (selective logging and shifting cultivation, chemical fertilizers and pesticide use) around the BRP can also be seen as an adaptation of the environment to the population needs. However, the consequence of the vegetation disturbance is the widespread plant species type prevalence (Aviron et al., 2003; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Dale & Palasky, 2007) and a disappearance of the upper vegetation layers such as trees and shrubs (Sinsin et al., 1996; Koulibaly et al., 2006).

However, land use practices in the BRP also seem to rejuvenate the system (with more productive regeneration). Even if plant communities in farmland may have lost structure, they harbor an important regeneration (mainly within young fallows) which could become advanced regrowth group for natural savanna. The agriculture system in the study area allow the regrow back from the rootstocks at early stages after cultivation. Furthermore, it is widely acknowledged that intermediate disturbance promotes species richness (Feoli et al.,

2003, Assédé et al., 2012). This explained the importance of species richness of young fallows in the farmland. The major concern was the cost of the ecological sustainability that will be necessary to maintain productivity in the future.

Having said, this results could be used in practice to evaluate changing situations and to guide sustainable resource management. The zone between the old fallow and the postharvest fields could be an essential part of maintaining the diversity of the woodlands under the intermediate disturbance regime. But the fallows in the cotton and maize farms are just too short to maintain this woodland recovery. This will end up in major costs to the farmers to maintain an intermediate disturbance regime. We are then facing the consequences and dilemma emerging from farmer population growth or land use demand growth and biodiversity conservation.

Biodiversity changes in the context of ecosystem modification can also be expressed by change in plant species composition in terms of plant functional groups. Moreover, the relationship between the vegetation types and the life form spectra was known to be correlated with the intensity of human impacts (Feoli et al., 2003). So, the gradient in life forms cover (mainly hemicryptophytes, therophytes, and phanerophytes) observed in this study expressed well the intensity of human activities at different disturbance levels and distance to the protected area of the BRP. Although significant for all life form, this relation is most strongest for hemicryptophytes and therophytes. In fact, these two life forms are sensitive to the vegetation disruption (Sinsin et al., 1996; Sinsin, 2000; Feoli et al., 2003; Houéssou et al., 2012). Contrary to the hemicryptophytes and the phanerophytes, the average cover of the therophytes increased with the anthropogenic gradient. However, the disturbance effect was more significant for the chorological types and it became more pronounced with the degree of disruption. Indeed, the chorological types were the most sensitive functional group to express the status of the vegetation (Dale & Palasky, 2007). In a certain sense, this can explain the gradual disappearance of Sudanian plant species (the original base element of the study area) from the Buffer Zone or protected area to the farmland, and their progressive replacement with the widespread plant species.

The Biosphere Reserve of Pendjari has particular ecosystems and plant species, important for biodiversity conservation and population survival. Unfortunately, the demand for land for agriculture remains one of the greatest threats to the natural vegetation. The location of some local human population between the Atacora mountain chain and the BRP made the reserve the unique source of agricultural land. In addition, accelerated population growth on the boundary of the protected area accentuates the pressure on the reserve. It is important to follow a multidisciplinary scientific approach to firstly control the population growth rate and

the farmer population. Up to now, agriculture systems in the BRP still have fallow systems, with a recovery towards the woodland vegetation, even if the fallow cycles are getting shorter. So, it is crucial to make the subsistence farming practices more productive and sustainable.

The use of chemical fertilisers associated to cotton cultivation should be controlled around the reserve in order to prevent more degradation of the environment and ensure the functioning of ecological processes. The promotion of biological agriculture in the farmland of the BRP would also be useful for biodiversity conservation in this buffer zone of the BRP.

5. CONCLUSION

This study of the land use impact on the vegetation pattern showed a vegetation gradient from the farmland to the Buffer Zone of the Biosphere Reserve of Pendjari (BRP). Life forms and chorological groups were shown to be sensitive to land use around the reserve. However, to be really useful in sustainable management, the way ecosystem changes with farming in the BRP must be measured as a function of changing agricultural practices. This requires a thorough understanding of ecological systems and how the ecosystem functions might change with different management regimes, perhaps through modeling plant succession and changes in soil parameters. Two research topics to be addressed in future studies are the influence of seed dispersal on tree species population structure and the main factors determining seedling regeneration, vegetative regrowth and population establishment.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to the German Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) for the financial support through the project BIOTA-West III. We also thank the farmers of the villages surrounding the Biosphere Reserve of Pendjari, who collaborated during data collection in their farmlands.

CONFLICT OF INTEREST

The authors did not declare any conflict of interest.

REFERENCES

- Adomou A. C., Sinsin B. & Van der Maesen J. L.G. 2006. Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. - *Syst. Geogr. Pl.* 76:155-178.
- Ahmad S.S. 2010. Detrended Correspondance Analysis of Vegetation Along Motorway .M- 2., Pakistan. - *Pak. J. Bot.* 42.4.: 2473-2477.
- Archard F., Eva H.D., Stibig H.J., Mayaux P., Gallego J., Richards T. & Mallingreau J.P. 2002. Determination of deforestation rates of the World's humid tropical forests. - *Science.* 297: 999-1002.
- Assédé E P S, Adomou A C & Sinsin B (2012): Secondary Succession and Factors Determining Change in Soil Condition from Fallow to Savannah in the Sudanian Zone of Benin. *Phytocoenologia* 42: 181 – 189.DOI:10.1127/0340-269X/2012/0042-0506.
- Aviron S., Burel F., Baudry J. & Collet S. 2003. Long-term impacts of farming practices on carabid beetle communities in different landscape contexts. - In: Vanpeene-Bruhier, S. (eds.): Evaluation des risques environnementaux pour une gestion durable des espaces. Cemagref, Grenoble.
- Brashares J.S., Arcese P. & Sam M.K. 2001. Human demography and reserve size predict wildlife extinction in West Africa. - Proceedings of the Royal Society of London B.
- Braun-Blanquet J. 1932. *Plant sociology.* - New York/ London: Macgran-Hill.
- Brink A.B. & Eva H.D. 2009. Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. - *Appl. Geogr.* 29: 501-512.
- CENAGREF (2016): Plan d'Aménagement et de Gestion Participative de la Réserve de Biosphère de la Pendjari. Programme d'appui aux Parcs de l'Entente, Composante 2. Cotonou, Benin.
- Cousins S.A.O & Lindborg R. 2004. Assessing changes in plant distribution pattern-indicator species versus plant functional types. - *Ecol. Indicators.* 4: 17-27.
- Dale V.H. & Polasky S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. - *Ecol. Econ.* 64: 286-296.
- DeFries R., Karanth K.K. & Pareeth S. 2010. Interactions between protected areas and their surroundings in human-dominated tropical landscapes. - *Biol. Conserv.* 143: 2870- 2880.
- Devineau J. & Fournier A. 2005. To what extent can simple plant biological traits account for the response of the herbaceous layer to environmental changes in fallow-savanna vegetation .West Burkina Faso, West Africa.? - *Flora.* 200: 361-375.
- Devineau J.L., Fournier A. & Nignan S. 2009. "Ordinary biodiversity" in western Burkina Faso .West Africa. what vegetation do the state forests conserve? - *Biodivers. Conserv.* 18: 2075-2099.
- Devineau J.L., Fournier A. & Nignan S. 2010. Savanna fire regimes assessment with MODIS fire data: Their relationship to land cover and plant species distribution in western Burkina Faso .West Africa. *J. Arid. Environ.* 74.9.: 1092-1101.

- Devineau J. 2011. To what extent does land-use affect relationships between the distribution of woody species and climatic change? A case study along an aridity gradient in western Burkina Faso. - *Plant. Ecol.* 212:959–973.
- Diaz S. & Cabido M. 1997. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. - *J. Veg. Sci.* 8: 463-474.
- Djossa B.A., Fahr J., Wiegand T., Ayihouénou B.E., Kalko E.K. & Sinsin B.A. 2007. Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten. Stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. - *Agroforest. Syst.* 72: 205-220.
- Duckworth J.C., Kent M. & Ramsay P.M. 2000. Plant functional types: an alternative to taxonomic plant community description in biogeography? - *Prog. Phys. Geogr.* 24: 515-542.
- Dutoit T., Buisson E., Gerbaud E., Roch P. & Tatoni T. 2007. The status of transitions between cultivated fields and their boundaries: ecotones, ecoclines or edge effects? - *Acta. Oecol.* 3:127-136.
- Feoli E., Ganis P., Outolan I., Sitoni D. & Zerihun W. 2003. Measuring the effects of human impact on vegetation by integrating phytosociology and remote sensing in a fuzzy set approach. - *J. Veg. Sci.* 14:751-760.
- Finegan B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. - *Trends. Ecol. Evol.* 11: 119-124.
- Fournier A. 1991. *Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'ouest. Variation selon un gradient climatique.* - Editions de l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris.
- Fournier A., Floret C. & Gnahoua G.M. 2001. *Végétation des jachères et succession post-culturale en Afrique tropicale.* - In: C. Floret., R. Pontanier .eds.: La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. - John Libbey Eurotext, Paris.
- Freeman M.C., Pringle C.M. & Jackson C.R. 2007. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. - *J. Am. Water. Res. Assoc.* 43 .1.: 5-14.
- Gaston K.J., Jackson S.F., Cantu-Salazar L. & Cruz G. 2008. The ecological performance of protected areas. - *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39: 93:113.
- Gillison A. 2002. A generic, computer-assisted method for rapid vegetation classification and survey: tropical and temperate case studies. *Conserv. Ecol.* 6 .2. 3. [online] www.consecol.org/vol6/iss2/.
- Guariguata M.R. & Ostertag R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. - *Forest. Ecol. Manag.* 148: 185-206.
- Hauke J. & Kossowski T. 2011. Comparison of Values of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Sets of Data. - *Quaest. Geogr.* 30 .2.: 87-93.
- Houéssou L.G., Tèka O., Oumorou M. & Sinsin B. 2012. Hemicryptophytes plant species as indicator of grassland state in semi-arid region: case study of W Biosphere Reserve and its surroundings area in Benin (West Africa). - *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6.3.: 1271- 1280.
- Houinato M. 2001. *Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Mont Kouffé Bénin.* - Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Hudak A.T., Fairbanks D.H.K. & Brockett B.H. 2004. Trends in fire patterns in a southern African savanna under alternative land use practices. - *Agric. Ecosyst. Environ.* 101 .2-3.: 307-325.
- Hutchinson, J. and Dalziel, J.M. 1954–1972. *Flora of West Tropical Africa.* 2nd ed. Vol. I-III. London: Crown Agents for Oversea Governments and Administrations.
- Karant K.U., Nichols J.D., Kumar N.S. & Hines J.E. 2006. Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. - *Ecol.* 87:2925-2937.
- Kiéma S. 2001. *Conservation de la diversité biologique et utilisation pastorale : la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames et les forêts classées de Maro et du Tuy Ouest-Burkinabé.* - Mémoire du Diplôme d'Etude Approfondie, Université d'Orléans, France.
- Koulibaly A., Goetze D., Traore D. & Porembski S. 2006. Protected versus exploited Savannas: characteristics of Sudanian vegetation in Ivory Coast. - *Candollea.* 61:425-452.
- Lavorel S. & Garnier E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. - *Funct. Ecol.* 16: 545–556.
- Lawesson J.E. & Skov F. 2002. The phytogeography of Denmark revisited. - *Plant. Ecol.* 158: 113-122.
- Mc Intyre S., Diaz S., Lavorel S. & Cramer W. 1999. Plant functional types and disturbance dynamics – an introduction. - *J. Veg. Sci.* 10: 604–608.
- Menaut J.C. & César J. 1982. *The structure and dynamics of a West African savanna,* - In: Huntley, B.J., Walker, B.H. (eds.): Ecology of Tropical Savannas – Ecological Studies. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-Being.* - Island Press, Washington, D.C.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. - *Nature.* 403: 853-858.
- Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-Hadjali K., Guinko S. 2006. Diagnosing the state of degradation of stands of four woody species in Sudanian zone of Burkina Faso. - *Drought.* 17: 485-491.

- Ouédraogo I., Tigabu M., Savadogo P., Compaore H., Oden P.C. & Ouadba J.M. 2010. Land cover change and its relation with population dynamics in Burkina Faso, West Africa. - *Land. Degrad. Dev.* 21: 453-462.
- Oumorou M. & Lejoly J. 2003. Aperçu sur la végétation de quelques inselbergs du Bénin. - *Syst. Geogr. Pl.* 73 : 215-236.
- Pare S., Soderberg U., Sandewall M. & Ouadba J.M. 2008. Land use analysis from spatial and field data capture in southern Burkina Faso, West Africa. - *Agr. Ecosyst. Environ.* 127: 277-285.
- Pare S., Tigabu M., Savadogo P., Oden P.C. & Ouadba J.M. 2009b. Does designation of protected areas ensure conservation of tree diversity in the Sudanian dry forest of Burkina Faso? - *Afr. J. Ecol.* 48: 347-360.
- Poorter L., Bongers F., Kouamé F.N. & Hawthorne W.D. 2004. *Biodiversity of West African forests: An ecological atlas of woody plant species.* - Wallingford: CABI Publishing.
- Raunkiaer C. 1934. *The life forms of plants and plant geography.* - Clarendon Press, Oxford.
- Sayer J.A., Harcour T.C.S. & Collins N.M. 1992. *The conservation Atlas of tropical forests: Africa.* - Macmillan, New York, NY, US.
- Schumann K. 2011. *Impact of Land-Use on Savanna Vegetation and Populations of Non-Timber Forest Product-Providing Tree Species in West Africa.* - Ph. D. Thesis, Frankfurt University.
- Sinsin B., Oumorou M. & Ogoubyi V. 1996. *Les faciès à Andropogon pseudapricus des groupes post-cultureux et des savanes arbustives du Nord-Bénin : dissemblance floristique et caractères communs.* - In van der Maesen, L.J.G., van der Burgt, X.M., van Medenbach de Rooy, J.M. (eds.): *The biodiversity of African Plants. Proceedings XIVth AETFAT Congress, 22-27 August 1994, Wageningen, The Netherlands,* Kluwer Acad. Publ.
- Sinsin B. 2000. : Caractéristiques floristiques et productivité des jachères soudaniennes sur plateau du Bénin septentrion, - In Floret, C., Pontanier, R. (eds.) *La jachère en Afrique tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives.* John Libbey.
- Sinsin B., Tèhou A.C., Daouda I. & Saïdou A. 2002. Abundance and species richness of large mammals in Pendjari National Park in Benin. - *Mammalia.* 66: 369-380.
- Skarpe C. 1996. Plant functional types and climate in a southern African savanna. - *J. Veg. Sci.* 7: 397-404.
- Stephene N. & Lambin E.F. 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa. SALU.. - *Agr. Ecosyst. Environ.* 85: 145-161.
- Terborgh J. 1990. *An overview at Cocha Caxhu biological station,* - In: Gentry, E.M. (eds.): *Four Neotropical Rainforests.* Yale University Press, New Haven.
- Vester H., Lawrence D., Eastman R., Turner B.L., Calme S., Dickson R., Pozo C. & Sangermano F. 2007. Land change in the Southern Yucatan and Calakmul biosphere reserve: implications for habitat and biodiversity. - *Ecol. Appl.* 17: 989-1003.
- Vodouhè G.F., Coulibaly O., Greene C. & Sinsin B. 2009. Estimating Local Values of Non-Timber Forest Products to Pendjari Biosphere Reserve Dwellers in Benin. - *Econ. Bot.* 63.4.: 397-412.
- Walker B.H. 1997. *Functional types in non-equilibrium ecosystems,* - In: Smith, S.M., Shugart, H.H., Woodward, F.I. (eds.): *Plant Functional Types; Their Relevance to Eco-system Properties and Global Change.* IGBP Book Series, Cambridge University Press, Cambridge.
- Westhoff V. & van der Maarel E. 1978. *The Braun-Blanquet approach,* - In: Whittaker, R.H. (eds.): *Classification of plant communities.* W. Junk, The Hague, NL.
- White F. 1983. *The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa.* - Paris: Orstom-Unesco.
- Wittemyer G., Elsen P., Bean W.T., Burton A.C. & Brashares J.S. 2008. Accelerated Human Population Growth at Protected Area Edges. - *Science.* 320: 123-126.
- Wittig R., König K., Schmidt M. & Szarzynski J. 2007. A study of climate change and anthropogenic impacts in West Africa. *Environ. - Sci. Pollut. R.* - 14: 182-189.
- Woodward F.I. & Cramer W. 1996. Plant functional types and climatic changes: introduction. - *J. Veg. Sci.* 7: 306-308.



Variabilité climatique et production halieutique du lac Nokoué dans les Aguégus au Bénin

Calèche Nehemie Nounagnon AVAHOUIN^{1,*}, Henri Sourou TOTIN VODOUNON^{1,2}, Ernest AMOUSSOU^{1,2}

¹ Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université de Parakou, BP 123, Parakou, Bénin

² Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement, Université d'Abomey-Calavi, 03BP 1122, Cotonou, Bénin

Reçu le 23 Juin 2018 - Accepté le 21 Décembre 2018

Climate variability and halieutic production of the Nokoué lake in Aguegues in Benin

Abstract: Fishing is an economic activity of lakeside households in southwestern Benin. However, fish production is influenced by the effects of climatic parameter variability in Aguégus, which affect the catch of fish caught by the population. The study aims to analyze the impacts of climate variability on fish production at Lake Nokoué. The analysis is based on climatological data (rainfall and temperature) for the period 1971-2012, ichthyological statistics for 1987-2000 and physico-chemical parameters (pH, salinity and dissolved oxygen) from 1987 to 2001. The different data quantitative data were supplemented by socio-anthropological data from field surveys using a questionnaire administered to 105 actors including 100 fishermen and 05 resource persons. The results obtained reveal a bimodal rainfall regime with two rainy seasons and two dry seasons. The inter-annual evolution of rainfall over the period of 1971-2012 shows a tendency marked by 1% of extremely wet year, 4% of highly humid years, 13% of moderately humid years compared to 19% of years of moderate drought, 3% and 1% respectively corresponding to years of severe and extreme drought. In addition, annual maximum and minimum temperatures increased by 0.03 °C / year and 0.05 °C / year, respectively. These climatic parameters combined with physico-chemical parameters have negatively affected the fish production and consequently the fishing yield. The modification of these parameters leads to a fall in production (2.88%) confirmed by 97% of the surveyed population. This situation leads to lower incomes, debt and migration. The dynamics of production are in line with the development of different fishing techniques and the development of fish farming units.

Keywords: Climatic variability, fishery production, Lake Nokoué, Aguégus Commune.

Résumé : La pêche est une activité économique des ménages lacustres au Sud-ouest du Bénin. Cependant, la production halieutique est influencée par les effets de la variabilité des paramètres climatiques dans les Aguégus qui répercutent sur la prise des poissons capturés par la population. L'étude vise à analyser les impacts de la variabilité climatique sur la production halieutique au niveau du lac Nokoué. L'analyse repose sur des données climatologiques (pluviométrie et température) de la période 1971-2012, des statistiques ichthyologiques de 1987-2000 et celles des paramètres physico-chimiques (pH, Salinité et oxygène dissous) de 1987 à 2001. Les différentes données quantitatives ont été complétées par les données socio-anthropologiques issues des enquêtes de terrain grâce à un questionnaire administré à 105 acteurs dont 100 pêcheurs et 05 personnes ressources. Les résultats obtenus révèlent un régime pluviométrique bimodal avec deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. L'évolution interannuelle de la pluviométrie sur la période de 1971-2012 montre une tendance marquée par 1% d'année extrêmement humide, 4 % d'années fortement humides, 13 % d'années modérément humides contre 19 % d'années de sécheresse modérées, 3 % et 1 % correspondant respectivement aux années de sécheresse fortes et extrêmes. En outre les températures maximales et minimales annuelles ont connu une hausse respective de 0,03 °C/an et 0,05°C/an. Ces paramètres climatiques combinés à ceux physico-chimiques ont négativement affecté la production halieutique et par conséquent ont

entraîné la baisse du rendement de pêche. La modification de ces paramètres entraîne une baisse de la production (2,88 %) confirmée par 97 % de la population enquêtée. Cette situation a pour corollaire la baisse des revenus, des endettements et des migrations. Les dynamiques de la production vont dans le sens du développement des différentes techniques de pêche ainsi que l'aménagement des unités piscicoles.

Mots clés: Variabilité climatique, production halieutique, lac Nokoué, Commune des Aguégus.

1. Introduction

Les changements et variabilités climatiques constituent une fulmination en raison de leurs conséquences immédiates et durables sur l'environnement biophysique et économique (GIEC, 2007). Au Bénin, les dernières décennies ont été marquées par une augmentation des températures et une récession pluviométrique (Boko *et al.*, 2012). Cette instabilité climatique a des incidences sur la disponibilité en eau qui constitue le milieu de vie des ressources halieutiques. Selon Pérard *et al.* (2001), les activités humaines sont ainsi affectées par les différentes modifications des paramètres climatiques.

Ainsi, la pêche constitue une activité très sensible à la variabilité climatique en raison de ses exigences hydro climatiques. En plus de la dégradation des conditions climatiques, les captures sur les plans d'eau subissent une pression démographique et des différentes techniques de pêche qui entraînent une diminution des ressources halieutiques (Sohou *et al.*, 2009). La modification des caractéristiques physico-chimiques des plans d'eau de pêche a accru la rareté et le risque de disparition de certaines espèces halieutiques (Djissou, 2014). Ces différentes modifications ont engendrés une baisse de la production halieutique qui influence la vie socioéconomique des populations riveraines (Avahouin, 2017). Les activités de pêche n'arrivent plus à couvrir les besoins des populations qui en font l'exploitation. Car les écosystèmes du lac Nokoué connaissent une dégradation en raison des déficits hydriques et de la hausse des températures (Ogouwalé, 2007). Cette étude a pour but d'analyser le rythme des paramètres climatiques et leurs impacts sur la production halieutique du lac Nokoué dans la commune des Aguégus.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans la commune des Aguégus, au Sud-ouest du Bénin (figure 1). Elle est localisée dans la zone agro-écologique n°8 dite (Zone des pêcheries) (PANA, 2008), plus précisément dans le département de l'Ouémé. Située entre 6°24' et 6°33' de latitude Nord et 2°27' et 2°36' de longitude Est, elle s'étend sur une superficie de 103 km² ; soit 8,04 % de la superficie totale du département. Elle est limitée au Nord par les communes de Dangbo et d'Akpo-Misséré, au Sud par le lac Nokoué et la commune de Sèmè-Kpodji, à l'Est par la lagune et la commune de Porto-Novo et enfin à l'Ouest par le lac Nokoué et la commune lacustre de Sô-Ava. C'est un espace habité sur environ 500m de large le long du fleuve Ouémé et sujet à des inondations saisonnières pendant la crue (août à novembre) où toute la commune devient véritablement lacustre (Djenontin, 2006). Sa population est estimée à 44562 habitants (RGPH4, 2013), est composée en majorité de 99,3 % de Gun, 0,1 % d'Adja et 0,6 % d'autres (PDC, 2004). La pêche constitue la principale activité économique, mobilisant environ plus de 50% des populations locales intervenant dans la pêche continentale des départements de l'Ouémé et du Plateau. En plus, son réseau hydrographique est constitué du lac Nokoué, de la lagune de Porto-Novo et du fleuve Ouémé (Missikpodé, 2010). L'ensemble de ses cours d'eau partagent la commune en îlot d'accumulation alluviale logé dans la basse du fleuve Ouémé.

2.2. Données collectées

Les séries climatiques (pluviométrie et température) de la station synoptique de Porto-Novo et de la station pluviométrique de Sèmè ont été collectées à l'ASECNA-Cotonou (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar), sur la période de 1971 à 2012. Ces deux stations ont permis d'obtenir les données de pluie régionalisée de la commune des Aguégus du fait que cette dernière ne dispose pas de réseau d'observations climatiques.

* Auteur Correspondant : avanchemie95@gmail.com,

Tél : 94943406/96237389

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

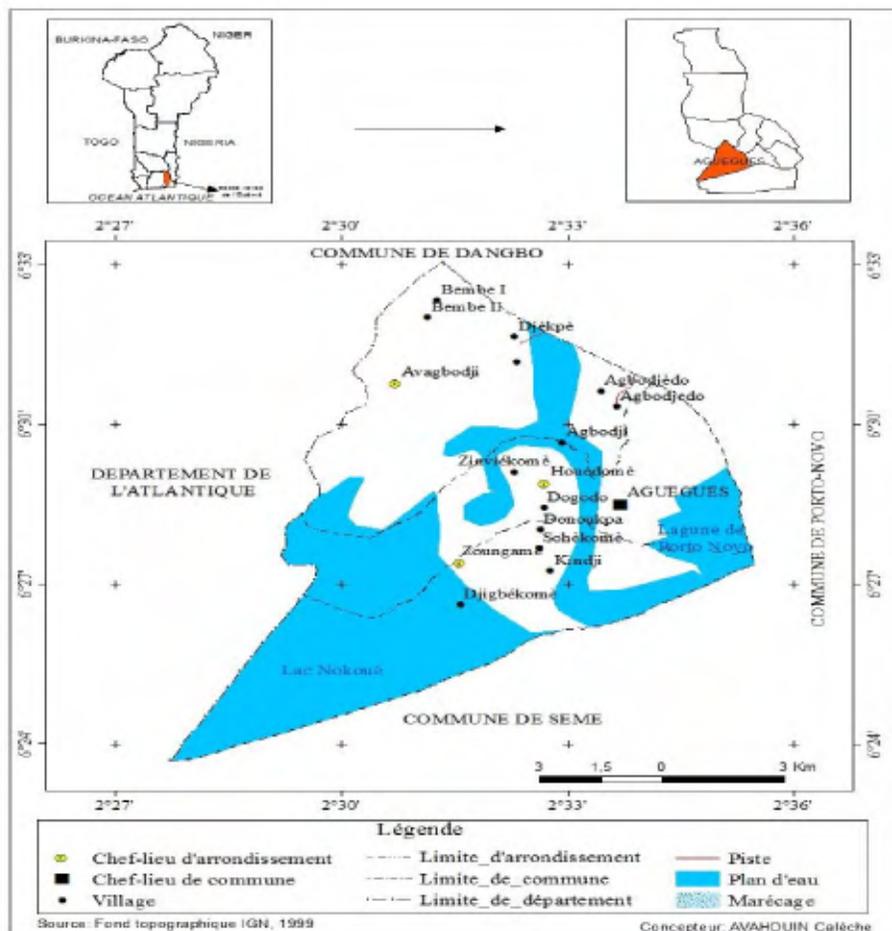


Figure 1 : Situation géographique de la commune des Aguégues

Les statistiques sur l'évolution de la production halieutique sur la période de 1987 à 2000 et celles des paramètres physico-chimiques du lac Nokoué (oxygène (O₂), salinité et pH) de 1987-2001 ont été recueillies à la direction des pêches. L'analyse des données quantitatives a été renforcée par des données qualitatives issues d'enquête de terrain. L'échantillon est constitué de 100 pêcheurs et mareyeurs puis de 05 personnes ressources composées de responsable d'association des pêcheurs et des chefs de village. Les principales informations recueillies concernent la perception de ces acteurs sur l'évolution des précipitations et de la température et leurs influences sur la production halieutique. Ces informations ont été recueillies à travers des entretiens individuels et des focus groups.

2.3. Méthode de traitement des données

Les différents paramètres climatiques (température et pluviométrie) ainsi que les données de terrain ont été

traités en se basant sur l'utilisation du logiciel Excel 2007 afin de faciliter la réalisation des différents diagrammes. La mise en évidence des années humides et des années sèches a été faite à partir de la méthode de l'indice de Lamb (1982).

$$I = \frac{xi - \bar{x}}{S}$$

où xi représente le cumul moyen annuel de l'année i. Le \bar{x} et S représentent respectivement la moyenne et l'écart-type de la série 1971 à 2012.

De plus la détermination des années humides et sèches a été déterminée en se basant sur l'indice standardisé utilisé par Bergaoui et Alouini (2001). Cette méthode permet de mieux cerner le degré des séquences humides et sèches dans la Commune des Aguégues (tableau 1).

Tableau 1 : Caractérisation des années humide et sèche

Indice pluviométrique standardisé (IPS)	Caractéristique de l'IPS
IPS > 2	Humidité extrême
1 < IPS < 2	Humidité forte
0 < IPS < 1	Humidité modérée
-1 < IPS < 0	Sécheresse modérée
-2 < IPS < -1	Sécheresse forte
IPS < -2	Sécheresse extrême

La courbe de tendance fondée sur la moyenne mobile glissante sur cinq ans est utilisée pour identifier les dynamiques qui s'opèrent dans la variabilité pluviométrique. La droite linéaire a permis de déceler les tendances thermométriques.

3. Résultats et discussion

3.1. Indicateurs climatiques dans la commune des Aguégus

3.1.1. Indicateurs pluviométriques

Le régime pluviométrique de cette commune est bimodal avec deux saisons (grande et petite) distinctes: deux saisons pluvieuses (Avril-Juillet et Octobre-Novembre) et deux saisons sèches (Décembre-Mars et Août-Septembre). La figure 2 montre la répartition des précipitations moyennes mensuelles dans la commune des Aguégus.

Au cours de la saison pluvieuse, les hauteurs de pluies atteignent 306,3 mm en juin qui reste le mois le plus pluvieux au cours de la grande saison pluvieuse et de septembre avec une valeur de 151 mm pour la petite saison pluvieuse. Par contre, les mois de décembre (15,8 mm) à janvier (14 mm) et celui d'août avec 55,2 mm constituent ceux des minima obtenus respectivement durant la grande saison sèche et la petite saison sèche. Pendant ces mois humides, la pluviométrie favorise la reproduction des poissons et le bon rendement

d'après 89 % des enquêtés. En outre, les valeurs de la température, de la salinité et le pH sont à la baisse. Ceci corrobore les résultats de Gboni (1995) qui affirme que la reproduction est favorable à la montée saisonnière des eaux occasionnée par la crue en une période où la température, la salinité et le pH est basse contrairement à l'oxygène qui est forte.

La variabilité du régime pluviométrique induit une instabilité des précipitations interannuelles. Le secteur d'étude connaît une grande variabilité interannuelle qui se traduit par une succession d'années humides et sèches. La figure 3 montre la variabilité interannuelle des anomalies pluviométriques de 1971 à 2012.

Les séquences sèches s'étendent de 1981 à 1984, 1990 à 1994 et de 1998 à 2006 contrairement aux séquences humides qui couvrent les périodes de 1985 à 1990 et de 2007 à 2011. De même, 1998 (743,9 mm) et 2003 (721,8 mm) ont enregistré une baisse des hauteurs pluviométriques contrairement à l'année 2010 (1934,1 mm) qui a connu des fortes pluies. La variabilité pluviométrique est marquée par une alternance d'années déficitaires et excédentaires. Selon l'indice standardisé des précipitations, les années 1977, 1998 et 2003 sont marquées par des déficits hydriques croissants respectivement de (-1,4 ; -1,9 et -2) contrairement aux années 1987 et 1988 puis 2010 qui ont été les plus humides avec des valeurs respectives de (+1,6 ; +2,5) sur la période 1971 à 2012. L'indice standardisé des précipitations montre sur la même période, que le secteur d'étude a enregistré 1% d'année extrêmement humide, 4 % d'années fortement humides et 14 % d'années modérément humides contre 18 % d'années de sécheresse modérées, 3 % d'années de sécheresse fortes et 1 % d'année d'extrême sécheresse. Cette variabilité du climat observée au niveau de la pluviométrie a des répercussions sur l'écosystème aquatique du lac Nokoué. Quant à CdP (2012), les ressources en eau sont une nécessité pour la vie, l'agriculture ainsi que la vie aquatique.

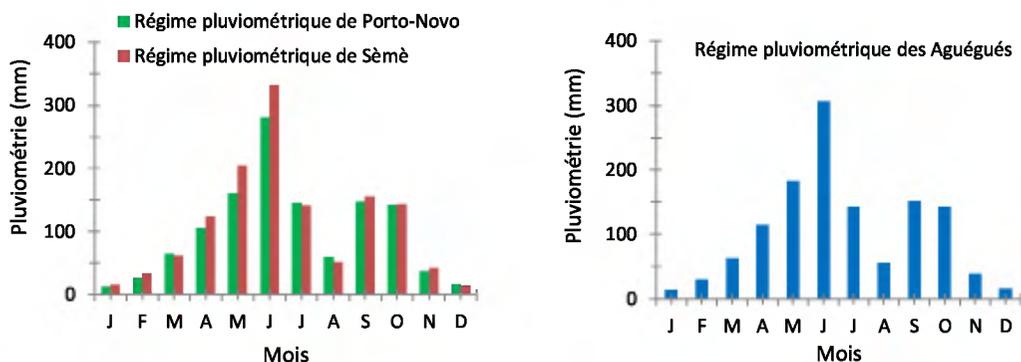


Figure 2 : Régime pluviométrique mensuel moyen de la Commune des Aguégus (1971-2012)

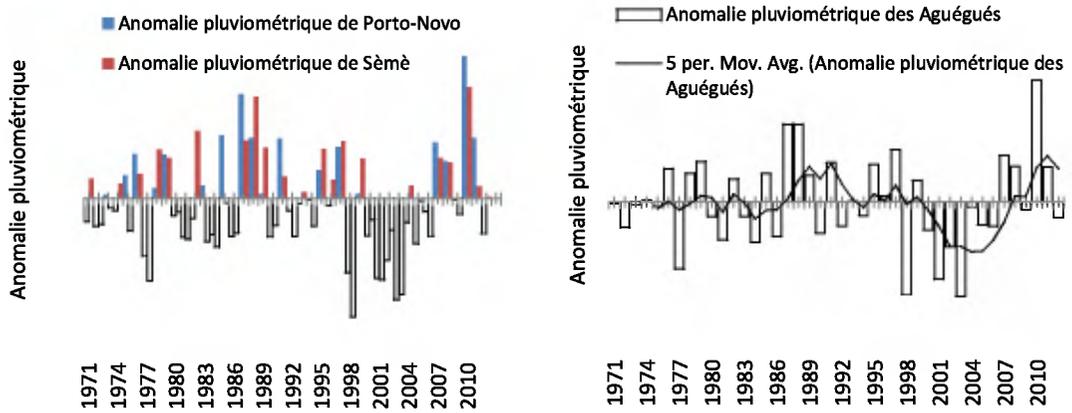


Figure 3 : Variabilité interannuelle des anomalies pluviométriques de la commune des Aguégus sur la période de 1971 à 2012

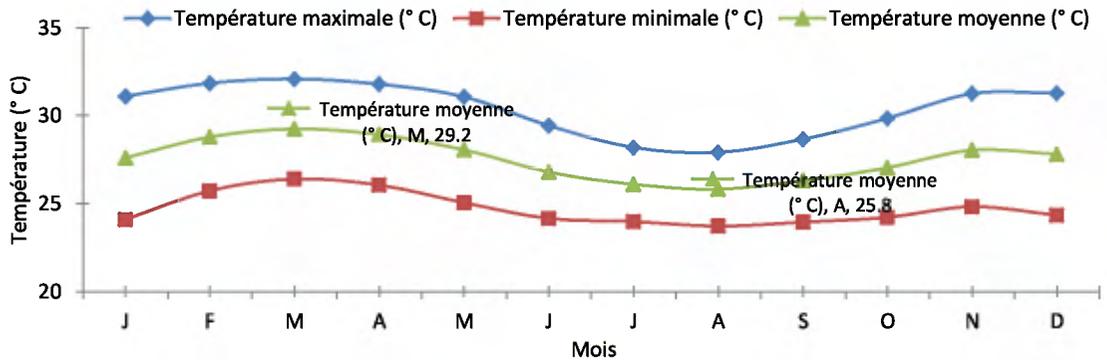


Figure 4 : Régime thermométrique moyenne 1971-2015

3.1.2. Indicateurs thermiques dans la commune des Aguégus

Les températures moyennes mensuelles et annuelles ont permis de déterminer l'évolution de la température moyenne dans la commune des Aguégus sur la période 1971-2012 (figure 4).

La figure 4 révèle que la température moyenne varie de 25,8 °C en août à 29,2 °C en mars. Les mois de février (28,8 °C), mars (29,2 °C) et d'avril (28,9 °C) sont les plus chauds de l'année. Au cours de ces mois les poissons disparaissent à cause de l'eau qui s'échauffe en surface et migrent vers les milieux humides par conséquent en profondeur ou au niveau des frayères (Amoussou, 2003). Elle connaît une diminution dès le mois de mai (28,1 °C) à septembre (26,3 °C) favorisant l'activité de pêche (Djissou, 2014). La figure 5 illustre la variabilité interannuelle des températures maximales et minimales dans les Aguégus au cours de la période 1971-2012.

L'analyse de la figure 5 révèle une évolution à la hausse des températures minimales et maximales entre 1971 et 2012. En effet, les températures maximales ont évolué de 29,4 à 31,0 °C ; soit une hausse de 1,6 °C (0,03 °C/an) et celles minimales annuelles ont varié de 23,5 °C à 25,7 °C ; soit une hausse de 2,2 °C (0,05 °C/an) entre 1971 et 2012. Cette augmentation de la température a été confirmée par 99% des enquêtés à travers le temps qui devient de plus en plus chaud. Ceci corrobore les résultats de Codjo *et al.* (2013), qui ont démontré que les températures maximales et minimales dans le Sud du pays ont également connu une hausse respective de 2,3°C et 1,9°C. De ce fait, la commune des Aguégus tout comme les autres communes du Bénin connaît également le réchauffement climatique. Selon le rapport de IPCC (2001), les activités humaines abîment notre système climatique et elles continueront à le faire tout en projetant d'ici 2100 une élévation de la température de 5,8° C.

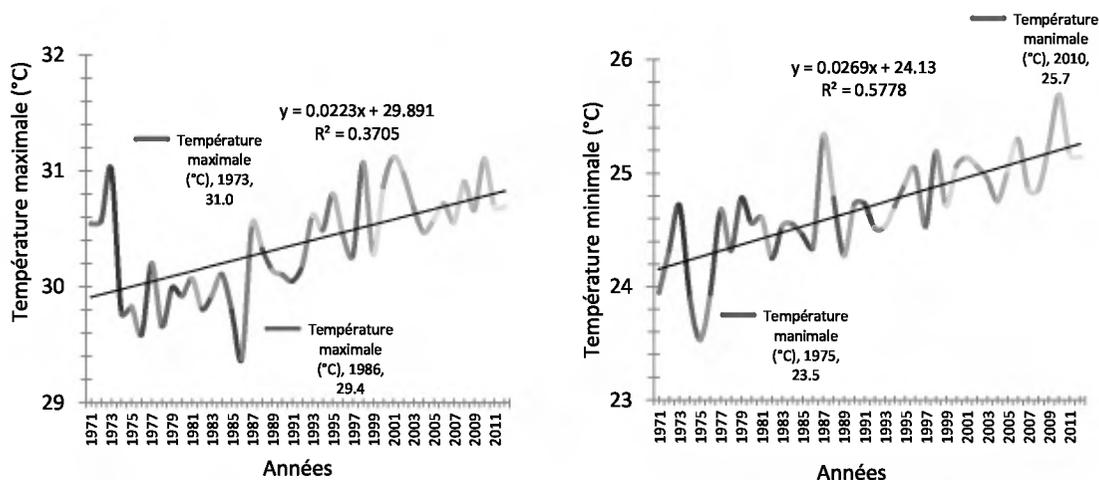


Figure 5 : Evolution des températures maximales et minimales annuelles dans le secteur d'étude sur la période de 1971 à 2012

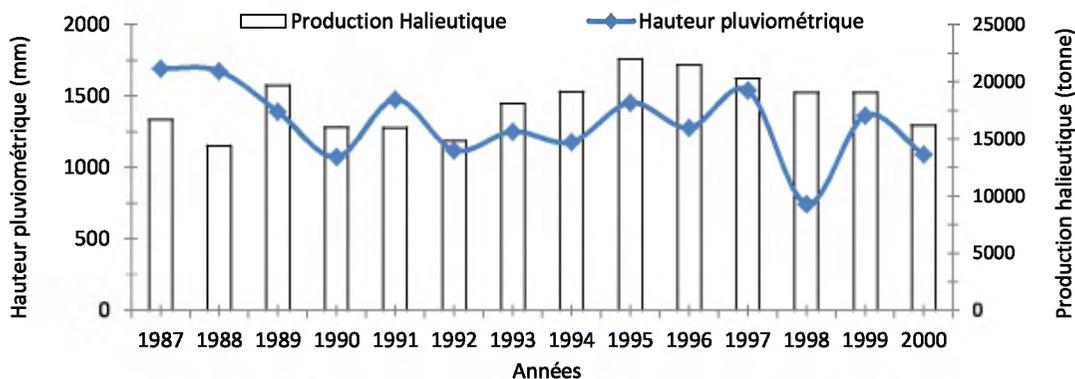


Figure 6 : Variation interannuelle des précipitations et des productions halieutiques (1987-2000)

3.2. Évolution interannuelle des productions et des hauteurs de pluie

La figure 6 présente l'évolution interannuelle des hauteurs pluviométriques et des productions halieutiques entre 1987 et 2000.

La figure 6 révèle qu'au niveau des années 1993, 1995, 1997 et 1999, la hausse des précipitations a entraîné l'augmentation de la production halieutique. De même, les baisses pluviométriques induisent une baisse de la production comme en 1990, 1992 et 2000. On en déduit alors que la quantité de pluie abondante diminue la salinité de l'eau et favorise une meilleure condition de vie de certaines espèces de poissons (*Ethmalosa Frimbiata*, *Hemichromis Fasciatus*) de même que la ponte des œufs puis conditionne la période propice de capture aux pêcheurs. Le niveau de corrélation est faible avec un coefficient $r = 0,03$, soit 3 %, la pluvio-

métrie n'est pas le seul facteur dont dépend la production halieutique. C'est ce que confirme Boko dans son étude en 1988 en montrant que le climat n'est pas le seul facteur qui détermine l'évolution des rendements halieutiques.

3.3. Évolution interannuelle des productions et des températures moyennes

La figure 7 illustre la dynamique de la production halieutique en fonction de la température moyenne sur la série 1987-2000.

L'analyse de la figure 7 révèle que sur la période 1988-1997 et 1999, la baisse des températures a entraîné l'augmentation de la production halieutique. La corrélation entre production halieutique et température est faible avec $r = 0,17$. Ainsi, avec des valeurs élevées de la température, correspond une faible production halieutique. Ceci justifie une faible dépendance de

la production à la température. Ainsi, la température caractérisée par des valeurs élevées mais jamais excessives joue un rôle dans la production halieutique. C'est dans cet ordre d'idée que Houadégla (1991), montre que la température favorise la synthèse Chlorophyllienne et la reproduction des espèces piscicoles.

En somme, le climat n'est donc pas le seul élément favorisant l'évolution de la production halieutique.

3.4. Variabilité des paramètres physico-chimiques dans le lac Nokoué

Les différents paramètres climatiques jouent un rôle important dans le milieu de vie des ressources halieutiques. Selon Lalèyè *et al.* (1997a), la modification de la température entraîne d'importantes conséquences pour la vie aquatique. Elle conditionne la concentration en oxygène dissous dans le métabolisme (phénomène respiratoire) au niveau des poissons et contribue à assu-

rer les différentes fonctions de reproduction, de digestion et de croissance (Djissou, 2014). La température intervient dans la décomposition des matières organiques et la prolifération du plancton (Houadégla, 1991). Selon le même auteur, le développement du plancton nécessite des températures élevées ainsi que la reproduction des espèces halieutiques et la synthèse chlorophyllienne de la flore aquatique servant de nutriment pour les espèces. La température joue un rôle incontestable car son augmentation facilite les réactions d'oxydation tout en diminuant le taux d'oxygène dissous tandis que sa baisse importante freine la plupart des réactions chimiques (Avahouin, 2017). L'oxygène joue un rôle vital dans le fonctionnement de l'écosystème (Dédjiho *et al.*, 2013). De même que l'oxygène, le pH joue aussi un rôle déterminant. La figure 8 montre la variation de l'oxygène dissous et du pH dans le lac Nokoué sur la période 1987-2001.

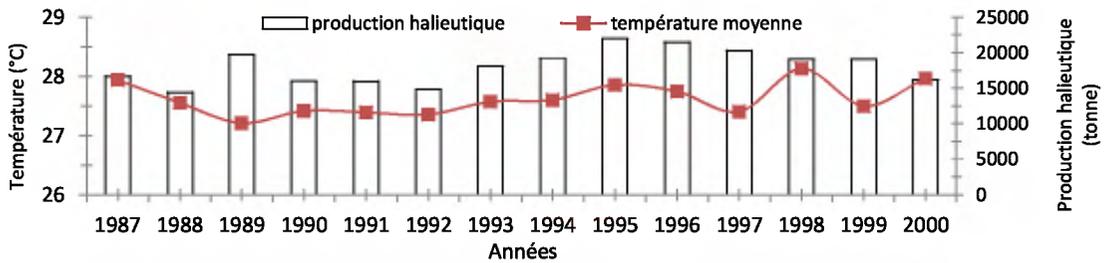


Figure 7 : Variation interannuelle des températures et des productions halieutiques de 1987-2000

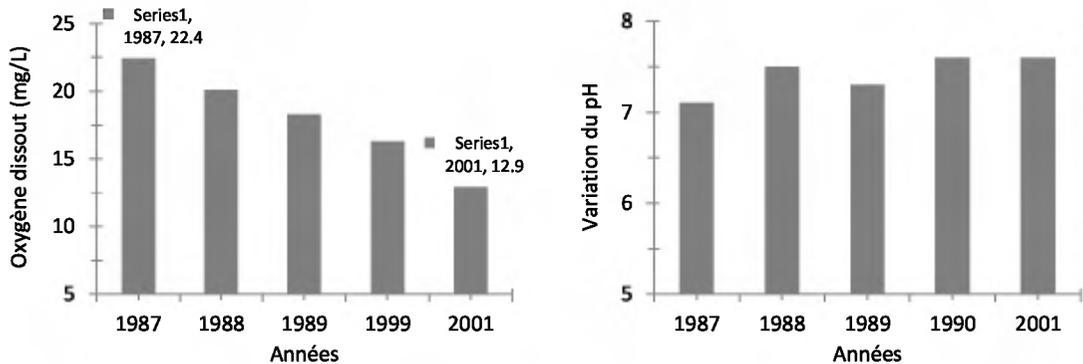


Figure 8 : Variation de l'oxygène dissous (a) et du pH (b) dans le lac Nokoué entre 1987 et 2001

La valeur la plus élevée d'oxygène est observée en 1987 (22,4 mg/l) tandis que la plus faible en 2001 (12,9 mg/l). Le taux d'oxygène diminue dans le lac ; ce qui influence la vie des espèces aquatiques (faune et flore) du fait de l'augmentation de la température et de la salinité qui limite la solubilité de l'oxygène et la respiration des organismes aquatiques (Lemkeddem & Telli, 2014). Cette élévation de la température entraîne une

modification de la teneur en oxygène des eaux indispensable pour la survie des poissons (MEHU, 2001). Ce qui favorise le développement des risques d'anoxie ou d'hypoxie potentielle. De même, l'oxygène assure le processus d'autoépuration des cours d'eaux avec le concours des microorganismes (Le Pimpec, 2002 cité par Dimon *et al.*, 2014) ; maintient la vie aquatique, intervient dans la respiration des organismes aquatiques et l'activité photosynthétique de la flore mais aussi dans

les échanges avec l’atmosphère et facilite la dégradation des matières organiques (Gboni, 1995). Les valeurs du pH sont comprises entre 7,1 et 7,6. Le pH le plus élevé est observé en 1990 et 2001 (7,6). Selon Vissin *et al.* (2010), les valeurs 7,4 ; 7,5 et 7,6 pour la plupart expriment une légère basicité du milieu et se retrouvent dans les limites tolérables pour la plupart des espèces aquatiques, c’est-à-dire $5,0 < \text{pH} < 9,0$. Ceci permet de déduire que cette évolution montre une légère basicité de l’eau au niveau du lac Nokoué. Cette élévation du pH est causée par la baisse de la pluviométrie et la proximité de la mer en période d’été (Gbesso *et al.*, 2015). Signalons que selon PAZH (2002), un $\text{pH} > 10$ entraîne la mortalité des poissons du fait de l’augmentation de certaines matières organiques comme l’ammoniac non ionisé qui est très toxique pour l’ichtyofaune.

La salinité subit au niveau du lac Nokoué des variations suite au flux et reflux des eaux marines et douces permettant de distinguer des salinités moins élevées dans la partie où le lac est sous l’influence du fleuve Ouémé (mésosaline de 10 à 18 ‰) et plus élevées dans la partie ouest et centrale où les eaux sont polyhalines

(26 à 38 ‰) (Ogouwalé, 2007). La figure 9 présente la variation de la salinité de l’eau du lac Nokoué de 1987 et 2001.

La salinité a varié de 39,5 g/l en 1987 à 53 g/l en 2001, soit une différence de 13,5 g/l. Cette augmentation est due à la proximité du lac d’avec le chenal de Cotonou suite au mouvement des marées contrairement aux crues du fleuve Ouémé qui baisse la salinité dans certains secteurs. Elle est fonction des conditions climatiques dont les effets se manifestent par le rythme et l’importance des apports d’eau (Lalèyè, 1997a). De même, la salinité a un effet destructeur sur les jacinthes d’eau en favorisant leur décomposition dans l’eau et à la répartition du peuplement faunique comme l’ont affirmé 83 % des enquêtés. De plus, Wilson *et al.* (2005) confirment que la salinité peut inhiber la croissance des jacinthes d’eau en zone estuaire qu’avec un seuil limité de 7 g/L de NaCl.

En somme, le rythme pluvio-thermométrique couplé avec la bathymétrie du lac Nokoué ont provoqué un bouleversement au niveau des caractéristiques physico-chimiques et par conséquent sur l’habitat des espèces halieutiques et la baisse des rendements.

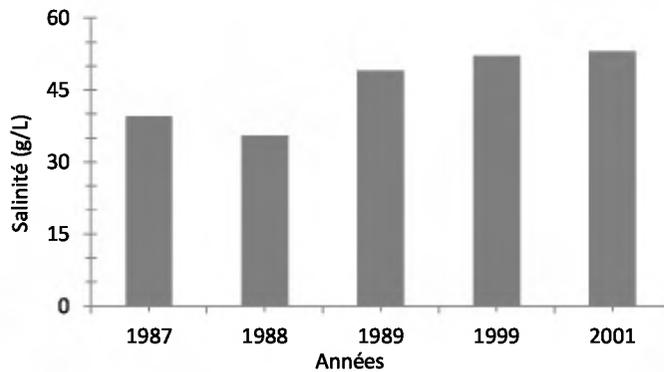


Figure 9 : Variation de la salinité de l’eau du lac Nokoué sur la période de 1987 à 2001

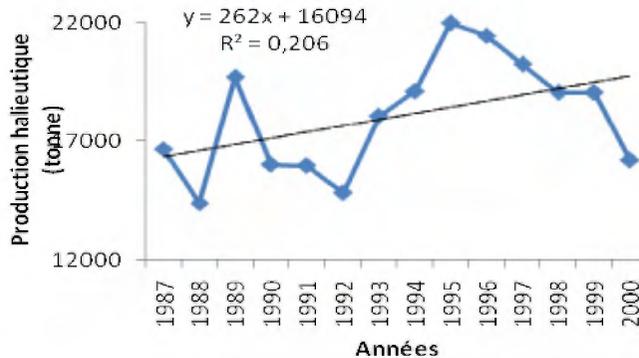


Figure 10 : Evolution de la production halieutique du lac Nokoué de 1987 à 2000

3.5. Evolution des espèces ichtyologiques du lac Nokoué

La figure 10 montre l'évolution de la production halieutique entre 1987 et 2000.

Cette évolution instable de la production est due aux différents paramètres climatiques confirmés par 90 % des enquêtés qui se manifeste par la baisse des hauteurs pluviométriques et la hausse des températures. En plus de ces paramètres climatiques s'ajoutent l'utilisation des outils de pêches prohibés, la pollution du plan d'eau par la jacinthe d'eau, la multiplication des parcs acadja et l'accroissement du nombre de pêcheurs. En effet, la production halieutique a connu une baisse de 2,88 % de 1987 à 2000. Cette modification des paramètres climatiques a des répercussions négatives sur l'activité de pêche et dans la vie biologique des espèces aquatiques. De même, elle induit des effets socio-économiques au niveau des acteurs menant cette activité de pêche à travers la baisse de leurs revenus suite à l'amenuisement de la production halieutique.

L'étude de la faune ichtyologique du lac Nokoué a été menée par entre autres, Lalèyè *et al.* (1997b) et Niyonkuru (2001). Plus de 50 espèces appartenant à 46 genres et 33 familles et 10 ordres ont été recensés (Niyonkuru, 2001). Trois catégories d'espèces ichtyologiques sont distinguées et ont permis de classer les espèces ichtyologiques au niveau du lac Nokoué en trois catégories (tableau 2).

Tableau 2: Liste des espèces présentes dans le lac Nokoué

Catégorie des espèces	Nom scientifique	Nom en langue local
Espèces curyhalines	<i>Tilapia guineensis</i>	Assouhoué
	<i>Ethmalosafrimbata</i>	Tchèkè
	<i>Liza falcipinnis</i>	Houétin-Dakpla
	<i>Mugilbananensis</i>	HouétinOkplo
	<i>Chrysichthysnigrodigitatus</i>	Zavoun
	<i>Elopslacerta</i>	Ogban
Espèces dulçaquicoles	<i>Pellonulaafzelinsi</i>	Hounnoumasé
	<i>Hemichromisfasciatus</i>	Aglango
	<i>Sorotherodonmelanotheran</i>	Adohoué
	<i>Hétérotisniloticus</i>	Ohoua
Espèces marines	<i>Clarias agboyeinsis</i>	Tounvi
	<i>Clarias lazera</i>	Hosson
	<i>Cynoglossussénégalensis</i>	Affokpakpa
	<i>Eucémostomusmelanopterus</i>	Flété
	<i>Caranx senegallus</i>	Adjago
	<i>Pomadasyjubelini</i>	Kokokoun
	<i>Trachinotusteraia</i>	Ahoué
	<i>Lutjanusgoreensis</i>	Agnanto
	<i>Caranx hipos</i>	Kpankpan

Selon Lalèyè *et al.* (1997b), le lac renferme 67 espèces appartenant à 33 familles contrairement à celui de Niyonkuru (2001) qui recense 50 espèces appartenant à 33 familles soit une différence de 17 espèces disparues au sein du lac Nokoué. Cette disparition, voire rareté, des espèces aquatiques est liée à la fermeture du chenal de Cotonou et du secteur de Godomey puis à la pression démographique des pêcheurs sur le lac. Selon l'étude menée par Dimon *et al.* (2014) au niveau du lac Ahémé, la disparition ou la rareté de certaines espèces aquatiques est entraîné par les pollutions à travers les rejets des substances chimiques provenant des activités anthropiques et qui participent à la destruction de l'écosystème. Le tableau 3 présente les espèces disparues ou rares dans le lac Nokoué.

Tableau 3: Espèces rares ou disparues dans le lac Nokoué

Catégorie des espèces	Nom scientifiques	Nom local des espèces
Espèces rares	<i>Cynoglossussénégalensis</i>	Afokpakpa
	<i>Dasytissp</i>	Ossan
	<i>Pomadasyjubelini</i>	Kokokoun
Espèces disparues	<i>Lutjanusfulgens</i>	Agnanto
	<i>Polydactylus</i>	Fan
	<i>Sphyraena</i>	Ogoun
	<i>Guachancho</i>	Adjago
	<i>Synodontissp</i>	Gbogué
	<i>Epinephelusaeueus</i>	Toboko

En somme, il faut retenir que cinq (5) espèces ont disparu contrairement à quatre (4) qui sont rares dans le milieu selon 83 % des pêcheurs.

5. CONCLUSION

L'analyse des paramètres climatiques dans le secteur des Aguégus du lac Nokoué a montré une modification des hauteurs de pluies et des températures. Cette variabilité climatique contribue à la modification des paramètres physico-chimiques et par ricochet influence la production halieutique à travers la baisse de 2,88 % des prises de poisson au niveau des pêcheurs. De plus, il faut ajouter que les facteurs de pollutions et d'accroissement du nombre de pêcheur contribuent à la baisse des rendements halieutiques. Ainsi, dans le but de s'adapter et de maintenir leurs moyens de vie et d'existence, les pêcheurs utilisent différentes techniques de pêche et des activités rémunératrices en période de faible capture.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Avahouin C. N. N. 2017. Rythme climatique et production halieutique dans le lac Nokoué: Cas de la commune des Aguégoués. Mémoire de géographie, Université de Parakou (UP), Parakou, Bénin, 52 p.
- Amoussou E. 2003. Dynamique hydro-sédimentaire et mutations des écosystèmes du "LAC" Ahémé. Mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin 112 p.
- Bergaoui M. & Alouini A. 2001. Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique : cas du bassin versant de Sliana en Tunisie. *Sécheresse*, 12 (4) : 205-213.
- Boko M., 1988 : Climats et communautés rurales du Bénin : rythmes climatiques et rythmes de développement. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines, CRC, URA 909 du CNRS, Université de Bourgogne, Dijon. 2 volumes, 601 p.
- Boko M., Kosmowski F., Vissin, W. E 2012. Les enjeux du Changement Climatique au Bénin : Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest. Konrad-Adenauer-Stiftung, Cotonou, Bénin, 65p.
http://www.kas.de/wf/doc/kas_31469-1522-1-30.pdf?121001084232
- Codjo T., Lamodi F., Agbalessi S., Ogouwale R. & Ogouwale E., 2013. Stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques dans lacommune de pobé : 164-169. Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Bénin, 573 p.
- CdP-18 2012. La gestion des ressources naturelles transfrontalières dans un contexte de changement climatique-Le cas des bassins versants partagés en Afrique. Note conceptuelle de l'événement, 6 p.
<https://www.afdb.org/.../La%20gestion%20des%20ressources%20naturelles%20transfr...>
- Dèdjiho C. A., Mama D., Tométin L., Nougbodé I., Chouti W., Sohounhloué C. K. D. et al. 2013. Evaluation de la qualité physico-chimique de certains tributaires d'eaux usées du lac Ahémé au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 70: 5608–5616.
<https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view-File/98763/88026>
- Dimon F., Dovonou F., Adjahossou N., Chouti W., Mama D., Alassane A. & Boukari M. 2014. Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 037 : 36-42.
soachim.org/.../5-%20F%20Dimon%20et%20al%20Vol%20037%202014%2036%20-...
- Djenontin I. 2006. Monographie Communale des Aguégoués. Afrique Conseil, Cotonou, Bénin, 44 p.
- Djissou M. J. 2014. Tendances climatiques et production halieutique du lac Nokoué. Mémoire de géographie, Université d'Abomey-calavi (UAC), Cotonou, Bénin, 75 p.
<https://fr.slideshare.net/.../diatemo-jean-tendance-climatique-et-production-halieutique...>
- Gbesso F. G. H., Akognongbe A. J. S. & Vissin E.W. 2015. Contamination de *tilapia guineensis* par le cadmium dans le chenal de Cotonou. *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou*, N°04, Vol. 1 : 23- 42 p.
http://rgoburkina.org/wp-content/uploads/2015/12/02_RGO_58_VF_mar.pdf
- Gboni M. 1995. Rythmes climatiques et productions halieutiques au Bénin : cas de la lagune côtière. Mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin 124p + Annexes.
- GIEC 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Group d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 103 p.
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf
- Houadegla A. W. 1991. Rythmes climatiques et productions halieutiques au Bénin : cas du lac Nokoué. Mémoire DEA, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 126 p.
- IPCC 2001. Climate change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report, Cambridge Press, UK, 1032 p.
- Lamb, P. J. 1982. Persistence of Subsaharan drought. London: Nature, 299 p.
- Lalèyè P. 1997a. Ecologie du Lac Nokoué et de la lagune de Porto-Novo au Bénin. Communication de la 5^{ème} conférence nationale des limnologues d'expression française, Namur, Belgique, 12 p.
- Lalèyè P., Chikou A. & Wuemenou T. 1997b. Poissons d'eaux douces et saumâtres du Bénin : Inventaire, distribution, statut et conservation. Inventaire des poissons menacés de disparition du Bénin. Rapport d'étude, Cotonou, Bénin, 80 p.
- Lemkeddem C. & Telli N. 2014. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac lala fatma (Méggarine). Mémoire de Licence, Université Kasdi merbah - Ouargla, Algérie, 50 p.
- Le Pimpec P. 2002. Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatique. Pollution des milieux aquatiques, Edition Cemagref, France, 159 p.
- MEHU 2001. Communication Nationale Initiale du Bénin sur les changements climatiques. Projet BEN/98/ G31 « Changements climatiques », 76p.
- Missikpode E. 2010. Etude des formes d'utilisation de l'eau et conflits d'usage dans la commune des Aguégoués. Mémoire de maîtrise de Géographie, Université d'Abomey-calavi (UAC), Cotonou, Bénin, 87 p.

- Niyonkuru C. 2001. Les variations spatio-temporelles de la faune ichthyologique du lac Nokoué en République du Bénin. Thèse de troisième cycle (DESS), Université National du Bénin, Abomey-Calavi, Bénin, 112p.
- Ogouwalé E. 2007. Evaluation des impacts des changements climatiques sur les écosystèmes du lac Nokoué. ENDA TM, Dakar, Sénégal, 88 p.
- PANA 2008. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques : Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA- Bénin), MEPN, Cotonou, Bénin, 81 p.
- PAZH 2002. La pollution dans les zones humides du Sud Bénin : état actuel d'impact, stratégie de suivi et de lutte. Rapport intérimaire, volet N° 111, 42 p.
- Perard J., Boko M., Houndenou C. & Hernandez K. 2001. Mise en évidence du rôle des «précipitations tardives» dans la variabilité pluviométrique du bassin béninois du Niger (Afrique de l'Ouest). Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 14 : 127-133.
- Sohou Z., Houedjissin R. C. & Ahoyo N. R. A. 2009. La pisciculture au Bénin : de la tradition à la modernisation. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, Numéro 66 : 4859. <http://www.slire.net/download/1160/article66brabn66sohoulapiscicultureaubenindelatraditionlamodernisation.docx>
- Vissin E. W., Sintondji L. O. & Houssou S. C. 2010. Etude de la pollution des eaux et de la contamination du *Tilapia guineensis* du canal de Cotonou par le plomb. RGLL, N°08:215-229. <http://bec.uac.bj/uploads/publication/6f5af8925953c13052cb78a15d234cf7.pdf>
- Wilson J.R., Holst N. & Rees M. 2005. Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. Aquatic Botany, 81 : 51-67.

Page laissée intentionnellement vide



Fallows practices and economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin: an application of the Farm Sustainability Indicators approach

I. Firmin AKPO^{1,*}, A. Thierry KINKPE¹, N. Aimée DEDEDJI¹, A. Jacob YABI¹

¹ Laboratory of Analysis and Research on the Economic and Social Dynamics (Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales : LARDES) / Faculty of Agronomy (FA) / University of Parakou (UP), Benin. PO.Box 123 Parakou (Benin)

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Pratiques de jachères et durabilité économique des systèmes de production de maïs dans les parties méridionale et centrale du Bénin: une application de l'approche des indicateurs de durabilité de l'exploitation agricole

Résumé : Cet article utilise l'approche des Indicateurs de Durabilité de l'Exploitation Agricole (IDEA) pour analyser la durabilité économique des systèmes de production du maïs dans les parties méridionale et centrale du Bénin. Les analyses ont été faites sur des données collectées auprès de 343 producteurs du Sud et Centre Bénin. Des statistiques descriptives ont été calculées et un modèle économétrique a été spécifié pour analyser les déterminants de la durabilité économique. Les résultats ont montré que les systèmes de production du maïs dans les parties méridionales et centrales du Bénin sont économiquement durables. Cependant, deux composantes ont besoin de beaucoup d'attention : viabilité et efficacité. Les scores de ces composantes étaient bien loin du score moyen. Le niveau de durabilité des systèmes de production de maïs était plus élevé au Centre qu'au Sud. Les jachères plantées amélioraient la durabilité économique des systèmes de production du maïs au Centre et au Sud du Bénin mais cette amélioration n'était pas significative. A contrario, les jachères naturelles influençaient négativement la durabilité économique. Plus forte est la marge nette, plus fort est le niveau de durabilité économique. Ainsi, les systèmes de production de maïs au Centre et au Sud Bénin devraient être améliorés pour de meilleures performances. De plus, les jachères plantées devraient être améliorées pour affecter significativement la durabilité économique des systèmes de production du maïs dans les parties méridionale et centrale du Bénin.

Mots clés : Jachères, viabilité, efficacité, Afrique de l'Ouest.

Abstract: In this paper, the Farm Sustainability Indicators approach was used to analyze the economic sustainability of maize production in meridional and central parts of Benin. Analyses were carried out on data from 343 maize farmers of meridional and central Benin. Descriptive statistics were computed and an econometric model was specified to analyze the determinants of the economic sustainability. Results showed that, maize production systems in meridional and central Benin were economically sustainable. However, two components needed a lot of attention: viability and efficiency. The scores of these components were really below the average sustainability level. The production systems were found to be more sustainable in the central Agro-Ecological Zones (AEZ) of the central region in comparison with those in the south region. Planted fallows allow increasing the economic sustainability of maize production systems. However, these effects were not significant. The natural fallow led to negative effect on the economic sustainability. Higher net margins led to better economic sustainability. Therefore, the maize production systems in Benin should be improved for better performances. Moreover, planted

fallows should be improved so that they can affect significantly the economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin.

Keywords: Fallows, viability, efficiency, West Africa.

1. Introduction

Feeding people and providing raw materials to industries are the main goals of agriculture in each country. However, no matter the intensification agriculture needs for high yield and production, it is important to ensure its sustainability so that it can suitably play its role. As defined by Vilain (1999) ; Briquel et al. (2001) ; Zahm et al. (2008) and Vilain et al. (2008), there are three dimensions in sustainability of agriculture: ecological sustainability, economic sustainability and socio-territorial sustainability.

To ensure agricultural sustainability, some African farmers practice fallows for natural regeneration of soil fertility (Floret & Pontanier, 2001). However, the same authors emphasized that, fallows need a relatively long period to better play their role. Wezel et al. (1998) argued that there are essentially two types of fallows: nude fallows without crop and cultivated fallows.

There are fallow systems in Benin. However, due to recent land pressures, the fallow duration are increasingly reducing with a particular emphasis in the central and meridional parts (Wezel et al., 1998) where land pressures are high (INSAE, 2013). Furthermore, the diversity of species in fallows are getting increasingly low.

Maize is one of the most important crops contributing to population food security in Benin (Straver, 1989). Then its sustainable production will ensure the sustainable feeding of population. According to the same author, the meridional and central Benin are regions where maize is main crop.

Despite the importance of maize, little researches have been carried out on its sustainable production. Akpo et al. (2016) studied its ecological sustainability in relation with fallow practices. They found that globally, maize production systems were relatively ecologically sustainable in meridional and central Benin and some fallow practices contribute to that sustainability. Now, what about the economic sustainability? Are the systems ecologically sustainable also economically sustainable? The answers to these questions will allow exploring, based on the dimensions of the agriculture

sustainability (Vilain, 1999 ; Briquel et al., 2001 ; Zahm et al., 2008 and Vilain et al., 2008), the economic sustainability which is very important for suitable income production for farmers. According to these authors, the economic sustainability of agriculture has four components: viability, independence transferability and efficiency. The present paper is aimed at (i) accessing the economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin and (ii) analyzing the determinants of the sustainability level.

2. Material and methods

2.1. Study area

This study was carried out in meridional and central Benin. Benin is a west-African country located in Guinea Gulf between 9° 30' N and 2° 15' E (Idjiwa, 1999). The details on agro ecological and administrative subdivision of Benin were presented in Akpo et al. (2016) which covered the same study area as this study. This study were carried out in ten districts distributed in three agro ecological zones (AEZ): Cotton zone of Centre Benin (AEZ 5); zone of bar lands (AEZ 6) and depression zone (AEZ 7) as shown by figure 1. These districts were selected based on the cultivated area for maize. In each district, two villages were selected based on the geographic position and the urbanization level (Akpo et al., 2016). Figure 1 shows the position of the surveyed villages.

2.2. Sampling and data collection

Twenty maize farmers were selected in each selected villages (Akpo et al., 2016). A total of 400 farmers were selected. However, there were some missing data which finally led to a sample of 343. The IDEA method was used to collect data for economic sustainability level of maize production systems. However, apart from these data, the farmers and their farms' characteristics were also measured. A survey was organized for the data collection.

2.3. Theoretical approach: IDEA method of ecologic sustainability measurement

This paper used IDEA (Farm Sustainability Indicators: *Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles*) to access the economic sustainability of the maize production systems in the study area. Most of the

* Auteur Correspondant : firminakpo@yahoo.fr,
Tel: (00229) 95864577 / 96433431
Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

empirical and theoretical literatures related to this method were summarize by Vilain (1999), Briquel et al. (2001), Zahm et al. (2008), Vilain et al. (2008) and Akpo et al. (2016). According to Vilain (1999), Briquel et al. (2001), Zahm et al. (2008) and Vilain et al. (2008), four components constitute the economic sustainability

of agriculture following the IDEA method: viability, independence transferability and efficiency. Each component includes some indicators. Each indicator has a maximum score and different indicators' scores for each component gather in a possible peak for the component. The table 1 summarize the IDEA method concerning the economic sustainability measurement.

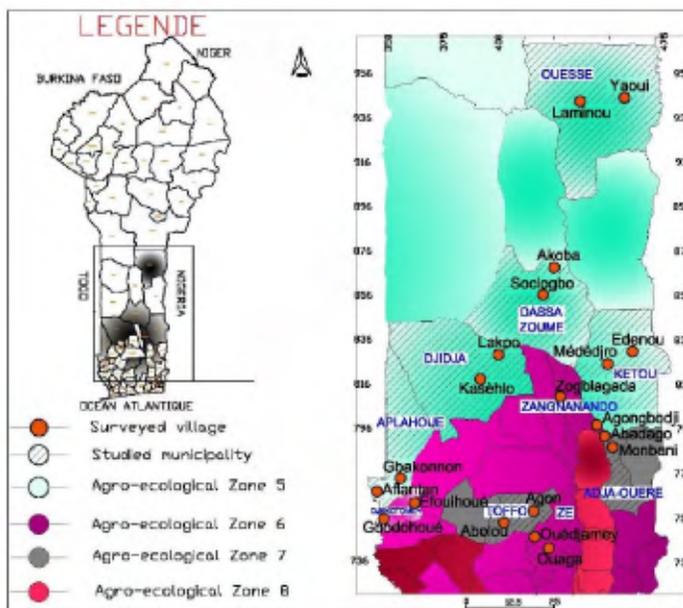


Figure 1: Map of the study area showing study villages (Source: Realized for this paper by Yvon HOUNTONDJI)

Table No. 1: Indicators and components of farm economic sustainability

Components	Indicators		Peak value	Maximum total value for the component
	Description	Code		
Viability	Economic viability	C1	20	30
	Economic specialization rate	C2	10	
Independence	Financial autonomy	C3	15	25
	Sensitivity to subsidies and allowances	C4	10	
Transferability	Economic transferability	C5	20	20
Efficiency	Productive process efficiency	C6	25	25
Grand total			100	

Source: Adapted from Zahm et al. (2008)

2.4. Analysis methods

First, the economic sustainability score of the surveyed farms for each indicator and component were calculated using IDEA method (Vilain, 1999 ; Zahm et al., 2008 and Vilain et al., 2008). These calculated scores for components were compared to each other following regions and AEZ. And finally, an econometric model was performed to identify the determinants of the sustainability level.

2.4.1 Calculations and statistical tests

After collecting the data, the score of each indicator was calculated rigorously following the IDEA method (Vilain, 1999 ; Zahm et al., 2008 and Vilain et al., 2008). The scores for each component and the general score of economic sustainability were aggregated following the same method. Then, comparison tests were performed (Glèlè Kakai & Kokodé, 2004 and Glèlè Kakai et al., 2006). These tests allowed comparing the scores between the different regions and AEZ so that the region and the AEZ with the lowest value will be identified.

2.4.2 Model specification

An econometric model was performed to identify the determinants of economic sustainability with focus on fallow practices. Sadoulet and de Janvry (1995) and Greene (2005) inspired that model. For better econometric performance of the model, a log-log model was performed (Greene, 2005). The Neperian logarithm of the economic sustainability score of maize production systems in meridional and central Benin ($LNDURECON$) was the dependent variable of the model. The log-log model was used because of the distribution of the variables. This allows better specification of the model.

According to Zahm et al. (2008), farming practices determine the sustainability level of agriculture. Thus, types of fallow such as fallow with cashew trees ($FALCASH$), fallow with palm trees ($FALPALM$), natural fallow ($FALNAT$) are important explanatory variables of the model. Furthermore, type of seed ($TYPSE$), use of chemical fertilizers ($FERTICHEM$), use of chemical weed-killer ($WIDKILL$), practice of mechanized agriculture ($MECAGRO$), Neperian logarithm of available surface ($LNSURAVAIL$) (ha), Neperian logarithm of duration of maize plot utilization ($LNTIM$) (year) can affect the score of economic sustainability of maize production. We used them as explanatory variables as well. In addition, the agro-ecological zone (AEZ) of the farm characterizes the soil and ecological property. Then $AEZ5$ and $AEZ7$ were included as explanatory variables in the model. Moreover, Neperian logarithm of sold proportion of produced maize ($LNPSOL$) and the Neperian logarithm of net margin ($LNNM$) ($FCFA/ha$) were also included as explanatory variables.

According to Yabi (2010) and Akpo et al. (2016), some farmers characteristics such as Contact with the public extension service ($CEXT$), Contact with the agricultural development projects ($CPROJECT$), Contact with an agricultural research center ($CRESEAR$), formal education of the farmer ($EDUC$), gender of the farmer ($GEND$) and the Neperian logarithm of the farmer age ($LNAGE$) have influence of the agricultural performance. These variables were then used as explanatory variables. Based on that, the empirical model of the economic sustainability of maize production system in meridional and central Benin can be defined as follows:

$$LNDURECON_i = \delta_0 + \delta_1 FALCASH_i + \delta_2 FALPALM_i + \delta_3 FALNAT_i + \delta_4 AEZ7_i + \delta_5 AEZ5_i + \delta_6 CEXTA_i + \delta_7 CPROJECT_i + \delta_8 CRESEAR_i + \delta_9 TYPSE_i + \delta_{10} FERTICHEM_i + \delta_{11} WEEDKIL_i + \delta_{12} EDUC_i + \delta_{13} GEND_i + \delta_{14} MECAGRO_i + \delta_{15} LNAGE_i + \delta_{16} LNSURAVAIL_i + \delta_{17} LNTIM_i + \delta_{18} LNPSOL_i + \delta_{19} LNNM_i + \omega_i \quad (1)$$

where $LNDURECON_i$ is economic sustainability score of the farm i ; $FALCASH_i$ is fallow with cashew trees in the farm i ; $FALPALM_i$ is fallow with palm trees in the farm i ; $AEZ5_i$ and $AEZ7_i$ are the AEZ of the farm

i ; $CEXTA_i$, $CPROJECT_i$ and $CRESEAR_i$ are respectively contact of the responsible of farm i with extension services, agricultural development project and research centers; $TYPSE_i$, $FERTICHEM_i$, $WEEDKIL_i$, $MECAGRO_i$, $LNSURAVAIL_i$, $LNTIM_i$, $LNPSOL_i$ and $LNNM_i$ are respectively for farm i , the type of seed, the use of chemical fertilizer, the use of weed-killer, the mechanization of the agriculture, the available surface, the duration of the use of maize plot, proportion of sold maize and net margin; $EDUC_i$ and $LNAGE_i$ are; δ are parameters to be estimated and ω_i are error terms.

Equation (1) was estimated using Ordinary Least Square (OLS).

3. Results and discussion

3.1. Socio-economic characteristics of the respondents

Table 2 shows the socio-economic characteristics of the surveyed farmers. About 44% of the surveyed farmers practiced the cashew trees fallow, about 23% of them practiced the palm trees fallow and 14% practiced the natural fallow. About 83% of these farmers had contact with extension services. However, just 6% and 32% of them had contact respectively with development project and research center. Most of them were male and few of them received formal education. The surveyed maize farms had in average a net margin of $FCFA$ 54000 per hectare. Each of the farmers had in average 9 ha of land for agriculture. They used their maize plot during 5 years in average before starting fallow. The principal objective of maize cropping is not the selling because less than the half of produced maize were sold. The average age of the farmers was about 43 years.

3.2 Economic sustainability of maize production systems in south and centre Benin

All the regions and AEZ had economic sustainability score higher than 50/100. Globally, one can then say that maize production systems in meridional and central Benin were relatively economically sustainable. These results tally with Akpo et al. (2016) who showed that the maize production systems in meridional and central Benin were ecologically sustainable. Therefore, these systems are both ecologically and economically sustainable. It is then possible to improve the economic sustainability without strongly affecting the ecological sustainability. However, means' comparison tests indicate that the economic sustainability score of maize production systems statistically varied with the regions and the agro-ecological zones (AEZ) (Table 3). The average score of all regions was about 59/100 (Figure 2). There is then a lot of efforts to do in order to improve this sustainability level. These results also corroborate with M'Hamdi et al. (2009) and Elfkhi et al. (2012) who showed respectively that the olive farms and milk

farms of Tunisia were economically sustainable in average.

The average score of Centre region (61.6) was higher than the score of South region (57.5). This follows the same logic as Akpo et al. (2016). Likewise, the AEZ 5 had the highest score and the AEZ 7 had the lowest one (Figure 2). Thus, the Centre region and AEZ did better than South region and AEZ in terms of economic sustainability of maize production systems. The yield of the production would explain these results.

As far as components are concerned, the transferability score did not statistically vary neither with the regions, nor with the AEZ (Table 3). The independence score did not statistically vary with the AEZ. It varied

with the regions at 10%. However, the viability and the efficiency scores statistically varied with the regions and the AEZ (Table 3). These components were also the more problematic in the economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin (Figures 3 and 4). The average score for these components were largely far from the possible peak for all AEZ and regions (Figures 3 and 4). Nevertheless, the AEZ 6 was the best for viability; the AEZ 5 was the best for the efficiency (Figure 3) and the Centre region was the better for both components (Figure 4). These results contrast those of M’Hamdi et al. (2009) who showed a relative equity among economic sustainability components of milk farms in Tunisia.

Table No. 2: “Socio-economic characteristics of the sample”

Parameter	Statistics
Farmer practicing the fallow with cashew trees? (1=yes, 0=no)	43.80%
Farmer practicing the fallow with palm trees? (1=yes, 0=no)	22.96%
Farmer practicing the natural fallow? (1=yes, 0=no)	14.25%
Contact with the public extension service (1=yes, 0=no)	82.85%
Contact with the agricultural development projects (1=yes, 0=no)	5.84%
Contact with an agricultural research center (1=yes, 0=no)	32.45%
Type of seed (1=improved, 0=local)	45.89%
Farmer using chemical fertilizers? (1=yes, 0=no)	81.79%
Farmer using chemical wide killers? (1=yes, 0=no)	55.61%
Farmer who received formal education? (1=yes, 0=no)	46.17%
Gender of the farmer (1=male, 0=female)	89.19%
Did the farmer practice mechanized agriculture? (1=yes, 0=no)	12.40%
Farmer age (year)	43.13 (10.17)
Available surface (ha)	9.11 (9.19)
Duration of maize plot utilization (year)	4.73 (0.80)
Proportion of sold produced maize (%)	45.19 (18.90)
Net margin (FCFA/ha)	54602.75 (41788.49)

Table No. 3: Results of comparison tests of economic sustainability scores

Economic sustainability		Comparison by region		Comparison by Agro-ecological Zone (AEZ)	
		T test of Student	Significance (P value)	ANOVA test of Fisher	Significance (P value)
Components	Viability	4.43	0.00	24.84	0.00
	Independence	1.73	0.09	2.03	0.13
	Transferability	1.02	0.31	0.71	0.49
	Efficiency	2.98	0.00	11.29	0.00
Total score of farm economic sustainability		4.00	0.00	10.45	0.00

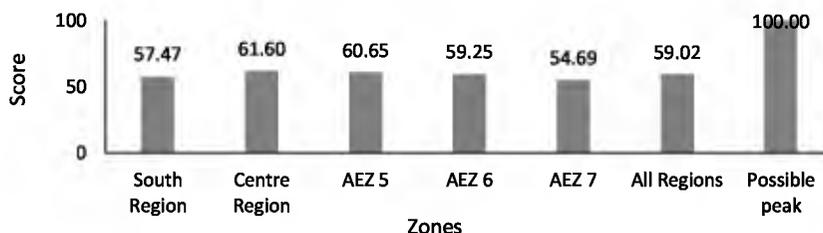


Figure 2: Economic sustainability scores of maize production systems in South and Centre Benin

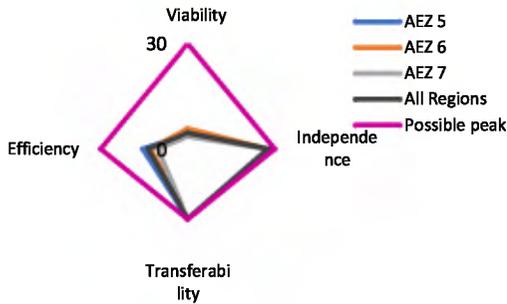


Figure 3: Scores of economic sustainability components in AEZ of South and Centre Benin

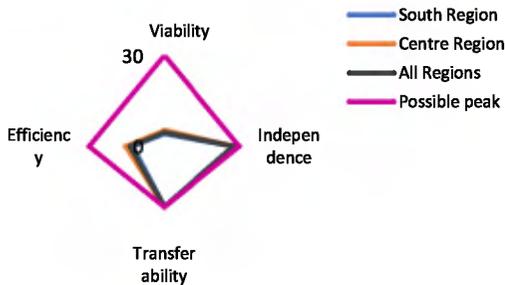


Figure 4: Scores of economic sustainability components in South and Centre Benin

3.2.1 Viability

The component “viability” was the weakest point of the economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin. This result is contrary to M’Hamdi et al. (2009). The indicator “Economic viability (C1)” had the worse score (less than 1 over 20) (Figure 5). Nevertheless, the Centre region and the AEZ 6 did better than other region and AEZ and the AEZ 7 did the worst.

Concerning the indicator “Economic specialization rate (C2)”, the average score was less than the half of the possible peak. The Centre region and the AEZ 6 obtained the best scores while the AEZ 7 obtained the worst score.

It is then important to reinforce, these production systems for better viability. The economic viability should be strongly improved without neglecting the economic specialization of farms.

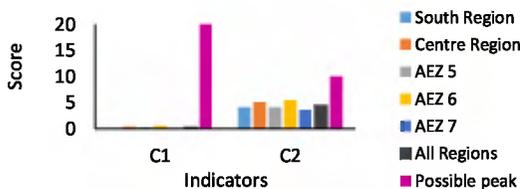


Figure 5: Scores of viability indicators

3.2.2 Independence

The component “independence” was one of the best in terms of score for maize production systems in meridional and central Benin (Figure 6). This was not the same case as M’Hamdi et al. (2009) with whom all components scored about the average score.

The best score was obtained by the indicator “Financial autonomy”. In average, all the regions and AEZ got almost the possible peak. Furthermore, the financial autonomy was slightly better in South than Centre (Figure 6).

For the indicator “Sensitivity to subsidies and allowances”, the average score average was more than 8 over 10. Thus, the maize production systems in meridional and central Benin were financially autonomous. However, the Centre region and the related AEZ did better than South region.

This situation should be reinforced for better performance of maize production systems in meridional and central parts of Benin. Moreover, the farmer autonomy should be reinforced in order to decrease their sensitivity to subsidies and allowances.

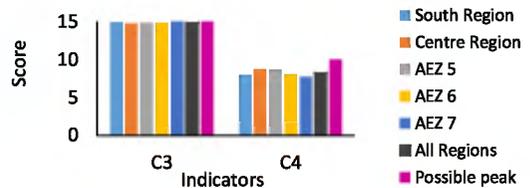


Figure 6: “Scores of independence indicators”

3.2.3 Transferability and efficiency

The component “transferability” was the most performant among the economic sustainability components of maize production system in meridional and central parts of Benin (Figure 7). In terms of performance, the Centre region and the AEZ 5 did the best.

In average, both regions obtained 11/25 for the component “efficiency” showing that the maize production systems in meridional and central Benin were not efficient (Figure 7). As in the case of the previous component, the Centre region and the AEZ 5 did the best. They even scored, in average slightly larger than 50% of the possible peak for this indicator. The AEZ 7 did the worst.

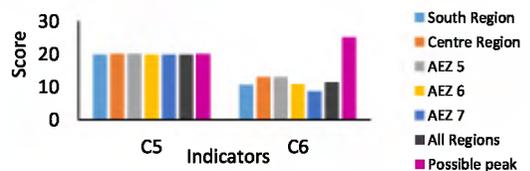


Figure 7: “Scores of transferability and efficiency indicators”

3.3 Determinants of economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin

The econometric model presented Fisher value significant at threshold of 1% showing the global significance of the model (Table 4). Moreover, 75% of the variations of the economic sustainability level were explained by the variations of the explanatory variables included in the model.

The determinants of economic sustainability of maize production systems were: the practice of natural fallow, the AEZ 7, the farmers' contact with public extension services, the farmers' contact with the agricultural research, the type of seed, the agricultural mechanization, the duration of maize plot and the net margin of the maize production. These significant variables tally with Akpo et al. (2016) who previously analyzed the ecological sustainability of the maize production systems in the same area and context.

Despite the positive effect they had on the economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin, neither the fallow with cashew trees, nor the fallow with palm trees had significant effect (Table 4). However the natural fallow had a significant negative effect. Thus, the economic sustainability of farms practicing natural fallow was significantly low.

These results do not tally with Akpo et al. (2016) who showed the positive significant effect on planted fallows on ecological sustainability. However, they show the positive effect of planted fallows. Then, for better economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin, natural fallows should not be privileged; planted fallows should be encouraged. However some improvements should be brought to these last fallows so that they can produce really significant and positive effects on the economic sustainability.

The economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin varied with the net margin of maize production (Table 4). When the net margin of maize increases by 1%, the economic sustainability score increases by 0.14%. Hence, for better economic sustainability of maize production systems in meridional and central Benin, it is important to optimize the production so that net margin would be better. Likewise, an increasing of maize plot utilization duration by 1% induced an increasing of the economic sustainability of maize production systems by 0.02% (Table 4). It then appears that farmers producing maize on the same plot for long time were most economically sustainable.

Table No. 4: Factors influencing economic sustainability scores

Variables	Description	Statistics ¹	Model	
			Coefficients	Robust standard error
CONSTANT	Constant	-	3.53 (17.52)***	0.14
FALCASH	Did the farmer practice the fallow with cashew trees? (1=yes, 0=no)	43.80%	0.01 (0.87)	0.01
FALPALM	Did the farmer practice the fallow with palm trees? (1=yes, 0=no)	22.96%	0.01 (0.32)	0.02
FALNAT	Did the farmer practice the natural fallow? (1=yes, 0=no)	14.25%	-0.04 (-2.60)**	0.02
AEZ7	Zone of depressions (1=yes, 0=no)	20.32%	-0.08 (-5.16)***	0.02
AEZ5	Cotton Zone of centre (1=yes, 0=no)	49.60%	0.00 (0.28)	0.01
CEXT	Contact with the public extension service (1=yes, 0=no)	82.85%	-0.05 (-3.49)***	0.02
CPROJECT	Contact with the agricultural development projects (1=yes, 0=no)	5.84%	0.02 (0.71)	0.02
CRESEAR	Contact with an agricultural research center (1=yes, 0=no)	32.45%	0.04 (3.03)***	0.01
TYPSE	What type of seed did the producer use? (1=improved, 0=local)	45.89%	-0.02 (-1.67)*	0.01
FERTICHEM	Did the farmer use chemical fertilizers? (1=yes, 0=no)	81.79%	-0.01 (-0.84)	0.02
WIDKILL	Did the farmer use chemical wide killers? (1=yes, 0=no)	55.61%	0.01 (0.71)	0.01
EDUC	Did the farmer receive any formal education? (1=yes, 0=no)	46.17%	-0.01 (-0.41)	0.01
GEND	Gender of the farmer (1=male, 0=female)	89.19%	0.00 (0.34)	0.01
MECAGRO	Did the farmer practice mechanized agriculture? (1=yes, 0=no)	12.40%	-0.07 (-3.44)***	0.02
LNAGE	Neperian logarithm of farmer age (year)	3.74 (0.24)	0.02 (0.84)	0.03
LNSURAVAIL	Neperian logarithm of available surface (ha)	1.81 (0.91)	-0.01 (-1.59)	0.01
LNTIM	Neperian logarithm of duration of maize plot utilization (year)	2.57 (0.74)	0.02 (2.63)***	0.01
LNPSOL	Neperian logarithm of sold proportion of produced maize (%)	3.90 (0.40)	-0.00 (-0.02)	0.01
LNNM	Neperian logarithm of net margin (FCFA/ha)	10.64 (0.97)	0.14 (13.80)***	0.01
	Number of observations			343
	F (19 ; 323)			32.05***
	R ²			0.75

(= statistic t of Student, *, **, ***=respectively significant at the threshold of 10%, 5%, and 1%

1 Percentage of yes (of the modality 1) for dummy variables and mean (standard deviation) for quantitative variables.

The depression zone (AEZ 7) influenced negatively the economic sustainability (Table 4). In this area, the economic sustainability of maize production systems is low (Figure 2). The economic sustainability of maize production systems decreased with the contact with the

public extension service (Table 4). This result is normal because in Benin, public extension services strongly focus on cotton. Then farmers in touch with them are cotton farmers. They then allocate most of their resources (time and finance) to cotton. This contributes to the

maize economic sustainability decreasing. However, those in contact with agricultural research improve their economic sustainability (Table 4).

The using of improved seed and agricultural mechanization negatively influenced the economic sustainability of maize production systems (Table 4). These technologies are not then suitably adapted to the local conditions to produce positive effects of the economic sustainability.

5. CONCLUSION

This paper aimed at accessing the economic sustainability of maize production systems and analyzing its determinants in meridional and central Benin. After analyzing data, they reveal that maize production systems in meridional and central Benin are relatively sustainable economically. However there are some efforts to do to improve this sustainability level. The viability and the efficiency level of these farming systems are still very low. Most of the efforts should be concentrate on these components without neglecting the others.

The practice of natural fallow, the depression zone (AEZ7), the farmer's contact with public extension services, the type of seed, the agricultural mechanization determine negatively the maize farming economic sustainability in the study area. And the farmer's contact with the agricultural research, the duration of maize plot utilization and the net margin of the maize farming determine positively this economic sustainability.

Based on these results, the public extension services should be also oriented on crops like maize for better farmers' welfare and food security. Furthermore, the agricultural technologies such as seed, plowing tools, etc. should be improved and adapted to Benin agro-ecologic conditions.

CONFLICT OF INTEREST

The authors did not declare any conflict of interest.

REFERENCES

- Akpo I. F., Yabi A. J., Bachabi F. X. & Kinkpé A. T. 2016. Fallow Practices and Agro-Ecological Sustainability of Maize Production Systems in Southern and Center Benin. *IJSRR*, 5(1): 92 - 108.
- Briquel V., Vilain L., Bourdais J. L., Girardin P., Moucher C. & Viaux P. 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : une démarche pédagogique. *Ing.*, 25: 29-39.
- Elfkhih S., Guidara I. & Mtimet N. 2012. Are tunisian olive growing farming sustainable? An adapted IDEA approach analysis. *Span. Journ. Agric. Res.*, 10(4): 877-889.
- Floret Ch. & Pontanier R. 2001. La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances. John Libbey Eurotext, Paris, France.
- Glèlè Kakaï R. & Kokodé G. G. 2004. Techniques statistiques univariées et multivariées: application sur ordinateur. Note Technique de Biométrie. National library of Benin, Porto-Novo, Bénin.
- Glèlè Kakaï R., Sodjinou E. & Fonton N. 2006. Conditions d'application des méthodes statistiques paramétriques : application sur ordinateur. Note Technique de Biométrie, National library of Benin, Porto-Novo, Bénin.
- Greene W. H. 2005. *Econometric Analysis*. 5th ed. Rod B. New York, USA.
- Idjiwa. 1999. La géographie du Bénin. <http://thierry.mourette.free.fr/archives/01-02/travaux/optinfo/idiwa/general/geographie.htm>. (consulted on 2015 Oct 10).
- INSAE. 2013. Quatrième Recensement General de la Population et de l'Habitat. Institut Nationale de Statistiques et d'Analyses Economiques (INSAE). Cotonou, Bénin.
- M'Hamdi N., Aloulou R., Hedhly M. & Hamouda M. B. 2009. Evaluation de la durabilité des exploitations laitières tunisiennes par la méthode IDEA. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13(2): 221-228.
- Sadoulet E. & de Janvry A. 1995. *Quantitative development policy analysis*. The Johns Hopkins University Press Baltimore and London, London, England.
- Straver G. 1989. *Essais agricoles: participation et appréciation des paysans*. MDR/DRA/RAMR, Cotonou, Bénin.
- Vilain L. 1999. *De l'exploitation agricole à l'agriculture durable, Aide méthodologique à la mise en place de systèmes agricoles durables*. Educagri editions, Dijon, France.
- Vilain L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P. & Zahm F. 2008. *La méthode IDEA : indicateur de durabilité des exploitations agricoles : Guide d'utilisation*. Educagri editions, Dijon, France.
- Wezel A., Bohlinger B. & Floquet A. 1998. Changements du système d'exploitation des sols et de la végétation près du village de Houêto (1981-1995)-Evolution de l'exploitation des terres aux abords d'un centre urbain du Sud du Bénin. Cotonou, Bénin.
- Yabi A. J. 2010. Analyse des déterminants de la rentabilité économique des activités menées par les femmes rurales dans la commune de Gogounou au Nord-Bénin. *Annal. Scie. Agron.*, 14(2): 221-239.
- Zahm F., Viaux P., Vilain L., Girardin P. & Mouchet C. 2008. Assessing Farm sustainability with the IDEA method-From the concept of agriculture sustainability to case study on farms. *Sust. Dev.*, 16: 271-281.



Pôles de Développement Agricole du Bénin : vers une régionalisation de l'agriculture béninoise en Afrique de l'Ouest

Patrice Ygué ADEGBOLA^{1,2,*}, Gbènakpon Aubin Yamonwan Guérolé AMAGNIDE^{1,3}, Biaou Denis OLOU^{1,2}, Comlan Hervé SOSSOU^{1,2}, Guirguissou MABOUDOU ALIDOU^{1,2}, Cossi Léonard HINNOU^{1,2}, Brice Tiburce Cossi OUSSOU^{1,4}, Baudelaire KOUTON-BIGNON⁵, Raoul ADEGUELOU¹, Jérôme DJIDONOU¹, Ulrich ARODOKOUN^{1,2}, Aurelle SEDEGNAN^{1,2}

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou-Bénin

² Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA)

³ Programme de Biométrie (PB)

⁴ Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE)

⁵ Centre International de Recherches et de Formation en Sciences Sociales (CIRFoSS), 03 BP 2401

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Agricultural development poles of Benin: towards a beninese agriculture regionalization in West Africa

Abstract: The territorialization of agriculture is an approach increasingly used to facilitate the balanced development of the production areas according to different agricultural crops. This study conducted from October to December 2016, highlights the regionalization of Beninese agriculture through the creation of poles of agricultural development (PAD). Specifically, this study (i) assess the zoning of Benin into 7 PAD and (ii) characterize the 7 PAD. For this purpose, data from agricultural statistics, including areas planted and production were used to assess the zoning of Benin into 7 PAD. From these data keyed in Microsoft Access, matrix of mean values of areas planted and production of each crop per District was submitted to a decisional discriminant analysis. Regarding the characterization of PAD, 447 villages distributed among the 7 PAD were surveyed through group interviews. Data collected were described by using relative frequency, mean and coefficient of variation. Soil samples were also taken in order to evaluate fertility status. The results obtained reveal the good quality of the zoning performed with an error rate of 2.6%. Overall, socio-community infrastructures and producer support services are present in less than half of the villages surveyed in all PAD. In addition, the incidence of poverty ranged from 14% in PAD 2 to 54% in pad 4. The study also shows that 80% of PAD soils have a low/very low fertility level. The results suggest the necessity need to take into account the specificities of each PAD in the agricultural development policy.

Keywords: Agricultural development pole, zoning, regionalization of agriculture, characterization, Benin, West Africa.

Résumé : La territorialisation de l'agriculture est une approche de plus en plus adoptée pour faciliter le développement équilibré des zones de production des différentes spéculations agricoles. La présente étude, menée d'octobre à décembre 2016 met en exergue la régionalisation de l'agriculture béninoise à travers la création des Pôles de Développement Agricole (PDA). Spécifiquement, il s'est agi de (i) évaluer le découpage du Bénin en 7 PDA et (ii) caractériser les 7 PDA. Pour ce faire, les données de statistiques agricoles notamment les superficies emblavées et les productions ont été utilisées pour l'évaluation du découpage du Bénin en 7 PDA. A partir de ces données saisies dans Microsoft Access, la matrice de moyennes de superficie emblavée et de production de chaque culture par commune a été soumise à une analyse discriminante décisionnelle. Concernant la caractérisation des PDA, 447 villages répartis dans les 7 PDA ont été enquêtés à travers des entretiens de groupe. Les données ainsi recueillies ont été décrites par la fréquence relative, la moyenne et le coefficient de variation. Des prélèvements de sols ont été également effectués et ont permis de déterminer les principales classes de fertilité des sols.

Les résultats obtenus révèlent la bonne qualité du découpage effectué avec un taux d'erreur de 2,6%. Globalement, les infrastructures sociocommunautaires et les services d'appui-conseil aux producteurs sont présents dans moins de la moitié des villages enquêtés quel que soit le PDA considéré. Par ailleurs, l'incidence de la pauvreté varie de 14% dans le PDA 2 à 54% dans le PDA 4. Il ressort également de l'étude que 80% des sols des PDA ont en majorité un niveau de fertilité faible/très faible. Les résultats suggèrent une prise en compte des spécificités de chaque PDA dans la politique de développement de l'agriculture.

Mots clés: Pôle de développement agricole, découpage, régionalisation de l'agriculture, caractérisation, Bénin, Afrique de l'Ouest.

1. Introduction

L'agriculture béninoise occupe 48% des actifs, contribue à plus de 36% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) et fournit plus de 80% des recettes d'exportation (MAEP, 2013). Eu égard à sa contribution à l'économie du pays, la promotion des filières agricoles est considérée comme une priorité pour accélérer la croissance économique nationale et ainsi contribuer réellement à la réduction de la pauvreté (MAEP, 2014). Ainsi, les gouvernements successifs ont mené diverses actions pour améliorer la productivité agricole et contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle tout en garantissant la durabilité des ressources naturelles. Malgré ces efforts et à l'échéance du Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA) en 2015, le constat était que la performance du secteur demeure faible et la production n'arrive toujours pas à satisfaire la demande diversifiée d'une population en pleine expansion (MAEP, 2016a). Les revenus et la productivité sont faibles, ce qui rend très peu compétitifs les produits agricoles (MAEP, 2016b). Cette faible productivité est surtout due à la faible adoption des innovations technologiques par les exploitants agricoles (MAEP, 2016a ; MAEP, 2016b).

En 2015, l'évaluation du PSRSA a conduit à l'élaboration d'un nouveau document de politique intitulé « Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) ». Dans le Programme d'Actions du Gouvernement « Bénin révélé », l'agriculture est considérée comme un secteur d'investissement massif dans des projets sur l'ananas, l'anacarde, les cultures maraîchères (filières à hautes valeurs ajoutées). Il en est de même pour les filières conventionnelles tels le riz, le maïs et le manioc et d'autres (filières viande, lait et œufs ; et aquacole) (MEF, 2016 ; Présidence de la République du Bénin, 2016). C'est dans ce cadre que sept

Pôles de Développement Agricole (PDA) ont été définis afin d'établir une nouvelle dynamique dans la promotion des spéculations phares (MAEP, 2016b ; MAEP, 2017). La philosophie de cette nouvelle approche est, d'une part, d'assurer la promotion des filières à leur territoire de prédilection et d'autre part, de partir des filières locomotives d'un PDA pour assurer un développement territorial équilibré (MAEP, 2017). Ce nouveau cadre de mise en œuvre opérationnelle des politiques, programmes et projets de développement agricole ne sera porteur de développement économique, de création de richesses et d'emplois au Bénin que si les PDA définis constituent réellement de vastes écosystèmes à l'échelle d'une région contenant un certain nombre de petits écosystèmes de fonctionnement similaires. Les PDA tels que actuellement définis sont-ils en concordance avec les zones de prédilection des filières phares ? La réponse à une telle question suggère l'étude de la qualité du découpage du Bénin en sept PDA.

Les pôles agricoles sont généralement établis dans des zones de terres agricoles sur lesquelles les pouvoirs publics souhaitent favoriser la concentration des investissements (publics et privés) simultanés et coordonnés, pour soutenir l'industrialisation autonome (BAD, 2016 ; Dagorn et al., 2017). Ils représentent une nouvelle tendance dans la stratégie de développement agricole en Afrique. Déjà en 2014, les Chefs d'Etat africains se sont engagés à éradiquer la faim et la pauvreté rurale par une transformation agricole en transitant d'une agriculture de subsistance à une agriculture commerciale (Dagorn et al., 2017 ; Picard et al., 2017). D'après Douthwaite et al. (2001), la seule option pour combler le déficit alimentaire dû à l'expansion démographique serait le changement technologique très rapide. Les pôles sont considérés comme un moyen d'attirer des investissements privés pour promouvoir la transformation agricole mais aussi pour contrer le phénomène d'accaparement des terres (Dagorn et al., 2017 ; Picard et al., 2017). De plus en plus, il est reconnu que la territorialisation de l'agriculture est nécessaire pour améliorer la politique de sécurité alimentaire et nutritionnelle. En effet, la territorialisation du développement agricole permet de considérer la diversité des différents territoires, et conduit à une meilleure compréhension des

* Auteur Correspondant : patrice.adegbola@yahoo.fr,

Téléphone : 97 35 40 56

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

différences dans les opportunités de développement (OECD, 2016).

Au Bénin, bien que le processus de mise en œuvre des pôles agricoles date de 2016, aucun travail de recherche n'a encore été fait pour caractériser les systèmes de production agricole des sept PDA. Or, il est bien connu que la diversité des systèmes de production, est souvent posée comme une question pratique de management du développement agricole où les actions innovantes envisagées sont d'autant plus efficaces qu'elles correspondent aux besoins de régions spécifiques (Pluvilage et Moulin, 2007). Puisque les systèmes d'utilisation de la terre et les stratégies de production agricole dépendent des interactions entre les ressources biophysiques et socio-économiques en présence, la caractérisation est un outil indispensable dans la compréhension de l'environnement dans lequel l'agriculteur opère afin de faciliter la production de technologies appropriées et l'implémentation de politiques agricoles pertinents (Ogungbile et al., 1998). Autrement, la recherche et la vulgarisation coûteront trop chères (Douthwaite et al., 2005). Ainsi, la présente étude vise à évaluer la mise en œuvre de la régionalisation de l'agriculture béninoise. Spécifiquement, il s'agit de (i) évaluer le découpage du Bénin en sept PDA et (ii) caractériser les PDA ainsi définis pour une meilleure connaissance du profil de chaque pôle afin de faciliter l'orientation des actions de recherche-développement et des paquets technologiques selon les spécificités de chaque pôle.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée en 2016 sur tout le territoire national du Bénin réparti en sept Pôles de Développement Agricole (PDA) (Figure 1 ; Décret N° 2017-101 du 27 Février 2017 ; MAEP, 2017). Le Bénin est situé entre 6°30' et 12°30' de latitude Nord et entre 1° et 3°40' de longitude Est (INSAE, 2013) avec trois zones climatiques (guinéenne, soudano-guinéenne et soudanienne : Adjanohoun et al., 1989) de caractéristiques variables (Tableau 1). Les PDA 1, 2 et 3 sont situés dans la zone soudanienne, le PDA 4 dans la zone soudano-guinéenne et les PDA 5, 6 et 7 dans la zone guinéenne. Avec une population estimée à 9 983 884 habitants dont 51,2 % de femmes, le Bénin est constitué d'une vingtaine de groupes socioculturels ayant chacun une assise régionale. Le Fongbé, le Yoruba, le Baatonu et le Dendi sont les langues les plus parlées (INSAE, 2013). La densité de la population varie de 500 habitants au km² dans la zone climatique guinéenne à 6 habitants au km² dans la zone soudanienne.

Tableau 1. Caractéristiques des trois zones climatiques du Bénin

Table 1. Characteristics of the three climatic zones of Benin

Paramètres climatiques	Zone soudanienne	Zone soudano-guinéenne	Zone guinéenne
Localisation	9°45'-12°25'N	7°30'-9°45'N	6°25'-7°30'N
Régime pluvial	Unimodal	Unimodal	Bimodal
Pluviosité (mm)	< 1000	900 – 1110	1200
Température (°C)	24 – 31	25 – 29	25 – 29
Humidité relative (%)	18 – 99	31 – 98	69 – 97
Type de climat	Tropical sec	Tropical humide	Tropical humide

Source : Salako et al. (2013) ; Natta (2003) ; Hijmans et al. (2004) ; Sinsin et al. (2004).

2.2. Cadre théorique

Le cadre théorique de l'étude a été adapté de l'approche zone de référence « Benchmark Area Approach en anglais » développée par Atayi et Ladipo (1998) pour la caractérisation des régions hétérogènes. Cette approche a déjà été utilisée avec succès par plusieurs auteurs (Douthwaite et al., 2001 ; Douthwaite et al., 2005 ; Adégbola et al., 2017). Outil de recherche-développement élaboré par l'Institut International de l'Agriculture Tropicale (IITA) dans le cadre du programme Ecoregional Programme for the Humid and Sub-humid Tropics of Sub-Saharan Africa (EPHTA), cette approche considère le développement agricole comme un processus complexe, non linéaire et participatif contrairement à l'approche « top-down » de transfert de technologies (TAC/CGIAR, 2001 ; Douthwaite et al., 2005). Elle sous-tend que l'utilisation des technologies est spécifique à des zones homogènes plutôt qu'à toute une région hétérogène donnée eu égard aux diverses conditions socio-économiques (Lapar and Jabbar, 2003). L'identification des régions homogènes est nécessaire pour une utilisation correcte de la terre, de l'eau et d'autres ressources pour le développement à travers le transfert de technologies adaptées (Faroda et al., 1999).

2.3. Echantillonnage et collecte de données

Les données de statistiques agricoles (superficie emblavée, production et rendement) des 77 communes du Bénin de 1995 à 2016 ont été obtenues à la Direction de la Statistique Agricole (DSA, 2016) pour évaluer le découpage (c'est-à-dire la délimitation) du Bénin en sept Pôles de Développement Agricole (PDA). Concernant la caractérisation des PDA, elle a été faite à partir de données d'enquête (voir Adégbola et al., 2018).

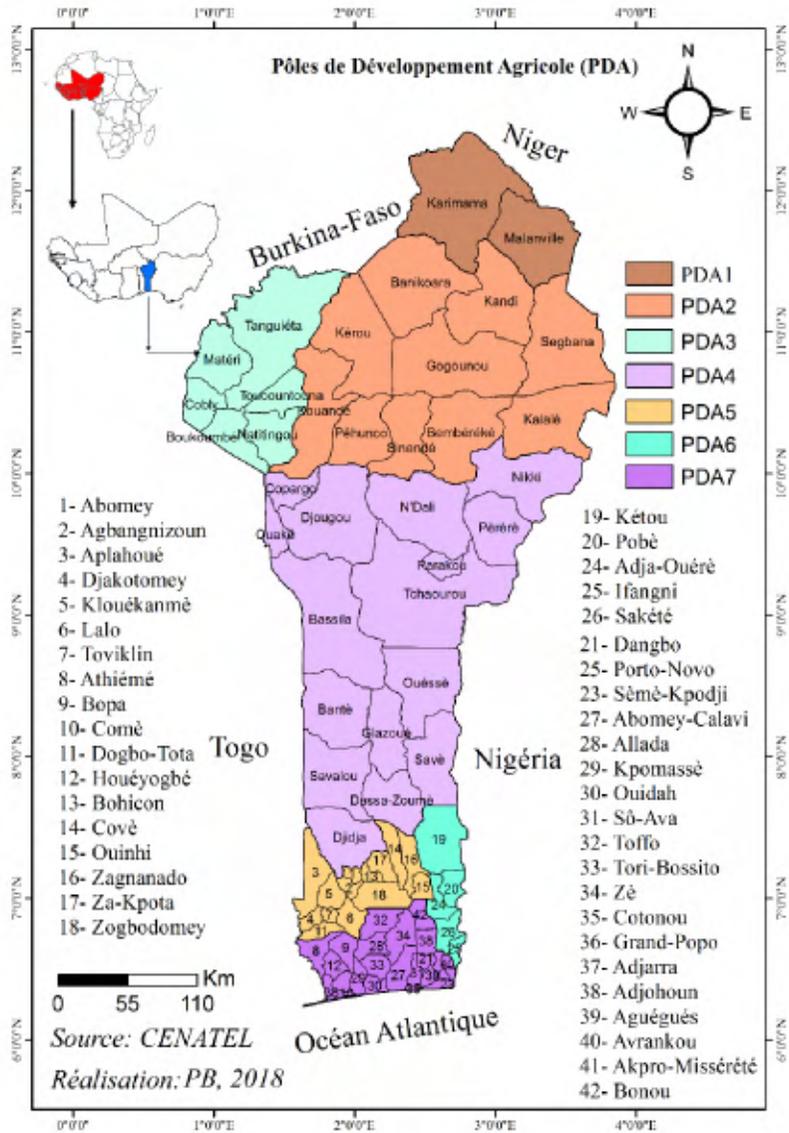


Figure 1. Localisation géographique des pôles de développement agricole du Bénin

Figure 1. Geographical localisation of Benin's agricultural development poles

Le choix des villages à enquêter a été fait à partir du quadrillage d'une carte administrative de 1/395.000. Cette carte est délimitée en des cellules carrées de 10 cm de côté. Le village qui coïncide avec le centre de chaque cellule ou qui en est proche a été sélectionné. Les cellules des zones inhabitées (zones de végétation, plans d'eau, réserves forestières, parcs nationaux, etc.) n'ont pas été prises en compte. Au total, 447 villages (PDA 1 : 23 villages, PDA 2 : 46 villages, PDA 3 : 42 villages, PDA 4 : 116 villages, PDA 5 : 80 villages,

PDA 6 : 24 villages et PDA 7 : 116 villages) ont été enquêtés dans l'ensemble des PDA. Dans chaque village enquêté, au moins 30 exploitants agricoles (aléatoirement choisis, tout en garantissant la diversité des acteurs en présence [producteurs, éleveurs, pêcheurs, etc.]) étaient regroupés pour dérouler les entretiens de groupe. Le questionnaire utilisé pour collecter les données, adapté de celui du programme EPHTA (INRAB, 1999) a permis de renseigner les paramètres tels que définis et développés en détails par Manyong et al.

(1996) et Adégbola et al. (2017). Les données collectées concernent essentiellement les infrastructures sociocommunitaires, les services d'appui-conseil aux producteurs, l'accessibilité des produits agricoles aux marchés, etc. Plusieurs indices (par exemple, l'indice de présence des services agricoles) dont les formules sont disponibles dans Adégbola et al. (2017) ont été utilisés. Concernant l'état de fertilité des sols dans le PDA, des échantillons de sols ont été prélevés dans 133 villages répartis dans les 7 PDA et choisis parmi 447 villages enquêtés de manière à garantir la diversité des unités pédologiques. Les échantillons analysés au laboratoire sont des échantillons composites prélevés sur 20 cm de profondeur. Les sondages ont été faits avec une tarière à carottes de sol (ici, la tarière hollandaise) et les profils de 1,5 m de long, 1,0 m de large et 1,2 à 1,8 m de profondeur ont été creusés avec des pioches. Des données complémentaires concernant les dépenses de consommation alimentaire et non alimentaire et l'état de pauvreté de 504 ménages agricoles répartis dans 5 PDA (2, 3, 4, 5 et 6) ont été obtenues du Programme d'Amélioration de la Productivité Agricole des Petits Exploitants (PAPAPE, 2016).

2.4. Traitement et analyses statistiques des données

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Microsoft Access. Le logiciel statistique SAS version 9.2 a été utilisé pour l'analyse des données. Les données de statistiques agricoles (superficie emblavée et production) de la campagne 1995-1996 à la campagne 2015-2016 des 77 communes du Bénin ont été utilisées pour évaluer le découpage du territoire national en 7 pôles de développement agricole (PDA). Le rendement n'a pas été pris en compte parce que découlant de la superficie emblavée et de la production. La moyenne de chacune des 2 variables a été préalablement déterminée sur la période considérée pour chaque commune. Il a été alors possible de construire une matrice de statistiques agricoles ayant pour lignes, les PDA d'appartenance de chaque commune (selon le Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016) et pour colonnes, les moyennes de superficie emblavée et de production de chaque culture. Cette matrice a été soumise à une analyse discriminante décisionnelle pour évaluer la qualité du découpage du territoire national en 7 PDA. Le test de normalité multivariée de Shapiro et le test M de Box ont respectivement permis de garantir les conditions d'application (multinormalité des variables et homogénéité des matrices de covariances) de l'analyse discriminante décisionnelle (ADD). A partir de l'ADD, les probabilités d'appartenance a posteriori de chaque commune à un PDA ont été estimées.

Concernant la caractérisation des PDA, des analyses descriptives incluant l'analyse de contenu et la fréquence relative pour les variables qualitatives, les paramètres typiques tels que la moyenne et le coefficient de

variation pour les variables quantitatives ont été réalisées. Ces analyses descriptives ont porté sur des paramètres issus de quatre modèles (modèle exogène, modèle de gestion des exploitations agricoles, modèle d'entreprise agricole et modèle de dépendance) qui décrivent le fonctionnement des exploitations agricoles. Les variables prises en compte par chaque modèle sont décrites par Adégbola et al. (2017). Le niveau de fertilité des sols a été déterminé à partir des résultats d'analyse de sols sur la base des 5 classes de fertilité telles que définies par Igué et al. (2017). Ces classes sont définies en fonction des limitations en cause et leur degré d'intensité. A partir des données du PAPAPE (2016), trois indices de pauvreté ont été estimés suivant l'approche proposée par Foster et al. (1984). Il s'agit de : (i) le *taux de pauvreté* ou *incidence de la pauvreté*, rapport entre le nombre d'individus pauvres et le nombre total d'individus d'une localité; (ii) $(\alpha = 0 \text{ et } P_0 = \frac{q}{N})$ la *profondeur* ou *intensité de la pauvreté* qui caractérise l'écart par rapport à la ligne de pauvreté et (iii) la *sévérité de la pauvreté* qui P_2 met l'accent sur la proportion d'individus les plus éloignés du seuil de pauvreté. Des analyses de la variance (ANOVA) à un facteur et des tests de comparaison de plusieurs proportions observées ou test de Kruskal-Wallis si les conditions d'application de l'ANOVA ne sont pas vérifiées, tests de comparaison de plusieurs proportions selon le cas) ont été réalisés pour comparer les différents paramètres entre PDA. Toutefois, lorsque les conditions d'application de l'ANOVA n'étaient pas vérifiées pour les données de pauvreté et de dépense des ménages, les tests de Kruskal-Wallis (alternative non paramétrique de l'ANOVA) ont été utilisés pour comparer les PDA.

3. Résultats

3.1. Qualité du découpage du territoire national en 7 Pôles de Développement Agricole

Le taux d'erreur d'allocation obtenu de la règle de classement est de 2,60%, indiquant la bonne qualité de l'analyse discriminante décisionnelle effectuée (Tableau 2). La superposition des PDA d'appartenance des communes selon le Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016 aux PDA d'appartenance des communes tels qu'obtenus de l'analyse discriminante décisionnelle révèle que toutes les communes des PDA 1, 2, 3, 4, 6 et 7 étaient bien classées avec des probabilités d'appartenance à *posteriori* variant entre 0,543 et 1. Dans le PDA 5, deux communes (Lalo et Ouinhi) sur 14 ont été classées dans le PDA 7 avec des probabilités d'appartenance à *posteriori* de 0,862 et 0,911 (Tableau 2).

Tableau 2. Appartenance des 77 communes du Bénin aux pôles de développement agricole selon le Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016 et l'analyse discriminante décisionnelle

Table 2. Membership of 77 districts of Benin to poles of agricultural development according to the decree N° 2016-681 of November 7th, 2016 and the decisional discriminant analysis

COMMUNES	PDA ¹	Pôle de Développement Agricole (PDA)							PDA ²
		1	2	3	4	5	6	7	
Karimama	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1
Malanville	1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1
Banikoara	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Bembèrèkè	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Gogounou	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Kalalé	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Kandi	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Kérou	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Kouandé	2	0,000	0,999	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	2
Pehounco	2	0,000	0,999	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	2
Ségbana	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Sinendé	2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2
Boukoumbé	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Cobly	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Matéri	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Natitingou	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Tanguiéta	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Toucountouna	3	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3
Bantè	4	0,000	0,000	0,000	0,971	0,018	0,000	0,011	4
Bassila	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
Copargo	4	0,000	0,000	0,000	0,998	0,001	0,000	0,001	4
Dassa-Zoumè	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
Djidja	4	0,000	0,000	0,000	0,710	0,290	0,000	0,000	4
Djougou	4	0,000	0,007	0,000	0,993	0,000	0,000	0,000	4
Glazoué	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
N'Dali	4	0,000	0,007	0,000	0,994	0,000	0,000	0,000	4
Nikki	4	0,000	0,004	0,000	0,997	0,000	0,000	0,000	4
Ouaké	4	0,000	0,000	0,000	0,998	0,000	0,000	0,002	4
Ouèssè	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
Parakou	4	0,000	0,000	0,000	0,996	0,000	0,000	0,004	4
Pèrèrè	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
Savalou	4	0,000	0,000	0,000	0,999	0,001	0,000	0,000	4
Savé	4	0,000	0,000	0,000	0,899	0,084	0,000	0,017	4
Tchaourou	4	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	4
Abomey	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,872	0,000	0,128	5
Agbangnizoun	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,998	0,000	0,002	5
Aplahoué	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5
Bohicon	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,883	0,000	0,117	5
Covè	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5
Djakotomey	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,995	0,000	0,005	5
Dogbo	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,947	0,000	0,053	5
Klouékanme	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5
Lalo	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,138	0,000	0,862	7

COMMUNES	PDA ¹	Pôle de Développement Agricole (PDA)							PDA ²
		1	2	3	4	5	6	7	
Ouinhi	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,089	0,000	0,911	7
Toviklin	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,543	0,000	0,457	5
Zagnanado	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5
Zakpota	5	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	5
Zogbodomey	5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,998	0,000	0,002	5
Adja-Ouèrè	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	6
Ifangni	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,999	0,001	6
Kétou	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	6
Pobè	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	6
Sakété	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	6
Abomey-Calavi	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	7
Adjarra	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,979	7
Adjohoun	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	7
Aguégoués	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,999	7
Akpro-Missérété	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,988	7
Allada	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,999	7
Athiémé	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,997	7
Avrankou	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,962	7
Bonou	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,994	7
Bopa	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,967	7
Comè	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,000	0,982	7
Cotonou	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,000	0,901	7
Dangbo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,997	7
Grand-Popo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,994	7
Houéyogbè	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,965	7
Kpomassè	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,992	7
Lokossa	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,000	0,966	7
Ouidah	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,000	0,972	7
Porto-Novo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,970	7
Sèmè-Podji	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,989	7
So-Ava	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	7
Toffo	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,996	7
Tori-Bossito	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,991	7
Zè	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,288	0,000	0,712	7

¹ PDA d'appartenance de chaque commune selon le Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016 / Poles of agricultural development according to decree N° 2016-681 of November 7th, 2016.

² PDA d'appartenance de chaque commune selon l'analyse discriminante décisionnelle / Poles of agricultural development according to the decisional discriminant analysis.

3.2. Caractérisation des pôles de développement agricole du Bénin

Infrastructures sociocommunautaires

Les infrastructures sociocommunautaires incluent les sources d'énergie, les sources d'eau potable, les infrastructures sanitaires, d'éducation, de communication et les marchés. Les populations des villages enquêtés ont accès au réseau électrique de la SBEE. Toutefois, la couverture est faible dans les PDA3 (23,26%), PDA1 (30%), PDA2 (30%), PDA5 (31,46%), PDA6 (33,33%)

et moyenne dans les PDA7 (45,13%) et PDA4 (50,53%). Le bois de chauffe est la principale source d'énergie pour la cuisson des repas dans les différents PDA. En plus de cela les populations font recours faiblement au charbon, aux résidus de récolte (excepté le PDA6), au pétrole (excepté le PDA6) et au gaz domestique (PDA4, PDA5 et PDA7). L'accès à l'eau potable est effectif pour plus de 90% des populations des villages des différents PDA. Les systèmes de distribution publique et les retenues d'eau constituent les principales sources d'approvisionnement en eau potable.

Tous les villages enquêtés ne disposent pas d'au moins un centre de santé : 70% des villages (PDA1), 58,33% (PDA2), 25,58% (PDA3), 52,63% (PDA4), 35,96% (PDA5), 37,50% (PDA6), 36,28% (PDA7). En moyenne plus de 80% des villages des différents PDA ont au moins une école primaire. Mais les collèges sont plus éloignés des villages que l'école primaire. Le réseau est majoritairement en route carrossable : 81,40%, 77%, 66,67%, 60,67%, 56,67%, 54,87% et 53,68% respectivement dans les PDA 3, 1, 6, 5, 2, 7 et 4. En plus de ce réseau, les voies bitumées, les pistes, les routes non carrossables et les voies lacustres (PDA2 et PDA4) existent. Ces voies sont en mauvais état dans la plupart des cas. En ce qui concerne la communication, certains villages sont passablement couverts par le réseau de téléphonique mobile : 42,86%, 38,46%, 37,84%, 36,5%, 33,70%, 21,8%, 20,33% respectivement dans les PDA 6, 1, 3, 5, 7, 4, et 2. Enfin, tous les villages enquêtés ne disposent pas d'un marché de vente de produits agricoles. En effet, respectivement 90,27%, 85,39%, 79,17%, 55,81%, 55,79%, 46,67% et 46% dans les PDA 7, 5, 6, 3, 4, 2 et 1 n'en disposent pas.

Services d'appui et de conseil aux producteurs

Les services d'appuis aux producteurs regroupent les appuis techniques et ceux financiers. Les premiers sont assurés principalement par les ATDA (ex-SCDA) et parfois certains ONG/projets à travers la vulgarisation et le conseil agricole, l'approvisionnement en intrants, et le service vétérinaire. Quant aux services financiers, ils demeurent l'apanage des IMF. Les agriculteurs des

villages enquêtés dans les différents PDA ont accès aux services agricoles. Toutefois, cet accès est moyen (55%) dans le PDA2 ; faible dans les PDA3 (16,28%), PDA5 (19,10%), PDA1 (23%) et PDA4 (32,63%) ; très faible dans les PDA 7 (5,31%) et PDA 6 (8,33%). En ce qui concerne les IMF, elles sont présentes dans les villages enquêtés avec des disparités d'un PDA à un autre : 45%, 29,47%, 25,58%, 18,28%, 13,64%, 7,69% et 4,17% respectivement dans les PDA 2, 4, 3, 7, 5, 1 et 6. Dans les villages où les IMF existent, les proportions de producteurs bénéficiant de crédit sont les suivantes : 42,62% (PDA2), 37,57% (PDA5), 33,86% (PDA4), 31,52% (PDA3), 31,82% (PDA7), 26% (PDA1), 25,56% (PDA6).

Production agricole

La production agricole présentée ici met en exergue les trois premiers pôles de développement agricole (PDA) présentant les plus fortes productions (Tableau 3). Les PDA 2, 7 et 6 produisent 65% de la production nationale de maïs alors que les PDA 4, 2 et 3 cumulent 76% de la production nationale de riz. Les 90% de la production de petit mil sont concentrés dans les trois premiers PDA. Il en est de même pour la production de sorgho dans les PDA 2, 3 et 4. Concernant les cultures maraîchères, elles sont essentiellement produites dans les PDA 4, 5, 6 et 7. L'ananas est exclusivement produit dans le PDA 7 alors que l'anacarde est principalement produit dans les PDA 4 (80% de la production nationale). Le palmier à huile est produit dans les mêmes proportions dans les PDA 6 et 7.

Tableau 3. Principales productions des pôles de développement agricole

Table 3. Main productions of poles of agricultural development

Types de cultures	Cultures	Pôles de développement agricole (PDA)
Cultures vivrières	Maïs	PDA 2 (23%), PDA 7 (22%) et PDA 6 (20%)
	Riz	PDA 4 (31%), PDA 2 (24%) et PDA 1 (21%)
	Petit mil	PDA 3 (38%), PDA 1 (36%) et PDA 2 (15%)
	Sorgho	PDA 2 (52%), PDA 4 (24%) et PDA 3 (14%)
	Manioc	PDA 7 (31%), PDA 4 (26%) et PDA 6 (21%)
	Igname	PDA 4 (61%), PDA 2 (26%) et PDA 3 (8%)
	Niébé	PDA 4 (33%), PDA 5 (22%) et PDA 2 (15%)
	Arachide	PDA 4 (41%), PDA 5 (20%) et PDA 2 (19%)
Cultures maraîchères	Tomate	PDA 7 (45%), PDA 5 (18%) et PDA 4 (11%)
	Piment	PDA 7 (41%), PDA 4 (21%) et PDA 6 (15%)
Cultures de rente	Coton	PDA 2 (73%), PDA 4 (12%) et PDA 3 (7%)
	Ananas	PDA 7 (100%)
	Anacarde	PDA 4 (80%), PDA 2 (19%) et PDA 1 (1%)
	Palmier à huile	PDA 7 (50%), PDA 6 (49%) et PDA 5 (1%)

Tableau 4. Paramètres d'accessibilité aux marchés des produits agricoles dans les pôles de développement agricole (Moyenne suivie de coefficient de variation en % entre parenthèses)

Table 4. Accessibility parameters to markets of agricultural products in the poles of agricultural development (Mean followed by coefficient of variation in % between brackets)

Paramètres	PDA1	PDA2	PDA3	PDA4	PDA5	PDA6	PDA7
Coût de transport d'une personne au marché le plus proche (FCFA)	392,30b (29,36)	152,20a (225,73)	291,67b (162,28)	342,9b (109,32)	255,30b (85,05)	244,8b (77,02)	341,50b (110,81)
Distance par rapport au centre de santé le plus proche (km)	6,04b (86,97)	8,00c (100,29)	8,17c (79,24)	4,99b (124,67)	4,04a (69,40)	4,1a (58,26)	3,28a (68,00)
Distance par rapport au marché le plus proche (km)	3,46a (108,21)	2,25a (175,88)	5,71b (109,75)	3,64a (134,72)	4,84 (77,29)	3,84a (71,83)	5,66b (92,36)
Distance par rapport à la zone urbaine (km)	32,63ab (64,38)	47,88b (85,91)	42,92b (55,32)	20,22a (103,83)	16,08a (89,46)	22,85a (79,34)	13,50a (112,67)
Indice de présence de services agricoles	0,32bc (98,77)	0,50c (105,78)	0,35bc (136,32)	0,09a (299,98)	0,10a (254,88)	0,53c (44,88)	0,42c (111,48)
Proportion de producteurs membres d'une coopérative agricole (%)	48,33b (70,55)	35,75b (105,17)	34,88b (106,90)	15,98a (164,32)	17,07a (156,79)	10,00a (141,42)	13,22a (193,35)

Pour un paramètre, les valeurs suivies de différentes lettres sont significativement différentes / For a same parameter, different letters indicate significant difference.

Accessibilité aux marchés des produits agricoles

Les paramètres d'accessibilité et de présence de services agricoles et publics dans les pôles de développement agricole (PDA) sont consignés dans le Tableau 4. Le coût moyen de transport de 50 kg de produit agricole au marché le plus proche dans le PDA2 est faible comparé aux autres PDA et s'élève à 152 FCFA. Ce coût fait au moins la moitié du coût dans les autres PDA. Le coût moyen le plus élevé est obtenu dans le PDA1 et s'élève 400 FCFA. En ce qui concerne, le coût moyen de transport (à moto) d'une personne au marché le plus proche, la valeur la plus faible est toujours observée dans le PDA2. A ce niveau, la valeur la plus élevée est toujours observée dans le PDA1 et s'élève à 392 FCFA. En ce qui concerne la zone urbaine, tous les villages en sont éloignés avec des distances variant entre 13,50 km et 47,88 km. Les services agricoles sont très faiblement (PDA 4 et 5), faiblement (PDA 1 et 3) et moyennement (6, 2 et 7) présents dans les différents villages. Les producteurs sont plus membres d'une coopérative agricole (48,33%) dans le PDA1 comparé aux autres pôles.

Sols dominants et niveaux de fertilité des sols

Cinq catégories de sols prédominent au Bénin. Leur répartition géographique varie du Sud au Nord. Ainsi, dans le pôle de développement agricole 1 (PDA1), on rencontre des sols hydromorphes (bordure du Niger). Ces derniers s'observent également dans le PDA 5 (vallée du Couffo) et le PDA 7 (Delta de l'Ouémé et vallée du Mono). En plus des sols hydromorphes, les sols ferralitiques (Plateau Adja et Zou Sud) et les sols ferrugineux (Zou Nord) sont dominants dans le PDA5. S'agissant du PDA7, les sols minéraux bruts et peu évolués (cordon sableux du littoral), les sols ferralitiques (Plateau d'Allada, Porto-Novo) et les vertisols (Dépression de la Lama) y sont également dominants. Les sols dominants du PDA 2 sont les sols minéraux bruts et peu évolués (Kouandé et partie orientale de Kérou), les sols

ferralitiques (bande Nord-Sud s'étendant de Kouandé à Bassila) et les sols ferrugineux (Borgou Centre). En dehors des sols minéraux bruts et peu évolués (Boukoubé, Cobly, Tanguéta et Natitingou), le PDA 3 est caractérisé par des sols ferralitiques (Atacora Nord) et ferrugineux (Atacora Sud). Au niveau du PDA4, les sols dominants comprennent les sols ferralitiques (Djougou, Bande Nord-Sud s'étendant de Kouandé à Bassila) et ferrugineux (Borgou Sud et Borgou Centre). Enfin les sols ferralitiques sont les plus dominants dans le PDA6 (Plateau).

L'état de la fertilité des sols dans les PDA est présenté à la figure 2. Il en ressort que le niveau de fertilité est globalement faible. Quel que soit le PDA considéré, environ 80% des sols présentent un niveau de fertilité en dessous du niveau moyen. Cette baisse de fertilité des sols constitue une réelle contrainte pour le développement de la production agricole. Les terres les plus chimiquement dégradées se trouvent dans les PDA 6 et 5 alors que les terres les moins dégradées sont situées dans les PDA 3 et 4.

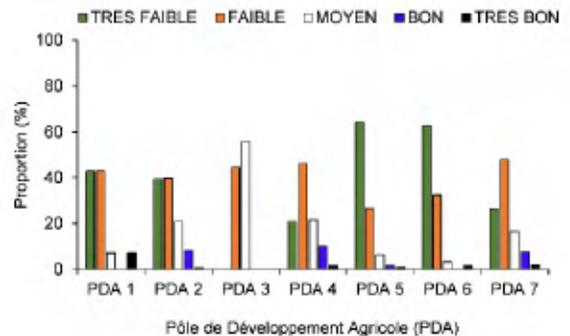


Figure 2. Etat de la fertilité des sols dans les pôles de développement agricole

Figure 2. State of soil fertility in the poles of agricultural development

Dépenses et état de pauvreté des ménages

Le tableau 5 présente les indices de pauvreté dans quatre pôles de développement agricole (PDA 2, 4, 5 et 6). Des différences significatives ($P < 0,05$) sont observées les PDA. Le PDA 2 enregistre le plus faible taux de pauvreté alors que les trois autres PDA enregistrent les plus forts de pauvreté (4 fois plus pour les PDA 4 et 5 et 3 fois plus pour le PDA 6). Quant à l'écart moyen des dépenses totales du ménage qui sépare les pauvres du seuil de pauvreté, la profondeur de la pauvreté révèle que la plus faible valeur s'observe dans le PDA 2 et les plus fortes valeurs dans les PDA 4 et PDA 5. A l'instar de la profondeur, la sévérité de la pauvreté indique que

l'écart moyen des dépenses totales du ménage qui sépare les plus pauvres parmi les pauvres relativement au seuil de pauvreté est plus élevé dans le PDA 5 et plus faible dans les PDA 2 et 4.

Les moyennes de dépenses alimentaires et non alimentaires des ménages des PDA 2, 3, 4, 5 et 6 sont également présentées au tableau 5. Des différences significatives ($P < 0,05$) sont également observées entre les PDA. Les dépenses alimentaires les plus élevées étaient observées dans le PDA 2 alors que les plus faibles étaient observées dans le PDA 6. Par contre, deux groupes de PDA se dégagent à partir des dépenses non alimentaires des ménages : PDA 2 et 3 d'une part et PDA 4, 5 et 6 d'autre part.

Tableau 5. État de pauvreté et dépenses des ménages dans cinq pôles de développement agricole

Table 5. State of poverty and expenses of households in five agricultural development poles

Indicateurs	PDA2	PDA3	PDA4	PDA5	PDA6
<i>Etat de pauvreté</i>					
Incidence de la Pauvreté (%)	13,67a	-	54,22b	51,35b	38,18b
Intensité ou Profondeur de la Pauvreté (%)	4,30a	-	21,86b	21,65b	11,21ab
Sévérité de la Pauvreté (%)	2,08a	-	2,08a	11,81b	4,49ab
<i>Dépenses des ménages</i>					
Dépenses alimentaires (FCFA/mois)	57944c (124,88)	105673d (53,56)	28913ab (127,62)	43656bc (132,79)	19450a (47,96)
Dépenses non alimentaires (FCFA/mois)	184932b (170,79)	213600b (99)	23176a (101,73)	31311a (95,45)	29874a (73,79)

Pour un paramètre, les valeurs suivies de différentes lettres sont significativement différentes / For a same parameter, different letters indicate a significant difference.

4. Discussion

La qualité du découpage du Bénin en 7 pôles de développement agricole (PDA) est de 97,40%. En effet, seules deux communes (Lalo et Ouinhi) sur 77 se sont retrouvées dans des PDA autres que ceux indiqués dans le Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016. Ces deux communes du PDA 5, classées dans le PDA 7 avec qui elles sont frontalières, révèlent l'existence de caractéristiques similaires entre ces 2 communes et le PDA 7, d'où leur allocation dans le PDA 7. Il est bien connu que les échanges dans les espaces frontaliers induisent la dissémination de l'information de part et d'autre pouvant déboucher sur l'adoption de pratiques semblables. La présence des services sociocommunautaires n'est pas la même dans les PDA. Par exemple, le taux d'accès à l'énergie électrique est en dessous (PDA3), légèrement en dessous (PDA1, PDA2, PDA5, PDA6), et au-dessus (PDA7, PDA4) du taux de couverture national moyen dans les milieux ruraux (35%). Les centres de santé sont proches des villages, ce qui limite les difficultés d'accès aux soins de santé aux producteurs. En effet, la faible mécanisation de l'agriculture béninoise induit le déploiement d'importants efforts physiques

par les producteurs, ce qui pourrait altérer leur état de santé. Les villages du PDA1 (vallée du Niger) sont éloignés des infrastructures d'éducation (secondaire 1^{er} cycle et 2nd cycle). Ceci confirme les résultats descriptifs présentés plus haut concernant les infrastructures d'éducation qui existent dans le PDA1. Les populations des PDA 6, 2 et 7 accèdent plus aux services d'appui, de conseil et de vulgarisation que les autres PDA. Toutefois, leur accès est faible. En effet, la qualité du service du conseil agricole reçu par les populations reste toujours à améliorer dans les différentes régions du pays. Il faut dire que les indices de présence de services agricoles obtenus dans la présente étude sont proches de ceux de Adégbola et al. (2017) dans les PDA 1 et 2. Il en est de même pour les différentes valeurs obtenues pour les distances par rapport à la zone urbaine la plus proche qui corroborent celles de Adégbola et al. (2017). Par contre, les tendances sont différentes dans les autres PDA notamment les PDA 5, 6 et 7. En effet, les superficies des communes dans le sud du Bénin sont très faibles comparées à celles du nord Bénin. Par ailleurs, la production des cultures vivrières en général et la production de maïs en particulier révèle qu'elle est une

source de revenu supplémentaire pour le ménage (Maboudou, 2003) et constitue l'aliment de base avec une diversité de formes de consommation (Arouna et al., 2011) aux producteurs. L'évaluation des niveaux de fertilité des sols dans les différents pôles de développement agricole a révélé un niveau de fertilité est généralement faible pour 80% des sols dans chaque PDA. Ceci est dû à une très forte dégradation chimique dont les carences en matière organique, en phosphore, en azote, en la capacité d'échange cationique et en bases échangeables. Ainsi, ces éléments représentent les facteurs limitants à la fertilité des sols et par voie de conséquence à la productivité agricole. En revanche, les résultats d'analyse de laboratoire révèlent que le pH des sols est favorable au développement des cultures sauf dans les PDA 5, 6 et 7 où les fortes valeurs (sols acides) obtenues suggèrent la nécessité d'un apport calcique pour relever le niveau du pH. La forte proportion d'utilisation de la traction animale par les agriculteurs du PDA2 peut s'expliquer par l'abondance d'éleveurs de bétail dans la région. L'utilisation relativement forte d'engrais chimiques observée traduit la disponibilité de ces produits dans les centres d'appui-conseil agricole mais aussi sur les marchés locaux. De façon générale, l'accès au crédit est plus notable dans les PDA 4, 5, 6 et 7 que les PDA 1, 2 et 3. La même tendance est observée au niveau spécifique des femmes. Par conséquent, il y a une disparité dans les atouts selon les PDA. En définitive, les actions de développement du secteur agricole doivent être vers les cultures phares dans chaque PDA afin de réduire les valeurs élevées observées pour l'incidence de la pauvreté. Toutefois, la territorialisation a le principal inconvénient de disperser les moyens de développement agricole pour des cultures pratiquées un peu partout dans les écorégions. A titre d'illustration, le maïs est une céréale cultivée et retenue comme filière à promouvoir dans les sept PDA. Il en est de même pour le riz et le manioc qui font partie des filières à haute valeur ajoutée et promues dans cinq PDA.

5. CONCLUSION

La présente étude a permis d'évaluer la qualité du découpage du Bénin en sept pôles de développement agricole (PDA) et de les caractériser. Il en ressort que les données de statistiques agricoles de 1995 à 2016 confirment 97,40% des communes du Bénin dans leurs PDA tels que définis par le Décret N° 2017-101 du 27 février 2017. En effet, seules les communes de Lalo et Ouinhin du PDA 5 ont été classées dans le PDA 7. Les cultures maraîchères sont plus produites dans le PDA 7 alors que les cultures de rente sont plus produites dans les PDA 2 (coton), PDA 4 (anacarde) et PDA 7 (Ananas et palmier à huile). Les cultures vivrières sont globalement produites dans tous les PDA. Les principales ca-

ractéristiques des PDA (infrastructures sociocommunitaires, services d'appui-conseil en agriculture, etc.) ont été également cernées. Il ressort également de la présente étude que les sols des PDA ont en majorité un niveau de fertilité faible/très faible et que la baisse de fertilité des sols constitue une réelle contrainte pour le développement de la production agricole. Les terres les plus dégradées chimiquement se trouvent dans les PDA 6 et 5. Les terres les moins dégradées sont situées dans les PDA 3 et 4. Cette étude suggère une prise en compte de la variabilité des caractéristiques des PDA dans la conception et l'implémentation des politiques de développement agricole.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué à l'amélioration du manuscrit notamment messieurs Jaime LOPEZ FLOREZ et Alex ZOFFOUN. Ils remercient également les agents de collecte de données pour la conduite des travaux de terrain sans oublier les producteurs pour leur franche collaboration.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Adégbola Y.P., Amagnide G.A.Y.G., Chabi Adjoko M.A., Sossou C.H., Olou B.D., Maboudou Alidou G., Hinnou C.L., Oussou B.T.C., Kouton-Bognon B.Y.F., Adéguélou K.R., Djidonou S.J.G., Arodokoun U., Sédégnan A., 2018. Caractérisation et évaluation des milieux homogènes des Pôles de Développement Agricole du Bénin. Document Technique et d'Informations (DT & I). 138 p.
- Adégbola Y.P., Olou B.D., Jauss S., Afouda S., Aboudou F & Adéguélou, K.R., 2017. Caractérisation des zones agroécologiques (ZAE) du Bénin pour le découpage en sous-zones agroécologiques homogènes (SZAHE) : cas des départements de l'Alibori et du Borgou. Document Technique et d'Informations N° 01 : Rapport final. PNOPPA/URP-BA/UDOPER-BA/IN-RAB/LARES/DDC. 112 p. Dépôt légal N° 9270 du 13 mars 2017, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, 1er trimestre. ISBN: 978-99919-2-826-5.
- Adjanohoun E.J., Adjakidjè V., Ahyi M.R.A., Aké Assi L., Akoégninou A., d'Almeida J., Apovo F., Boukef K., Chadare M., Cusset G., Dramane K., Eyme J., Gassita J.-N., Gbaguidi N., Goudote E., Guinko S., Houngnon P., Issa L.O., Keita A., Kiniffo H.V., Kone-Bamba D., Musampa Nseyya A., Saadou M., Sogodandji Th., De Souza S., Tchabi A., Zinsou Dossa C. & Zohoun Th. 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin. Agence de

- Coopération culturelle et technique, ACCT, Paris, 895 p.
- Atayi E.A. & Ladipo D.O. 1998. Strategies for Farming Systems Development in Sub-Saharan Africa. Proceedings of the Ecoregional Program for the Humid and SubHumid Tropics of Sub-Saharan Africa (EPHTA) Scientific Workshop. IITA, Ibadan, 17-20 november 1998. 208 p.
- BAD (Banque Africaine de Développement) 2016. *Note Conceptuelle : Atelier sur Nourrir et Industrialiser l'Afrique : la Promotion des Agropoles et des Zones de Transformation des Produits Agricoles en Afrique.*
- Dagorn J.-C., Jamart C., Jorand M. & Pascal P. 2017. 22 pages. Agriculture africaine : l'impasse des pôles de croissance agricoles.
- Présidence de la République du Bénin, 2016. Décret N° 2016-681 du 07 novembre 2016 portant Cadre Institutionnel du Développement Agricole en République du Bénin.
- Présidence de la République du Bénin, 2016. Décret N° 2017-101 du 27 Février 2017 constatant approbation des Agences Territoriales de Développement Agricole.
- Douthwaite B., Baker D., Weise S., Gockowski J., Manyong V.M. & Keatinge J.D.H. 2005. Ecoregional research in Africa: learning lessons from IITA's Benchmark Area Approach. *Expl Agric.*, 41: 271-298.
- Douthwaite B., Weise S., Gockowski J., Keatinge D., Manyong V. & Baker D. 2001. IITA's Benchmark Area Approach: Putting INRM into Practice. Paper for presentation at the INRM Workshop, Cali, Colombia, 28-31 August 2001
- DSA (Direction de la Statistique Agricole) 2016. Evolution de la production des cultures au Bénin de la campagne 1995-1996 à la campagne 2015-2016. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). Fichier Excel.
- Faroda A.S., Joshi D.C. & Ram B. 1999. Agro-Ecological Zones of North-western Hot Arid Region of India. *Annals of Arid Zone*, 38 (1) : 1-8.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G. & Jarvis A. 2004. The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 1.3. <http://biogeo.berkeley.edu/>
- MAEP 2013. Requête du Gouvernement du Bénin pour le financement du Projet d'appui à la production vivrière dans les Départements d'Alibori, du Borgou et des Collines (PAPVI-ABC). Programme Mondial pour l'Agriculture et la Sécurité Alimentaire.
- MAEP 2014. Rapport de Performance du Secteur Agricole, Gestion 2013.
- MAEP 2016a. Rapport général de la revue du secteur agricole au titre de l'année 2015.
- MAEP 2016b. Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole (PSDSA) : orientations stratégiques 2025 et Plan National d'Investissements Agricoles (PNIA) 2017-2021. Version finale adoptée, Cotonou, Bénin.
- MAEP 2017. Stratégie nationale de promotion des filières agricoles intégrant l'outil clusters agricoles. Document final, Cotonou, Bénin.
- Manyong V.M., Smith J., Weber G., Jagtap S.S. & Oyewole B. 1996. Macrocharacterization of agricultural systems in West Africa. An overview. Research Monograph No. 21. Resource and Crop Management Division, IITA, Ibadan, Nigeria.
- MEF 2016. Document de programmation budgétaire et économique pluriannuelle 2017-2019. Cotonou, Bénin.
- Natta A.K. 2003. Ecological assessment of riparian forest in Benin: phytodiversity, phytosociology and spatial distribution of tree species. PhD dissertation, Wageningen University.
- OECD/FAO/UNCDF 2016. Adopting a Territorial Approach to Food Security and Nutrition Policy, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264257108-en>.
- Ogungbile A.O., Tabo R., Van Duivenbooden N. & Debrah S.K. 1998. Analysis of constraints to agricultural production in the Sudan Savanna Zone of Nigeria using multi-scale characterization.
- Picard F., Coulibaly M. & Smaller C. 2017. L'émergence des Pôles de Croissance Agricoles en Afrique. L'INVESTISSEMENT DANS L'AGRICULTURE. Note de synthèse #6. IISD (International Institute for Sustainable Development).
- Pluvillage J. & Moulin C-H. 2007. « Analyse de la diversité des exploitations agricoles ». N° 194 : 106-114. DOI 10.3917/pour.194.0106.
- Présidence de la République du Bénin, 2016. Programme d'Actions du Gouvernement 2016-2021 synthèse. Cotonou, 28p.
- Sinsin B., Eyog Matig O., Assogbadjo A.E., Gaoúé O.G. & Sinadouwirou T. 2004. Dendrometric characteristics as indicators of pressure of *Azelia africana* Sm. trees dynamics in different climatic zones of Benin. *Biodivers Conserv* 13:1555-1570.
- TAC/CGIAR (Technical Advisory Committee/Consultative Group on International Agricultural Research) 2001. Report of the fifth external program and management review of the International Institute of Tropical Agriculture. SDR/TAC: IAR/01/08. FAO, Rome.



Effet de la variabilité climatique sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers au Nord-Bénin

Gildas Louis DJOHY¹, Ange Honorat EDJA²

¹ Université de Parakou, Département de Géographie et Aménagement du Territoire, 03 BP 303, Parakou (Bénin)

² Université de Parakou, Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie, (Bénin)

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 10 Décembre 2018

Effect of climate variability on water resources and adaptation strategies of herders and vegetable farmers in North Benin

Abstract: Vegetable farming and livestock keeping are economic activities potentially dependent of water resources currently subject to the harmful effects of climate variability. This study analyzes the effect of climate variability on water resources and compares the adaptive strategies of herders and vegetable farmers in two districts of the Borgou Department, notably Parakou and Sinende. This analysis is based on climate data (temperature, rainfall) for the period 1971-2015 and qualitative socio-anthropological data from field surveys. The study sample is made up of 246 people, including 121 herders in Sinende and 125 vegetable farmers in Parakou. The results reveal a succession of wet and dry years whose anomalies evolve in time and space in the study communities. The positive rainfall anomalies varied between +0.04 and +3.22 and the negative between -0.09 and -1.55 in the municipality of Sinende. On the other hand, in Parakou municipality, the positive rainfall anomalies varied between +0.04 and +2.19 and the negative between -0.01 and -2.39. The average temperature has increased by 0.04 °C/year in the municipality of Sinende and by 0.05 °C/year in the municipality of Parakou. This climatic instability induces poor availability of water resources on which herders and legume producers depend, thus making their activities very sensitive to climatic conditions. The actors are adapting to the situation by developing new strategies for collecting and managing water resources, in particularly the construction of wells, boreholes and lowland development. These strategies allow them to some extent to continue producing and securing their income in an increasingly uncertain environment. It is important that public policies that are more sensitive to climate change and integrated water resources management are developed to strengthen the adaptive capacities of stakeholders.

Keywords: Water resource, climate variability, adaptation, livestock keeping, vegetable farming, Nord-Benin.

Résumé : Le maraîchage et l'élevage sont des activités économiques potentiellement dépendantes des ressources en eau de plus en plus soumises aux effets néfastes de la variabilité climatique. Cette étude vise à analyser les effets de la variabilité climatique sur les ressources en eau et compare les stratégies d'adaptation des éleveurs et des maraîchers de deux communes du département du Borgou, notamment Parakou et Sinendé. Cette analyse repose sur des données climatologiques (température, pluviométrie) de la période de 1971-2015 et des données qualitatives socio-anthropologiques issues d'enquêtes de terrain. L'échantillon d'étude est constitué de 246 personnes dont 121 pasteurs à Sinendé et 125 maraîchers à Parakou. Les résultats révèlent une succession des années humides et sèches dont les anomalies évoluent dans le temps et dans l'espace dans les communes d'étude. Les anomalies pluviométriques positives ont varié entre +0,04 et +3,22 et les négatives entre -0,09 et -1,55 dans la commune de Sinendé. Par contre, dans la commune de Parakou, les anomalies pluviométriques positives ont varié entre +0,04 et +2,19 et les négatives entre -0,01 et -2,39. La température moyenne a connu une hausse de 0,04 °C/an

dans la commune de Sinendé et une hausse de 0,05 °C/an dans la commune de Parakou. Cette instabilité climatique induit la faible disponibilité des ressources en eau dont dépendent les éleveurs et les maraîchers, rendant ainsi leurs activités très sensibles aux conditions climatiques. Les acteurs s'adaptent à la situation en développant de nouvelles stratégies de captage et de gestion des ressources en eau, notamment la construction des puits, des forages et l'aménagement des bas-fonds. Ces stratégies leur permettent dans une certaine mesure de continuer à produire et à sécuriser leur revenu dans un environnement de plus en plus incertain. Il importe que des politiques publiques plus sensibles aux changements climatiques et à la gestion intégrée des ressources en eau soient développées pour renforcer les capacités adaptatives des acteurs.

Mots clés: Ressources en eau, variabilité climatique, adaptation, élevage, maraîchage, Nord-Bénin.

1. Introduction

Les effets des changements et variabilités climatiques sur les ressources en eau et les divers secteurs d'activités socio-économiques des populations se font de plus en plus sentir. Ils ont des conséquences immédiates et durables sur l'environnement biophysique et économique (Doukpolo, 2007). Le rapport du GIEC (2007), a fait observer que l'Afrique est particulièrement vulnérable à la variabilité climatique, car elle souffre déjà de températures élevées, de précipitations moins prévisibles et d'une pression écologique considérablement plus forte que d'autres continents. Cette variabilité climatique influence les différentes activités économiques des populations notamment la production pastorale, agricole et maraîchère, puisque les systèmes de production dépendent en partie du climat (Afouda, 1990 ; Vissin, 2007 ; Agossou *et al.*, 2012 ; Djohy, 2015). Cette influence est plus remarquée dans les pays en développement où la production agricole est de type pluvial et constitue la principale source d'emploi et de revenu pour la majorité de la population (Agossou *et al.*, 2012).

Le climat est soumis ces dernières années à des décalages dans les calendriers climatiques, des changements dans les hauteurs d'eau reçues annuellement, des périodes de sécheresse plus marquées et plus fréquentes (Dugué, 2012). L'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les populations subissent aussi d'autres mutations de leur environnement, notamment la dégradation des diverses sources d'eau, la déforestation, la destruction du couvert végétal et la dégradation de la fertilité des sols. Ainsi, les conditions climatiques actuelles compromettent la disponibilité des ressources en eau, le développement des activités économiques et la durabilité environnementale. Les ressources en eau, qui diminuent, sont les plus exposées aux impacts de la variabilité climatique (PANA, 2008 ; Boko *et al.*,

2012). Cette situation rend vulnérable les activités socio-économiques, en occurrence les activités pastorales et maraîchères.

L'élevage et le maraîchage sont des activités économiques très sensibles en raison de leurs exigences hydro-climatiques. Dans ces conditions, la diminution des précipitations à l'échelle saisonnière et l'accroissement de la durée des saisons sèches (Boko *et al.*, 2012), constituent une contrainte majeure pour l'élevage (Brooks, 2006), et le développement du maraîchage (Zoundjé *et al.*, 2013). Face aux effets néfastes de la variabilité climatique sur les ressources en eau, nous avons fait l'hypothèse que les activités pastorale et maraîchère seraient aussi affectées par les nouvelles conditions hydro-climatiques. Cette étude vise, d'une part, à analyser les effets des tendances climatiques sur les ressources en eau, et d'autre part, à caractériser les dynamiques adaptatives des deux modes d'existence (élevage et maraîchage), afin de dégager la tendance globale des acteurs de ces secteurs dans le Nord-Bénin.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Notre étude a été réalisée dans le département du Borgou, subdivisé en deux zones agro-écologiques (PANA, 2008). Dans une logique de prise en compte du continuum rural-urbain et de la diversité agro-écologique dans l'analyse de la disponibilité des ressources en eau et des stratégies d'adaptation des communautés aux variabilités et changements climatiques, nous avons ciblé deux communes. La commune de Sinendé, à caractère rural, a été choisie dans la zone III (Zone vivrière du Sud Borgou), car elle connaît un développement de la production pastorale et constitue une zone d'accueil des transhumants. La commune de Parakou, à caractère urbain, a été choisie dans la zone V (Zone cotonnière du Centre Bénin), puisqu'elle connaît également un développement de la production maraîchère au cours de ces dernières années. Nous avons émis l'hypothèse qu'en comparant les pratiques des acteurs dans ces deux contextes communaux, nous pourrions en déduire les logiques globales qui soutiennent les formes

* Auteur Correspondant : gildasdjohy@gmail.com
Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

d'adaptation, afin de suggérer des mesures conséquentes d'accompagnement.

2.1.1. Caractéristiques de la Commune de Sinendé

La Commune de Sinendé au Nord-Bénin est située entre 10°20'41'' de latitude Nord et 2°22'45'' de longitude Est et couvre une superficie de 2289 km² avec une population estimée à 88.383 habitants en 2013. Le climat local est de type soudano-guinéen avec deux saisons : une saison pluvieuse s'étendant de mai à octobre et une saison sèche allant de novembre à avril. Le maximum des précipitations est enregistré au mois de juillet et d'août qui sont respectivement de 208,36 mm et 236,64 mm. Le principal cours d'eau qui traverse la commune est l'Alibori sur 306 km avec ses affluents que sont : Niyori, Souédarou, Dandarou et Daouso. La végétation est caractérisée par des formations de savanes arborées, arbustives et herbeuses, de forêts galeries et des mosaïques de champs et jachères. La diversité de la végétation et la pluralité des sites d'abreuvement favorisent le développement de l'élevage dans cette commune.

2.1.2. Caractéristiques de la Commune de Parakou

Située à 350 m d'altitude entre 9°17'40'' à 9°27'50'' de latitude Nord et 2°29'30'' à 2°44'45'' de longitude Est, la commune de Parakou couvre une superficie de 441 km² dont 53,3% occupée par l'habitat avec une population de 254.254 habitants en 2013. Le climat local est de type soudanien (tropical humide) caractérisé par l'alternance d'une saison des pluies de mai à octobre et d'une saison sèche de novembre à avril. Le maximum des précipitations survient entre juillet, août et septembre, avec respectivement 191,60 mm, 213,29 mm et 210,29 mm d'eau. Les cours d'eau de la ville de Parakou sont tributaires de l'alternance des saisons climatiques. Ces cours d'eau restent quasiment secs de février à mai. Outre ces cours d'eau temporaires, la ville de Parakou est drainée à l'Est par la rivière Okpara qui est un cours d'eau permanent. L'activité maraîchère se développe autour de ces différents points et cours d'eau de la ville et constitue un moyen vital de subsistance pour plusieurs communautés.

2.2. Collecte et analyse des séries climatiques

Les données climatologiques (pluviométrie, température) de la commune de Parakou ont été obtenues au niveau de la station régionale de l'Agence pour la Sécurité et la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) de Parakou. Le manque de réseau d'observations climatiques dans la commune de Sinendé, nous a imposé l'utilisation de séries climatiques régionalisées fournies par ASECNA-Cotonou sur deux stations proches de cette commune, notamment Kandi et Bembéréké. Ces différentes données couvrent la période allant de 1971 à 2015, et ont servi à déterminer des paramètres de tendance centrale et de dispersion et

l'indice standardisé, et de mettre en évidence les tendances pluviométriques et thermométriques.

2.2.1. Paramètres de tendance centrale et de dispersion

La moyenne arithmétique est utilisée pour analyser les différentes variations des séries climatiques. Elle est obtenue à partir de la somme des valeurs distinctes qui ont été observées dont chacune d'elle étant affectée d'un poids égal à sa fréquence. Elle est calculée sur la période de 1971 à 2015. Cette moyenne arithmétique a permis de caractériser les différentes successions régulières ou périodiques des précipitations et des températures dans les communes d'étude. Les paramètres de dispersion sont calculés à partir des paramètres de tendance centrale. Ils sont utilisés pour évaluer la dispersion des valeurs autour de la valeur centrale (Vissin, 2007). Ils permettent de connaître le degré de la variabilité des séries climatiques et le coefficient de variation. Ce coefficient de variation s'exprime par le rapport entre l'écart-type et la moyenne (Houndénou, 1999 ; Vissin, 2007). Le calcul de l'écart-type a permis de standardiser les données et de les transformer en anomalies centrées réduites.

2.2.2. Indices standardisés et mise en évidence des tendances

L'évolution des différentes séries climatiques a été faite à l'aide de la méthode des anomalies centrées réduites de Lamb (1982) qui représente l'écart à la moyenne normalisée par l'écart-type :

$$x = \frac{xi - \bar{x}}{\sigma}$$

où x représente le cumul moyen annuel obtenu par poste ou station pour l'année i . Le \bar{x} et σ représentent respectivement, la moyenne et l'écart-type de la série considérée. L'indice standardisé a permis de déterminer les indicateurs des variations pluviométriques (années marquées par un excédent ou un déficit pluviométrique) et thermométriques (années marquées par une hausse ou une baisse de la température) dans le secteur d'étude. Les tendances des séries climatiques ont ensuite été mises en évidence dans ce travail par la méthode d'évolution linéaire et des moyennes mobiles. La méthode d'évolution linéaire permet de détecter les tendances des séries climatiques considérées (Vissin, 2007). L'équation de la droite de tendance est de la forme : $y = ax + b$ où (a) est le coefficient dont le signe positif (+) ou négatif (-) exprime respectivement une tendance à la hausse ou à la baisse dans le temps et (b) une constante. Les moyennes mobiles permettent d'avoir des séries climatiques lissées par station, aux pas de temps mensuel, saisonnier et annuel (Doukpolo, 2014). Elles ont été calculées dans ce travail sur une période de cinq ans.

2.3. Collecte et analyse des données socio-anthropologiques

Les données collectées sur le terrain sont relatives à l'évolution des paramètres climatiques dans les deux communes d'étude, à la sensibilité des ressources en eau et aux différentes stratégies développées par les éleveurs et les maraîchers.

2.3.1. Echantillon et enquête

Le choix des communes d'étude s'est appuyé sur les résultats des études réalisées par Djohy (2015) et Djohy (2016), respectivement sur le rythme climatique et l'activité pastorale dans la commune de Sinendé et la vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques et les stratégies d'adaptation des maraîchers des zones urbaines et peri-urbaines du Nord-Bénin. Ces études réalisées ont motivé le choix de ces deux communes d'étude, notamment l'étude comparative de la gouvernance de l'eau dans les domaines pastoral et maraîcher. L'échantillon a été construit en tenant compte de plusieurs critères notamment l'âge et le nombre d'années d'expérience des acteurs. Ainsi, les enquêtés ont au moins 30 ans et sont dans le maraîchage ou l'élevage pendant au moins 10 ans. Dans la commune de Parakou, les trois arrondissements ont été pris en compte et seize sites de production maraîchère ont servi de cadre pour la collecte des données sur le terrain. Un total de 125 maraîchers a été enquêté. Dans la commune de Sinendé les quatre arrondissements ont été également pris en compte et l'échantillon d'étude est constitué de 121 éleveurs et agro-éleveurs.

2.3.2. Analyse des données de terrain

Les informations collectées ont fait l'objet d'un dépouillement, à l'aide du logiciel Excel pour identifier les caractéristiques des indicateurs de changement et d'impact climatique, ainsi que les stratégies adoptées par les producteurs. Trois types d'indicateurs ont été construits afin de pouvoir répondre à l'objectif poursuivi. Ces indicateurs portaient sur les tendances climatiques, la sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques et les stratégies d'adaptation développées par les différents acteurs. Pour établir la matrice de sensibilité des ressources en eau dans les communes d'étude, nous avons adopté une approche participative. Ainsi, au cours des discussions de groupe les éleveurs et les maraîchers ont estimé le degré de sensibilité des diverses sources d'eau pastorales et maraîchères aux risques climatiques suivant la méthode de réalisation des matrices de sensibilité (ENDA et C3D, 2005). Cette technique de la matrice de sensibilité est utilisée pour la détermination et l'analyse des indicateurs d'exposition des ressources en eau aux risques climatiques. L'estimation des ampleurs des risques climatiques sur les différents systèmes de production est faite à partir d'un barème d'évaluation à cinq niveaux : (1 Faible ; 2

Assez faible ; 3 Moyen ; 4 Assez fort ; 5 Fort). Les entretiens individuels et collectifs réalisés ont permis d'identifier les principales stratégies d'adaptation développées par les éleveurs et les maraîchers.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques climatiques du milieu d'étude

Les deux paramètres considérés pour l'analyse des tendances climatiques au niveau des communes d'étude sont les précipitations et les températures puisqu'elles représentent les paramètres les plus déterminants de la zone du climat soudanien au Bénin. Cette analyse s'articule autour des cumuls pluviométriques et thermométriques annuels de la période 1971-2015 (Figure 1 et 2).

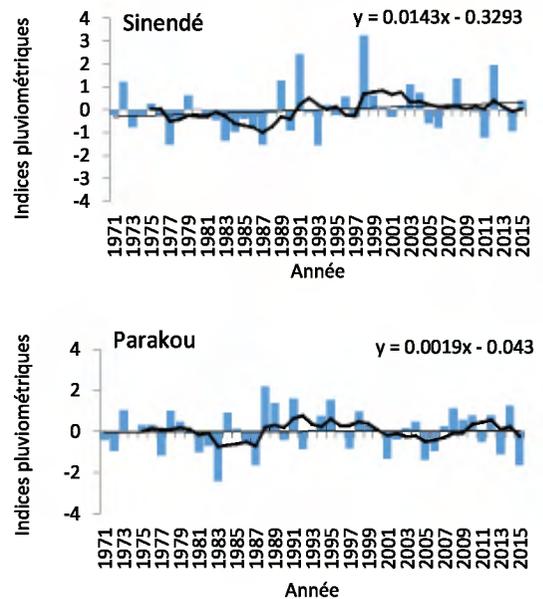


Figure 1 : Indices pluviométriques à Sinendé et à Parakou de 1971 à 2015 (Rainfall indices in Sinende and Parakou during the period 1971-2015)

L'analyse des précipitations annuelles sur la période 1971-2015 de la commune de Sinendé (Figure 1), indique une courbe de tendance linéaire des pluviométries avec une pente positive. Mais il ressort de la figure 1 que sur les 45 années considérées, les années humides (+0,04 à +3,22) sont au nombre de 19, soit 42% avec des degrés d'humidité variables, tandis que les années déficitaires (-0,09 à -1,55) sont au nombre de 26, soit 58% avec des degrés de sécheresse variables d'une année sèche à une autre, dans la commune de Sinendé. Par contre, dans la commune de Parakou, les années humides (+0,04 à +2,19) sont au nombre de 23, soit 51%, tandis que les années déficitaires (-0,01 à -2,39) sont au

nombre de 22, soit 49%. La courbe de tendance linéaire des pluviométries est positive dans la commune de Parakou.

La tendance de la température moyenne est à la hausse (Figure 2), de 27,19 °C à 29,10 entre 1975 et 2009 ; soit une augmentation de 0,04 °C/an dans la commune de Sinendé et de 25,92 à 28,59 °C entre 1976 et 2006 ; soit une augmentation de 0,05 °C/an dans la commune de Parakou sur la période de 1971 à 2015.

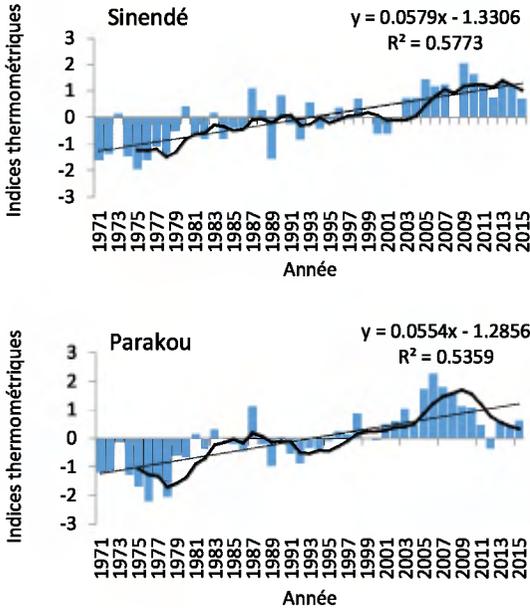


Figure 2 : Indices thermométriques à Sinendé et à Parakou de 1971 à 2015 (Temperature indices in Sinende and Parakou during the period 1971-2015)

Cette augmentation de la température se manifeste par une forte élévation thermique dans les communes

d'étude. L'élévation thermique provoque l'assèchement précoce des ressources en eau de surface utilisées par les éleveurs et les maraîchers. Ainsi, les tendances à la hausse des températures entraînent la diminution progressive des ressources en eau utilisées par les acteurs.

3.2. Sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques

Diverses sources d'eau sont utilisées par les acteurs dans leurs activités pastorales et maraîchères. Il s'agit des sources d'eau superficielles (mares, marigots, retenues, bas-fonds, rivières, barrages) et des sources d'eau souterraines (puits, forages). Les ressources en eau de ces diverses sources d'eau sont influencées par les risques climatiques notamment la sécheresse, la chaleur excessive, les pluies tardives et les inondations (Tableau 1).

Les ressources en eau de surface sont les plus affectées par les risques climatiques, que cela soit dans le domaine pastoral ou dans le domaine maraîcher. A Sinendé, les bas-fonds, marigots, retenues d'eau et barrages sont exposés à 80% aux risques climatiques, tandis que la rivière d'Alibori et ses affluents *Niyori*, *Souédarou*, *Dandarou*, *Daouso* le sont à 73%. Par contre, à Parakou les bas-fonds, marigots et retenues d'eau sont exposés à 85%aux risques climatiques, tandis que la rivière *Okpara* l'est à 75%. Quant aux ressources en eau souterraine, les puits sont exposés à 53% et les forages à 40% aux risques climatiques dans la commune de Sinendé. Les puits maraîchers et les forages sont exposés respectivement à 70% et 50% dans la commune de Parakou. Les risques climatiques ont des incidences qui menacent de plusieurs manières les ressources en eau, et donc les activités pastorales et maraîchères. Ces effets néfastes des irrégularités climatiques sur les ressources en eau poussent les différents acteurs à développer une diversité de stratégies d'adaptation.

Tableau 1 : Matrice de sensibilité des ressources en eau aux risques climatiques (Sensitivity matrix of water resources to climatic risk)

Ressources en eau à Sinendé		Risques climatiques				Indicateurs d'exposition
		Sécheresse	Chaleur excessive	Pluies tardives	Inondation	
Eau de surface	Rivière et affluents (Alibori, Niyori...)	4	3	4		73,3 %
	Mares, retenues, marigots, barrages	5	3	4		80 %
Eau souterraine	Puits	3	2	3		53,3 %
	Forages	2	2	2		40 %
Ressources en eau à Parakou		Sécheresse	Chaleur excessive	Pluies tardives	Inondation	Indicateurs d'exposition
Eau de surface	Rivière Okpara	4	4	4	3	75 %
	Bas-fonds, marigots, retenues	5	4	4	4	85 %
Eau souterraine	Puits maraîchers	4	4	4	2	70 %
	Forages	3	3	3	1	50 %

Source : Djohy, 2015 et 2016

3.3. Stratégies d'adaptation des éleveurs et des maraîchers

Face à l'évolution du climat, les différents exploitants de l'échantillon ont adopté des stratégies pour s'adapter à l'indisponibilité des ressources en eau (Tableau 2). Ces stratégies permettent aux acteurs de valoriser les ressources en eau pluviales (précipitations) et les ressources en eau souterraines (nappe phréatique) en vue de satisfaire des besoins précis. Les acteurs adoptent une pluralité d'approches de gestion des ressources en eau notamment une gestion technique, temporelle et spatiale. La gestion technique permet aux éleveurs et maraîchers de mobiliser les ressources en eau de pluies pour les activités agricoles et pastorales et évacuer l'eau en cas d'excès. La gestion temporelle permet aux acteurs de revoir les calendriers agricole et pastoral afin de caler le cycle des cultures et de la mobilité pastorale aux périodes de pluies. La gestion spatiale permet aux maraîchers de semer sur différentes parcelles pour réduire les impacts de la mauvaise répartition des précipitations. Elle permet aux éleveurs de se déplacer des milieux arides vers les milieux humides à la recherche d'eau et de pâturage. Pour satisfaire les besoins en eau du bétail et des cultures, les différents acteurs font référence aux ressources en eau superficielles et souterraines dans le temps et dans l'espace.

Pendant la sécheresse, les points d'eau de surface tarissent et la disponibilité en eau pour l'activité maraîchère devient problématique pour les producteurs. Ainsi, au cours de la période sèche les maraîchers manquent cruellement d'eau pour leur activité. Ils font alors référence aux ressources en eau souterraine dans l'apport d'eau aux cultures. Les ressources en eau des puits et des forages constituent les sources d'eau souterraine utilisées par les maraîchers dans l'apport de l'eau aux cultures. Ces puits maraîchers sont réalisés par les acteurs ou des projets notamment le projet Eau et Agriculture des départements du Borgou/Alibori. Les maraîchers utilisent également les ressources en eau usées dans l'apport de l'eau aux cultures. L'utilisation des eaux souterraines (puits et forages) reste commune aux deux acteurs. Dans la commune de Sinendé, les éleveurs font également référence aux eaux des puits pour abreuver leur troupeau. Ces puits sont réalisés à partir de la cotisation collective des éleveurs. De plus, ils réalisent des surcreusements communs dans les zones de basses attitudes notamment dans les points d'eau naturels, pour avoir une quantité moyenne d'eau pour abreuver le bétail. Ces points de surcreusements communs et les réservoirs d'eau sont des ouvrages manuellement réalisés par les éleveurs et les maraîchers aux abords des cours d'eau, et surtout dans les bas-fonds. L'abreuvement des troupeaux en saison sèche dans la Commune de Sinendé est rendu possible par les différents barrages et retenues d'eau. Les pasteurs pratiquent également la transhumance pendant la saison sèche (grande transhumance), et en saison pluvieuse (petite

transhumance). On note que dans leur adaptation, les maraîchers et les éleveurs développent des stratégies similaires de mobilisation de nouvelles ressources en eau par la construction de bassins et de points de surcreusements sur les exploitations, l'aménagement des points et cours d'eau et l'installation des puits.

Tableau 2 : Stratégies d'adaptation des éleveurs et maraîchers (Adaptation strategies of herders and vegetable farmers)

Stratégies d'adaptation communes aux acteurs	
Éleveurs / Maraîchers	
<ul style="list-style-type: none"> • Creusement manuel de puits pour la mobilisation des eaux souterraines • Construction de forages pour la mobilisation des eaux souterraines • Surcreusement de bas-fonds pour la mobilisation des eaux de la nappe peu profonde • Utilisation des sources d'eaux superficielles : barrages agropastoraux, rivières, cours d'eau etc. • Restructuration du calendrier de production en fonction des conditions climatiques • Utilisation d'intrants biologiques/organiques : bio-pesticides et bio-fertilisants en maraîchage, et produits ethno-vétérinaires en élevage 	
Stratégies d'adaptation spécifiques aux acteurs	
Éleveurs	Maraîchers
<ul style="list-style-type: none"> • Adoption des espèces résistantes à la sécheresse, à la chaleur et aux environnements difficiles • Utilisation des résidus de récolte et des ligneux fourragers pour nourrir le bétail • Adoption des pratiques de la mobilité pastorale à la recherche de meilleurs pâturages et de points d'eau pour les animaux • Adoption des pratiques de la culture de diverses plantes fourragères notamment les ligneux fourragers • Diversification des types d'élevages comme réponse à une écologie diversifiée et aux nouvelles conditions hydro-climatiques • Diversification des activités de subsistance (agro-éleveurs) comme mécanisme de survie 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoption de nouvelles cultures ou culture de variétés résistantes à la variabilité climatique • Utilisation de semences à cycle court comme une bonne réponse à l'insuffisance de pluies • Adoption des pratiques d'association des cultures pour atténuer leur vulnérabilité au manque d'eau en saison sèche • Adoption des pratiques de la rotation des cultures pour maintenir la terre en production continue • Adoption des pratiques de paillage organique qui maintient l'humidité dans le sol, limite l'apparition des mauvaises herbes et favorise la fertilisation naturelle du sol • Adoption de système de sarclo-binage qui rend le sol perméable à l'eau et limite l'évaporation

Source : Djohy, 2015 et 2016

4. Discussion

Les tendances climatiques se traduisent dans les communes de Sinendé et de Parakou par plusieurs évolutions des paramètres climatiques qui influencent la disponibilité des ressources en eau et modifient les conditions de production pastorale et maraîchère. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Boko *et al.* (2012), qui ont observé une perturbation du régime pluviométrique et une tendance à la hausse de la température dans le Nord-Bénin.

On peut conclure à une instabilité du principal paramètre climatique de la zone soudanienne que sont les précipitations. Cette instabilité des pluies constitue une expression des changements et variabilités climatiques au Nord-Bénin. Les discours des différents acteurs relatifs à la modification des précipitations ont permis d'identifier trois principaux risques climatiques. Il s'agit de la sécheresse, des pluies tardives et des inondations. Ces risques identifiés sont conformes à ceux présentés dans la littérature des risques climatiques au Bénin (PANA, 2008). La sécheresse se manifeste par l'arrêt des précipitations pour une longue durée. Il s'agit d'une interruption des pluies non propice pour le développement des activités pastorales et maraîchères. Elle occasionne des cas de pénurie d'eau qui entraîne le ralentissement des activités maraîchères et le manque de site d'abreuvement. Ce risque climatique provoque l'assèchement des ressources en eau de surface exploitées par les différents acteurs. Ainsi, pendant la saison sèche les activités pastorale et maraîchère sont soumises à des déficits hydriques. Les pluies tardives constituent un prolongement de la saison sèche qui provoque un retard dans l'installation des pluies. Elles entraînent l'indisponibilité des ressources en eau et augmentent la sensibilité des animaux et des cultures aux tendances climatiques. L'excessivité de la pluie provoque l'inondation. Pendant les mois de mai à juillet, les sources d'eau de surface sont confrontées aux pluies abondantes, surtout de juillet à septembre. Les bas-fonds, les zones marécageuses et les bassins versants étant inondables, les cultures maraîchères sont soumises à une destruction par l'eau.

Cette modification du climat influe sur les différentes activités socio-économiques des populations à travers les anomalies et crises plus ou moins aléatoires (Boko, 1988 ; Houndénou, 1999). Pour Vissin (2007) et Boko *et al.* (2012), les précipitations ont connu une diminution sensible ces dernières années au Bénin. De plus, l'augmentation de la température favorise également l'élévation du taux d'évapotranspiration où les sources d'eau de surface connaissent une baisse de la quantité d'eau disponible. Cette situation climatique compromet la disponibilité des ressources en eau et perturbe fortement l'activité agricole (Odjo, 1997 ; Ogouwale, 2006). Ces évolutions du climat ont rendu difficile l'élevage par le manque d'eau pour l'abreuvement des troupeaux

(Brooks, 2006 ; Dongmo *et al.*, 2007). L'eau étant essentiel dans les fonctions physiologiques de l'organisme, sa disponibilité et sa qualité sont des paramètres clés dans la santé et la productivité du bétail (Olkowski, 2009).

Dans ces conditions climatiques, les maraîchers aussi manquent d'eau pour arroser les cultures, en raison de l'assèchement des eaux de surface et de l'insuffisance des sources d'eau souterraine. Houndénou (1999) a déjà montré que les précipitations au Bénin sont caractérisées par une diminution remarquable des abats pluvieux, une réduction considérable du nombre de jours pluvieux, un début tardif et une fin précoce de la saison pluvieuse. Les ressources en eau sont soumises à une diminution considérable et constituent les ressources les plus exposées aux impacts des changements climatiques. Les sources d'eau sont instables, saisonnières et dépendent de la situation climatique dont les variabilités et perturbations compromettent l'accessibilité à l'eau pour les maraîchers et les éleveurs. Les différents indicateurs de la manifestation actuelle du climat, notamment la sécheresse, la chaleur excessive, les pluies tardives et l'inondation ont fait l'objet d'une évaluation par Montcho (2014) Djohy (2015) et Djohy (2016), qui ont montré que la variabilité climatique influence fortement les ressources en eau et les activités maraîchères et pastorales.

Les impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau font développer chez les éleveurs et les maraîchers diverses techniques d'adaptation liées à la mobilisation des ressources en eau superficielles et souterraines. Ainsi, en saison sèche les acteurs ont recours aux barrages, aux cours d'eau et aux surcreusements des mares et des bas-fonds. Ces surcreusements permettent aux éleveurs et aux maraîchers d'augmenter les capacités de stockage en eau de ces mares et de ces bas-fonds afin de subvenir aux besoins en eau des troupeaux et des cultures (Cornu *et al.*, 2008 ; Stroesser et Bascoul, 2013a ; Djohy, 2016). En cas d'assèchement partiel ou total des ressources en eau de surface, les éleveurs et les maraîchers ont recours aux puits et aux forages. Ces sources d'eau souterraines permettent également aux acteurs d'abreuver leurs troupeaux et d'arroser leurs cultures en saison sèche (Djenontin, 2010 ; Ahouangninou, 2013 ; Stroesser et Bascoul, 2013b). Les eaux des puits et des forages représentent respectivement 27,4% et 36,5% dans l'apport de l'eau aux cultures (Ahouangninou, 2013). En plus de ces stratégies similaires, les maraîchers ont souvent recours aux eaux usées dans l'apport d'eau aux plants maraîchers. La pratique de la réutilisation des eaux usées en agriculture est largement répandue dans plusieurs régions du monde, notamment les eaux usées domestiques brutes et les eaux usées industrielles brutes (Hertog et Klutse, 2002). Quant aux éleveurs, ils pratiquent la transhumance à la recherche de nouveaux sites d'abreuvement et de pâturage. La

transhumance répond avant tout à des contraintes écologiques. Elle permet une meilleure valorisation de la diversité des ressources pastorales, notamment de l'eau et le pâturage (FAO, 2012).

5. CONCLUSION

Les changements climatiques sont une réalité au Bénin. Les principales zones de production pastorale et maraîchère souffrent de l'instabilité des paramètres climatiques avec des pluies tardives et de courte durée, de la chaleur excessive, de la sécheresse et de l'inondation. Cette modification du climat occasionne la baisse des ressources en eau disponibles pour l'élevage et le maraîchage. Les producteurs sont devenus très vulnérables aux effets de la variabilité climatique. Cependant, ils mènent diverses actions afin d'atténuer leur vulnérabilité et celle de leurs activités aux conditions climatiques. Diverses stratégies sont développées par les acteurs pour la mobilisation des ressources en eau de surface et souterraine. Pour assurer le développement durable des activités agro-pastorales, les autorités étatiques et communales doivent mettre en place des politiques de renforcement des stratégies développées par les exploitants face aux risques climatiques.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Afouda F. 1990. *L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : Etude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu et la savane africaine*. Thèse de doctorat, Paris IV, Sorbonne, 428 p.
- Agossou D.S.M. Tossou C.R. Vissoh V.P. & Agbossou K.E. 2012. Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et Stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *African Crop Science Journal*, 20, 565-588.
- Ahouangninou C.C.A. 2013. *Durabilité de la production maraîchère au Sud-Bénin : un essai de l'approche éco systémique*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 349 p.
- Boko M. 1988. *Climatologie et communautés rurales du Bénin, Rythmes climatiques et rythmes de développement*. Thèse de doctorat, l'Université de Bourgogne, Dijon, 608 p.
- Boko M. Kosmowski F. & Vissin W.E. 2012. *Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin : Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest*. Konrad-Adenauer-Stiftung, Cotonou, Bénin, 65 p.
- Brooks N. 2006. Changement climatique, sécheresse et pastoralisme au sahel : Note de discussion pour l'Initiative Mondiale sur le Pastoralisme Durable, WISP, 12 p.
- Cornu F. Chapon M. & Larbodière L. 2008. La sécurisation des systèmes fonciers au Mali. Enseignements du projet « Gestion concertée des ressources pastorales et sécurisation du petit élevage » (PROSEL). *Agronomes et Vétérinaires sans frontières*, 14 p.
- Djénontin A.J. 2011. Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-est du Bénin, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 274 p.
- Djohy G.L. 2015. *Rythme climatique et activité pastorale dans la Commune de Sinendé*. Mémoire de Géographie, Université de Parakou, Bénin, 57 p.
- Djohy G.L. 2016. *Vulnérabilité des ressources en eau au changement climatique et stratégies d'adaptation des maraîchers des zones urbaines et péri-urbaines du Nord-Bénin*. Rapport de recherche, African Climate Change Fellowship Program, Parakou, 59 p.
- Djohy G.L. Edja A.H. & Nouatin G.S. 2015. Variation Climatique et Production Vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la Commune de Parakou au Nord-Bénin. *Revue Afrique Science*, Vol 11, N°6, 183-194.
- Dongmo A.L. Djamen P. Vall E. Koussou M.O. Coulibaly D. & Lössouarn J. 2007. L'espace est fini ! Vive la sédentarisation ? Innovations et développement durable en question chez les pasteurs des zones cotonnières d'Afrique de l'ouest et du centre, *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 153-160.
- Doukpolo B. 2007. *Variabilité et tendance pluviométrique dans le Nord-Ouest de la Centre-Afrique : enjeux environnementaux*. Mémoire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 80 p.
- Doukpolo B. 2014. *Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 337 p.
- Dugué M.J. Delille H. & Malgrange S. 2012. Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne : Etude de capitalisation réalisée sur les terrains de coopération d'AVSF. *Agronomes et Vétérinaires sans frontières*, Lyon, France, 150 p.
- ENDA & C3D, 2005. *Compte rendu de l'atelier de formation de formateurs sur Vulnérabilité et Adaptation aux Changements Climatiques*, ENDA/C3D, Dakar, 26 p.
- FAO, 2012. La transhumance transfrontalière en Afrique de l'Ouest Proposition de plan d'action. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 146 p.
- GIEC, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au

- quatrième rapport d'évaluation du Group d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, 103 p.
- Hertog W. & Klutse A. 2002. Visite d'étude et Atelier International sur la Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture Urbaine : un défi pour les municipalités en Afrique de l'Ouest et du Centre. Rapport final, CTA / ETC-RUAF / CREPA, Ouagadougou, Burkina Faso, 183 p.
- Houndenou C. 1999. *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation*. Thèse de doctorat en Climatologie, Université de Bourgogne, Dijon, 390 p.
- Ly M. Traore S.B. Alhassane A. & Sarr B. 2013. Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, 19-25.
- Montcho M. 2014. Agriculture urbaine et péri-urbaine au Bénin : le maraîchage, le blog de Marthe Montcho, Femmes Agriculture Développement Durable, <http://agricultureaufeminin.wordpress.com/2014/09/25/lagriculture-urbaine-et-peri-urbaine-au-benin-le-maraichage/>, (consulté le 14.04.17).
- Odjo S. 1997. *Rythmes climatiques et contraintes alimentaires dans l'Atacora*. Mémoire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 112 p.
- Ogouwale E. 2006. *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : Indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 302 p.
- Olkowski A.A. 2009. La qualité de l'eau d'abreuvement du bétail. Guide de terrain relatif aux bovins, aux chevaux, à la volaille et aux porcs, Université de la Saskatchewan, Canada, 185 p.
- PANA, 2008. Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques : Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA- Bénin), MEPN, Cotonou, Bénin, 81 p.
- Stroesser L. & Bascoul C. 2013a. *Savoirs de paysans et lutte contre la désertification. Disposer d'une réserve d'eau pour le maraîchage, avec le bouli maraîcher*. Publication du Groupe de Travail Désertification. Fiche « le bouli maraîcher » - Savoirs de paysans, 4 p.
- Stroesser L. & Bascoul C. 2013b. *Savoirs de paysans et lutte contre la désertification. Abreuver son troupeau en saison sèche avec un puisard*. Publication du Groupe de Travail Désertification. Fiche « Puisard » - Savoirs de paysans, 3 p.
- Vissin W.E. 2007. *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, 310 p.
- Zoundjè F. Donou B. Ogouwalé R. Yabi I. & Ogouwalé E. 2013. Vulnérabilité de la production maraîchère à la Variabilité hydro-climatique saisonnière dans la Commune d'Adjohoun (Bénin, Afrique de l'ouest) : 549-554. In Boko M., Vissin E.W., Afouda S., « *Climat Agriculture, Ressources en Eau d'hier à demain* », Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, Cotonou, Bénin.

Page laissée intentionnellement vide



Appropriation des règles et conflits dans la gestion collective des magasins de warrantage dans la commune de Bembèrèkè au Bénin

Samsoudine I. MACHIOUDOU^{1,*}, Ismail M. MOUMOUNI¹, Clarisse TAMA², Paul K. JIMMY¹

¹ Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Recherche sur l'Innovation pour le Développement Agricole LRIDA. BP: 1269

² Université de Parakou, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Département de sociologie-anthropologie

Reçu le 13 Mai 2018 - Accepté le 10 Décembre 2018

Appropriation of rules and conflicts in the collective management of the warrantage stores in Bembèrèkè commune in Benin

Abstract: Although representing the main production areas, rural areas in developing countries such as Benin are known to know more about food insecurity. In particular, it appears that producers are selling off their products at harvest, to then face difficult access during the lean season because of rising prices. To help producers cope with this situation, warrantage has been developed to ensure their sustainable food self-sufficiency. However, in this collective action scheme, producers face new challenges such as conflict. This article analyzes the influence of the appropriation of management rules on the emergence of conflicts, through the case of the collective management of maize stocks in warrantage stores in the commune of Bembèrèkè. The "snowball" technique was used to sample and survey 140 cooperators. Focus groups and participant observations were conducted. The semi-structured interviews were conducted with the managers of the technical and financial support structures involved in the warrantage. The data collected concerns the levels of: knowledge, mastery, respect and application of these rules of management by the cooperators on the one hand, and on the other hand the number of conflicts to which each cooperator is involved. The scores are calculated for the rule appropriation variable and classified as weak, partial or total appropriation. The binary logistic regression made it possible to carry out this analysis. The results showed that co-operators with weak management rules are responsible for the frequent appearance of conflicts in cooperatives. Ownership of management rules thus contributes to reducing the frequency of conflicts in cooperatives, thus promoting better security of stocks.

Keywords: collective action, warrantage, appropriation of rules, conflict, Benin.

Résumé : Bien que représentant les principales zones de production, les milieux ruraux dans les pays en développement comme le Bénin sont reconnus connaître plus profondément l'insécurité alimentaire. Notamment, il apparait que les producteurs bradent leurs produits à la récolte, pour faire ensuite face à un accès difficile en période de soudure à cause de la montée de leurs prix. Pour aider les producteurs à faire face à une telle situation, le warrantage a été développé en vue d'assurer leur autosuffisance alimentaire durable. Néanmoins, dans ce dispositif d'action collective, les producteurs doivent faire face à de nouveaux défis tels que ceux relatifs aux conflits. Le présent article analyse l'influence de l'appropriation des règles de gestion sur l'apparition des conflits, à travers le cas de la gestion collective des magasins de warrantage dans la commune de Bembèrèkè. La technique "boule de neige" a été utilisée pour échantillonner et enquêter 140 coopérateurs. Des focus groupes et les observations participantes ont été réalisés. Les entretiens semi-directifs ont été réalisés avec les responsables des struc-

tures d'accompagnements technique et financier impliquées dans le warrantage. Les données collectées concernent les niveaux de : connaissance, maîtrise, respect et application des règles de gestion par les coopérateurs d'une part, et d'autre part le nombre de conflits dans lequel chaque coopérateur est impliqué. Les scores sont calculés pour la variable appropriation des règles et classés en appropriation faible, partielle ou totale. La régression logistique binaire a permis d'effectuer cette analyse. Les résultats ont montré que les coopérateurs ayant faiblement approprié les règles de gestion, sont responsables de l'apparition fréquente des conflits dans les coopératives. L'appropriation des règles de gestion contribue donc à la réduction de la fréquence d'apparition des conflits dans les coopératives favorisant ainsi une meilleure sécurisation des stocks.

Mots clés: action collective, warrantage, appropriation des règles, conflit, Bénin.

1. Introduction

Depuis plus d'une décennie, les sciences de gestion connaissent une évolution considérable et profonde. D'après les hypothèses des nouvelles politiques de dévolution, les acteurs locaux sont capables, grâce aux actions collectives, de gérer durablement les ressources dont ils dépendent (Ostrom 1992 ; Tole 2010).

Ces politiques ne sont efficaces et performantes qu'avec la forte implication de ces acteurs locaux dans la gestion des ressources à accès commun (Meinzen-Dick et al., 2002) comme les magasins de warrantage. Ainsi comme toute action collective autour des ressources naturelles, la gestion collective des magasins de warrantage ne reste souvent pas sans polémique. Autour de ces infrastructures de stockage, la volonté de satisfaction des intérêts personnels, favorise le développement des passagers clandestins faisant ainsi naître des conflits de divers ordres au sein des coopératives. Pour Olson (1965) et Ostrom (1992), la réussite d'une action collective passe par la maîtrise des comportements de passager clandestin qui constitue un défi permanent et récurrent. Afin de pallier à ces situations de crise et favoriser une meilleure gestion des activités, il est indispensable d'établir des règles de fonctionnement et de la gestion collective des ressources naturelles. Ces règles sont de plusieurs ordres, il s'agit des règles administratives, des règles de gestion collective et des règles opérationnelles distinguées par Ostrom (1992). Mais ces règles de gestion établies font malheureusement objet de renégociations, notamment au cours de leur application (Dahou et al., 2013).

Après la conception des règles, le défi impérieux reste à ce que toutes les parties prenantes cherchent à se les approprier pour ainsi faciliter la gestion collective afin d'éviter les conflits.

Cependant, un vide de connaissance existe en ce qui concerne les fonctions de l'appropriation de ces règles de gestion sur l'apparition des conflits au sein des coopératives de warrantage. Le présent article vise à analyser les fonctions de l'appropriation des règles de gestion par les coopérateurs et leur influence sur l'apparition des conflits à travers une étude du cas des magasins de warrantage dans la commune de Bembèrèkè au Nord du Bénin. Ainsi, cette étude aborde la participation individuelle en termes de respect et d'appropriation des règles d'action collective, c'est-à-dire de conformité du coopérateur à ses obligations dans la gestion collective des infrastructures de stockages.

2. Matériel et méthodes

2.1. Cadre théorique

De nos jours, le warrantage considéré comme une innovation institutionnelle au Bénin (Egah et al., 2014a), est devenu l'apanage des populations locales (Coulter et Mahamadou 2009). Connue comme un système qui consiste à obtenir un crédit avec pour garantie, un stock de produits agricoles justifié par un reçu délivré à l'entreposage, ce système fait intervenir plusieurs acteurs et nécessite l'instauration des règles pour assurer une meilleure gestion. Le warrantage permet de différer la vente de la production agricole à un moment de prix favorable et de garantir un crédit par le stock de produits agricole. Ainsi la durabilité du warrantage est assurée par plusieurs facteurs notamment humains, agricoles et structurels. Par ailleurs pour Egah et al. (2014a), la performance du warrantage est liée à l'organisation, l'environnement, les types d'acteurs et leurs stratégies de développement. Quant à Coulter et Mahamadou (2009), parlant de l'appropriation, ce sont les actions individuelles qui renforcent le sens d'appropriation de l'activité des coopérateurs et servent à assurer leur performance. Pour Egah et al. (2014b), ce sont les facteurs liés au modèle de participation, à l'innovation et aux communautés elles-mêmes qui définissent les stratégies d'appropriation. Agrawal (2001) lui, propose quatre types de facteurs qui conditionnent le succès de

* Auteur Correspondant : msamsdine@yahoo.fr

Tél: 00229 97323930

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

l'action collective ; il s'agit de : l'environnement physique, l'environnement socio-économique, l'environnement institutionnel et l'environnement externe ».

Ainsi pour une meilleure organisation de toute action collective, il faut une institutionnalisation des règles. Ces règles permettront une gestion transparente des ressources et assureront le mieux-être de tous les coopérateurs à l'action collective.

Il importe de ce fait que chaque coopérateur s'approprie les règles de gestion. Pour l'appropriation des règles de gestion, la modélisation multi-agents permet d'affecter les changements de ces règles et de comprendre les effets des stratégies individuelles et des règles collectives (Bazile et al., 2006). Par ailleurs, Egah et al. (2015) soutiennent qu'en milieu rural, il faut une adéquation entre les approches de diffusion des innovations et la logique des acteurs, pour l'appropriation des innovations.

Mais est-ce qu'il suffit seulement que les coopérateurs s'approprient les règles pour éviter les conflits au sein d'une coopérative ?

Dans « logique d'action collective », Olson (1965) admettent que les groupes où les personnes sont dotées de volonté, de conscience et cherchant à promouvoir leurs intérêts, il n'est pas rare de constater qu'ils entrent parfois en conflit. De même, autour d'une ressource de propriété commune, lorsque les individus agissent beaucoup plus pour leurs propres intérêts que pour ceux du groupe, cela pourrait conduire à la "tragédie du commun". Ainsi Hardin (1968) propose comme moyens de faire respecter l'ordre normal, la privatisation ou l'étatisation pour assurer l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles. Quant à Ostrom (1992), contrairement à Hardin (1968) : « les solutions extérieures apportées peuvent créer des problèmes supplémentaires, elles peuvent ne pas être adaptées et que les habitants ont souvent trouvé eux-mêmes des solutions aux problèmes communs ». De ce fait, elle suggère que l'action collective s'organise sur la base d'un système de règles établies au niveau local c'est-à-dire par les usagers de la ressource concernée.

Ainsi il existe des ressources de propriété commune des biens à exploitation limitée ou soustractives. C'est le cas des magasins de warrantage qui possèdent une capacité donnée mais exploités par plusieurs coopérateurs. Ils sont alors potentiellement sujets à l'encombrement, à l'épuisement, à la dégradation ou à des conflits.

D'après De Vaujany (2006), il existe quatre éléments fondamentaux intégrés par la perspective appropriative: les règles de gestion, les objets de gestion, les outils de gestion et les dispositifs de gestion. Dans notre cadre d'étude, il s'agit des règles de gestion qui sont mises au cœur des débats. Ces règles de gestion contribuent à la régulation de l'ordre social.

Le terme « Appropriation de règles » désigne ici, une dynamique d'action ou un processus psycho-cognitif individuel ou collectif qui s'inscrit dans le temps et qui

permet de rendre propre et d'adapter à soi les règles de gestion, de les transformer ensuite, pouvoir les modifier et de les ajuster à leurs besoins et objectifs. C'est donc une internalisation des règles en vue d'un changement de comportement.

Parlant des règles, pour Ostrom (1990, 1992), Il peut s'agir des trois niveaux de règles à savoir les règles opérationnelles, les règles constitutionnelles et les règles collectives. Les règles opérationnelles régissent les décisions quotidiennes dans la gestion des magasins de warrantage (telles, la warrantabilité des produits agricoles mis en garantie, l'adéquation montant crédit/ valeur garantie/ risque, Inflexibilité de la durée et période du crédit warranté, obligation de signature de convention de nantissement de stock, le professionnalisme de l'entreposage et la gestion des stocks, Sûreté de la source de remboursement du crédit, etc.) tandis que les règles collectives et constitutionnelles déterminent la définition des organes de décision (les comités de gestion) et leurs pratiques.

Pour De Vaujany (2006), l'appropriation des règles de gestion est avant tout un processus continu, ouvert et complexe.

Deux grandes théories de l'appropriation permettent d'éclairer l'appropriation des règles de gestion, en respectant l'axiomatique et les regards évoqués (De Vaujany et Grimand, 2005) : la théorie de la "conception à l'usage" et la théorie de la "mise en acte".

Parlant de la théorie de la "conception à l'usage", La conception est consubstantielle à l'usage, intégralement comprise dans le processus d'appropriation. Les règles de gestion sont des schèmes sociocognitifs. La théorie de la "mise en acte" est l'alternance conception-mise en œuvre. L'appropriation est une mise en acte des règles. Elles sont à la base d'une dialectique sociopolitique.

Les conclusions font ressortir deux dominants courants de pensées de l'influence de l'appropriation des règles sur les conflits au sein des coopératives:

Primo, les conflits sont absents ou maîtrisés au sein des coopératives organisées où les règles sont instaurées et appropriées par les coopérateurs (1). Et secundo, c'est l'apparition et la gestion des conflits autour des actions collectives qui favorise l'appropriation des règles de gestion par les coopérateurs (2).

(1) Plusieurs facteurs permettent aux coopérateurs de mieux s'approprier les règles en vue de contribuer à la réduction des conflits dans les organisations.

Le type, le degré de participation des coopérateurs et la nature des règles ne sont donc pas les seuls facteurs influençant les processus d'appropriation comme l'indiquent O'Brien et al. (2013). La prise en compte des facteurs socio-économiques, techniques et environnementaux permettrait de renforcer les capacités d'appropriation des règles. Ostrom (1992) ajoute que l'enjeu réside dans la définition des règles du jeu et dans la structure des organisations chargées de les mettre en

œuvre. De ce fait, un système de warrantage a besoin d'organisations et d'institutions pour mettre en place ses règles (comment sont réparties les responsabilités et tâches de chacun pour l'organisation du warrantage, l'entretien des infrastructures de stockage, comment sont élus les membres du comité de gestion, quels sont les canaux de communication, qui portent la gestion des infrastructures, comment se fait la gestion financière, etc.), les faire respecter et les placer dans une démarche globale de mise en valeur.

Pour Dechamp et al. (2006), le processus d'appropriation est un apprentissage, selon la dialogique assimilation/accommodation mise en évidence par Piaget (1975): assimilation, la façon dont l'individu s'approprié en transformant les règles de gestion, de façon à les rendre compatibles avec ses propres schèmes cognitifs ; et accommodation, la modification des schèmes cognitifs de l'individu afin de permettre l'incorporation des règles de gestion. Ainsi le changement est l'indicateur de l'appropriation d'une innovation par les acteurs locaux.

Certains auteurs pensent que pour faciliter l'appropriation des règles et réduire les conflits, il faut mettre l'accent sur les sanctions. Ainsi Masclat et al. (2003) suggèrent qu'il peut avoir des sanctions non pécuniaires qui n'affectent pas les gains monétaires des coopérateurs et favorisent la coopération. Toutefois Bandiera et al. (2005) quant à eux, pensent qu'autant il existe des sanctions négatives pour les opportunistes, il en faut celles positives pour encourager ceux qui coopèrent dans l'action collective. Ces sanctions crédibles et effectives au sein des systèmes d'action collective facilitent la promotion de la coopération des acteurs et éliminent le free riding (Ostrom 1992 ; Agrawal 2001 ; Meinzen-Dick et al. 2002). Le free riding consiste en ce que, l'individu bénéficie des avantages d'une action collective alors qu'il n'est pas participant (Ostrom 1992). Mais, les communautés font face à des ramifications qui les empêchent de sanctionner (Meinzen-Dick et Knox, 2001), voire les amènent à privilégier la sympathie et la compréhension en cas de non-respect des règles. Ainsi, selon Egah et al. (2014b), les coopérateurs développent des stratégies d'appropriation différentes en fonction de leurs affinités personnelles et des facteurs de production dont ils disposent.

Les communautés surmontent les problèmes inhérents aux actions collectives et gèrent durablement les ressources communes (Wade, 1987 ; Ostrom, 1990 ; Agrawal, 2001).

Pour Kearns et Forrest (2000), les conflits sont presque absents ou fortement maîtrisés au sein d'une structure cohésive.

Les conflits proviennent des vides institutionnels ou touchent la mise en œuvre des systèmes de règles existants (Ratner et Meinzen-Dick, 2013 ; Sultana et Thompson, 2013).

Les règles créent l'environnement institutionnel de l'action collective qui détermine de beaucoup la participation des individus. Dans cet environnement des règles, plusieurs groupes de facteurs ont une influence majeure sur la participation des acteurs à la gestion des ressources de propriété commune notamment les infrastructures de stockage. Les règles devraient constituer donc l'élément de base de gestion des rapports entre les individus dans leur processus d'atteindre des buts communs. Elles définissent l'action collective et par ricochet le rôle à jouer, la contribution à donner, ou la tâche à exécuter par chaque acteur.

Lavigne (1999) et Ostrom (2000) vont dans le même sens quant à la formation des règles devant sous-tendre l'action collective. Pour Lavigne (1999) les règles ne peuvent être légitimes que lorsqu'elles ont été négociées et acceptées ; quant à Ostrom (1992), il faut un dispositif de contrôle et de sanctions qui vérifient que les acteurs respectent ces règles. Il a besoin de mécanismes de régulation de conflits, pour renégocier et modifier les règles lorsque le besoin s'en fait sentir. Elle conclut que c'est cet ensemble de règles et de procédures qui constituent les institutions de gestion du système. Par ailleurs, la théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud met la négociation et les règles au centre des rapports sociaux (De Terssac, 2003). Un des principaux objectifs de cette théorie est d'analyser l'importance des règles dans la structuration et l'élaboration d'action collective au sein d'un groupe social. Il s'agit d'analyser dans une durée donnée, les mécanismes par lesquels les règles sont créées, maintenues, détruites et transformées.

S'il est clair aux yeux de tous les coopérateurs qu'il existe des sanctions et qu'en cas de non-respect, le tricheur sera sanctionné, cela permettra à tous de se conformer aux règles. Cela peut permettre aux membres de groupe de se relaxer, de jouir des bénéfices de la coopération et la perpétuer. Olivier (2000) quant à lui, montre que la réaction à la punition ne suit pas toujours ce scénario: les effets pervers des sanctions peuvent entraîner des complications (risque d'interruption, crise, tentation de punition à celui qui a puni) quand l'évolution de l'action est nécessaire. Pour De Vaujany (2006), toute règle de gestion conçue à distance des acteurs ou bien dans une logique de coproduction, présente une certaine flexibilité instrumentale et interprétative.

(2) L'existence de conflit et sa gestion permettent de mieux appréhender la pertinence des règles et leurs appropriations par les acteurs.

Pour De Vaujany et Grimand (2005), c'est à force d'apprendre, de rencontrer des difficultés, de gérer des conflits qui surviennent et de les maîtriser, que les règles prennent finalement corps.

L'appropriation est un vaste processus interactif qui engage des prescriptions réciproques au sens de Hatchuel (1996). Le processus d'appropriation est vu

comme contingent, continu, complexe et impliquant une certaine flexibilité interprétative des règles elles-mêmes.

Le refus d'appropriation d'une innovation est dû à la non disponibilité des facteurs de production et la non prise en compte des réalités locales.

Les contraintes de la gestion collective des magasins de warrantage à la fois matérielles, techniques, financières et institutionnelles ont été mises en lien avec les stratégies d'appropriation des coopérateurs.

Lewicki et al. (2003) pensent que, le conflit n'est pas toujours une mauvaise chose: il est porteur de perception et de valeur. La résolution du conflit peut être un facteur d'apprentissage ou un processus dynamique de changement des institutions de gestion des ressources communes (Dietz et Stern, 2003 ; Ratner et Meinzen-Dick, 2013 ; Sultana et Thompson, 2013).

Nous pensons souvent que les conflits ont des effets destructeurs mais, ils peuvent bien avoir des potentiels constructeurs: ils permettent d'établir des relations plus justes, de réaffirmer la loi et d'établir de nouvelles bases pour l'action collective (Kamissoko 2008). Quant à Ostrom (1992), il propose l'évolution institutionnelle pour désigner le caractère adaptable et renégociable des règles de l'action collective pour la régulation de conflit.

2.2. Outils et méthodes d'analyse

Le questionnaire et le guide d'entretien ont été utilisés pour la collecte des données. Le questionnaire a permis durant la phase de terrain de collecter auprès de 140 coopérateurs des informations relatives aux variables dépendantes tout comme indépendantes. Les variables indépendantes regroupent les appropriations: faible, partielle et totale d'une part, les questions liées à la formation reçue par les coopérateurs, leurs contact avec les agents de vulgarisation, leurs niveaux d'éducation, leurs affinités personnelles avec les membres des comités de gestion, leurs niveaux de participation aux activités collectives, aux réunions de gestion, de prise de décision ou de comptes rendus d'autre part.

Il existe un certain nombre de question qui permettent de comprendre si les règles sont appropriées par les coopérateurs ou pas. Il s'agit des questions liées au niveau de connaissance des règles, au niveau de compréhension, au niveau de maîtrise, les mécanismes d'application de ces règles, la routine dans l'application des règles, la capacité d'analyse, d'interprétation, de synthèse et d'évaluation, niveau d'internalisation, degré du changement de comportement. Ces questions sont qualitatives et dichotomiques. Les principaux niveaux considérés sont au nombre de onze (11). Nous avons eu un total de 11 points. Nous avons ensuite calculé des scores de chaque enquêté avec tous ces points. Les scores calculés sont rangés en trois classes suivant le principe suivant :

Tout d'abord, nous avons calculé la moyenne et l'écart type. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 1: Moyenne des scores d'appropriation des règles

		Scores
Effectif	Effectif	140
	Manquante	0
	Moyenne	7,78
	Ecart-type	1,194

Source : données d'enquête, Bembèrèkè 2016

2.2.1. Variables d'appropriation des règles.

La moyenne des scores étant de 7,78 et l'écart type de 1,194. Ainsi, les différentes classes d'intervalle sont constituées avec les formules ci-après:

- $[\text{min} ; \text{Moy}-\sigma]$ soit $[0 ; 7[$ pour le premier intervalle ;
- $[\text{Moy}-\sigma ; \text{Moy}+\sigma]$ soit $[7 ; 9[$ pour le second intervalle et
- $[\text{Moy}+\sigma ; \text{max}]$ soit $[9 ; 11]$ pour le troisième intervalle.

Les nouvelles variables sont ainsi créées :

- $[0 ; 7[\rightarrow 0 \leftrightarrow$ variable appropriation faible (avec pour modalité 1=OUI et 0=NON)
- $[7 ; 9[\rightarrow 1 \leftrightarrow$ variable appropriation partielle (avec pour modalité 1=OUI et 0=NON)
- $[9 ; 11] \rightarrow 2 \leftrightarrow$ variable appropriation totale (avec pour modalité 1=OUI et 0=NON).

Le tableau 2 ci-après récapitule ces nouvelles variables.

Tableau 2: Classification des scores des variables d'appropriation des règles

Formule	Intervalle	Variabes	Modalités
$[\text{min} ; \text{Moy}-\sigma [$	$[0 ; 7[$	appropriation faible	1=OUI 0=NON
$[\text{Moy}-\sigma ; \text{Moy}+\sigma]$	$[7 ; 9[$	appropriation partielle	1=OUI 0=NON
$[\text{Moy}+\sigma ; \text{max}]$	$[9 ; 11]$	appropriation totale	1=OUI 0=NON

2.2.2. Pour la variable dépendante : apparition de conflit.

Nous avons utilisé le nombre de conflit auquel chaque coopérateur a été impliqué depuis son adhésion à la coopérative. A cet effet, ces nombres sont classés suivant plusieurs modalités.

Pour les coopérateurs ayant enregistrés zéro (0) conflit, il s'agit de la variable "jamais conflit".

Pour ceux ayant enregistrés au moins un cas de conflit, il s'agit de la variable "parfois conflit" et pour ceux ayant enregistrés plus de trois (3) conflits, il s'agit de la variable "toujours conflit" (voir tableau 3).

Tableau 3: Catégorisation de la fréquence des conflits

Nombres de conflits	Variables	Modalités
Moins de 1	Jamais conflit	1=OUI 0=NON
	Parfois conflit	1=OUI 0=NON
entre 1 et 3	Toujours conflit	1=OUI 0=NON
Plus de 3		1=OUI 0=NON

Par la suite, la variable apparition de conflit a été créée. Les variables toujours conflit et parfois conflit ont été considérées comme les cas où les conflits sont présents et jamais conflit les cas où il n'y a pas du tout la présence de conflit. Nous avons la variable apparition de conflit (avec pour modalité 1=OUI et 0=NON). Le modèle a été ainsi créé avec toutes ces variables. Les résultats trouvés sont présentés ci-dessous. Avant la présentation des résultats, nous avons d'abord fait la description des variables et l'analyse des fréquences de celles qualitatives.

2.3. Description des variables

La variable dépendante est l'apparition ou non de conflit. Les variables explicatives intégrées au modèle sont entre autres l'appropriation faible, l'appropriation partielle, l'appropriation totale, le niveau d'éducation, la formation reçue, le contact avec les agents de vulgarisation, l'organisation et la participation aux réunions financières de compte rendu avec ou sans les pièces comptables.

Les variables comme le nombre d'année d'expérience, le statut social dans la coopérative et l'affinité personnelle avec le comité de gestion sont aussi explorées mais sans résultats probants et fortement corrélées avec certaines variables explicatives. La vérification de la corrélation entre les variables explicatives révèle qu'il existe de faibles corrélations entre elles ; ce qui a permis de les intégrer toutes au modèle.

Le tableau 4 décrit les variables indépendantes et celles dépendantes insérées dans le modèle.

2.4. Statistique descriptive des variables

Les caractéristiques socio-économiques qualitatives analysées sont: le sexe, l'ethnie, le niveau d'éducation, le statut social des membres, formation reçue, le contact avec les agents de vulgarisation. Le tableau ci-après présente l'analyse de leurs fréquences.

Tableau 4: Description des variables du modèle de gestion des conflits avec l'appropriation des règles

Variables	Description
PRESENCONFLIT	Apparition de conflit 1=OUI ; 0=NON
APPROFAIBLE	Appropriation faible 1=OUI ; 0=NON
APPROPARTIEL	Appropriation partielle 1=OUI ; 0=NON
APPROTOTAL	Appropriation totale 1=OUI ; 0=NON
FORMARECU	Formation reçue 1=OUI ; 0=NON
AGVULGA	Contact agent de vulgarisation 1=OUI ; 0=NON
NIVEDUC	Niveau d'éducation 1=OUI ; 0=NON
REUFINPIECOMPA	Réunion financière et pièce comptable 1=OUI ; 0=NON
NBRANNEXPE	Nombre d'année d'expérience

Source : données d'enquête, Bembèrèkè 2016

Tableau 5: Analyse des fréquences des variables qualitatives

variables	modalités	effectifs	Pourcentage (%)
Formation reçue	non	120	85,7
	oui	20	14,3
statut social	Simple membre	124	88,6
	Membre de comité de gestion	16	11,4
agent de vulgarisation	non	34	24,3
	oui	106	75,7
	un peu	13	9,3
contribution du maïs	fortement	56	40,0
	Très fortement	71	50,7
	Non	135	96,4
Participation aux réunions	participation		
	Participation	5	3,6
affinité personnelle	non	53	37,9
	oui	87	62,1
Appropriation des règles	Appropriation faible	14	10
	Appropriation partielle	90	64,28
	Appropriation totale	36	25,71

Source : Estimation du modèle, logiciel SPSS 20.0

3. Résultats

Les résultats de la régression présentés dans le tableau 6 nous permettent de conclure que le modèle est globalement significatif au seuil de 1% ($p=0,000$).

R-deux de Nagelkerke=,331. Ce qui signifie que 33,1% des variations observées dans la variable apparition de conflits, sont expliquées par les variables appropriation faible, appropriation partielle, appropriation totale, formation reçue, contact agent de vulgarisation, niveau d'éducation, statut social membre de comité de gestion, la participation aux réunions financières avec présentation de pièces comptables introduites dans le modèle de régression. Le reste est dû aux variables non introduites dans le modèle et aux variables non observées.

Tableau 6: Analyse des fréquences des variables qualitatives

Variables	Coefficients	ddl	Sig.	Résultats du modèle
APPROFAI- BLE	2,646***	1	0,006	
APPROPAR- TIELLE	1,124	1	0,161	
NIVEDUC	-0,642*	1	0,063	p = 0,000
AGVULGA	-1,634***	1	0,010	R-deux de Nagelkerke = 0,331
REUFINPIECO MPTA	-3,748**	1	0,014	Chi deux = 28,686
STATSOCI- OM- BREBUROCG	-1,286	1	0,329	ddl = 8
FORMARECU	0,679	1	0,386	N = 140
NBRAN- NEXPE	-0,202	1	0,458	
Constante	3,300	1	,073	

*signification à 10% ; **signification à 5% et ***signification à 1%.

Source : Estimation du modèle, logiciel SPSS 20.0

Les résultats de la régression montrent un rapport significatif positif entre l'apparition de conflits et la faible appropriation des règles par les coopérateurs

d'une part et d'autre part des rapports négatifs significatifs entre l'apparition de conflits, le niveau d'éducation, le contact avec les agents de vulgarisation et la participation aux réunions financières avec présentation des pièces comptables.

Par contre, les résultats ne montrent aucun effet significatif entre l'appropriation partielle et totale des règles, le statut membre de bureau du comité de gestion, les formations reçues et le nombre d'année d'expérience des coopérateurs et l'apparition de conflits. La non significativité de ces variables révélée par le modèle ne sont pas sans effet sur l'apparition des conflits ; leur influence peut être tout simplement cachée par celle des variables révélées significatives par le modèle.

4. Discussion

Les coopérateurs ayant approprié faiblement les règles de gestion au sein des coopératives de warrantage dans la commune de Bembèrèkè, sont probables d'être responsables de l'apparition des conflits. L'apparition fréquente des conflits dans ces organisations, est fortement expliquée par cette faible appropriation des règles de gestion par ces coopérateurs. Les règles de gestion tiennent compte des modes d'organisation et de fonctionnement, des différentes sanctions en cas de faute commise, des dispositions disciplinaires, du rôle et des prérogatives de tous les acteurs. Il est à cet effet raisonnable que l'appropriation des dites règles contribue au bon fonctionnement des organisations et par ricochet l'évitement des conflits.

Le rapport significatif positif entre la faible appropriation des règles et l'apparition de conflits dans les coopératives de warrantage mis en évidence par le modèle décrit ci-dessus confirme les résultats des travaux de Jimmy et Moumouni (2016) qui soutiennent que l'appropriation des règles favorise l'absence de situations conflictuelles graves et étale la légèreté dans l'application des sanctions. Dans les différentes règles de gestion, existent les sanctions et leurs mécanismes d'application pour une meilleure gestion des actions collectives c'est ce qui explique les points de vue de Ostrom (1992), Agrawal (2001) et Meinzen-Dick et al. (2002). Ils pensent que, seulement l'existence des sanctions crédibles et effectives au sein des systèmes d'action collective permet d'éliminer le free riding et de promouvoir la coopération des acteurs. L'appropriation des règles de gestion par tous les coopérateurs permet de décourager le free riding et donc de réduire les conflits au sein du groupe. Le choix de respecter des règles supposent « une connaissance des causes qui fondent les règles ; mais qui en fondent aussi l'organisation en un système cohérent pour l'action, autrement dit qui leur donne une signification de nécessité » (Mayen et Savoyant 1999). Lorsque les coopérateurs ne se sont pas appropriés les règles, on ne ressent rien en eux comme effort pour éviter les conflits dans les groupes.

C'est ce que confirment O'Brien et al. (2013) qui pensent que le changement est l'indicateur de l'appropriation d'une règle par les acteurs locaux. Et à Mercier (1957) d'ajouter que « dans une situation de changement donnée, des modifications plus ou moins profondes, plus ou moins rapides affectent les formes, les intensités, les niveaux d'expression et les objectifs des phénomènes conflictuels ».

Le rapport significatif négatif entre l'apparition de conflit dans les coopératives et le niveau d'éducation des coopérateurs indiquerait que les coopérateurs d'un niveau important d'éducation, ont une influence sur la gestion des conflits mais ne contribuent pas forcément à leur réduction. Le niveau d'éducation des coopérateurs facilite certainement la compréhension de la gestion collective des infrastructures de stockage mais ne suffit pas pour empêcher l'apparition des conflits. Un niveau acceptable d'éducation facilite la compréhension des modes de gestion, la maîtrise des sanctions et surtout la connaissance des règles de gestion. Ceci contribue à la réduction de la fréquence des conflits. Le rapport négatif entre l'apparition de conflit au sein des coopératives et le contact des coopérateurs avec les agents de vulgarisation relève le rôle déterminant des agents de vulgarisation dans les actions collectives autour des magasins de warrantage. Ces agents jouent un précieux rôle dans la gestion collective des infrastructures de stockage à travers les sensibilisations, les formations, l'appui conseil permanent, etc. Ce rapport significatif négatif entre ces deux variables, montre que les coopérateurs ne bénéficient pas totalement de l'appui nécessaire que devraient les apporter ces agents de vulgarisation. La fragilité de leurs contacts avec les coopérateurs témoigne de l'apparition fréquente des conflits. Ils ne sont pas présents au côté des coopérateurs pour faciliter la maîtrise d'un certain nombre de règles, des conditions d'appartenance et de participation aux actions collectives. Ce qui devrait contribuer à la réduction des conflits.

Le rapport négatif entre l'apparition fréquente de conflit et la participation aux réunions de compte rendu financier avec présentation des pièces comptables révèle l'importance, du sérieux et de la transparence dans la gestion collective des magasins de warrantage. Les membres du bureau des comités et les autres acteurs organisent et font participer les coopérateurs en vue de mieux assoir la confiance entre coopérateurs et démontrer la clairvoyance de la gestion financière au sein des coopératives. Dans la pratique, les coopérateurs ne tiennent pas d'importance à ces réunions et y participent passivement sans une implication rigoureuse. Cette passivité de la part des coopérateurs occasionne les conflits à la longue avec pour raison la non-conformité des points financiers et des réalités. Falzon et Sauvagnac (2001) soutiennent que les réunions doivent permettre « un ajustement des points de vue » et « une explicitation des savoirs individuel de chacun », et non

une « simple juxtaposition de points de vue ». Il s'agit donc d'une activité qui demande du temps et qui doit être traitée comme une véritable activité. L'effet non significatif de la participation aux différentes formations sur l'apparition des conflits dans les coopératives indique qu'il ne suffit pas de suivre des formations sur la vie associative, des sensibilisations autour des règles de gestion pour réduire les conflits dans les organisations. Après les formations, la mise en application cause souvent problème dans les coopératives. Par ailleurs, pour la plupart des formations, ce sont les membres des comités de gestion qui sont conviés au plus haut niveau et il est demandé au retour à leurs bases respectives, une restitution aux administrés. Cette restitution n'est souvent pas fidèle, et il y a la dénaturalisation progressive des informations. Ces responsables étant d'un niveau d'éducation donné, se lance à l'exercice de restitution. Il s'agit dans un premier temps de la compréhension individuelle à leur niveau, et d'autre part de l'explication aux autres coopérateurs. D'un acteur à un autre il peut avoir différent niveau de compréhension et jusqu'au dernier coopérateur informé, le sens des informations peut changer ou être dénaturé. C'est ce qui explique la non significativité des formations reçues par les coopérateurs et l'apparition des conflits autour des magasins de warrantage.

L'effet non significatif de l'appartenance à un bureau de comité de gestion et l'affinité personnelle des autres coopérateurs sur l'apparition des conflits, montre que la responsabilisation des acteurs dans une organisation ne témoigne pas de l'exclusion des conflits avec tous les autres coopérateurs. Les membres de comité de gestion ne sont pas suffisamment outillés pour mieux former et informer les autres coopérateurs, ce qui parfois peut occasionner des cas de conflit dans la coopérative. Comme le confirme Egah et al. (2014b) quand ils disent « Les producteurs, en fonction de leurs affinités personnelles et des facteurs de production dont ils disposent développent des stratégies d'appropriation différentes, rendant ainsi multiple la trajectoire de l'innovation ».

5. CONCLUSION

La vie en coopérative nécessite pour son bon fonctionnement l'instauration des règles qui peuvent régir les meilleures conditions d'interactions entre ses membres. Mais plusieurs facteurs peuvent déterminer l'appropriation de ces règles par les coopérateurs et ainsi leurs influences sur l'apparition des conflits au sein du groupe. La difficulté d'appropriation des règles par certains coopérateurs, s'explique par des facteurs humains, sociopolitiques, économiques, environnementaux et techniques. Il s'agit de la qualité des formations, les sensibilisations et les routines dans l'application des règles par les coopérateurs, leurs niveaux de participation aux actions collectives, les relations avec les agents de vulgarisation, l'affinité personnelle avec

les principaux responsables de gestion, les motivations intrinsèques et extrinsèques (à travers les quantités de stocks) etc. Ainsi les coopérateurs ayant faiblement appropriés les règles sont en partie responsables des conflits qui surviennent dans la coopérative. Il est vrai que lorsque les coopérateurs se retrouvent dans un contexte où ils connaissent, maîtrisent, s'approprient parfaitement les règles de gestion dans une organisation et les appliquent rigoureusement, ceci contribue à la maîtrise des situations conflictuelles du fait de l'existence de ces règles qui prévoient une meilleure organisation, une transparence, une gestion claire et équitable des ressources aussi bien humaines que matérielles au sein des coopératives. Mais il n'en demeure pas moins important de souligner que parfois l'apparition des conflits dans le processus d'appropriation de ces règles par les coopérateurs permet de réaffirmer les prérogatives de chaque coopérateur, de réajuster les règles de gestion et de ré-circoscrire les contextes favorisant ainsi l'assimilation et l'appropriation facile de ces règles par tous les coopérateurs acteurs ou non dans la résolution de ces conflits.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Agrawal, A. 2001. Common Property Institutions and Sustainable Governance of Resources. *World Development* 29(10): 1649-1672
- Bandiera, O., Banka, I. and Rasul, I. 2005. Cooperation in Collective Action. *Economics of Transition* 13(3): 473-498
- Bazile D., Abrami G., Dembélé S., Le Page C., Dionnet M., Coulibaly H., 2006. Les paysans au coeur de la construction de règles collectives de gestion de l'agro biodiversité CIRAD, UPR 47 "GREEN", F-34398 Montpellier, 24 p.
- Coulter J. et Mamoudou S. 2009. Revue de warrantage au Niger, FAO, version déf. 59p.
- Dahou T., Elloumi M., Molle F., 2013. Appropriation et conflits autour des régimes d'accès aux ressources renouvelables, étude Rurales, pp 9-23.
- Dechamp G., Goy H., Grimand A. et De Vaujany F.X. 2006. Management stratégique et dynamiques d'appropriation des outils de gestion : proposition d'une grille de lecture, *Management & Avenir* /3 (n° 9), pp 181-200
- De Terssac, 2003. La théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud, La Découverte « Recherches », p. 191-196.
- De Vaujany F.X., 2006. Pour une théorie de l'appropriation des outils de gestion: vers un dépassement de l'opposition conception-usage. *Manag. Avenir* 109-126.
- De Vaujany F.X. et Grimand A., 2005. De la conception à l'usage : vers un management de l'appropriation des outils de gestion, EMS édition 11p.
- Dietz, T., Stern, P., 2003. The struggle to govern the commons. *Science* vol. 302, issue 5652, pp 1907-1912
- Egah J., Baco M.N., Moumouni M.I., Akponikpe P.B.I., Yegbemey R.N., Tossou R.C., 2014a. Performance of Institutional Innovation: The Case of Maize-Related Warrantage in Benin, West Africa. *IJAIR*, vol 3, issue 2, ISSN (online) 2319-1473
- Egah J., Baco M.N., Yegbemey R.N., Tossou R.C., 2015. Analysis of Organizational Innovations Adoption: Cases of the Different forms of Maize-related Warrantage in Benin. *Hum. Factors* 1, 4.
- Egah J., Moumouni M. I., N'koué S.E., Mouzou X.B., 2014b. L'influence des facteurs socioéconomiques dans l'appropriation des innovations piscicoles au Bénin. *Sci. Tech. Lettre science sociale et humaine* pp 139-147.
- Falzon, P., et Sauvagnac, C., 2001. Mémoire organisationnelle: du recueil des savoirs à leur construction coopérative. *Traité IC2 Management des connaissances. Modèles d'entreprise et applications*, pp 27-48.
- Hardin G., 1968. The Tragedy of the Commons, *JSTOR, Science, New Series*, Vol. 162, No. 3859. pp. 1243-1248.
- Hatchuel A., 1996. Cooperation et conception collective. *Variété et crise des rapports de prescription, coopération et conception*, pp 101-122.
- Jimmy P.K., Moumouni, M. I., 2016. Capital social et gestion des conflits dans le périmètre irrigué de Malanville au Bénin. *Cah. Agric.* 25, 65003.
- Kamissoko S., 2008. Guide méthodologique de gestion et de prévention des conflits liés aux ressources naturelles, Bureau d'Appui conseils aux Collectivités Rurales (BACR-SARL), DED, Kita. Pp 5-12.
- Keams A. et Forrest R., 2000. Social Cohesion and Multilevel Urban Governance, *journal indexing & metrics, urban studies*, vol. 37 N° 5-6, pp 995-1017.
- Lavigne M., 1999. The economic of transition: from socialiste economy to market economy, *macmillan international higher education*, 2ème édition pp 29-41.
- Lewicki R., Gray, B., Elliot, M., 2003. Making sense of intractable environmental conflicts: concepts and cases. *Island press* 6 p.
- Masclet, D., Moussair, C., Stucker, S. and Villeval, M-C., 2003. Monetary and Nonmonetary Punishment in the Voluntary Contribution Mechanism. *American Economic Review* 93: 366- 80.
- Mayen et Savoyant A. 1999. Application de procedure et competence de formation employ. N° special activité de travail et dynamique de competence. pp 77-92.

- Meinzen-Dick, R. et Knox, A., 2001. Collective Action, Property Rights, and devolution of natural resources management: A conceptual framework. Feldafing, Germany: Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft, pp.40-72.
- Meinzen-Dick, R., Raju, K.V., Gulati A., 2002. What Affects Organization and Collective Action for Managing Resources? Evidence from Canal Irrigation Systems in India, *World development*, vol 30 issue 4, pp 649-666.
- Mercier P., 1957. Le changement social et l'interprétation des faits de conflits. CIdS, Ecole pratique des hautes études, VI ème section, pp 63-84.
- O'Brien, L., Marzano M. et White R. M., 2013. Participatory interdisciplinarity: Towards the integration of disciplinary diversity with stakeholder engagement for new models of knowledge production. *Science and Public Policy* 40: pp 51-61.
- Olivier A., 2000. Le pardon ou comment revenir au monde ordinaire. *Esprit* (1940-), pp:72-87.
- Olson, M. Jr., 1965. *The Logic of Collective Action*. Cambridge, MA, Harvard University Press: 5-65.
- Ostrom, E., 1990. *The evolution of institution for collective action*, Cambridge university press, pp 4-12.
- Ostrom, E., 1992. *Crafting Institutions for Self-Governing Irrigation Systems*. San Francisco: ICS Press. 111p.
- Ostrom, E., 2000. Collective Action and the Evolution of Social Norms. *The Journal of Economic Perspectives* 14(3): 137-158.
- Piaget J., 1975. Equilibration des structures cognitives: problème central du développement, presses universitaire de France, vol 33.
- Ratner, L.D., Meinzen-Dick R., 2013. Resource conflict, collective action, and resilience: an analytical framework *International Journal of the Commons* Vol. 7, no 1, pp. 183-208
- Sultana, P. et Thompson, P., 2013. Natural resource conflicts and community organisation in Bangladesh, CGIAR System-wide Program on Property Rights and Collective Action, International Food Policy Research Institute, Washington, DC pp 6-16.
- Tole L., 2010. Reforms from the Ground Up: A Review of Community-Based Forest Management in Tropical Developing Countries, *environmental management*, Volume 45, Issue 6, pp 1312-1331.
- Wade, R., 1987. The management of common property resources: Collective Action as an alternative to privatization or State regulation. *Cambridge Journal of Economics* 11: 95-106.



Performances technico-économiques comparées des systèmes traditionnel et moderne d'étuvage du riz dans les communes de Gogounou et Banikoara au Nord-Bénin

Tankpinou Rémy GBEDE^{1,2,*}, Dado Philomène BIAOU¹, Agossoussi Thierry KINKPE¹, Afouda Jacob YABI¹

¹ Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES),
Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie,
Université de Parakou; BP 123 Parakou, République du Bénin

² University of Ibadan, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Agricultural
Economics; Ibadan, Nigeria

Reçu le 10 Mai 2018 - Accepté le 3 Décembre 2018

Technical and economic performances of traditional and modern systems of rice parboiling in Gogounou and Banikoara communities in Northern Benin

Abstract: Adoption of the modern equipment of rice parboiling is still relatively low in rural areas in Benin Republic. The objective of this research was to assess and compare the technical and economic performances of the modern and traditional systems of rice parboiling in order to seek whether the low level of adoption of the modern equipment of rice parboiling would be due to its technical and economic performances. For this purpose, a socioeconomic survey was taken in Gogounou and Banikoara communities in Northern Benin. Data on the demographic and socio-economic characteristics of the rice processors, the quantities and prices of the inputs and outputs of processing were collected from 160 rice processors in 8 different villages through structured individual investigations and focus groups, then were analyzed using descriptive statistics and tests of comparison of means. The results showed up that the modern system of parboiling has a better yield at the shelling as compared to the traditional system. This system allows the processors of rice to obtain a higher benefit, to more valorize the family labor and to be solvent compared to the traditional system, even if the level of remuneration of family labor was still low with both systems. It was therefore found that, technically and economically, the modern system of rice parboiling is better than the traditional system. From these results, it is recommended that the private or public agricultural policies vulgarize more the modern system of parboiling in the rural regions and help the rice processors for an easy acquirement of the kit of parboiling so as to make more effective the value chain of the local rice parboiled in Benin Republic.

Keywords: rice parboiling, technical and economic performances, Gogounou, Banikoara.

Résumé : L'adoption du dispositif moderne d'étuvage du riz reste relativement faible dans les milieux ruraux au Bénin. L'objectif de cette recherche a été d'évaluer et comparer les performances technique et économique des systèmes d'étuvage moderne et traditionnel du riz afin de voir si le faible niveau d'adoption du dispositif moderne d'étuvage serait dû à ses performances technique et économique. A cet effet, une enquête socioéconomique a été conduite dans les communes de Gogounou et de Banikoara, situées au Nord du Bénin dans le département de l'Alibori. Les données sur les caractéristiques démographiques et socioéconomiques des étuveuses, les quantités et prix des inputs et outputs de transformation ont été collectées chez 160 étuveuses du riz dans 8 différents villages à travers des enquêtes individuelles structurées et des focus groups, puis ont été analysées à l'aide des statistiques descriptives et des tests de comparaison de moyennes. Les résultats ont ressorti que le système d'étuvage moderne a un meilleur rendement au décortilage comparativement au système traditionnel. Il permet aux transformatrices d'obtenir un meilleur profit, de mieux valoriser la main-d'œuvre familiale et d'être solvables,

comparativement au système traditionnel, quand bien même le niveau de rémunération de la main d'œuvre familiale était faible au niveau des deux systèmes. C'est donc trouvé que, techniquement et économiquement, le système moderne d'étuvage est plus performant que le système traditionnel. De ces résultats, il importe que les politiques agricoles, privées ou publiques, vulgarisent encore plus le système moderne d'étuvage dans les milieux ruraux et aident les étuveuses pour une acquisition facile du kit d'étuvage afin de rendre plus performante la chaîne de valeur riz local étuvé au Bénin.

Mots clés: étuvage du riz, performances technique et économique, Gogounou, Banikoara.

1. Introduction

De par sa deuxième position parmi les céréales cultivées (149.000.000 ha) et sa troisième position parmi les céréales produites (380.000.000 tonnes), consommées et exportées dans le monde, le riz, une céréale du genre *Oryza*, est une spéculatation bien connue à travers le monde (MAEP, 2010a et Hemavathi & Prabakaran, 2018). En Afrique de l'Ouest, le riz est la céréale dont l'augmentation de la consommation est plus rapide (Diagne, 2016). Ce produit agricole est devenu un élément important dans l'alimentation humaine des pays de l'Afrique de l'Ouest. Le Bénin qui est un des pays de l'Afrique de l'Ouest ne fait pas exception à ces tendances régionales. Depuis quelques années, le riz fait partie des céréales les plus consommées au Bénin (Konnon et al., 2014). Sa consommation connaît une augmentation annuelle au Bénin avec un taux annuel de plus de 4% (Balaro et al., 2015). Bref, les habitudes alimentaires des populations béninoises ont été modifiées et la consommation du riz au quotidien tant en milieu rural qu'en milieu urbain n'est plus à démontrer (MAEP, 2010a ; Konnon et al., 2014 et Balaro et al., 2015). En réalité, le riz était jadis considéré surtout comme un repas des jours de fête au Bénin. D'après USDA (2016), la consommation du riz par tête était à environ 50 kg/an en 2013 au Bénin. Cette consommation est assurée aussi bien par la production locale que par l'importation. Cependant, le taux de dépendance du Bénin des importations du riz est d'environ 70% (USDA, 2016).

Conscient de cette importance du riz et de ce gap entre la production et la consommation, plusieurs efforts ont été menés par le pays pour faire accroître la production locale du riz et pour ainsi limiter la consommation du riz importé. De ce fait, la production rizicole au Bénin n'a pas cessé de croître depuis le milieu des années 1990 grâce à la réalisation de micro-aménagements peu coûteux dont la gestion reste au niveau des

producteurs (Adégbola & Singbo, 2003) et l'introduction des variétés améliorées. La production du riz est ainsi passée de 16.545 tonnes en 1995 à 48.607 tonnes en 2000, puis à 150.604 tonnes en 2009 (MAEP, 2010b) et à 204.309,71 tonnes en 2015 (CountrySTAT Bénin, 2016).

Malgré ces efforts, le développement du riz local et celui de sa commercialisation sur les marchés font face à plusieurs problèmes qui conduisent les acheteurs à privilégier le riz importé (Dagan, 2006). Le riz produit localement n'est alors pas compétitif sur le marché local et sous régional. D'après Adégbola & Singbo (2005), le principal problème du riz local demeure sa faible qualité induisant une faible compétitivité face au riz importé. L'amélioration de la qualité du riz local paraît ainsi nécessaire.

C'est dans ce cadre que des travaux de recherche ont particulièrement porté sur l'étuvage du riz qui est une activité de transformation du paddy permettant d'améliorer les qualités nutritionnelles du riz. Un dispositif amélioré d'étuvage composé d'un bac d'étuvage de forme tronconique et d'une marmite en alliage d'aluminium a été donc développé, mis au point et introduit en milieu rural par le Programme de Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) afin d'améliorer la qualité du riz local étuvé sur le marché et de mieux répondre aux exigences des consommateurs (Houssou, 2002 ; Houssou et al., 2008 et Zossou & Wanvoeke, 2010). Ce système d'étuvage moderne vise surtout à améliorer de façon quantitative et qualitative le rendement du riz produit localement tout en maintenant ses qualités organoleptiques et sa valeur marchande (Houssou, 2002). Par ailleurs, une ancienne pratique d'étuvage existait et est communément appelée "étuvage traditionnel" mais n'assure pas une bonne qualité du riz étuvé.

Mais, en dépit des avantages techniques du dispositif moderne, le système traditionnel est toujours couramment pratiqué par les étuveuses des milieux ruraux et sa fréquence d'utilisation semblerait même dépasser celle du système moderne. Autrement dit, le niveau d'adoption du dispositif moderne d'étuvage reste relativement faible. Des études ont déjà abordé ce sujet de faible adoption du matériel moderne d'étuvage et ont identifié

* Auteur Correspondant : remy.gbédé@yahoo.fr ; +229 66 86 34 56 ; +234 903 541 2439

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

des causes dont entre autres, son coût d'acquisition élevé (Lawin, 2006) et son usage exclusif pour l'étuvage seul (Houssou, 2002). Mais à notre connaissance, il y a peu d'études qui aient comparés les performances technique et économique des deux équipements pour voir ce qui aiderait mieux les transformatrices du riz. En d'autres termes, la question "lequel des systèmes d'étuvage traditionnel et moderne du riz est économiquement plus rentable pour les étuveuses ?" reste sans réponse. C'est pour apporter une réponse à cette question que la présente recherche se propose d'évaluer sous un regard comparatif les performances technico-économiques de ses deux systèmes d'étuvage du riz dans les communes de Gogounou et Banikoara au Nord de la République du Bénin. Elle vise à orienter les transformatrices du riz dans leurs activités vis-à-vis de chaque système d'étuvage.

2. Matériel et méthodes

2.1. Notion théorique sur les performances technique et économique

Dans les études des exploitations agricoles, la performance technique est souvent appréciée par la productivité. La productivité est une mesure de l'efficacité technique qui exprime une mesure physique. Concrètement, la productivité est définie la plupart du temps comme le rapport entre la production d'un bien ou 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). Généralement, il existe deux groupes d'approches permettant d'aborder la notion de productivité : l'approche unifactorielle et l'approche multifactorielle. Dans l'approche unifactorielle, la production est mise en relation avec un seul facteur de production, comme par exemple la terre, travail ou le capital, tandis que l'approche multifactorielle assemble à la fois les effets de plusieurs inputs (Gamache, 2005). Ainsi, l'approche unifactorielle fournit-elle la contribution de chaque facteur à la production. Il y a donc théoriquement autant de mesures unifactorielles qu'il existe de facteurs de production. De cette manière, 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). Dans la présente étude où l'unité de production est l'unité de transformation du riz paddy (unité d'étuvage du riz ou unité de production du riz étuvé), c'est cette approche unifactorielle en relation avec le facteur riz paddy qui a été utilisée. Cette dernière a été retenue compte tenu de sa simplicité. Ainsi, pour apprécier la performance technique des systèmes d'étuvage du riz, la production de chaque système a été rapportée à la quantité de matière première de transformation (riz paddy). Autrement dit, c'est la production du facteur

"matière première d'étuvage" qui est étudiée (le rendement par kg du riz paddy).

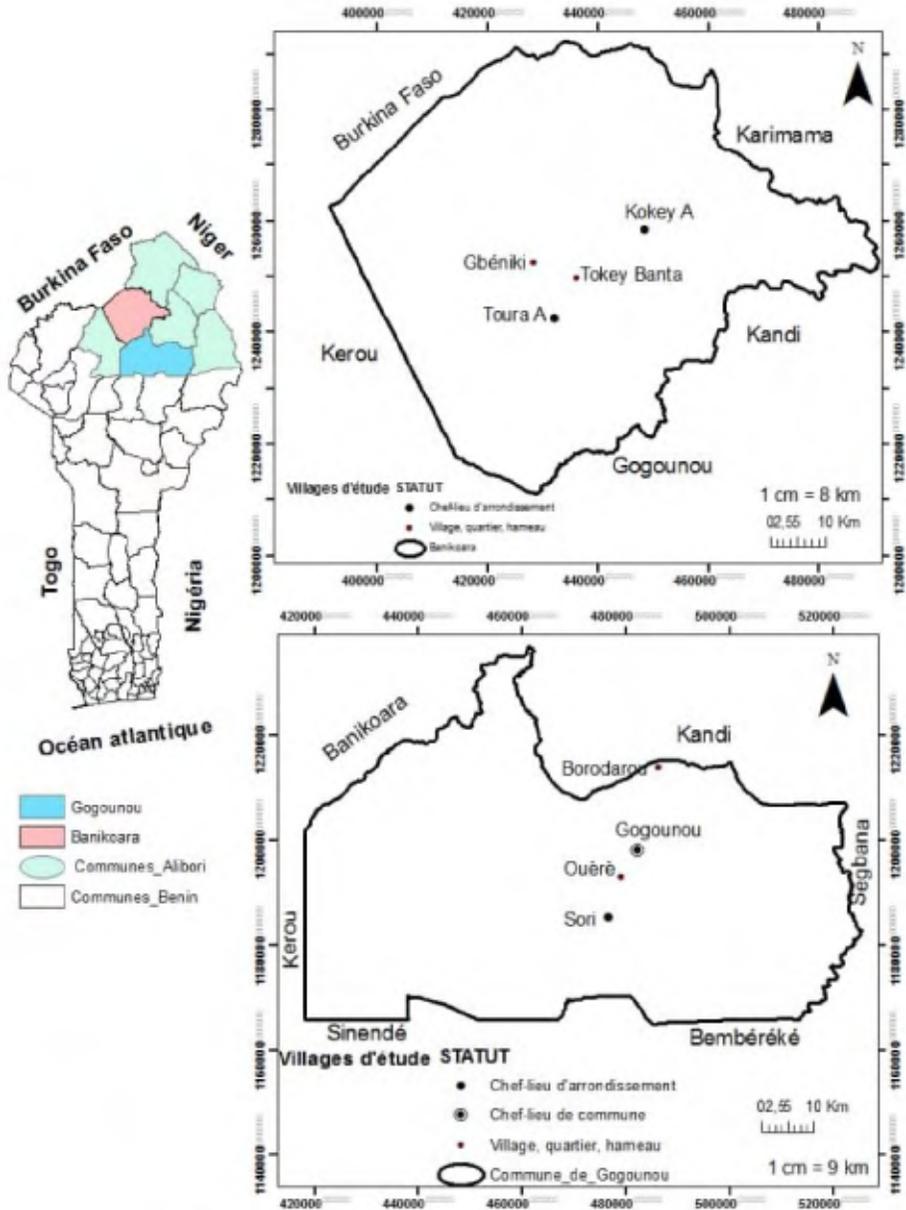
Parlant de la performance économique, sa notion renvoie ici à la notion de son principal indicateur qui est la rentabilité. Contrairement à la productivité qui traite d'une mesure physique, la rentabilité est une mesure de valeur qui fait appel à la notion de coûts et de bénéfice. La rentabilité est couramment définie comme la capacité d'un capital à générer de revenu. Il est dans ce sens assimilé au profit (Ellis, 1993). Pour survivre à long terme, une unité de production doit optimiser ses facteurs de production et en tirer un profit ; elle doit être rentable. Ceci est traité du comportement de rationalité dans le modèle néoclassique (Guerrien, 1993). En effet, le producteur doit chercher à maximiser son profit sous contrainte de ses coûts fixes et variables de production. Obtenir le plus grand revenu net possible est fréquemment identifié comme premier objectif de la plupart des entreprises de production agricole. C'est-à-dire, l'entreprise doit chercher autant que possible à produire en grande quantité pour optimiser son revenu tout en réduisant ses coûts de production. 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. Dans les études de la rentabilité, deux types de rentabilité se présentent : la rentabilité financière et la rentabilité économique. Le point fondamental qui distingue ces deux types de rentabilité est l'origine des capitaux totaux investis, c'est-à-dire l'origine des ressources employées. Alors, 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 revenu avant paiement des intérêts sur les emprunts. Par contre, la rentabilité financière se rapporte seulement à la capacité des capitaux propres à générer de revenu. Sur le plan comptable, ces deux formes de rentabilité deviennent la même si l'exploitation ne bénéficie pas de crédits extérieurs. Dans le présent travail, c'est la rentabilité économique qui a été considérée vu que les unités d'étuvage du riz bénéficient des crédits agricoles des institutions de microfinance agricoles pour soutenir les capitaux propres.

2.2. Zone d'étude, échantillonnage, collecte et analyse des données

La zone d'étude est l'ensemble des communes de Gogounou et Banikoara au Nord du Bénin. Les com-

munnes de Gogounou et de Banikoara sont situées respectivement à l'entrée-Sud du département de l'Alibori entre 10°33' et 10°57' de latitude Nord et 2°15' et 3°15' de longitude Est, et au Nord-Ouest du Bénin dans le département de l'Alibori entre 11°18' de latitude Nord et

2°26' de longitude Est (Figure 1). L'activité d'élevage du riz est relativement importante dans ces deux communes avec la présence simultanée des deux systèmes d'élevage, traditionnel et moderne, du riz (Yabi et al., 2015).



Source : IGN, 2008

SC: WGS84 UTM31N

Figure 1 : Carte des communes de Banikoara et Gogounou avec les villages d'étude

Figure 1: Map of Banikoara and Gogounou communes along with research villages

Suivant le critère "l'introduction ou non du dispositif moderne d'étuvage du riz dans le village", huit villages d'enquête ont été choisis à raison de quatre villages par système d'étuvage. L'étude a donc considéré quatre villages dans lesquels s'observe la pratique du système d'étuvage moderne (Gogounou-Centre et Borodarou dans la commune de Gogounou et, Kokey-Centre et Gbéniki, dans la commune de Banikoara) et quatre villages dans lesquels ne se pratique que le système d'étuvage traditionnel (Sori-Centre et Ouèrè à Gogounou et, Toura-Centre et Tokey à Banikoara). Les unités d'observation étaient les femmes transformatrices du riz pratiquant le système d'étuvage traditionnel et/ou le système d'étuvage moderne avant le décorticage du paddy (les étuveuses). Au total, un effectif de 160 étuveuses à raison de 80 étuveuses par système d'étuvage, a été sélectionné au hasard avec la méthode d'échantillonnage aléatoire simple dans les huit villages d'étude et a été enquêté (tableau 1). Cette taille d'échantillon a

été rationnellement fixée en tenant compte du temps et des moyens financiers disponibles pour la collecte des données et des analyses statistiques envisagées par l'étude.

Les données primaires de l'étude (caractéristiques démographiques et socioéconomiques des étuveuses, quantités et prix des inputs et outputs engagés dans l'étuvage du riz) ont été collectées sur la base d'un questionnaire rempli à travers des enquêtes individuelles structurées et des focus groups. En plus, des données secondaires ont été obtenues dans différents centres de documentation des communes d'étude, de l'Université de Parakou et sur internet. Les données ont été saisies dans le logiciel Microsoft Access 2013, puis ont été apurées et analysées à l'aide du logiciel SPSS 20.0 en utilisant des statistiques descriptives et des tests *t* de Student de comparaison de moyennes pour échantillons indépendants.

Tableau 1 : Structure de l'échantillon de la recherche

Table 1: Structure of the research sample

Type de système d'étuvage	Communes	Villages	Taille de l'échantillon	Total
Système moderne	Gogounou	Gogounou-Centre ^a	20	80
		Borodarou ^a	20	
	Banikoara	Kokey-Centre ^a	20	
		Gbéniki ^a	20	
Système traditionnel	Gogounou	Sori-Centre ^b	20	80
		Ouèrè ^b	20	
	Banikoara	Toura-Centre ^b	20	
		Tokey ^b	20	
Total				160

^a = villages du système moderne ; ^b = villages du système traditionnel

Source : Résultats d'enquêtes socioéconomiques (2016)

2.3. Méthodes d'évaluation des performances technique et économique des systèmes d'étuvage

2.3.1. Calculs des indicateurs de la performance technique

Comme énoncé et décrit dans la section 2-1 et en s'inspirant des travaux de Biau et al. (2016), la performance technique des systèmes d'étuvages du riz a été appréciée par les rendements physiques (R) obtenus. Par définition, ce rendement représente la quantité physique totale du riz étuvé obtenue (kg) à la fin de la transformation par unité de la quantité du riz paddy (kg de paddy). Il est ainsi exprimé en kg/kg de paddy par la formule suivante :

$$R_i = \frac{PT_i}{Q_i} \quad (1)$$

avec R_i (kg/kg de paddy), le rendement du riz obtenu par la transformatrice i ; PT_i (kg) la production totale nette (production sans brisures), c'est-à-dire la quantité

totale nette du riz étuvé obtenue à la fin de la transformation par la transformatrice i et Q_i (Kg de paddy) la quantité totale du riz paddy mise en étuvage par la transformatrice i .

2.3.2. Estimation des indicateurs de la performance économique

De différentes approches sont utilisées en économie de la production agricole pour évaluer la rentabilité d'un système de production ou d'une activité. A titre d'exemples, il y a la méthode de la MAP : Matrice d'Analyse des Politiques (Fanou, 2008), la méthode des marges et la méthode des résultats d'exploitation (Sodjinou, 2016). Cependant, vu son importance dans les détails d'une unité de production et compte tenu du fait qu'elle est relativement simple, c'est la méthode des marges qui a été retenue pour le présent travail. En effet, cette méthode désigne une technique d'analyse qui suppose l'affectation des charges opérationnelles aux diverses activités de l'exploitation (Cordonnier et al.,

1977 et Sodjinou, 2011). Elle fournit des informations utiles pour diverses catégories d'acteurs (producteurs/transformatrices, agents de vulgarisation, structure de développement et autres) afin de leur permettre de prendre des décisions (Sodjinou, 2011). Ainsi d'après Yabi et al. (2012a), Yabi et al. (2012b), Biao et al. (2016), Akpo et al. (2016) et Sodjinou (2016), la rentabilité économique des systèmes d'étuvage du riz a été évaluée par trois différents indicateurs que sont : la marge nette, la productivité moyenne du travail (main-d'œuvre familiale) et la productivité moyenne du capital, option économique (capital-argent).

La *Marge Nette (MN)* : exprimée en FCFA/kg de paddy, la Marge Nette est calculée par :

$$MN = PBV - CT \quad (2)$$

avec *PBV*, le produit brut en valeur (FCFA/kg de paddy) ; *CT*, les coûts totaux de transformation (FCFA/kg de paddy) composés de coûts variables et fixes. Ici, les coûts variables comprenaient les charges liées aux intrants de la transformation (paddy, combustibles, eau, décorticage et sac) et à la main-d'œuvre salariée payée (main-d'œuvre occasionnelle) alors que les coûts fixes comprenaient les intérêts payés sur les emprunts, l'amortissement ou frais de location du matériel de transformation et les impôts et taxes payés aux marchés. Si *MN* est positive ($MN > 0$), l'activité est économiquement rentable du point de vue du bénéfice obtenu ; par contre si elle est négative ($MN < 0$), la production n'est pas économiquement rentable.

La *Productivité Moyenne du Travail (PML)* : elle est exprimée en FCFA/HJ et est obtenue par la formule suivante :

$$PML = \frac{MN}{MO} \quad (3)$$

où *MO* est la quantité physique de la main d'œuvre familiale totale utilisée pour la transformation (HJ/kg de paddy). *PML* est comparée au prix *p* d'un homme-jour dans le milieu d'étude (ici, $p = 2000 \text{ Fcfa}$). Si $PML > p$, l'activité est économiquement rentable du point de vue du salaire obtenu ou de la valorisation de la main-d'œuvre familiale. Mais si $PML < p$, l'activité n'est pas économiquement rentable. D'après Yabi et al. (2012b), l'homme-jour est considéré comme la quantité de main-d'œuvre fournie par une personne adulte de sexe masculin pendant huit heures de travail. Étant donné que l'étuvage est une activité exclusivement féminine dans le milieu et que les étuveuses se font aider par des enfants, filles comme garçons, les équivalences selon lesquelles 1 femme.jour = 0,75 homme-jour et 1 enfant jour = 0,5 homme jour ont été utilisées pour tout ramener en homme-jour afin de rester dans la logique de la formule de *PML*.

La *Productivité Moyenne du Capital (PMK)*, option économique : exprimée en %, elle définit la marge nette obtenue par unité du capital total réellement investi.

$$PMK = \frac{MN}{CT} * 100 \quad (4)$$

PMK est comparée au taux d'intérêt *i* appliqué aux transformatrices par les institutions de microfinance agricoles de la zone d'étude (ici, $i = 20\%$). Si $PMK > i$, l'activité est dite économiquement rentable du point de vue de l'investissement du capital ou de la valorisation du capital investi ; mais si $PMK < i$, l'activité ne l'est pas.

2.3.3. Interprétation économique des résultats

Afin de comparer les performances technique et économique des systèmes d'étuvage traditionnel et moderne du riz à travers chacun de ces indicateurs ci-dessus décrits, des tests *t* de Student de comparaison de moyennes pour échantillons indépendants (étuveuses traditionnelles et étuveuses modernes) ont été réalisés. Pour chaque indicateur calculé, les valeurs moyennes au niveau des deux groupes d'échantillon ont été comparées. Avec un seuil statistique maximum de 5% ($p < 0,05$), le système d'étuvage ayant une valeur moyenne la plus élevée pour un indicateur considéré, est plus performant que l'autre, selon le type de la performance.

3. Résultats

3.1. Analyse technique et économique de l'étuvage du riz dans le milieu d'étude

Le tableau 2 présente les résultats des indicateurs techniques et économiques permettant d'apprécier le niveau de productivité et de rentabilité économique de l'étuvage du riz à Gogounou et Banikoara. Il ressort de l'analyse du tableau que le rendement physique moyen du riz étuvé obtenu après décorticage était de $0,521 \pm 0,072 \text{ kg/kg}$ de paddy. Cela explique que sur 100 kg du riz paddy étuvés, les étuveuses des communes de Gogounou et de Banikoara obtiennent en moyenne 52,1 kg du riz blanc.

Tableau 2 : Analyse de quelques indicateurs d'efficacité technique et économique de l'étuvage du riz

Table 2: Analysis of some indicators of technical and economic efficiencies of rice parboiling

Indicateurs	Effectif (N)	Moyenne	Ecart-type
Rendement (kg/kg riz paddy)	160	0,521	0,072
Marge Nette (Fcfa/kg riz paddy)	160	21,87	24,811
Productivité Moyenne du Travail (Fcfa/HJ)	160	384,678	818,933
Productivité Moyenne du Capital, option économique (%)	160	14,689	16,464

Source : Résultats d'analyses des données d'enquête Socioéconomique (2016)

L'analyse de la marge nette a montré que tous les coûts de transformation (variables et fixes) engagés par les transformatrices de Gogounou et Banikoara sont largement bien compensés par les revenus qu'elles obtiennent ($MN > 0$). L'activité de transformation du paddy est donc économiquement rentable. Les étuveuses réalisent environ un bénéfice de 21,87 FCFA sur 1 kilogramme du paddy transformé. Les résultats de la productivité moyenne du travail (PML) montrent que la valeur moyenne obtenue par ces étuveuses était de 384,678 FCFA/Hj, ce qui est inférieure au coût d'opportunité de la main d'œuvre qui était de 2000 FCFA dans la zone d'étude. L'étuvage du riz n'était donc pas économiquement rentable du point de vue de la valorisation de la main-d'œuvre familiale dans le milieu d'étude. Quant aux performances suivant la productivité moyenne du capital, option économique (PMK), les résultats consignés dans le tableau révèlent que sa valeur moyenne était estimée à 14,689 %. Cette valeur étant inférieure au taux d'intérêt annuel pratiqué par les institutions de microfinances agricoles de la zone d'étude qui s'élevait à 20%, l'activité d'étuvage du riz n'était donc pas économiquement rentable du point de vue de la productivité moyenne du capital investi, option économique.

3.2. Analyse comparative des deux systèmes d'étuvage traditionnel et moderne du riz

3.2.1. Coûts d'étuvage

Les coûts de l'étuvage du riz sont consignés dans le tableau 3. Ces coûts sont répartis en deux principales catégories selon qu'ils varient en fonction de la quantité du riz étuvé ou non : coûts variables et coûts fixes. L'analyse de ces coûts a montré que les coûts d'étuvage

du riz diffèrent d'un système d'étuvage à un autre avec une élévation des coûts au niveau du système moderne, quel que soit la catégorie de ces derniers. Les tests t de Student réalisés à cet effet se sont tous révélés significatifs au niveau des trois catégories de coûts de transformation à un seuil statistique de 1% ($p < 0,01$). Ceci confirme les différences de moyennes observées entre les coûts de transformation pour les deux types d'étuvage. Par ailleurs, pour étuver 1 Kg de riz paddy il faut à la transformatrice une dépense totale de 153,609 Fcfa avec le système moderne contre 145,366 Fcfa avec le système traditionnel.

3.2.2. Rendement physique à l'étuvage et rentabilité économique des systèmes d'étuvage

Le tableau 4 renseigne sur les indicateurs de la performance technique et économique de l'activité de transformation du paddy suivant les systèmes d'étuvage. Les résultats relatifs à chacun de ces indicateurs se sont révélés différents d'un système d'étuvage à un autre.

L'analyse de l'indicateur de la performance technique a montré que le système d'étuvage moderne était techniquement plus performant que le système traditionnel dans les communes de Gogounou et Banikoara. En effet, le rendement moyen du système moderne est significativement supérieur au rendement moyen du système traditionnel à un seuil statistique de 1% ($t = 12,280$; $ddl = 158$; $p = 0,000$; $Dm = 0,10075 \pm 0,00820$ kg/kg de riz paddy). Les étuveuses modernes obtenaient un rendement de $0,5714 \pm 0,056$ kg/kg de riz paddy tandis que les transformatrices traditionnelles obtenaient un rendement de $0,4706 \pm 0,046$ kg/kg de riz paddy.

Tableau 3 : Coûts d'étuvage du riz suivant les systèmes d'étuvage

Table 3: Costs of rice parboiling according to parboiling systems

Indicateurs	Système d'étuvage	Effectif (N)	Moyennes	Erreur-type
Coûts variables (Fcfa/kg riz paddy)	Traditionnel	80	144,811	11,438
	Moderne	80	150,316	8,479
	Ensemble des 02 systèmes	160	147,563	10,409
	<i>Statistique t de Student = 3,458 ; ddl = 158 ; p = 0,001 ; Dm = 5,505 (1,591)***</i>			
Coûts fixes (Fcfa/kg riz paddy)	Traditionnel	80	0,699	0,313
	Moderne	80	3,372	2,148
	Ensemble des 02 systèmes	160	2,040	2,034
	<i>Statistique t de Student = 11,013 ; ddl = 158 ; p = 0,000 ; Dm = 2,673 (0,242)***</i>			
Coûts totaux (Fcfa/kg riz paddy)	Traditionnel	80	145,366	11,265
	Moderne	80	153,609	8,366
	Ensemble des 02 systèmes	160	149,488	10,721
	<i>Statistique t de Student = 5,254 ; ddl = 158 ; p = 0,000 ; Dm = 8,24279 (1,568)***</i>			

ddl= degré de liberté ; p= probabilité de signification ; Dm= différence de moyenne ; ()= écart-type ; ***= signification à 1%

Source : Résultats d'analyses des données d'enquête Socioéconomique (2016)

Quant aux indicateurs de la performance économique, la marge nette (*MN*) du système moderne était supérieure à celle du système traditionnel avec une différence de moyenne $Dm= 37,887 \pm 2,530$ Fcfa/kg_{riz paddy}. Le test *t* de Student a montré que cette différence de moyenne est significative au seuil de 1% ($t= 14,973$; $ddl= 158$; $p= 0,000$). Le système d'étuvage moderne procure donc un meilleur profit aux transformatrices comparativement au système d'étuvage traditionnel. Autrement dit, le système moderne améliore la marge nette comparativement au système traditionnel. En effet, les étuveuses du système moderne réalisaient un bénéfice de 40,814 Fcfa/kg_{riz paddy} alors que celles du système traditionnel obtenaient un profit de 2,927 Fcfa/kg_{riz paddy}. Le système moderne est économiquement plus rentable que le système traditionnel, du point de vue du profit obtenu. Autrement dit, le système moderne est alors économiquement plus performant que le système traditionnel en termes du bénéfice réalisé. Par ailleurs, toutes les valeurs de la marge nette renseignées dans le tableau 4 étant positives, l'activité d'étuvage du riz était donc rentable au niveau de chaque système d'étuvage.

Concernant les résultats relatifs à la productivité moyenne du travail (*PML*), ses valeurs moyennes consignées dans le tableau 4 sont toutes inférieures au coût d'opportunité *p* de la main d'œuvre qui était de 2000 Fcfa dans la zone d'étude. Cela montre que l'étuvage du riz n'était pas économiquement rentable en termes de rémunération de la main d'œuvre familiale. Toutefois, la productivité moyenne du travail obtenue avec le système moderne est supérieure à celle obtenue au niveau du système traditionnel ($680,422 > 88,934$ FCFA/Hj). Le test de comparaison de moyenne réalisé a montré que cette différence de moyenne est significative au seuil de 1% ($t= 4,885$; $ddl= 158$; $p= 0,000$;

$Dm= 591,487 \pm 121,071$ FCFA/Hj). Alors, quand bien même qu'aucun des deux systèmes d'étuvage ne rentabilise la main d'œuvre familiale, le système moderne rémunérerait mieux la main d'œuvre familiale plus que le système traditionnel. De ce fait, l'étuvage moderne est économiquement plus performant que l'étuvage traditionnel chez les étuveuses de Gogounou et Banikoara, du point de vue de la valorisation de la main d'œuvre-familiale.

Au niveau des résultats de la productivité moyenne du capital, option économique (*PMK*), il ressort que les étuveuses du système moderne étaient solvables alors que celles du système traditionnel ne l'étaient pas. Ceci vient du fait qu'au niveau du système moderne, la valeur moyenne de *PMK* était de 26,915%, ce qui est supérieure à la valeur du taux d'intérêt qui s'élevait à 20% ; tandis qu'au niveau du système traditionnel, la valeur moyenne de *PMK* était de 2,462% (inférieure à 20%). Ainsi, alors que l'activité d'étuvage du riz était rentable avec le système moderne elle ne l'était pas avec le système traditionnel du point de vue de la productivité moyenne du capital investi. Aussi, la comparaison des moyennes des *PMK* au niveau des deux systèmes a montré que la valeur moyenne obtenue au niveau du système d'étuvage moderne est significativement supérieure à celle obtenue au niveau du système d'étuvage traditionnel avec une signification de 1% ($t= 14,035$; $ddl= 158$; $p= 0,000$; $Dm= 24,452 \pm 1,742$ %). Il se dégage que le système d'étuvage moderne est économiquement plus performant que le système traditionnel en termes de la productivité moyenne du capital investi.

Tableau 4 : Comparaison des performances technique et économique des systèmes traditionnel et moderne d'étuvage du riz

Table 4: Comparison of the technical and economic performances of the traditional and modern systems of rice parboiling

Performance technique				
Indicateurs	Système d'étuvage	Effectif (N)	Moyennes	Erreur-type
Rendement (kg/kg _{riz paddy})	Traditionnel	80	0,4706	0,046
	Moderne	80	0,5714	0,056
	Ensemble des 02 systèmes	160	0,521	0,072
	Statistique <i>t</i> de Student= 12,280 ; $ddl= 158$; $p= 0,000$; $Dm= 0,10075$ (0,00820)***			
Rentabilité économique				
Indicateurs	Système d'étuvage	Effectif (N)	Moyennes	Erreur-type
Marge Nette (Fcfa/kg _{riz paddy})	Traditionnel	80	2,927	14,935
	Moderne	80	40,814	17,003
	Ensemble des 02 systèmes	160	21,871	24,811
	Statistique <i>t</i> de Student= 14,973 ; $ddl= 158$; $p= 0,000$; $Dm= 37,887$ (2,530)***			
Productivité Moyenne du Travail (Fcfa/Hj)	Traditionnel	80	88,934	733,371
	Moderne	80	680,422	796,754
	Ensemble des 02 systèmes	160	384,678	818,933
	Statistique <i>t</i> de Student= 4,885 ; $ddl= 158$; $p= 0,000$; $Dm= 591,487$ (121,071)***			
Productivité Moyenne du Capital, option économique (%)	Traditionnel	80	2,462	10,478
	Moderne	80	26,915	11,534
	Ensemble des 02 systèmes	160	14,689	16,464
	Statistique <i>t</i> de Student= 14,035 ; $ddl= 158$; $p= 0,000$; $Dm= 24,452$ (1,742)***			

Source : Résultats d'analyses des données d'enquête Socioéconomique (2016)

4. Discussion

4.1. Performance technique des systèmes d'étuvage traditionnel et moderne du riz

L'analyse des rendements physiques nets obtenus par les étuveuses de chaque système à la fin du processus d'étuvage a montré que le rendement moyen au niveau du système moderne est significativement supérieur à celui obtenu avec le système traditionnel. Le système moderne d'étuvage était donc techniquement meilleur pour les étuveuses, comparativement au système traditionnel. Autrement dit, le système moderne était plus performant que le système traditionnel dans les communes de Gogounou et Banikoara. Cette différence de moyenne de rendements en faveur du système moderne s'expliquait par le fait que ce système donnait un faible taux de brisures et moins de grains carbonisés comparativement au système traditionnel. Ces résultats sont contraires à celui de Houssou (2002) qui, en étudiant le développement de l'étuvage au Bénin, a montré que le rendement obtenu avec le système moderne était inférieur à celui du système traditionnel ; et donc le système traditionnel était techniquement meilleur que celui moderne. Cette différence de résultats s'explique par le fait que le rendement considéré dans le cadre de la présente étude est celui net (le taux de brisure au décorticage est extrait) alors que celui considéré dans le travail de Houssou (2002) a pris en compte le taux de brisure. En jetant un regard sur d'autres activités de transformation agricole en milieu rural, les résultats de cette recherche sont confortés par ceux des travaux d'Adégbola et al. (2004) qui, en faisant une étude technique et socio-économique de la semi-mécanisation du procédé artisanal de production du gari au Bénin, ont montré que techniquement, les technologies améliorées sont meilleures par rapport aux traditionnelles. En effet, ces auteurs ont trouvé que les nouvelles technologies (nouveaux procédés) de transformation du manioc en gari donnaient des rendements plus élevés que les rendements des procédés artisanaux (traditionnels). Ainsi, il est donc important que des politiques agricoles pensent davantage à la modernisation des procédés ou méthodes de transformation des produits agricoles au Bénin, surtout dans les milieux ruraux.

4.2. Performance économique des systèmes d'étuvage traditionnel et moderne du riz

4.2.1. Analyse des coûts

L'analyse des coûts de transformation a montré que les coûts de transformation du riz paddy avec le système d'étuvage moderne étaient significativement plus élevés que ceux avec le système d'étuvage traditionnel. Ces résultats s'expliquaient par le fait que le système d'étuvage moderne est beaucoup plus exigeant en quantité d'intrants de transformation, surtout l'eau et le bois

de chauffage pour l'étuvage de faibles quantités de paddy comparativement au système traditionnel. A cela, s'ajoutait la spécificité du matériel d'étuvage au niveau du système moderne (son usage unique) qui fait que son coût d'amortissement est élevé. En effet, le matériel ne s'utilise que pour l'étuvage du riz contrairement au matériel du système traditionnel qui s'utilisait pour d'autres activités de transformations outre l'étuvage du riz. A titre d'exemple, la marmite qui est utilisée dans l'étuvage traditionnel s'utilisait aussi dans la fabrication de galettes <<klouiklou>> par les femmes formatrices du milieu alors que le kit d'étuvage moderne ne connaissait qu'un seul usage (l'étuvage du riz uniquement). Ces résultats sont en ligne avec ceux d'Adégbola et al. (2004) sur les techniques de production du gari. Ces auteurs avaient trouvé que les coûts de transformation du gari sont plus élevés avec les technologies améliorées qu'avec le procédé traditionnel.

Cependant, les dépenses totales nécessaires pour l'étuvage du riz se regroupaient beaucoup plus au niveau des charges variables de transformation, quel que soit le système d'étuvage. En d'autres termes, les coûts variables occupaient une proportion importante dans les coûts totaux de l'étuvage du riz. Ceci va dans le même sens que les résultats d'Agazounon et al. (2004) qui ont montré dans une étude d'analyse des techniques de transformation de niébé en "atta" au Bénin que ce sont les coûts du niébé et de l'huile, qui ne sont rien d'autres que des coûts variables, qui occupaient la proportion la plus importante dans les coûts de transformation.

Il apparaît nécessaire de poser la question suivante : ces dépenses non négligeables, nécessaires pour l'étuvage d'un kilogramme du riz paddy, sont-elles profitables pour la formatrice (l'étuveuse), surtout avec le système moderne ? La section suivante donne de réponse à cette question.

4.2.2. Analyse de la rentabilité économique

L'analyse de la marge nette a révélé que l'activité d'étuvage du riz est économiquement rentable du point de vue du bénéfice réalisé, quel que soit le type d'étuvage pratiqué. Toutes les valeurs moyennes des marges nettes obtenues sont positives. Ainsi, toutes les dépenses de la transformation sont largement bien couvertes par les revenus obtenus, quel que soit le système d'étuvage. Les précédents coûts totaux de transformations sont donc profitables à la formatrice. Ces résultats renchérissent ceux de Adégbola & Sodjinou (2003) et de Yabi et al. (2015) qui, en étudiant respectivement la filière riz au Bénin et l'activité d'étuvage dans les communes de Gogounou et Banikoara, montraient que la transformation du paddy est une activité économiquement rentable. Plus loin, le système moderne est économiquement plus rentable que le système traditionnel, du point de vue du profit obtenu. Le système moderne améliore la marge nette des étuveuses

comparativement au système traditionnel. En effet, le système moderne donnait un meilleur rendement au décortilage comparativement au système traditionnel alors que le riz étuvé avec le système moderne est vendu plus cher que le riz étuvé avec le système traditionnel. Donc tous les coûts de transformation relatifs au système moderne, aussi élevés qu'ils soient, sont totalement compensés par les recettes qu'il engendre ; et même plus que le système traditionnel. Ces résultats se confirment bien par les résultats de Houssou et al. (2011) qui, en étudiant l'étuvage amélioré du riz au Bénin, ont conclu que l'étuvage du riz avec le dispositif amélioré (système d'étuvage moderne) est rentable. Ainsi, ce dispositif procure aux transformatrices un meilleur profit comparativement au dispositif traditionnel.

Concernant les résultats relatifs à la productivité moyenne du travail (*PML*), c'est montré que l'activité de l'étuvage du riz ne rémunère pas la main d'œuvre familiale, peu importe le système d'étuvage considéré. Elle n'est donc pas économiquement rentable en termes de la valorisation de la main d'œuvre familiale dans les communes d'étude. Cela indique qu'aucun des systèmes d'étuvage ne confère une bonne rémunération de la main d'œuvre familiale à la transformatrice et son ménage. Ainsi pour la transformatrice et son ménage, il serait donc avantageux d'aller vendre leur force de travail à l'extérieur que de produire pour leur propre compte. Cet aspect des résultats pose le problème de la non maîtrise de la gestion rationnelle de la main d'œuvre familiale par les étuveuses. Ce problème de la non rationalité de la main d'œuvre familiale en milieu rural ne date pas de maintenant. Il avait été soulevé dans plusieurs travaux dont ceux de Yabi et al. (2012b) et Yabi et al. (2015). Il serait donc important que des pistes pour une bonne gestion, une bonne organisation et une bonne planification de la main d'œuvre familiale pour des activités agricoles en milieu rural, surtout les activités de transformations des produits post-récoltes soient désormais la vision des politiques agricoles au Bénin (la rationalité de la main d'œuvre familiale). Néanmoins, sur le plan de la performance économique des deux systèmes, les résultats ont montré que le système d'étuvage moderne est économiquement plus performant que le système traditionnel en termes de la rémunération de la main d'œuvre familiale. En effet, la main d'œuvre familiale est mieux rémunérée au niveau du système d'étuvage moderne, comparativement au système traditionnel.

Les résultats de la productivité moyenne du capital, option économique (*PMK*) confortent ceux obtenus plus haut par rapport aux marges nettes avec le système moderne. L'activité d'étuvage du riz est économiquement rentable du point de vue de la productivité moyenne du capital investi, option économique avec le système moderne. Par contre, elle n'est pas rentable du

point de vue du même indicateur avec le système traditionnel d'étuvage. Le système d'étuvage moderne du riz permet aux transformatrices de Gogounou et Banikoara d'être solvables alors que le système d'étuvage traditionnel ne le permet pas. Autrement dit, les étuveuses pratiquant l'étuvage moderne dans Gogounou et Banikoara étaient solvables tandis que celles pratiquant l'étuvage traditionnel ne l'étaient pas. Ainsi, les étuveuses du système d'étuvage moderne peuvent facilement rembourser des crédits contractés pour l'activité, auprès des institutions de microfinance, alors que les transformatrices du système traditionnel ne le peuvent pas. On peut donc accorder des crédits aux étuveuses modernes pour leur activité d'étuvage. Avec un bon suivi de l'institution de crédit et un bon système de recouvrement, elles pourront plus aisément rembourser s'il n'y a pas de catastrophes majeures, ce qui n'est pas le cas des étuveuses traditionnelles. On conclut ici également que le système d'étuvage moderne est économiquement plus performant que le système traditionnel.

Il est à notifier que plusieurs indicateurs peuvent mésuser les performances technique et économique ; mais la présente recherche, ayant pour objectif de comparer les performances des deux systèmes d'étuvage du riz s'est juste basée sur quelques indicateurs pour faire cette comparaison sans tenir compte des facteurs qui pourraient affecter ces différents indicateurs dans un contexte comparatif. D'après CIRAD-GRET (2002) plusieurs facteurs ou considérations relatives à l'environnement socio-économique et culturel de la transformatrice influencent les résultats économiques de son unité de transformation. La différence de performance technique et de rentabilité économique observée entre les deux systèmes d'étuvage du riz peut donc dépendre de certains facteurs qui régissent l'activité de la transformatrice. Une modélisation linéaire de ces indicateurs pourrait donc être faite dans un contexte comparatif avec un système intégrant d'autres variables ou facteurs importants pouvant jouer sur l'activité.

5. CONCLUSION

Cette recherche s'est focalisée sur la performance technique et économique de l'activité d'étuvage du riz dans les communes de Gogounou et Banikoara. Elle avait pour but de comparer ces performances entre les deux systèmes d'étuvage du riz (moderne et traditionnel). Les différents résultats obtenus ont permis d'atteindre cet objectif et il se dégage qu'aussi bien sur le plan technique qu'économique, le système d'étuvage moderne est plus performant que le système d'étuvage traditionnel. Toutefois, les deux systèmes rémunèrent encore très faiblement la main d'œuvre familiale dans le milieu d'étude à cause du problème de la non rationalité de la main d'œuvre familiale qui se pose en milieu rural, surtout pour les activités de transformation

agricole. Il apparaît clair que les décideurs des politiques agricoles, publiques ou privées, nationaux ou étrangers, doivent plus vulgariser le dispositif moderne d'étuvage dans les milieux ruraux au Bénin et promouvoir son utilisation exclusive pour la transformation du paddy (étuvage du riz). Par ailleurs, des pistes pour une bonne gestion, une bonne organisation et une bonne planification de la main d'œuvre familiale pour des activités agricoles en milieu rural, surtout les activités de transformations des produits post-récoltes devraient désormais être la vision des politiques agricoles au Bénin. Aussi, la modélisation de la performance technique et de la rentabilité économique de l'activité n'a pas été prise en compte dans le présent travail pour des raisons d'efficacité de l'étude. De nouvelles recherches à venir pourraient alors s'intéresser à une analyse des déterminants des performances technique et économique de l'activité d'étuvage du riz dans un système intégrant les deux types d'étuvage.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article adressent leurs sincères remerciements à l'endroit de l'Organisation pour le Développement Durable, le Renforcement et l'Autopromotion des Structures communautaires (DEDRAS-ONG) pour avoir financé la collecte des données de cette recherche.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Adégbola Y. P., Singbo A. G., Midingoyi S., Monhouanou J. & Savi A. D. 2004. Etude technique et socio-économique de la semi-mécanisation du procédé artisanal de production du gari au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 46 : 9-24.
- Adégbola Y. P. & Singbo A. G. 2003. Compétitivité de la filière riz du Bénin dans l'économie internationale. In : *Communication de la 24ème session du Conseil des Ministres de l'ADRAO tenue du 17 au 19 Septembre 2003 (ed)*. Cotonou, Bénin.
- Adégbola Y. P. & Singbo A. G. 2005. Impact de l'importation du riz sur la compétitivité et la rentabilité de la production nationale au Bénin. *Atelier régional de l'ADRAO sur le thème "Politique et stratégies pour la promotion de la production rizicole et la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne"*. Bénin, 13p.
- Adégbola Y. P. & Sodjinou E. 2003. Analyse de la filière riz au Bénin. *Rapport définitif, PAPA, INRAB, PADSA/MAEP, Porto-Novo, Bénin*, 244 p.
- Agazounon C., Coulibaly O. & Houndjèkon V. 2004. Analyse des techniques de transformation de niébé en "atta" au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 45: 1-8.
- Akpo F., Kinkpé A. T. & Yabi A. J. 2016. Effet des pratiques de jachère sur la rentabilité économique de la production du maïs au Centre et au Sud Bénin. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, 1: 58-71.
- Balaro G., Soulé B. G. & Gansari S. 2015. Analyse des politiques et stratégies mises en œuvre par l'Etat dans la filière riz depuis 2008. *Synthèse, LARES, République du Bénin*, 22p.
- Biaou D., Yabi A. J., Yegbemey R. N. & Biaou G. 2016. Performances technique et économique des pratiques culturales de gestion et de conservation de la fertilité des sols en production maraîchère dans la commune de Malanville, Nord Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 21(1): 201-211.
- CIRAD-GRET. 2002. *MEMENTO de l'Agronome*. Ministère des Affaires Etrangères, Paris, France.
- Cordonnier P., Carles R. & Marshal P. 1977. *Economie de l'entreprise agricole*. Cujas, Paris, France.
- CountrySTAT. 2016. Répartition de la production des cultures primaires selon Année, Culture (Tonnes). [en ligne]. Disponible à : <http://countrystat.org/home.aspx?c=BEN&ta=053CPD010&tr=7> (consulté le 04 Septembre 2016).
- Dagan A. A. 2006. Analyse des déterminants socio organisationnels et institutionnels de l'adoption du dispositif amélioré d'étuvage de riz dans la commune de Djougou. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Calavi, Bénin, 75p.
- Diagne M. 2016. La Compétitivité du Riz en Afrique de l'Ouest. *Africa Rice Center (AfricaRice), Conférence Riz IPAR, Dakar, Sénégal*, 24p.
- Ellis F. 1993. *Peasants Economics: Farm Households and Agrarian Development*, Second Edition, Cambridge University Press.
- Fanou L. 2008. Rentabilité financière et économique des systèmes de production maraîchers au Sud-Bénin: une application de la Matrice d'Analyse des Politiques. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Calavi, Bénin, 87p.
- Gamache R. 2005. *La productivité: Définition et enjeux*. Bibliothèque nationale du Québec, Canada.
- Guerrien B. 1993. *L'économie néoclassique*. Collection Repères, Ed. La Découverte.
- Hemavathi M. & Prabakaran K. 2018. ARIMA Model for Forecasting of Area, Production and Productivity of Rice and Its Growth Status in Thanjavur District of Tamil Nadu, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2): 149-156
- Houssou P. 2002. Développement de l'étuvage du riz au Bénin. In: *Jamin J. Y. & Seiny Boukar L. (eds). Savanes africaines: des espaces en mutation, des*

- acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasac, N'djamena, Tchad - CIRAD, Montpellier, France.
- Houssou P., Adégbola Y. P., Amonsou E. & Olou D. B. 2011. Etuvage amélioré du riz au Bénin. IN-RAB/MAEP, Cotonou, Bénin, 40p.
- Houssou P., Fandohan P., Mensah G. A., Klotoé A. & Megnanglo M. 2008. Guide pratique pour l'utilisation du dispositif amélioré d'étuvage du riz. Fiche technique, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey/INRAB, Natitingou, Bénin, 20p.
- Kaci M. 2006. Comprendre la productivité : un précis. La Revue canadienne de productivité, n° 15-206-XIF au catalogue, Statistique Canada, Ottawa, Canada.
- Konnon D., Sotondji C. S. & Adidehou A. Y. 2014. Rapport de l'étude d'état des lieux de la filière riz au Bénin en 2014. Rapport final, Conseil de Concertation des Riziculteurs du Bénin (CCR-B), République du Bénin, 97p.
- Lawin K. G. 2006. Analyse des déterminants de l'adoption du matériel amélioré d'étuvage du riz dans la commune de Glazoué (département des Collines). Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi., Calavi, Bénin, 112p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et la Pêche). 2010a. Stratégie Nationale pour le Développement de la Riziculture au Bénin (SNDR). République du Bénin, 26p.
- MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et la Pêche). 2010b. Annuaire statistique campagne 1998 à 2009. Cotonou, Bénin, Econometric Policy Evaluation, *Econometrica*, 73 : 669-738.
- Sodjinou E. 2016. Guide pratique d'analyse financière d'une entreprise agricole : Théorie et application à la pisciculture. Bibliothèque Nationale, Porto-Novo, Bénin.
- Sodjinou E. 2011. Poultry-Based Intervention as Tool for Poverty Reduction and Gender Empowerment: Empirical Evidence from Benin. Thèse de doctorat, University of Copenhagen, 239p. [en ligne]. Disponible sur : http://curis.ku.dk/ws/files/33324451/Thesis_Sodjinou_February_2011_VF.pdf (consulté le 20 Mai 2017).
- USDA (United States Department of Agriculture). 2016. Production, supply and distribution. Washington, DC: United States Department of Agriculture, <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdquery.aspx> (consulté le 19 Juillet 2017).
- Yabi A. J., Kinkpè A. T., Moumouni M. I., Houssou P., Dansou V., Aloukoutou A. et al. 2015. Etude de référence de la filière riz et Identification des opportunités qui s'offrent au riz étuvé produit dans les communes de Gogounou et de Banikoara au Nord-Bénin. Rapport technique provisoire, 109p.
- Yabi A. J., Paraïso A., Yegbemey R. N. & Chanou P. 2012a. Rentabilité Economique des Systèmes Rizicoles de la Commune de Malanville au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), Numéro spécial Productions Végétales & Animales et Economie & Sociologie Rurales, 1-12.
- Yabi A. J., Paraïso A., Ayena R. L. & Yegbemey R. 2012b. Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, 16(2) : 229-242.
- Zossou E. & Wanvoeke J. 2010. Etuvage amélioré du riz : Dispositif et description du processus. *Africa Rice*, Ouagadougou, Burkina-Faso, 11p.



Pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols et performance économique des producteurs de maïs au Nord-Bénin

Innocent Adédédji LABIYI*, Rosaine Nérice YEGBEMEY, Victorine Dukpè OLODO, Jacob Afouda YABI

Laboratoire d'Analyses et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES),
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin. BP 123 Parakou

Reçu le 14 Mai 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Cultural practices of soil fertility management and economic performance of maize producers in Northern Benin

Abstract: In Benin, the decline in land fertility and the low diversification of agricultural production are, among other things, enormous challenges facing agriculture. This article aims to identify the effect of traditional soil fertility management practices on the economic performance of maize production in the communes of Tchaourou, N'dali, Kandi and Karimama. Two hundred and eighty (280) producers were sampled and investigated randomly and reasoned. The data thus collected were analyzed using Seemingly Unrelated Regression (SUR). The regression results indicated that the economic performance of maize production is mainly through the practice of mineral manure, agroforestry with legumes, crop association and rotation, and other socio-demographic factors of producers. It is therefore desirable that, as part of national soil intensification and regeneration programs, strategies to ensure soil fertility and conservation be put in place.

Keywords: Cultural practices, Soil conservation, Profitability, Simultaneous regression, Tchaourou, N'dali, Kandi and Karimama.

Résumé : Au Bénin, la baisse de la fertilité des terres et la faible diversification de la production agricole sont entre autres d'énormes difficultés auxquelles l'agriculture est confrontée. Cet article a pour objectif d'identifier l'effet de l'application des pratiques traditionnelles de gestion de la fertilité des sols sur la performance économique des producteurs du maïs dans les communes de Tchaourou, N'dali, Kandi et Karimama. Deux cent quatre-vingt (280) producteurs ont été échantillonnés puis enquêtés de façon aléatoire et raisonnée suivant le niveau de production et l'utilisation des pratiques de gestion de la fertilité des sols. Les données d'enquête ainsi collectées ont été analysées à l'aide d'une régression simultanée apparemment indépendante (SUR). Les résultats de la régression ont indiqué que la performance économique de la production du maïs est principalement influencée par la pratique de la fumure minérale, l'agroforesterie avec les légumineuses, l'association et rotation de cultures, et d'autres facteurs socio démographiques des producteurs. Ainsi, dans le cadre des programmes nationaux d'intensification et de régénération des sols, ces stratégies visant à assurer la fertilité et la conservation des sols doivent être vulgarisées davantage avec de nouveaux procédés.

Mots clés: Pratiques culturelles, Rentabilité, conservation des sols, régression simultanée, Nord Bénin.

1. Introduction

L'agriculture continue d'être le principal secteur dont dépend la survie de la majorité de la population africaine. En raison de la part très importante des populations nationales qu'il mobilise, ce secteur se trouve confrontée dans la plupart de ces pays à plusieurs contraintes dont l'une les plus importantes reste le phénomène de la dégradation des sols qui limite le potentiel agricole (Serme et al., 2015). Il emploie plus de 60% des actifs et contribue pour plus de 35% du PIB de la majorité des pays africains et plus de 40% dans les pays les moins avancés d'Afrique (MAEP, 2012). D'après Lebailly (2006), dans les pays en voie de développement, le secteur agricole constitue le principal facteur de développement économique et social. Mais malgré cette performance de l'agriculture, elle se trouve confrontée au problème de la dégradation des sols ayant pour conséquence principale, la baisse de la fertilité des sols due à la faible diversification de la production agricole (DSCR, 2007). En Afrique de l'Ouest, la fertilité du sol est assez pauvre (Verbree et al., 2014) et pire, les agriculteurs ont déjà épuisé la fourniture de terres agricoles.

En effet, la performance économique du pays repose fortement sur les résultats de ce secteur et l'agriculture béninoise est fortement dépendante de la richesse de ses sols. Mais, malheureusement, ces sols sont exposés aux phénomènes de dégradation continue liés aux mauvaises pratiques culturales. En effet, le maïs reste à ce jour, la céréale la plus consommée au Bénin. Cette spéculation vient au premier rang des cultures vivrières au nord du Bénin et connaît une évolution croissante

Dans le nord du Bénin, la baisse de la fertilité des sols est l'un des problèmes majeurs qui affectent aujourd'hui l'agriculture (Biaou et al., 2016 ; Yabi et al., 2016). Cette baisse de la fertilité des sols est en partie liée à la poussée démographique de la population et à l'augmentation continue des superficies emblavées en coton. De ce fait, les terres s'épuisent et les rendements agricoles baissent ; ce qui entraîne une baisse des revenus agricoles et une instabilité de la sécurité alimentaire. Face à cet important problème du déclin de la fertilité des sols, les agriculteurs ont développé plusieurs stratégies endogènes de gestion et de conservation de la fertilité des sols (jachère, parage direct et rotatif des bœufs autour des cages, rotation et association appropriées de cultures, utilisation des résidus de récoltes, etc.). L'utilisation des engrais chimique est devenue une nécessité sans laquelle le paysan n'obtiendrait de

rendement appréciable. Parmi les autres solutions proposées par les projets/programmes, se trouvent certaines pratiques culturales dont les systèmes agroforestiers basés sur des légumineuses pérennes (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*) et des plantes de couverture (*Mucunna* spp., *Aeschynomene histrix*, etc.).

Plusieurs études ont été réalisées pour identifier et vulgariser certaines pratiques de gestion de la fertilité des sols en milieu rural béninois (Honlonkou, 1999 ; Nouatin et al. 2008 ; Adégbola et Sodjinou, 2003). D'autres études par contre ont mis en exergue le faible niveau d'adoption de ces technologies par les producteurs malgré la performance technique de celle-ci (Houndékou et Gogan, 1996 ; Alohou et Wennink, 2001). Mais, ces auteurs n'étendent pas profondément leur recherche aux problèmes de performances économiques des pratiques culturales qu'ils ont identifiées. Pour cela, quels sont les facteurs qui déterminent les meilleurs niveaux de performance économique des producteurs par rapport aux pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols à base de maïs ? C'est pour répondre à cette question que la présente étude se propose d'analyser les facteurs qui déterminent les niveaux de performances techniques et économiques des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

La zone d'étude couvre les communes de Tchaourou, N'dali (dans le département du Borgou) et Kandi, Karimama (dans le département de l'Alibori). Toutes ces communes sont situées entre les parallèles 8°4 – 12°2 de l'attitude Nord et les méridiens 1°5 – 3°2 de longitude Est (Figure 1). Le climat est de type soudano guinéen pour les communes de N'dali et Kandi et de type sud soudanien et sahélo soudanien respectivement pour les communes de Tchaourou et Karimama. Les sols sont généralement de type ferrugineux tropicaux pour toutes les communes et en plus caillouteux au niveau de la commune de Karimama. Ces sols sont victimes d'une forte dégradation principalement due aux activités agricoles. La pluviométrie varie entre 1100 et 1200 mm/an sauf celle de la commune de Karimama qui est de 600 mm/an. Sur le plan économique, l'agriculture constitue le principal secteur d'activité de la population. Ensuite l'élevage (seconde activité) et le commerce.

* Auteur Correspondant : labiyiinnocent@yahoo.fr :

Tél : (00229) 96 50 99 33

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

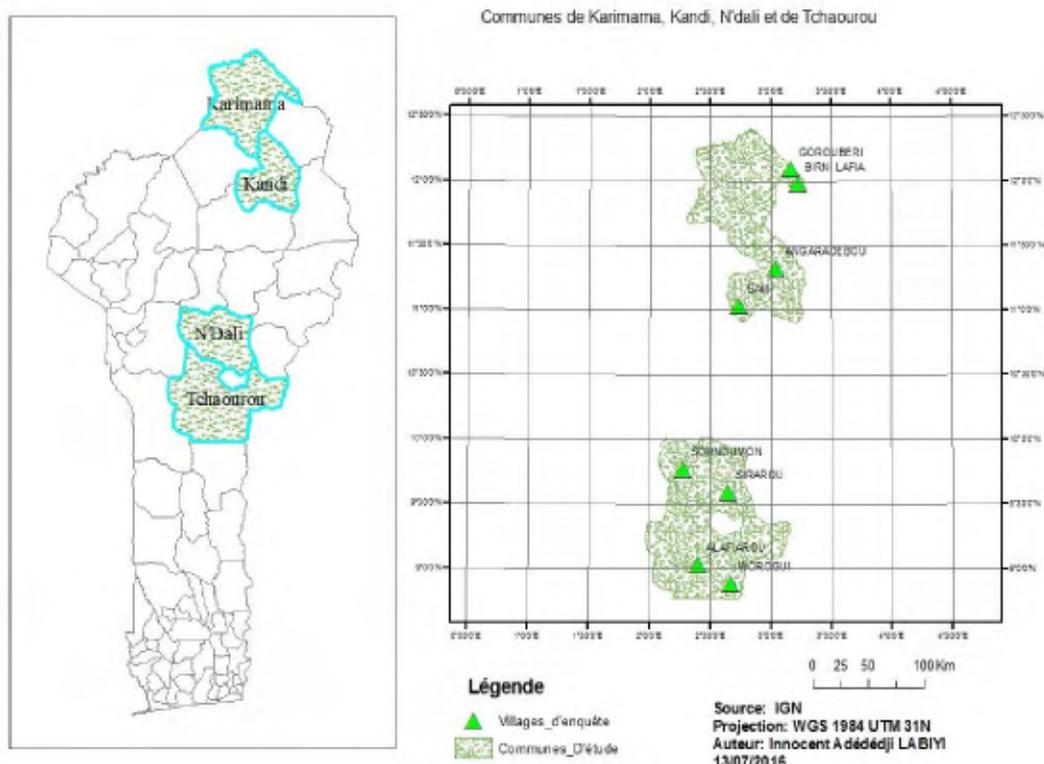


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

2.2. Echantillonnage et base de données

Au début de cette étude, une phase exploratoire dans les quatre (04) communes a permis d'identifier cinq (05) types de pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols, a- la fumure minérale, b- la fumure organique, c- l'agroforesterie avec légumineuses, d- l'agroforesterie sans légumineuse et, e- la jachère. Sur cette base, et en tenant compte de l'accessibilité aux villages, de l'importance en volume de production céréalière notamment le maïs et de la présence des cinq (05) pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols retenues pour cette étude, huit (08) villages d'étude ont été choisis. Il s'agit de Gouroubéri et Birni-lafia dans la commune de Karimama, Angaradébou et Sam à Kandi, Sirarou et Sonounnon à N'dali, et Alafiarou et Worogui dans Tchaourou.

L'unité de recherche est le chef d'exploitation agricole (un producteur ou productrice de maïs). Un total de deux cent quatre-vingt (280) chefs d'exploitation a été choisi à raison de trente-cinq (35) par village. L'échantillonnage a été raisonné et a aussi tenu compte à la fois des producteurs qui n'utilisent pas les pratiques

de gestion et de conservation de la fertilité des sols (groupe témoin) et de ceux qui utilisent ces pratiques (groupe de traitement). Sur la base d'un questionnaire individuel des données relatives aux caractéristiques socio-économique et démographique des producteurs, les pratiques culturelles de gestion de la fertilité des sols, les spéculations cultivées, les prix et les quantités des inputs entrant dans la production et les outputs ont été collectés.

Au niveau village, des entretiens semi structurés et des focus groupes ont permis de collecter des données aussi bien quantitatives que qualitatives. Par ailleurs, des observations directes et la triangulation des informations ont été utilisées pour s'assurer de la fiabilité des données collectées.

2.3. Méthodes

Afin d'analyser les déterminants de la performance de production, certains indicateurs de performance économique des pratiques culturelles ont été calculés. Il s'agit du rendement en kg/ha pour la performance technique et de la marge nette de production (en FCFA/ha), la productivité moyenne de la main-d'œuvre familiale

(HJ/ha) et le taux de rentabilité interne pour la performance économique des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols.

En nous basant sur les travaux de Yegbemey *et al.* (2014), Paraíso *et al.* (2014), Yabi *et al.* (2016) et Labiyi *et al.* (2019), dans le cadre de cette étude, la performance économique des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols a été estimée par le revenu net (marge nette) de production par unité de surface dont la formule se présente comme suit :

$$MN = PBV - CT = PBV - CV - CF = MB - CF \quad (1)$$

Avec : Produit Brut en valeur (PBV) à l'hectare, les coûts totaux (CT) à l'hectare, la marge brute (MB) et les coûts fixes (CF).

2.3.1. Productivité Moyenne du Travail (PML)

Cet indicateur de rentabilité est défini comme la marge nette par unité de main-d'œuvre familiale utilisée pour la production. Mathématiquement, elle est exprimée par la formule :

$$PML = MN/MO \quad (2)$$

Où MN représente la marge nette de l'activité de production (en fcfa/ha) et MO la quantité totale de main-d'œuvre familiale utilisée (HJ/ha). Ce faisant PML est exprimée en fcfa/HJ. Si $PML > p$, on peut conclure que l'activité est économiquement rentable du point de vue du salaire obtenu. Si par contre $PML < p$, alors l'activité n'est pas économiquement rentable du point de vue du salaire obtenu.

2.3.2. Taux de Rentabilité Interne (TRI)

Le taux de rentabilité interne ou TRI est un indicateur d'analyse de la rentabilité financière d'une activité de production.

$$TRI = (MN - MOV) / (CT + MOV) \quad (3)$$

Avec : MN la marge nette de l'activité de production (en F CFA/ha), CT les coûts totaux en fcfa/ha qui ne prennent pas en compte la valeur de la main-d'œuvre familiale utilisée et MOV la quantité totale de main-d'œuvre familiale utilisée (en Homme.jour/ha). Cette valeur de la main-d'œuvre familiale est obtenue en multipliant le prix quotidien p de la main-d'œuvre dans la zone d'étude par la quantité totale de main-d'œuvre utilisée (MO).

Par ailleurs, pour mettre en évidence l'importance économique (relative) du paquet technologique de la gestion de la fertilité des sols dans le Nord du Bénin, une analyse basée sur l'approche des déterminants des indicateurs de rentabilité à partir du modèle régression apparemment sûre (Yabi *et al.* 2016 ; Biaou *et al.*,

2016 ; Labiyi *et al.*, 2019). De ce fait, après avoir évalué les indicateurs de performance économique des producteurs selon les différentes pratiques culturales de gestion de la fertilité de sols, nous aboutissons à la conclusion que certains producteurs peuvent encore améliorer leur niveau de performance tout en choisissant les pratiques qui leur permettent de mieux rentabiliser leurs productions. A cet effet, un modèle SUR (Seemingly Unrelated Regression) a été utilisé pour identifier les pratiques déterminant le niveau de performance économique dans la production de maïs. Les variables dépendantes sont respectivement R_1 , R_2 , et R_3 sont les indicateurs de la rentabilité économique (MN, PML, et TRI respectivement).

Théoriquement, les modèles qui expriment la relation entre les performances technique et économique de production, les facteurs pouvant les déterminer peuvent être de la forme :

$$R_{ij} = f(X_{ij}, u_{ij}) \quad (4)$$

Ici, l'indice j est mis pour le type de performance, avec $j = 1, 2, 3$. P_{ij} est donc la performance de type j du producteur i , X_{ij} représentent les facteurs socio démographiques et économiques liés au producteur i et susceptibles d'expliquer les différences de niveaux de performance de type j des producteurs enquêtés et u_{ij} sont les termes d'erreur aléatoire de l'explication de performance de type j . A partir des coefficients des X_{ij} et de leur degré de signification, les facteurs affectant la performance j ont été déduits.

Sous l'hypothèse que les différentes pratiques de gestion et de fertilité de sols peuvent avoir d'influence sur la performance de production, en tenant compte aussi de la spécification (4) et (3), l'équation (1) devient :

$$\begin{cases} R_{1i} = \alpha_{10} + \sum_j \beta_{1j}Z_{ij} + \sum_j \delta_{1j}A_{ij} + \sum_j \varphi_{1j}P_{ij} + u_{1i} \\ R_{2i} = \alpha_{20} + \sum_j \beta_{2j}Z_{ij} + \sum_j \delta_{2j}A_{ij} + \sum_j \varphi_{2j}P_{ij} + u_{2i} \\ R_{3i} = \alpha_{30} + \sum_j \beta_{3j}Z_{ij} + \sum_j \delta_{3j}A_{ij} + \sum_j \varphi_{3j}P_{ij} + u_{3i} \end{cases} \quad (5)$$

Avec P_i les différentes pratiques culturales, Z_i les caractéristiques socio-économiques et démographiques des enquêtés, A_i les zones d'étude, α_0 les termes constants, α_j les coefficients de régression et u et u' les termes d'erreurs.

De manière générale, deux modèles empiriques de régression ont été estimés suivant les mêmes spécifications. Les variables utilisées dans les modèles sont dans le tableau 1.

Le traitement des données collectées et l'analyse économétrique ont été réalisés avec les logiciels STATA 13 et SPSS 20.0.

Tableau 1: Variables explicatives incluses dans le modèle de régression

Noms des variables	Codes	Modalités	Signes attendus
Pratiques culturales			
Association et/ ou Rotation	AR	0= non 1= oui	+
Fumure minérale	FM	0= non 1= oui	+
Fumure organique	FO	0= non 1= oui	+
Agroforesterie	AGRO	0= non 1= oui	+
Jachère	JACH	0= non 1= oui	+
Zones d'étude			
Kandi		0= non 1= oui	+/-
Karimama		0= non 1= oui	+/-
N'dali		0= non 1= oui	+/-
Tchaourou		0= non 1= oui	+/-
Caractéristiques socio démographiques des enquêtés			
Taille du ménage	TAILM		+
Appartenance à un groupe	APG	0= non 1= oui	+/-
Activité secondaire	ACTSEC	0= non 1= oui	+/-
Alphabétisation	LECM	0= non 1= oui	+/-
Nombre d'actifs agricoles	NACT	-	+
Accès au crédit	CRED	0= non 1= oui	+

3. Résultats

3.1. Caractéristiques socio démographiques des enquêtés

Dans la zone d'étude, les enquêtés sont âgés en moyenne de 44,75 ($\pm 12,98$) ans. Les producteurs de la commune de N'Dali sont plus âgés (48,26 \pm 14,66 ans) que les producteurs des autres communes. La commune de Kandi présente les plus jeunes producteurs de la zone d'étude (40,16 \pm 9,52 ans). De façon générale, les différences d'âge entre les communes sont statistiquement significatives dans toute la zone d'étude ($P = 0,000$). Les chefs d'exploitation sont en général des hommes (67%; 68%; 63% et 68%) respectivement

dans les communes de Karimama, Kandi, N'Dali et Tchaourou. Dans toutes les communes d'étude, les femmes sont plus présentes dans les ménages et la majorité d'entre elles s'occupe de la transformation des produits agricoles (transformation de karité en beurre, de Soja en fromage par exemple). Les niveaux de scolarisation et d'alphabétisation des producteurs enquêtés se montrent très faibles. Seulement 33,2% d'entre eux sont scolarisés. Quant à l'alphabétisation, on note un faible taux d'alphabétisation (21,4%) des enquêtés qui savent lire et écrire dans leurs langues locales dans la zone d'étude. En moyenne, un ménage est composé de 11 \pm 6 personnes dans la zone d'étude. En se basant sur la structure des ménages, le nombre d'actif agricole est de 7 \pm 6 personnes par ménage. De plus, 60,7% des enquêtés appartiennent à un groupement ou coopérative villageois(e). Il faut noter que l'agriculture est la principale activité pour 96% des enquêtés. L'accès au crédit dans la zone d'étude est très faible. Seulement (44,3%) des producteurs de Kandi affirment avoir bénéficié de services financiers au cours de la campagne agricole 2014-2015.

Par ailleurs, la plupart des producteurs de maïs utilisent quelques pratiques de gestion et de conservation de la fertilité des sols dans la zone. En effet, 64,6%; 54,3%; 17,14% et 31,8% des producteurs enquêtés appliquent respectivement les fumures minérales, l'association et la rotation de cultures, la jachère et la fumure organique comme techniques de restauration de sols. Quant aux autres pratiques, 19,6% des enquêtés adoptent l'agroforesterie avec la culture des légumineuses et 3,2% des producteurs appliquent l'agroforesterie sans la culture de légumineuse. Dans la commune de Kandi, 90% des producteurs adoptent la pratique d'association et rotation de cultures appropriées. La pratique antiérosive est mise en œuvre par seulement 1,8% des enquêtés ainsi que la technique de microdose qui n'est pas encore vulgarisée dans le milieu d'étude.

3.2. Performance économique de la production du maïs

Pour l'ensemble des exploitations agricoles productrices de maïs qui se sont adaptées à la baisse de la fertilité des sols, la marge nette moyenne de la campagne est de 97 778,06 FCFA/ha. Lorsqu'on s'intéresse à chaque pratique de gestion de la fertilité des sols, on constate que la marge nette varie selon la pratique adoptée. Les engrais minéraux, pour ces adoptants, ne sont pas rentables et les adoptants de cette fumure minérale ont une rentabilité (87 022,69 FCFA/ha) inférieure à celle des producteurs n'adoptant pas la pratique (117 441,92 FCFA/ha).

La productivité moyenne du travail obtenue dans la zone d'étude est 3 602,85 FCFA/ hj. En effet, la rémunération de la production du maïs à travers la jachère (3 401,13 FCFA/hj) pour ceux qui l'adoptent est inférieure (3 645,31 FCA/ hj) à celle des non adoptants. Le

producteur aurait préféré adopter les autres pratiques pour avoir une rémunération plus élevée que celle qui est offerte par la jachère. Il en est de même pour la fumure minérale (3 425,05 ± 1 071,58 FCFA/HJ) pour les adoptants contre 3 920,73 (± 2.286,41) FCFA/HJ pour les non adoptants.

Le taux de rentabilité interne moyen de la zone d'étude (0,40) permet aux producteurs de faire un prêt auprès des institutions de micro finance. Les producteurs qui adoptent l'agroforesterie, la jachère, l'association et /ou rotation de cultures et fumure organique obtiennent des taux de rentabilité respectivement plus élevés (0,964 ; 0,698 ; 0,581 et 0,412) que ceux qui ne les adoptent pas (0,275 ; 0,349 0,206 ; et 0,408). Par contre, l'adoption de la fumure minérale par les producteurs ne leur permet pas de rentabiliser leur production du point de vue du TRI (0,782 contre 0,202 pour les adoptants).

3.3. Influence des pratiques de gestion de la fertilité sur la performance économique des producteurs du maïs

Les résultats de la régression linéaire simultanée (apparemment sûre) ont indiqué que les variations observées au niveau des variables explicatives éventuelles expliquent respectivement 10,07%, 28,32% et 21,15% des variations observées dans les performances économiques constitués par la marge nette, la productivité moyenne du travail et le taux de rentabilité interne (Tableau 2). Bien que les R-carrés semblent bas, les trois (03) modèles sont globalement et fortement significatifs au seuil de 1% ($p = 0.000$). De même, le test d'indépendance de Breusch-Pagen est significatif ($p = 0.000$). Ainsi, les modèles sont liés entre eux. La modélisation simultanée utilisée dans le cadre de l'étude est donc justifiée.

La performance économique sous la gestion des fertilités des sols est influencée principalement par les pratiques de l'association et rotation de cultures, l'agroforesterie avec légumineuses, la fumure minérale, la zone d'étude et d'autres caractéristiques socio démographiques du producteur telles que le sexe, la taille du ménage et le nombre d'actifs agricoles qui sont significatifs et influencent positivement ou négativement les performances économiques.

En effet, l'association et la rotation de cultures ont un effet positif et significatif sur la marge nette et la productivité moyenne du travail dans la production du maïs tandis que la pratique de l'agroforesterie avec légumineuses et la pratique de la fumure minérale influencent négativement et significativement la marge nette de production et le taux interne de rentabilité respectivement.

Par ailleurs, la marge nette de production et la productivité moyenne du travail familial du maïs sont déterminées significativement et négativement par le sexe. Le coefficient de la taille du ménage qui est significatif et influence positivement la marge nette. Par contre,

l'effet du nombre d'actifs agricoles est significatif et négativement corrélé avec la performance économique (tous les indicateurs de rentabilité).

4. Discussion

Dans la production agricole, la rentabilité économique dépend naturellement des rendements, du prix des facteurs de production et du prix du produit. Ainsi, dans la production du maïs, la performance économique est un reflet du rendement dans l'exploitation.

L'analyse des comptes d'exploitation à travers les indicateurs de rentabilité a montré que les pratiques de gestion de la fertilité des sols sauf celle de la fumure minérale sont économiquement rentables du point de vue de la marge nette et du Taux de Rentabilité Interne. Seules les pratiques d'agroforesterie et association/rotation sont économiquement rentables du point de vue de la productivité moyenne du travail.

L'accès à l'engrais minéral impact positivement la performance technique des producteurs. Ce résultat est similaire à ceux de Rufino et al. (2006) et de Panda (2008). Pour eux, l'utilisation des engrais non organiques et autres amendements sont considérée comme essentielle à l'accroissement de la production et à l'amélioration de la productivité (Akpo et al., 2016). Il faudra que les engrais soient mis à la disponibilité des producteurs à temps.

L'utilisation de la fumure minérale a un effet négatif et significatif sur la rentabilité économique des producteurs. En effet, le coût d'acquisition élevé des fumures minérales fait augmenter le coût total de production (Biaou et al., 2016). Sur ce, la marge nette issue de la production est faible et ne permet pas au producteur de rentabiliser sa production. Ainsi, l'investissement dans l'acquisition de fumure minérale grâce à un prêt ne permettrait pas de rembourser le crédit. On peut conclure à cet effet que, le producteur sera insolvable s'il faisait recours à une institution financière pour contracter un prêt destiné au financement des activités de son exploitation. Par ailleurs, la non disponibilité de la fumure en quantité suffisante contraint les producteurs à allouer une dose d'engrais moins proportionnelle à la superficie emblavée et cela impact négativement la productivité de l'exploitation et par conséquent, le taux de rentabilité. Cela confirme les résultats issus de l'étude de Mahaman (2001) portant sur l'évolution à long terme de la fertilité de sol dans la région de Maradi. Selon lui, le problème de prix des engrais est l'une des principales contraintes que soulignent les paysans interrogés. Aussi, précise-t-il que l'utilisation des fumures minérales se fait très timidement dans cette région et varie en fonction du pouvoir d'achat des paysans mais qu'elle est toujours inférieure à la dose recommandée par la recherche.

Tableau 2 : Résultats des modèles d'estimation des déterminants des niveaux de performance économique des producteurs du maïs

Variables	MN		PML		TRI	
	Coef (err.)	p	Coef (err.)	p	Coef(err.)	p
Constante	0,118 (0,327)	0,000	9,150 (0, 388)	0,000	1,655 (0,342)	0,000
Pratiques culturales						
Association et rotation de cultures	0,322 (0,109)***	0,003	0,262 (0,121)**	0,031	-	-
Agroforesterie avec légumineuses	- 0,422 (0,095)***	0,000	-	-	-	-
Agroforesterie sans légumineuses	- 0,399 (0,307)	0,193	- 0,268 (0,353)	0,449	- 0, 316 (0,312)	0,311
Fumure organique	0,108 (0,106)	0,309	0,106 (0,111)	0,343	-	-
Fumure minérale	-	-	0,119 (0, 119)	0,317	- 0, 245 (0, 131)*	0,061
Jachère	-	-	- 0,131 (0,104)	0,209	-	-
Zones						
Kandi	- 0,247 (0,148)*	0,095	0,129 (0,201)	0,521	0, 370 (0, 172)**	0,031
N'dali	-0,458 (0,152)***	0,003	-0,565 (0, 195)***	0,004	- 0, 109 (0,178)	0,541
Tchaourou	-	-	0,325 (0,162)**	0,046	0,514 (0, 166)***	0,002
Caractéristiques socio démographiques						
Sexe	- 0,479 (0,254)*	0,060	- 0,618 (0,293)**	0,035	- 0,299 (0, 261)	0,251
Taille du ménage	0,262 (0,134)*	0,052	0, 203 (0,144)	0,158	-	-
Actifs agricoles	- 0,319 (0,141)**	0,023	- 0,902 (0,156)***	0,000	-0,550 (0, 103)***	0,000
Appartenance groupement	- 0,106 (0,081)	0,195	-	-	-	-
Vulgarisation	0,184 (0, 126)	0,144	0, 147 (0, 146)	0,314	0,151 (0, 131)	0,251
Accès au crédit	0,143 (0,135)	0,291	0, 221 (0, 156)	0,157	0, 136 (0,139)	0,328
Alphabétisation	- 0,024 (0,030)	0,428	-	-	-	-
Résumé du modèle	chi2 : 51,25 ; R ² : 0,1007 ; p : 0,000 ; Obs : 240		chi2 : 101,43 ; R ² : 0,2832 ; p : 0,000 ; Obs : 240		chi2 : 69,38 ; R ² : 0,2115 ; p : 0,000 ; Obs : 240	

*** significatif à 1% ; ** significatif à 5% ; * significatif à 10

La production du maïs sous la fumure minérale n'est pas économiquement rentable. Ce résultat vient confirmer celui qui est trouvé par Adjiba (2016) qui a montré que le fait que le producteur utilise l'engrais minéral, cela améliore sa performance technique mais ne lui permet de rentabiliser son exploitation. Toutefois, en Côte d'Ivoire la production du cacao sous la fertilisation est économiquement rentable (Assiri, 2012).

La pratique de l'association et la rotation de culture a un impact positif et hautement significatif sur la marge nette et sur la productivité moyenne du travail. En effet, la pratique de l'association et de la rotation de culture pourrait faire augmenter la marge nette de 0,32 % par hectare et la productivité moyenne du travail augmente de 0,26 % le prix d'un homme/jour. Ce résultat s'explique par le fait que la pratique de l'association et celle de la rotation culturale permet aux producteurs d'améliorer la fertilité de leur sol à travers l'insertion de quelques cultures légumineuses dans leur cycle rotatoire et de l'association des cultures (Yabi et al., 2016 ; Labiyi et al., 2019). De plus, la culture de ces légumineuses permet la fixation de l'azote qui est un élément indispensable pour la régénération des éléments nutritifs des sols. Pour Roussy et al. (2015), la pratique de l'association culturale permet aux producteurs d'améliorer la fertilité de leur sol à travers l'insertion de quelques cultures légumineuses la culture de ces légumineuses permet la fixation de l'azote qui est un élément indispensable éléments nutritifs des sols. Ainsi, l'association et la rotation de culture permet de réduire les charges liées à l'achat d'engrais pour la fertilisation du sol et le travail de la main d'œuvre, d'où son influence sur la marge nette et la productivité moyenne du travail.

L'adoption de l'agroforesterie avec les légumineuses, a une influence négative et hautement significative sur la marge nette. Ce résultat confirme ceux de Boubié (2002) et d'autres comme Bationo et Ntare (2000) et Fening et al. (2001) qui ont montré à travers leurs études qu'un minimum d'engrais azoté est nécessaire dans les sols pauvres pour améliorer les rendements des légumineuses qui ne sont pas capables de fixer l'azote au début de leurs cycles. En effet, la fixation de l'azote par les légumineuses ne peut commencer que lorsque la plante développe un enracinement permettant d'accueillir les rhizobia ; ce qui peut avoir un effet négatif sur les rendements. Une fertilisation adéquate des légumineuses est donc nécessaire pour améliorer leurs capacités à fixer l'azote. Mais les charges liées à sa pratique rendent la production non rentable.

Suivant les systèmes de production, le climat et la végétation, les zones d'étude sont aussi fortement corrélées avec la performance économique des producteurs. Selon le rapport technique d'exécution de l'IN-RAB (2014), les producteurs qui utilisent une grande

quantité de main d'œuvre familiale pour la production de coton ont un profit net plus élevé que ceux qui ont une petite quantité de main d'œuvre familiale. Ces corrélations observées entre les communes et les indicateurs de la performance économique s'expliquent par le fait que les sols de ces communes n'ont pas les mêmes caractéristiques pédoclimatiques, Aussi, les exploitants de ces différentes communes n'ont-ils pas les mêmes capacités d'adoption des pratiques d'intégration de la gestion de fertilité des sols. De plus, la quantité de main-œuvre familiale disponible varie d'une exploitation à une autre et cela peut toutefois impacter la productivité moyenne du travail.

Enfin, les caractéristiques socio démographiques des producteurs sont des facteurs de variation de la performance dans les exploitations. Entre autres, la taille du ménage a un impact positif et significatif sur la marge nette. Ce résultat est similaire à celui de Ouédraogo (2012), qui a montré à travers les résultats de son étude d'impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso que, la taille du ménage influence positivement le revenu net agricole. Pour lui, cette variable est source de disponibilité de main-d'œuvre agricole qui constitue une contrainte dans le système d'agriculture extensive. Le sexe a un effet négatif et significatif sur la marge nette et la productivité moyenne du travail. En effet, les activités de production agricoles sont en majorités exercé par les hommes et très peu de femme s'adonne à ces agricoles à cause la quantité de travail qu'exige cette activité et la non disponibilité de terre cultivable.

5. CONCLUSION

L'application des pratiques de gestion de fertilité des sols dans la zone d'étude, a permis de booster le rendement de production céréalière de la communauté. Cette étude s'est focalisée sur ces pratiques culturales qui déterminent la performance économique des producteurs du maïs. Ces facteurs sont variables d'une performance à une autre. Parmi les pratiques adoptées par les producteurs, la fumure minérale est celle qui influence positivement et significativement le rendement de la production du maïs dans la zone d'étude. De ce fait, la pratique de la fumure minérale engendre un rendement de la production du maïs plus élevé mais tenant compte des coûts variables, elle diminue la performance économique de production. Par contre, l'association et la rotation de cultures appropriées est la pratique qui permet aux producteurs de rentabiliser leur production. Alors, cette pratique améliore la rentabilité économique de la production du maïs dans la zone d'étude comparative-ment aux autres.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions très sincèrement remercier l'IFS, à travers le grant 2014, qui a financé cette recherche et tous les producteurs enquêtés pour leur collaboration à l'obtention des données collectées.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Adégbola, P. et Sodjinou, E. 2003. Etude de la rentabilité de quelques technologies de gestion de la fertilité des sols au Sud-Bénin. Rapport d'étude, Institut National pour la Recherche Agricole, Porto-Novo, 50p.
- Adjiba C. 2016. Analyse des performances techniques et économiques de quelques pratiques de gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture à base de maïs au Nord Bénin. Mémoire de Master Professionnel. Faculté d'Agronomie/Université de Parakou; 115p.
- Aïhounton D. G. B. 2013. Adaptation au changement climatique et durabilité économique de l'agriculture: cas de la production du maïs dans le nord-Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Parakou, Bénin; 85 p.
- Akpo M.A., Saïdou A., Yabi I., Balogoun I. et Bio Bigou B.L. 2016. Evaluation de la performance des pratiques de gestion de la fertilité des sols dans le bassin de la Rivière Okpara au Bénin. *European Scientific Journal*, 12 (33) : 370-390. URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n33.p370>
- Albouchi, L., Mohamed, S. B., Jacquet, F. 2005. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes. Kairouan, Tunisia. Cirad, 19 p. hal.cirad.fr/file/index/docid/177653/file-name/7_Albouchi_et_al.pdf
- Alohoun E. & Agossou V. 1998. Diagnostic sur la gestion des sols : cas de Kokey et de Bensékou. Rapport d'étude, Centre de Recherche Agricole Nord (CRA-Nord) ; 12 p.
- Assiri, A., Abel, K.E., Arnaud, A.F., Kacou, E., Salomon, D.J.I., Yves, C.J., Assamoi, Y., 2012. Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoiers (Theobroma cacao L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences* 14, 1939–1951.
- Arouna, A., Adégbola, P. I., Adékambi A. S. 2010. Estimation of the economic efficiency of cashew nut production in Benin, Contributed Paper presented at the Joint 3rd African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, September 19-23.
- Biaou, D., Yabi, J., Yegbemey, R., Biaou, G., 2016. Performances technique et économique des pratiques culturales de gestion et de conservation de la fertilité des sols en production maraîchère dans la commune de Malanville, Nord Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific*, 21 (1), 201-211.
- Boubié V. B. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina-Faso. Thèse de Doctorat, Département des sols et de génie agro-alimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation Université Laval, Québec ; 197 p.
- Coelli, T. J., Prasada Rao, D. S. et Battese, G. E. 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, Second Edition, Édition Flamboyant. 464 pages.
- DSCR 2007. Document de Stratégies de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté, Gouvernement du Bénin, Cotonou, Bénin. 117 p.
- Guèye, B. 2006. Policy, poverty and agricultural development to support small scale farmers in Sub Sahara Africa. Communication présentée à l'atelier sur la pauvreté à Frosundavik (Suède), 40p.
- Honlonkoun A. 1999. Impact économique des techniques de fertilisation des sols : cas de la jachère Mucuna au sud du Bénin. Thèse de Doctorat de 3^e cycle en sciences économiques (Economie rurale), Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 317p.
- Houndekon V. et Gogan A. 1996. Adoption d'une technologie nouvelle de jachère courte à base de Mucuna. Cas du département du Mono dans le Sud-Ouest du Bénin. INRAB-IITA, Bénin.
- Igue A. M., A. Saïdou, A. Adjanohoun, G. Ezui, P. Attiogbe, 2013. Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Fertilité du maïs – Janvier 2013, 23p.
- INRAB, 2014. Evaluation socio-économique des systèmes de cultures à base de coton culture au Bénin. Rapport technique d'exécution, MAEP/Bénin, <http://www.inrab.org> et <http://www.slire.net>, 44 p.
- Jama B. & Gonzalo P. 2008. Agriculture in Africa: Strategies to Improve and Sustain Smallholder Production Systems. *Ann. N.Y. Acad. Sci. New York* 1136: 218–232.
- Labiya, I.A., Signé, H., Ouattara, D., Traoré, O. M. et Koura, D. 2019. Effet des pratiques innovantes endogènes de gestion durable des terres sur la performance technico-économique du réseau de producteurs dans la commune de Mani au Burkina Faso. *Afrique Science*, 15(1) : 432 – 447.
- Labiya, I. A., Ayedegue, L., Yabi, A. J. 2015. Analyse de l'efficacité économique d'allocation des ressources dans la production du soja au Bénin. Actes du colloque de l'Association d'Economie Théorique et Appliquée, Abomey-Calavi, Bénin. 19p. www.reta.org

- Lebailly, M. Ph. 2006. La malédiction des matières premières pour les pays en développement. Unité d'Economie et Développement Rural, FUSA, 18p.
- MAEP (2012). Rapport de performance du secteur de performance du secteur de performance du secteur agricole, gestion 2012. Ministère de L'Agriculture, de L'Elevage et de la Pêche, Direction de la Programmation et de la Prospective, 42p.
- Mahaman, I. 2001. Evolution à long terme de la fertilité de sol dans la région de Maradi. Rapport d'étude, Drylands Research Crewkerne, Somerset, Royaume-Uni, 44p.
- Midingoyi, S. G. 2008. Analyse des déterminants de l'efficacité de la production cotonnière au Bénin : Cas des départements de l'Alibori et de l'Atacora. Thèse de Master complémentaire en économie et sociologie rurales. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique, 90p.
- Nouatin G. 2008. Diagnostics de quelques pratiques de gestion et de conservation de la fertilité des terres dans la commune de Ouaké. Etude exploratoire. Rapport technique. FA/UP. Parakou, Bénin, 45p.
- Ouédraogo, M. 2012. Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 106 (1): 3-21, Burkina-Faso ; 19p.
- Panda, R. C. 2008. Efficiency and Productivity- The case of Sericulture Farm in Tamil Nadu. *Indian Journal of Agricultural Economics*. 51 (3), July-Sept. 1996.
- Paraïso A, Yabi A.J., Sossou A., Zoumarou-Wallis N., et Yegbemey R.N. 2014. Rentabilité économique et financière de la production cotonnière à Ouaké au nord-ouest du Bénin, *Ann. Sci. Agron*. 16 : 91-106.
- PNUD 2003. Rapport sur le développement humain en 2002 au Bénin. PNUD, Cotonou, Bénin, 122p.
- Roussy C., Ridier A. et Chaib K. 2015. Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences. Working Paper SMART LERECO N°15 03.
- <https://www6.rennes.inra.fr/smart/content/download/.../WP15-03.pdf> consulté le 21 octobre, 25P.
- Sermé I, Outtara K, Logah V, Taounda JB, Pale S, Quansah C, Abaidoo R. 2015. Impact of tillage and fertility management options on selected soil physical properties and sorghum yield. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(3): 1154-1170;
- Thiam A., Bravo-Ureta B. E., and Rivas T. E. 2001. Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural Economics*. 25, (2-3), 235-243.
- Verbree C.L., Aitkenhead-Peterson J.A., Loeppert, R.H., Awika J.M., Payne W.A. 2014. Shea (*Vitellaria paradoxa*) tree and soil parent material effects on soil properties and intercropped sorghum grain-Zn in southern Mali, West Africa. DOI 10.1007/s11104-014-2244-0.
- Yabi A. J., Ouinsavi, C. et Sokpon, N. 2009. Facteurs d'efficacité technico-économique de transformation du karité en beurre au Nord-Bénin. *Ann. Univ. Lomé, série sc. Eco. et gest.*, Vol 3 : 23-44.
- Yabi J. A., Tovignan D. S., Yegbemey, R. N., 2012. Analyse économique de la production rizicole dans la commune de Malanville au Nord - Est du Bénin. *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XIII-A, pp. 32-41.
- Yabi, A.J., Paraïso, A., Ayena, R.L., Yegbemey, R., 2014. Rentabilité économique de production agricole sous pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* ; 16, 229-242.
- Yabi J. A., Bachabi F-X., Labiya I.A., Ode C.A. et Ayena R. L. 2016. Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques culturales de gestion de la fertilité des sols utilisées dans la commune de Ouaké au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(2): 779-792.
- Yegbemey R.N., Yabi J. A., Aihounon G.B. et Paraïso A. 2014. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest), *Cahier d'Agriculture* 23 (3) : 177-187.



Facteurs socioéconomiques déterminants l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières de Banikoara au Nord Bénin

Barnabé AGALATI^{1,*}, Honorat A. EDJA^{2,3}, Philomène D. BIAOU², Faridath ABOUDOU^{1,3},
Jacob Afouda YABI^{1,2}

¹ Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES),
Université de Parakou

² Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Faculté d'Agronomie,
Université de Parakou

³ Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES), BP 123; Parakou,
République du Bénin

Reçu le 14 Mai 2018 - Accepté le 17 Décembre 2018

Socioeconomic factors determining the allocation of the family labor of the Banikoara cotton farms in North Benin

Abstract: Improving agricultural productivity means optimizing production factors such as land, labor and capital. Cotton farming is a source of employment and income for the majority of farms in Benin. This crop is confronted with the serious problem of labor shortage which can lead to the reduction of the areas planted. The objective of this study is to characterize the family labor force and to assess the determinants of the allocation of the family labor of the Banikoara cotton farms in North Benin. Since all the components of the farm household contribute to the family labor force of the cotton farms, the study considered the family labor force as well children, women, men and total. It was conducted on a sample of 144 producers from Tokey, Gomparou, Somperekou and Toura villages in Banikoara. Descriptive statistics were used to characterize the family labor and the multiple linear regression model performed under the R software identified socioeconomic factors affecting the allocation of the family labor force. The results show that this workforce is low skilled, poorly educated and poorly literate. The determinants of family labor allocation differ according to whether we have children, women, men, or the whole. Overall, the family labor force is determined by the cost of hired labor, access to cotton credit, the area of cotton and the number of farm assets. The number of agricultural assets and the area of cotton are the determinants common to all types of family labor.

Keywords: Cotton farming, family labor, determinants, Banikoara, Benin.

Résumé : L'amélioration de la productivité agricole passe par l'optimisation des facteurs de production que sont : la terre, le travail ou main d'œuvre et le capital. La culture du coton est source d'emploi et de revenus pour la majorité des exploitations agricoles au Bénin. Cette culture est confrontée au sérieux problème de pénurie de main-d'œuvre qui peut conduire à la diminution des superficies emblavées. L'objectif de cette étude est de caractériser la main d'œuvre familiale et d'apprécier les déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières de Banikoara au Nord Bénin. Vu que toutes les composantes du ménage agricole contribuent à la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières, l'étude a considéré la main d'œuvre familiale aussi bien des enfants, des femmes, des hommes que totale. Elle a été réalisée sur un échantillon de 144 producteurs des villages de Tokey, Gomparaou, Somperekou et Toura de la commune de Banikoara. La statistique descriptive a été utilisé pour caractériser la main d'œuvre familiale et le modèle de régression linéaire multiple effectué sous le logiciel R a permis d'identifier les facteurs socioéconomiques affectant l'allocation de la main d'œuvre

familiale. Il ressort des résultats que cette main d'œuvre est peu qualifiée, peu instruit et peu alphabétisé. Les déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale diffèrent selon qu'on ait en présence des enfants, des femmes, des hommes ou de l'ensemble. Dans l'ensemble, l'allocation de la main d'œuvre familiale est déterminée par le coût de la main d'œuvre salariée, l'accès au crédit coton, la superficie de coton et le besoin en actifs agricoles. Le besoin en actifs agricoles et la superficie du coton sont les déterminants communs à tous les types de main d'œuvre familiale.

Mots clés: Exploitation cotonnière, main d'œuvre familiale, déterminants, Banikoara, Bénin.

1. Introduction

La satisfaction des besoins vitaux des populations des pays sous-développés comme le Bénin passe par la pratique de l'agriculture. Dans plusieurs de ces pays, l'agriculture est l'activité principale de la majorité des populations. Ainsi, le développement agricole se trouve au cœur des stratégies de sécurité alimentaire et de réduction du taux de malnutrition, par ricochet de réduction de la pauvreté dans la plupart des pays en voie de développement (Jama et Pizarro, 2008). En effet, l'agriculture emploie plus de 60% des actifs et contribue pour plus de 35% du PIB de la majorité des pays africains et plus des 40% dans les pays les moins avancés d'Afrique (Guéye, 2006). Il occupe le plus souvent la majorité de la main-d'œuvre et les produits agricoles représentent une part significative des exportations. L'Afrique Sub-saharienne est la région du monde où l'homme est plus utilisé dans les activités agricoles avec deux tiers des emblavures cultivées de manière traditionnelle et parfois des écarts importants par endroit (Clarke et Bishop, 2002). Selon ces mêmes auteurs, l'homme est utilisé à 65 %, la traction animale pour 25 % et la motorisation seulement pour 10%. Au Bénin, les facteurs de production sont toujours dominés par les outils traditionnels. Environ 76% des emblavures sont en culture manuelle contre 23% en culture motorisée (Tchougourou et Alexandre, 2004). Le secteur agricole béninois, caractérisé par la prédominance des exploitations agricoles de type familial et leur vulnérabilité à la variabilité climatique, contribue pour une part importante à la croissance, avec une moyenne de 2,4% sur la période 2011-2015 (MAEP, 2017). Ce secteur demeure alors très prépondérant pour l'économie du pays et pourrait induire des effets d'entraînement sur les secteurs secondaires et tertiaires. Toutefois, il est axé essentiellement sur la seule culture de coton qui génère en milieu rural plus de 40% des emplois, 45% des recettes fiscales de l'Etat

et fait vivre près de 50% de la population nationale (PASCiB, 2013). La production du coton s'est accrue de 28% entre 2008 et 2015 mais les revenus des producteurs et la productivité sont restés faibles et de plus la force de travail n'est que partiellement valorisée, ce qui rend très peu compétitifs les produits agricoles en général et le coton en particulier (MAEP, 2017). Mais, cet accroissement de la production ne s'est guère accompagné d'une amélioration du rendement. En effet, le rendement du coton qui était de 1 046 kg/ha en 2008 a baissé à 859 kg/ha en 2011 et de 970 kg/ha entre 2011 et 2015 (MAEP, 2017). D'après, le plan stratégique de développement du secteur agricole, c'est au niveau du coton que la chute des rendements s'est le plus observé, ceci malgré les multiples mesures prises par le gouvernement sur la période. Alors, les diverses politiques étatiques en faveur de cette filière tardent à avoir des répercussions sur le rendement et les revenus des producteurs à la base. Bien que les différents efforts des différentes catégories socioprofessionnelles de la filière étant louables, elle reste confrontée à d'autres contraintes dont la faible valorisation de la main d'œuvre agricole et la pénurie de la main d'œuvre agricole surtout celle salariée. Une étude de la FAO (1984) a admis que le travail humain est l'élément organisateur du processus de production. Selon cette étude, la main d'œuvre de l'exploitation est déterminée par la disponibilité des membres actifs de la famille, la limite supérieure du volume d'activité dépend donc de la quantité maximale de travail que cette main d'œuvre peut fournir en utilisation intensive. Par conséquent, il ressort que la taille et la structure de la famille influencent l'organisation de l'exploitation, non seulement quantitativement mais aussi qualitativement. La rareté croissante de la main d'œuvre agricole salariée implique l'utilisation optimale de celle familiale. L'optimisation de l'utilisation de la main d'œuvre familiale est liée à la maîtrise de ces caractéristiques et des facteurs qui pourraient l'influencer. Cette étude intitulée facteurs socio-économiques déterminants l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières à Banikoara permettra de caractériser cette forme de main d'œuvre agricole et d'apprécier les facteurs qui influencent son allocation dans cette première zone cotonnière du Bénin.

* Auteur Correspondant : agalatibarnab88@gmail.com,

Téléphone : (00229) 97 40 13 85

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

2. Cadre théorique de la main d'œuvre agricole

Le degré d'activité (% du temps maximum ouvrable passé par jours ou par semaine aux travaux agricoles) au sein d'une population agricole varie considérablement au cours de l'année et d'une exploitation à une autre. Ces différences sont dues d'une part aux conditions de production et d'autre part aux facteurs liés à la structure de la famille elle-même notamment au rapport de dépendance (FAO, 1984). Ce rapport est le ratio C/W (consommateur par actif). En 1925, les études de Tchayanov montraient que :

- plus ce rapport de dépendance est élevé, plus le nombre de jours de travail effectués annuellement par travailleur est élevé, et plus le revenu par travailleur est élevé ;

- à nombre d'unité de travail égal, plus le nombre d'unité de consommation est élevé, plus le revenu familial est élevé ;

- malgré la productivité plus élevée qui semble en résulter, un nombre plus élevé d'unités de consommation ne se traduit pas par un revenu par tête plus élevé (c'est parfois le contraire qui se produit).

La main d'œuvre agricole, généralement subdivisée en main d'œuvre familiale et salariée obéit à une certaine règle de fonctionnement. Selon Long (1984), la main-d'œuvre familiale doit être analysée en relation avec les normes et les valeurs culturelles existantes dans la société car ces valeurs culturelles justifient les comportements et les rôles de chacun des acteurs de la vie familiale. C'est la considération des normes et valeurs culturelles qui pourrait permettre de mieux analyser les relations entre la main d'œuvre familiale et salariée. En se basant sur ces considérations, les producteurs développent plusieurs stratégies pour mieux répartir le travail agricole au sein des ménages dans le but de maximiser la productivité de la main d'œuvre disponible. Toutefois, l'énergie déployée par les actifs agricoles dans l'exploitation, limitée par la pénibilité du travail dépend de la demande de consommation familiale. Le degré d'activité de la main d'œuvre familiale s'établit donc en fonction d'une relation entre la satisfaction des besoins et la charge du travail. D'après la FAO (1984), plus le travailleur fournit d'efforts (en termes de temps passé au travail et d'intensité) plus pénibles sont les dernières unités de travail fournies, c'est-à-dire plus grande est la désutilité marginale du travail. Ainsi, les principes de la microéconomie sont également applicables au travail agricole.

3. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Située au Nord-Ouest du Bénin dans le département de l'Alibori, la Commune de Banikoara couvre une superficie de 4 383 km². C'est le lieu de prédilection de la culture de coton au Bénin. Elle est limitée au Sud par les Communes de Gogounou et de Kérou, à l'Ouest par le Burkina-Faso, au Nord par la Commune de Karimama, et à l'Est par la Commune de Kandi. Elle est située à 11,29° de latitude Nord et 2,44° de longitude Est. La Commune de Banikoara bénéficie des affluents du fleuve Niger à savoir : le Mékrou au Nord-Ouest et l'Alibori au Sud-Est. Son climat est de type soudano-sahélien marqué par une saison sèche, une saison pluvieuse avec une pluviométrie moyenne de 850 mm. Le relief est peu accidenté avec extension de la chaîne de l'Atacora au Sud-ouest. Elle dispose également de près de 2148 km² de terres cultivables soit les 48,15 % de la superficie totale des terres. Le Parc W occupe 2235 Km² soit plus de 49% de la superficie totale de la Commune. La végétation est composée de forêts galeries le long des cours d'eau, de forêts claires de formations éphémères (sols caillouteux, dépressions), de savane boisée, arbustive et herbacée avec des plages d'épineux aux endroits soumis à une forte influence anthropique. La figure 1 présente la localisation des villages d'étude dans la Commune de Banikoara.

2.2. Base de données

L'unité de recherche est l'exploitation cotonnière à travers le chef du ménage. Les données utilisées par la présente étude sont essentiellement des données primaires collectées auprès de 144 producteurs de coton choisis de façon aléatoire dans quatre villages (Tokey, Gomparou, Somperkou et Toura) de la Commune de Banikoara. Ce choix est issu d'un recensement sommaire des producteurs de coton avec l'aide des coopératives villageoises des producteurs de coton. Le choix des sites d'enquêtes a été fait en se basant sur la représentativité du village dans la production cotonnière. Les données relatives à la production du coton, aux caractéristiques de la main d'œuvre agricole, aux caractéristiques sociodémographiques et économiques des producteurs, aux inputs et outputs de coton ont été collectées lors d'une enquête auprès des producteurs échantillonnés. Ces données ont été complétées par celles quantitatives et qualitatives obtenues lors des entretiens semi-structurés et des focus group organisés dans chaque site. L'observation participante a permis de trianguler les informations obtenues par les entretiens.

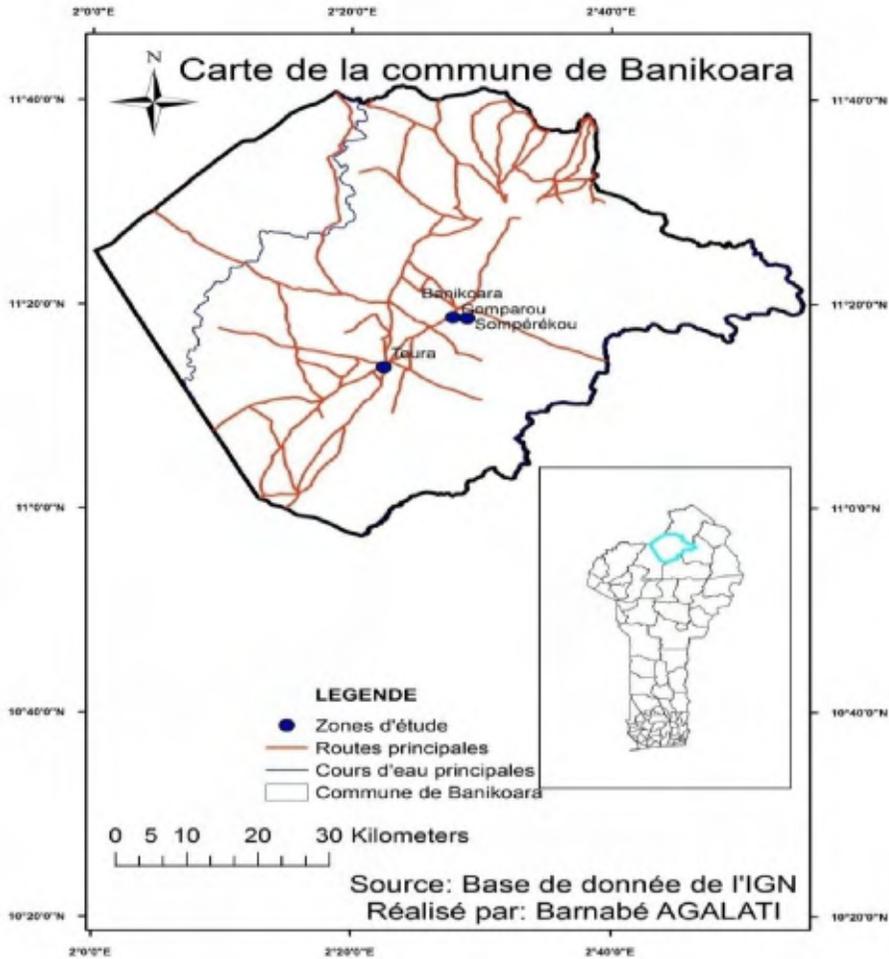


Figure 1 : carte de localisation des villages d'étude

2.3. Spécification du modèle de régression de la main d'œuvre familiale

Le modèle théorique a été construit en partant de l'hypothèse que la décision du producteur de coton i d'allouer une quantité de main d'œuvre familiale L à son exploitation de coton est influencé par j caractéristiques sociodémographiques et économiques notés X de l'enquêté soit la relation :

$$L_i = F(X_j) \quad (1)$$

La production du coton fait intervenir différentes catégories de main d'œuvre familiale à savoir celle des enfants, des femmes, des hommes et totale. Ainsi la main d'œuvre familiale dans la production cotonnière est de quatre type comme ci-après :

$$L_{ik} = \{L_{enf}, L_{fem}, L_{hom}, L_{tot}\} \quad (2)$$

Ici, l'indice k est mis pour le type de main d'œuvre familiale avec $k = 1, 2, 3, 4$. Alors, si $k = 1$ il s'agit de la main d'œuvre familiale des enfants (L_{enf}), $k = 2$ la

main d'œuvre familiale des femmes (L_{fem}), $k = 3$ la main d'œuvre familiale des hommes (L_{hom}) et $k = 4$ la main d'œuvre familiale totale (L_{tot}). L'estimation de la main d'œuvre est faite en tenant compte de l'effort fourni par chaque actif agricole du ménage et suivant l'opération culturale de coton. Le nombre d'actifs agricoles et la main d'œuvre familiale sont calculés en s'inspirant des travaux de Norman (1973). Selon cet auteur, le Nombre d'Actifs Agricoles (NAA) ou l'Effectif des Travailleurs en équivalent adulte est donnée par la formule ci-dessous :

$$NAA = ET = (\text{nombre d'actif homme de 14 à 60 ans}) + 0,75 * (\text{nombre d'actif femme de 14 à 60 ans}) + 0,50 * (\text{nombre d'actif enfant de 7 à 14 ans}) \quad (3)$$

L'unité de travail agricole considéré ici est Homme-jour (Hj). Un homme-jour étant le travail agricole d'un homme adulte payé à la tâche pendant huit (08) heures

de temps soit une journée de travail. Chacun de ces types de main d'œuvre familiale est calculé selon la formule suivante :

$$L_{ik} = ET_{ik} * (DT_{ik}/g) \tag{4}$$

Avec

$$DT_{ik} = NJ_{ik} * DMJT_{ik} \tag{5}$$

Dans les équations (4) et (5), DT_{ik} , NJ_{ik} et $DMJT_{ik}$ représentent respectivement la durée totale de l'opération, le nombre de jour de l'opération et la durée moyenne d'une journée de travail pour l'opération par producteur et selon le type de main d'œuvre familiale. Ainsi, la formulation économétrique de l'équation (1) peut s'écrire de la manière suivante :

$$L_{ik} = \alpha_0 + \sum \alpha_{ik} X_{ik} + \mu_{ik} \tag{6}$$

Cette équation économétrique nous a permis d'apprécier les déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières à travers un modèle de régression linéaire multiple. Les caractéristiques sociodémographiques et économiques considérées sont de trois types : les facteurs propres aux producteurs de coton (le besoin en actifs agricoles, le

nombre d'années d'expérience dans la production cotonnière et l'accès au crédit coton), les facteurs liés à la parcelle (la superficie du coton et la distance entre la maison de l'exploitant et son exploitation) et les facteurs liés à la main d'œuvre salariée (le coût de la main d'œuvre salariée). Ces facteurs ont été choisis dans le souci de prendre en compte toutes les composantes de l'exploitation agricole notamment cotonnière. En effet, le besoin en actifs agricoles est à la base de la mobilisation des actifs familiaux et salariés de l'exploitation et pourrait influencer la main d'œuvre familiale. L'expérience du producteur lui permet de savoir combiner les types de main d'œuvre familiale dans le but de rationaliser ses ressources. L'accès au crédit est source d'accroissement de l'emblavure au niveau des exploitations qui elle peut être à la base de l'augmentation de la main d'œuvre familiale. La distance séparant la maison du producteur de son exploitation peut être source d'affectation ou non de certains actifs aux activités agricoles. Le coût de la main d'œuvre salariée pourrait influencer l'utilisation de la main d'œuvre familiale. Le tableau 1 présente les variables des modèles de régression, leurs codes, leurs types, leurs unités et modalités ainsi que les signes attendus.

Tableau 1 : Variables des modèles de régression

Variabiles	Codes	Unités	Types (code 0)	Modalités	Signes attendus
Main d'œuvre familiale des enfants	L _{enf}	Hj/Ha	C	-	
Main d'œuvre familiale des femmes	L _{fem}	Hj/Ha	C	-	
Main d'œuvre familiale des hommes	L _{hom}	Hj/Ha	C	-	
Main d'œuvre familiale totale	L _{tot}	Hj/Ha	C	-	
Superficie de coton	SUPCOT	Ha	C	-	+
Coût de la main d'œuvre salariée	CMOS	FCFA/Ha	C	-	±
Accès au crédit coton	ACRED	-	D	1=oui, 0=non	±
Nombre d'années d'expérience dans la production cotonnière	EXPCOT	Année	C	-	+
Besoin en actifs agricoles	BAA	Adulte	C	-	+
Distance entre la maison de l'exploitant et son exploitation	DISTEX	Km	C	-	±

(Code 0) : D = Variable qualitative ; C = Variable quantitative continue

Source : Résultats d'analyse des données d'enquête, Banikoara 2016

Ce faisant, le modèle empirique de régression détaillé se présente comme suit :

$$L_{ik} = \alpha_{0k} + \alpha_{1k}SUPCOT + \alpha_{2k}CMOS + \alpha_{3k}ACRED + \alpha_{4k}DISTEX + \alpha_{5k}BAA + \alpha_{6k}EXPCOT + \mu_{ik} \tag{7}$$

Où k et i sont les indices et μ_{ik} les termes d'erreur tels que défini dans l'équation (6), les coefficients α_{0k} sont les termes constants et α_{ik} les paramètres à estimer qui renseignent directement sur les effets des variables explicatives sur les variables expliquées.

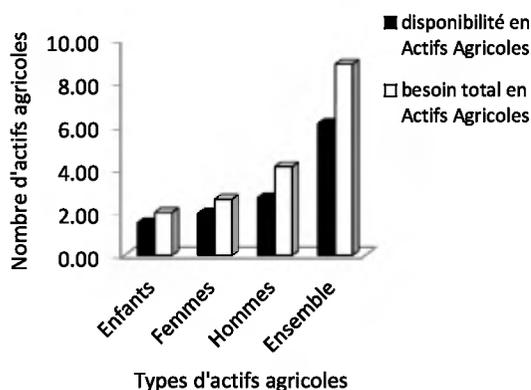
3. Résultats

3.1. Caractérisation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières

3.1.1- Une main d'œuvre familiale cotonnière relativement insuffisante

Les actifs agricoles pour produire le coton sont composés des enfants, des femmes et des hommes. La figure 2 présente la disponibilité et les besoins en actifs agricoles. De cette figure, le nombre d'actifs agricoles moyen au niveau des exploitations cotonnières est de 6 pour un besoin moyen de 8 personnes. Au niveau de

chaque composante (enfants, hommes et femmes) la moyenne est de 2 personnes pour les femmes et les hommes et d'une personne pour les enfants. Le besoin moyen en actifs agricoles est de 4 pour les hommes, et de 2 pour les femmes et enfants. Dans l'ensemble, il existe une différence significative entre la disponibilité en actifs agricoles et le besoin total en actifs agricoles ($t = 4,83$ $p=0,000$). Alors, les besoins moyens en actifs agricoles dans les exploitations cotonnières sont plus importants que les actifs agricoles moyens disponibles et par voie de conséquence il y a l'insuffisance de la main d'œuvre familiale. Cette insuffisance est due à la faible mécanisation de l'agriculture (perceptible uniquement au niveau du labour), à l'intensité des cultures et à l'accès difficile aux champs dispersés nécessitant le transport manuel des intrants coton sur de grandes



distances.

Figure 2 : Besoin et disponibilité en actifs agricoles des ménages cotonniers

3.1.2- Une main d'œuvre familiale cotonnière peu alphabétisée, peu instruits et peu qualifiée

Les actifs agricoles des exploitations cotonnières en majorité n'ont jamais reçu une formation professionnelle agricole (89,46%, figure 3). Selon cette même figure, 84% ne sont pas alphabétisés. La production agricole et en particulier celle du coton se transmet de père en fils. Cette absence de qualification professionnelle et d'analphabétisme est plus perceptible au niveau des enfants et femmes actifs agricoles. La figure 4 présente le niveau d'instruction des actifs agricoles. Dans l'ensemble, tous les niveaux d'instruction sont représentés dans les actifs agricoles. La population des actifs non instruits est importante soit 65,91% pour les femmes, 55,94% pour les hommes et 53,99% pour l'ensemble sauf au niveau des enfants où 65,2% ont le niveau secondaire. Il convient de rappeler que les formations agricoles notamment sur le terrain sont toujours organisées en faveur des chefs d'exploitation alors qu'ils ne sont pas les seuls à exécuter les travaux agricoles. Ainsi,

la main-d'œuvre familiale n'a aucune qualification formelle. Elle travaille à partir des connaissances empiriques.

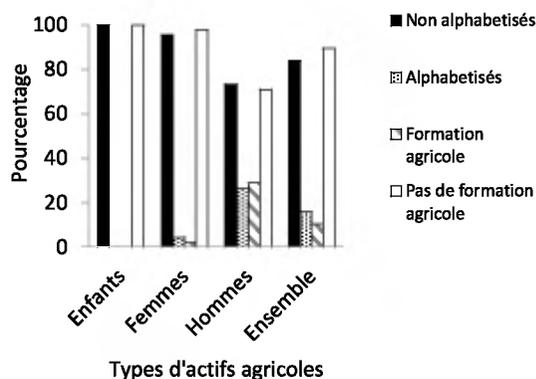


Figure 3 : Formation agricole et alphabétisation des actifs agricoles

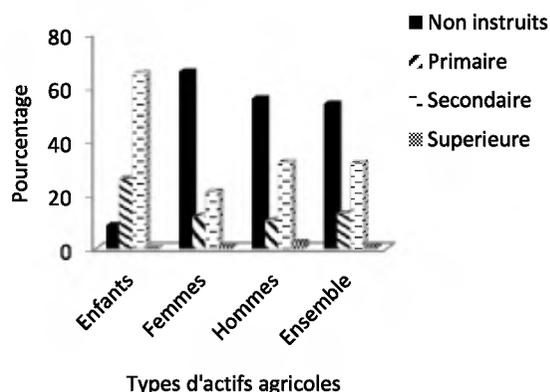


Figure 4 : Niveau d'instruction des actifs agricoles des ménages cotonniers

3.1.3- La prédominance de la main d'œuvre familiale dans la main d'œuvre agricole

Les exploitations cotonnières comme on pouvait s'y attendre ne produisent pas que du coton. Les exploitants produisent également le soja, le maïs, l'arachide, le niébé, l'igname, le manioc, le riz, le sorgho et le mil. A l'exception de l'igname, chaque culture nécessite aussi bien de la main d'œuvre familiale que salariée mais à des proportions différentes. En effet, à Banikoara les producteurs s'adonnent moins à la culture de l'igname. Cette culture est faite en de petite superficie pour la subsistance de l'exploitation agricole. Au niveau de chaque culture au moins 80% des exploitants utilisent en majorité de la main d'œuvre familiale (Figure 5). De ce fait, elle constitue la première forme de la main d'œuvre agricole utilisée par les producteurs de Banikoara. Cela montre d'une part l'attachement des paysans à l'activité champêtre et d'autre part l'importance de l'agriculture

pour la survie des populations rurales. Selon les producteurs, cette forme de main d'œuvre paraît plus efficace car le coût de formation est nul. Elle est aussi plus disponible que les autres formes sauf dans les ménages agricoles où il y a beaucoup d'enfant qui vont à l'école. Néanmoins, ils se rendent disponible pour les activités agricoles les week-ends, les congés et vacances.

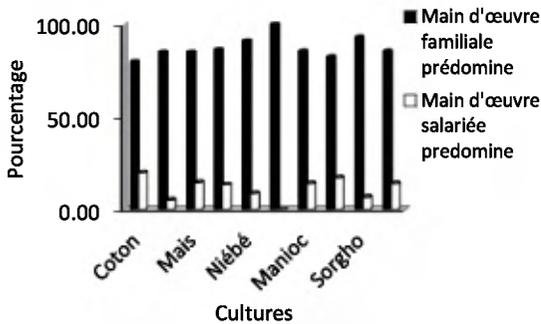


Figure 5 : Main d'œuvre agricole prédominante dans les exploitations cotonnières

3.1.4- Exploitation cotonnière : chef d'exploitation, chef des décisions

L'exercice de toute activité nécessite la prise des décisions. La production cotonnière ne fait pas l'exception. Le chef d'exploitation comme le montre la figure 6 est le centre des décisions (acteur principal) dans les exploitations à base de coton dans au moins 57% des exploitations. C'est à lui que revient la décision au début de la campagne de décider quelle spéculatation l'exploitation doit faire. Dans le reste des cas, le chef d'exploitation discute avec son épouse pour les cultures à produire. Lorsque la femme prend la décision de la culture à produire cela ne concerne que son exploitation uniquement. Le plus souvent c'est pour la culture du soja, l'arachide et le riz qui sont les cultures où les femmes interviennent. Dans ce cas, ce sont les filles le plus souvent qui aident leur mère.

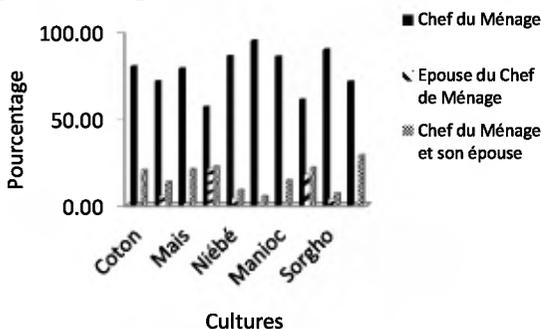


Figure 6 : Décision de produire une spéculatation dans les ménages cotonniers

3.2. Description des variables du modèle de régression

La superficie moyenne de coton en hectare et le besoin moyen en actifs agricoles sont respectivement de 4,92 et 6,09 (tableau 2). Ces valeurs témoignent du statut de grenier cotonnier de la commune de Banikoara. Les producteurs parcourent en moyenne 7,21 Km pour se rendre dans leur exploitation et produisent en moyenne le coton depuis 19,69 ans. En complément à la main d'œuvre familiale, les producteurs de coton utilisent la main d'œuvre salariée qui coûte moyennement 28674,37 FCFA/Ha. La main d'œuvre familiale dans la production du coton est composée de celle des enfants, des femmes et des hommes. L'essentiel des travaux de coton est exécuté par les hommes (39,72), suivis par les femmes (20,27) et les enfants (14,72).

3.3. Déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale

Le tableau 3 présente les résultats de l'estimation des modèles de régression de la main d'œuvre familiale. Les quatre modèles sont globalement significatifs au seuil 1%. Les variations des variables explicatives introduites dans les modèles permettent d'expliquer 19,91%, 30,73%, 41,44% et 42,5% des variations observées aux niveaux de l'allocation de la main d'œuvre familiale respectivement des enfants, des femmes, des hommes et totale. Par ailleurs, les constantes des modèles de régression de la main d'œuvre familiale des hommes et totale sont statistiquement significatifs respectivement au seuil de 5% et 1%. Tout ceci permet d'interpréter les résultats.

En général, les déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale diffèrent selon le type de main d'œuvre familiale. La main d'œuvre familiale des enfants est déterminée par le besoin en actifs agricoles et la superficie de coton. Ensuite, le coût de la main d'œuvre salariée, le besoin en actifs agricoles, le nombre d'années d'expérience dans la production cotonnière et la superficie du coton sont les facteurs déterminants la main d'œuvre familiale des femmes. Enfin, la main d'œuvre familiale des hommes et totale sont déterminées par le coût de la main d'œuvre salariée, la superficie du coton et le besoin en actifs agricoles. En plus de ces facteurs, la main d'œuvre familiale totale est déterminée par l'accès au crédit coton destiné à la production du coton. Alors les déterminants communs à tous les types de main d'œuvre familiale sont : le besoin en actifs agricoles et la superficie du coton.

Tableau 2: statistiques descriptives des variables des modèles de régression

Variables explicatives des modèles de régression			
<i>Variable explicative qualitative</i>		<i>Fréquence</i>	<i>Pourcentage</i>
Accès au crédit coton	non	86	59,6
	oui	58	40,4
<i>Variables explicatives quantitatives</i>		<i>Valeur moyenne</i>	<i>Erreur type</i>
Superficie de coton (Ha)		4,92	4,74
Coût de la main d'œuvre salariée (FCFA/Ha)		28674,37	30717,59
Besoin en actifs agricoles (Adulte)		6,09	4,24
Distance entre la maison de l'exploitant et son exploitation (Km)		7,21	9,13
Nombre d'années d'expérience dans la production cotonnière (Année)		19,61	10,71
<i>Variables dépendantes des modèles de régression</i>			
Main d'œuvre familiale		<i>Valeur moyenne</i>	<i>Erreur type</i>
Main d'œuvre familiale des enfants (Hj/Ha)		14,72	20,23
Main d'œuvre familiale des femmes (Hj/Ha)		20,27	22,81
Main d'œuvre familiale des hommes (Hj/Ha)		39,12	32,83
Main d'œuvre familiale totale (Hj/Ha)		74,49	61,78

Source : Résultats d'analyse des données d'enquête, Banikoara 2016.

Tableau 3 : Résultats des modèles de régression

Variables explicatives	Main d'œuvre familiale											
	Enfants			Femmes			Hommes			Totale		
	coefficients	t	p	coefficients	t	p	coefficients	t	p	coefficients	t	p
Constante	2,196	0,523	0,602	5,491	1,021	0,309	24,9***	3,731	0,000	32,59**	2,458	0,015
CMOS	-0,00005	-1,174	0,243	-0,0001**	-2,281	0,024	-0,0002***	-3,363	0,001	-0,0004***	-2,991	0,003
BAA	1,706***	4,102	0,000	2,595***	4,875	0,000	4,278***	6,473	0,000	8,58***	6,536	0,000
ACRED	3,702	1,195	0,234	6,224	1,570	0,119	7,507	1,525	0,130	17,43*	1,783	0,077
SUPCOT	-0,644*	-1,736	0,085	-1,809***	-3,810	0,000	-3,005***	-5,098	0,000	-5,458***	-4,662	0,000
DISTEX	-0,082	-0,467	0,641	0,184	0,815	0,417	0,14	0,501	0,617	0,242	0,435	0,664
EXPCOT	0,148	1,018	0,311	0,341*	1,837	0,069	0,264	1,146	0,254	0,754	1,644	0,103
Résumé des modèles	R2 ajusté : 0,1991 F : 5,268 ddl1 : 5 ddl2 : 139 p : 0,000			R2 ajusté : 0,3073 F : 8,614 ddl1 : 5 ddl2 : 139 p : 0,000			R2 ajusté : 0,4144 F : 13,15 ddl1 : 5 ddl2 : 139 p : 0,000			R2 ajusté : 0,425 F : 13,69 ddl1 : 5 ddl2 : 139 p : 0,000		

NB : *** : Valeur significative à 1 % ; ** Valeur significative à 5 % ; * Valeur significative à 10%

Source : Résultats d'analyse des données d'enquête, Banikoara 2016.

3.3.1. Coût de la main d'œuvre salariée

Il détermine négativement l'allocation de la main d'œuvre familiale des femmes, des hommes et totale. Certains producteurs du coton vont préférer vendre leur main d'œuvre que de travailler dans leur propre exploitation en cas d'augmentation du coût de la main d'œuvre salariée. Toutefois, ces producteurs ne se transforment pas en main d'œuvre salariée permanente mais plutôt occasionnelle et ces types de comportement ne concernent que quelques opérations culturales comme le labour et la récolte. Ainsi, ils estiment que la productivité moyenne de la main d'œuvre familiale est moins économiquement efficace que son coût d'opportunité.

3.3.2. Besoin en actifs agricoles

Le besoin en actifs agricoles a un effet positif sur tous les types de main d'œuvre familiale au seuil de 1%. De façon générale, la main d'œuvre familiale est assurée par les actifs agricoles du ménage. De cette manière, l'accroissement du besoin en actifs agricoles implique une surexploitation des actifs agricoles réels et donc une augmentation de la main d'œuvre familiale. A Baniokoara, l'agriculture est toujours fortement dépendante de la main d'œuvre familiale qui elle est fonction du nombre d'actifs agricoles de chaque ménage. L'accumulation de richesse par un producteur ou l'emblavure d'une grande superficie ne peut se faire sans un nombre d'actifs agricoles consistant dans son ménage qui est plus facile à mobiliser et moins coûteux que les actifs externes. Ce nombre d'actif nécessaire est mobilisé en fonction du besoin estimé par le chef du ménage agricole.

3.3.3. Accès au crédit coton

L'accès au crédit coton détermine positivement la main d'œuvre familiale totale au seuil de 1%. En d'autres termes plus la probabilité que les producteurs aient le crédit coton est élevée plus les producteurs utilisent la main d'œuvre familiale totale. En effet, l'accès au crédit coton donne la possibilité d'augmenter la superficie emblavée donc l'accroissement de la main d'œuvre familiale totale vue l'incertitude au niveau de la main d'œuvre salariée. Le crédit coton du fond national de micro finance permet au producteur d'effectuer à temps les opérations culturales et donc d'avoir une meilleure rentabilité. Il sert principalement à payer la main d'œuvre salariée pour les opérations culturales à forte demande de main d'œuvre telles que le sarclage et la récolte. Pour ce fait les exploitants ayant obtenu le crédit mobilisent tous les moyens techniques et humains à l'intérieur de l'exploitation d'abord en vue de rembourser le crédit et d'en bénéficier encore les campagnes futures.

3.3.4. Superficie du coton

La superficie du coton a un effet négatif sur tous les types de main d'œuvre familiale. Quand la superficie du coton augmente l'emploi de la main d'œuvre familiale par les producteurs diminue. En effet la main d'œuvre familiale au niveau des ménages cotonniers est limitée, l'accroissement de la superficie de coton nécessite le recours à la main d'œuvre salariée pour combler le déficit. L'augmentation de la superficie se fait le plus souvent lorsque le producteur dispose de capital financier conséquent pour mener à bien la campagne. La main d'œuvre salariée est utilisée principalement dans la culture du coton. De cette manière lorsqu'une exploitation dispose de main d'œuvre salariée, elle réoriente sa force de travail vers les autres spéculations.

3.3.5. Nombre d'année d'expérience dans la production cotonnière

Il a un effet positif sur la main d'œuvre familiale des femmes au seuil de 10%. Lorsque le nombre d'année d'expérience dans la production cotonnière augmente, l'allocation de la main d'œuvre familiale des femmes aussi s'augmente. L'expérience dans la production cotonnière du chef du ménage permet d'augmenter la contribution des femmes à la production. Certaines opérations culturales du coton comme le semis, le démarrage, la fertilisation et la récolte sont réservées prioritairement aux femmes et l'expérience du chef du ménage amplifie cette répartition.

4. Discussion

Cette étude a révélé qu'au moins 80% des exploitations cotonnières utilisent en majorité la main d'œuvre familiale pour chaque culture, et 89,46% de la main d'œuvre familiale n'ont jamais reçu une formation agricole. La seule formation agricole reçue par les producteurs est celle organisée par les structures d'appui conseil. La main d'œuvre agricole familiale n'a pas reçu sur le plan académique de formation professionnelle agricole. Les pratiques agricoles actuelles qu'adopte cette main d'œuvre sont acquises de père en fils et de génération en génération. Ces résultats confirment ceux de Dogousaga et Pleines (2010) qui ont trouvé que les exploitants et leur main-d'œuvre familiale bénéficient des savoirs traditionnels accumulés et transmis de génération en génération. Par ailleurs, elle a montré la prédominance de l'utilisation de la main d'œuvre familiale peu qualifiée dans la main d'œuvre agricole des exploitations cotonnières dans la zone d'étude. La main d'œuvre familiale des ménages cotonniers est aussi caractérisée par son insuffisance, son faible niveau d'instruction et d'alphabétisation. Les ménages cotonniers sont sous l'autorité des chefs du ménage qui sont en

même temps chef des décisions concernant l'exploitation. L'importance de la main d'œuvre familiale avait été mise en relief par Saka (2011). Selon cet auteur, la main d'œuvre familiale devient de plus en plus importante du fait de la nucléarisation de la cellule familiale et la forte scolarisation des enfants. Cette main d'œuvre familiale n'est pas rémunérée pour les différentes activités menées dans l'exploitation. Selon Aho et Kossou (1997), l'entreprise agricole traditionnelle n'admet pas le gestionnaire et les membres de son ménage comme étant des acteurs de production dont l'intervention a un prix. Ainsi les producteurs effacent l'intérêt particulier devant celui de la collectivité. Le chef du ménage a pour obligation d'assurer la subsistance des membres de la collectivité. Cette absence de rémunération entraîne entre autres l'exode rural, le détachement précoce des jeunes et la pénurie de la main d'œuvre au sein des ménages. L'importance de la main d'œuvre familiale dénote de la faible mécanisation au niveau des exploitations agricoles. Cela confirme les études de Clarke et Bishop (2002) qui ont admis que l'Afrique Subsaharienne est la région du monde où l'homme est plus utilisé dans les activités agricoles, avec deux tiers des terres cultivées manuellement et des disparités régionales importantes. Au Bénin par exemple, les facteurs de production sont toujours dominés par les outils traditionnels. Environ 76% des emblavures sont en culture manuelle contre 23% en culture attelée (Tchougourou et Alexandre, 2004). Enfin, l'étude a révélé que plusieurs facteurs socioéconomiques affectent l'allocation des différents types de la main d'œuvre familiale. Le besoin en actifs agricoles et la superficie du coton déterminent toutes les formes de la main d'œuvre familiale. Le besoin en actifs agricoles, le nombre d'année d'expérience dans la production cotonnière et le coût de la main d'œuvre salariée sont les principaux facteurs déterminants la main d'œuvre familiale des femmes. La main d'œuvre familiale des hommes et totale sont déterminées par le coût de la main d'œuvre salariée, la superficie du coton et le besoin en actifs agricoles. L'accès au crédit coton est également un déterminant de la main d'œuvre familiale totale. Les facteurs obtenus par cette étude sont similaires à ceux de FAO (1984). En effet, selon cette étude la main d'œuvre de l'exploitation est déterminée par la disponibilité des membres actifs de la famille, la limite supérieure du volume d'activité dépend donc de la quantité maximale de travail que cette main d'œuvre peut fournir en utilisation intensive.

5. CONCLUSION

Cette étude a caractérisé la main d'œuvre familiale et a ressorti les facteurs socioéconomiques déterminants l'allocation de la main d'œuvre familiale dans les exploitations cotonnières de Banikoara. Il y ressort que la main d'œuvre familiale des ménages cotonniers de la

zone d'étude est caractérisée par son insuffisance, sa faible qualification, instruction et alphabétisation. Les ménages cotonniers sont sous l'autorité des chefs du ménage qui sont en même temps chef des décisions concernant l'exploitation. Ces exploitations utilisent une main d'œuvre agricole à prédominance familiale. Les facteurs déterminants ont été obtenus en considérant les quatre types de main d'œuvre familiale : enfants, femmes, hommes et totale. Les déterminants de l'allocation de la main d'œuvre familiale diffèrent selon le type de main d'œuvre familiale. Dans l'ensemble, le besoin en actifs agricoles et la superficie du coton déterminent l'allocation de la main d'œuvre familiale des exploitations cotonnières. Le coût de la main d'œuvre salariée et le nombre d'année d'expérience dans la production du coton sont les facteurs spécifiques qui déterminent la main d'œuvre familiale des femmes. Pendant que le coût de la main d'œuvre salariée détermine spécifiquement la main d'œuvre familiale des hommes, c'est plutôt l'accès au crédit qui l'est pour la main d'œuvre familiale totale. Il est souhaitable de prendre en considération ces facteurs pour une utilisation rationnelle de la main d'œuvre familiale dans les exploitations cotonnières au Bénin.

REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement le projet FAM&COMM du LARES pour son appui financier et technique lors de la conduite de cette recherche.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Aho, N., Kossou, D.K., 1997. Précis d'agriculture tropicale: bases et éléments d'applications. Editions du Flamboyant.
- Clarke, L., Bishop, C., 2002. Farm power-present and future availability in developing countries. Agricultural Engineering International: CIGR Journal.
- Dogoussaga, B. G., Pleines T., 2010. Etude sur la pénurie de main d'œuvre agricole au Togo et au Bénin. rapport d'étude.
- FAO., 1984. Population et main d'œuvre dans l'économie rurale. Etude développement économique et social. 143p.
- Gueye, B., 2006. Policy, poverty and agricultural development to support small scale farmers in Sub Saharan Africa. Reflections from West Africa 40.

- Jama, B., Pizarro, G., 2008. Agriculture in Africa: Strategies to improve and sustain smallholder production systems. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1136, 218–232.
- Long, N., 1984. *Family and work in rural societies: perspectives on non-wage labour*. Tavistock Publications, Ltd, London.
- MAEP., 2017. Plan stratégique de développement du secteur agricole (PSDSA) 2025 et Plan national d'Investissements Agricoles et de Sécurité alimentaire et nutritionnelle PNIASAN 2017-2021. 139p.
- PASCiB., 2013. La filière coton au Bénin : Regard et analyses prospectives de la société civile, 29p
- Tchougourou., Alexandre., 2004. La mécanisation de l'agriculture au Bénin : bilan et perspectives. Communication à l'atelier national sur le financement de la mécanisation de l'agriculture au Bénin, du 25 au 27 août 2004., (p. 23).

Page laissée intentionnellement vide



Processus d'adoption des technologies de stockage et de conservation du maïs au sud du Bénin

Imarath ADEOTI¹, Patrice ADEGBOLA², Epiphane SODJINOUS³, Razack ADEOTI⁴, Nour-Eddine SELAMNA⁵

¹ Université de Ouagadougou, Programme Agrinovia

² Institut National de Recherches Agricoles du Bénin, 01BP 884, Cotonou

³ Université de Parakou, Faculté d'Agronomie

⁴ Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA- Station Bénin)

⁵ International Centre for development oriented Research in Agriculture (ICRA)

Reçu le 10 Mai 2018 - Accepté le 21 Décembre 2018

Adoption's process of maize's storage and preservation technology in southern Benin

Abstract: Maize storage and conservation are facing huge problems in Benin. Traditionally used practices by producers are inefficient and result in significant qualitative and quantitative losses. To reduce these losses, new technologies are being introduced in various locations in Benin, including improved granaries and Sofagrains. The aim of this research, conducted in 2015, is to better understand the perception of producers regarding these technologies and to determine the factors influencing their adoption or rejection. The study was conducted in southern Benin on a sample of 1496 producers divided into 4-period panels. Descriptive statistics were used to describe the characteristics of adopters, non-adopters, dropouts and re-adopters of the different technologies encountered and to analyze the perception that producers have of these technologies. In terms of technology adoption, 34.62% of producers use improved granaries and 30.54% still use Sofagrains. Econometric analysis has shown that the number of farm workers, outreach, participation in at least one technology experiment, and access to building materials influence adoption. The analysis also revealed that the number of agricultural workers, the contact with the extension, the quantity of corn produced, the age, the number of years of experience, the accessibility of the village, the contact with extension, participation in at least one experiment, gender, access to credit in the last 5 years and membership of an association or group affect the adoption of Sofagrains. This study allowed to better understand the real motivations of producers in the use of a storage or conservation technology. This will make it possible to improve existing technologies so that they are adapted to the real needs of the population in order to reduce the losses generated by the storage and conservation of cereals, particularly maize, in Benin.

Keywords: post-harvest losses, improved granaries, sofagrains, reduction.

Résumé : Le stockage et la conservation du maïs rencontrent d'énormes problèmes au Bénin. Les pratiques traditionnellement utilisées par les producteurs sont inefficaces et engendrent des pertes qualitatives et quantitatives importantes. Pour réduire ces pertes, de nouvelles technologies sont introduites dans diverses localités du Bénin, notamment des greniers améliorés et le Sofagrains. La présente recherche déroulée en 2015 a pour objectif de mieux cerner la perception des producteurs face à ces technologies et de déterminer les facteurs influençant leur adoption ou rejet. L'étude a été réalisée dans le Sud du Bénin sur un échantillon de 1496 producteurs répartis en panel de 4 périodes. La statistique descriptive a permis de décrire les caractéristiques des adoptants, non adoptants, les abandons et les ré-adoptants des différentes technologies rencontrées et d'analyser la perception qu'ont les producteurs de ces technologies. Pour ce qui est de l'adoption des technologies, 34,62% des producteurs utilisent les greniers améliorés et 30,54% utilisent toujours le Sofagrains. L'analyse économétrique a permis de dégager que le nombre d'actifs agricoles, le contact avec la vulgarisation, la participation à au moins une expérimentation sur les technologies et l'accès aux matériaux de construction influencent l'adoption. L'analyse a permis également de dégager

que le nombre d'actifs agricoles, le contact avec la vulgarisation, la quantité de maïs produite, l'âge, le nombre d'années d'expériences, l'accessibilité du village, le contact avec la vulgarisation, la participation à au moins une expérimentation, le genre, l'accès au crédit ces 5 dernières années et l'appartenance à une association ou groupement affectent l'adoption du Sofagrain. Cette étude a permis de mieux comprendre les réelles motivations des producteurs dans l'utilisation d'une technologie de stockage ou de conservation. Cela permettra d'améliorer les technologies existantes pour qu'elles soient adaptées aux réels besoins de la population afin de réduire les pertes engendrées par le stockage et la conservation des céréales, notamment le maïs, au Bénin.

Mots clés: pertes post-récoltes, greniers améliorés, sofagrain, réduction.

1. Introduction

Le maïs est la principale céréale intervenant dans l'alimentation des populations au Bénin (INSAE, 2012). Cette spéculation se caractérise par une grande superficie de sa culture due non seulement à la grande facilité d'adaptation de la plante maïs aussi à cause du fait qu'il est l'un des aliments de base des populations béninoises (Singbo, 2000). La production du maïs a connu une croissance régulière ces dernières années (INSAE, 2012). Cette hausse s'explique en partie par l'utilisation de certaines variétés améliorées mais aussi par l'augmentation des superficies emblavées (INSAE, 2012). Cet accroissement de la production nécessite une bonne prise en charge post récolte. Malheureusement, les infrastructures de stockage et de conservation sont faiblement développées, les pertes régulières du maïs peuvent atteindre 40 à 50% après six (6) mois de stockage (Adégbola, 2010). L'environnement tropical peu propice à la conservation des produits vivriers et surtout la précarité des technologies de stockage aggravent les pertes pendant le stockage. Aussi, le maïs fait l'objet d'importantes attaques avec l'apparition et la multiplication des ravageurs dont le plus nuisible reste le "grand capucin du maïs" (*Prostephanus truncatus*) (Fiagan, 1994, Nukenine, 2010).

Ces insectes et autres ravageurs causent ainsi au Sud du Bénin après 6 mois de stockage en moyenne 10-15% de pertes pour le maïs de la deuxième saison et à plus de 25 à 30% pour le maïs de la première saison plus difficile à conserver du fait de sa très forte teneur en eau (généralement supérieure à 20%) (Fiagan, 1994, Nukenine, 2010).

Face à ces énormes pertes, plusieurs structures de stockage ont été introduites pour relever et améliorer les insuffisances post récoltes de cette filière. Dans la zone du Sud du Bénin, l'introduction des silos en ciment de type DICHTER et du séchoir de type

BROOKS, ainsi que des cribs, n'avait pas connu le succès escompté (Fiagan, 1994, Nukenine, 2010). Il n'est pas rare de voir des silos jamais utilisés à côté des greniers traditionnels qui, malgré les défaillances qui leurs sont reconnues, sont restés les structures les plus utilisées par les paysans (Arouna, 2002). Alors sont introduits dans les milieux ruraux les greniers à base de matériaux végétaux. Ces greniers ont la même structure que les greniers traditionnels mais sont faits avec des matériaux plus améliorés et résistants (Adégbola, 2010). Ces derniers ont conduit à des résultats beaucoup plus encourageants. Mais malgré leur efficacité, l'adoption de ces structures reste encore faible (Adégbola, 2010).

La plupart des travaux empiriques sur l'adoption de technologies agricoles utilisent uniquement des données transversales pour analyser les décisions d'adoption. Ils partagent une population en adoptants et non-adoptants, et analysent les raisons de l'adoption ou non-adoption à un point dans le temps. Cependant, une simple classification des producteurs en adoptants/non-adoptants peut ne pas être suffisante pour comprendre le processus d'adoption. Cette dernière est une prise de décision dynamique, c'est-à-dire un processus dans lequel les producteurs vont de l'essai à une utilisation continue ou non, puis à l'abandon de la technologie au fil du temps. En outre, les décisions à un moment donné peuvent dépendre des décisions prises au cours des périodes précédentes. Ce processus dynamique est caractérisé par l'échelonnement dans le temps de facteurs tels que la collecte d'informations et leur mise à jour, l'apprentissage par la pratique, ou l'accumulation de ressources qui peuvent influencer sur la décision de l'agriculteur (Feder et al., 1985).

Selon Adégbola (2010), comprendre la dynamique de l'adoption nécessite de suivre les producteurs sur plusieurs données de plusieurs périodes. Ayant travaillé sur deux périodes de données, 2002 et 2008, Adégbola (2010) constate que près de 56% des agriculteurs qui avaient adopté le grenier amélioré en bois en 2002 et qui ont été interrogés à nouveau en 2008 avaient abandonné les technologies. De même, pour le Sofagrain, 73% des adoptants en 2002 avaient abandonné en 2008.

Au regard de tout ce qui précède, certains questionnements persistent. Pourquoi ce taux élevé d'abandon

* Auteur Correspondant : imaratha@yahoo.com,

Tel : (+229) 65437256

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

de la part des premiers adoptants ? Qu'est ce qui a amené les non adoptants à s'approprier des technologies ? Pourquoi malgré tous les problèmes rencontrés pour le stockage et la conservation de leurs récoltes, les producteurs ne sont-ils pas emballés par ces innovations ?

Voilà les questionnements auxquels cette recherche se propose de répondre en se basant sur des données temporelles. Les producteurs interviewés ont été questionnés pendant plusieurs années pour permettre de suivre leur réel statut au fil du temps.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

L'enquête est réalisée dans le Sud du Bénin, grande zone de production du maïs. C'est également la zone où le maïs constitue le principal aliment de base des populations.

Les villages d'étude sont les villages impliqués dans les premières expériences d'innovations de stockage et de conservation de maïs dans les projets passés et présents (Tableau 1).

2.2. Collecte des données

L'étude a pris en compte les producteurs enquêtés par Adégbola en 2010. Certains producteurs se sont déplacés vers d'autres régions, d'autres sont morts mais la majorité des producteurs étaient toujours sur place, ils ont constitué notre échantillon.

La collecte des données est scindée en deux grandes phases. La première est une phase documentaire suivie d'une enquête qualitative. La deuxième phase a consisté en l'enquête quantitative. L'enquête qualitative a consisté à prendre contact avec les personnes ressources (clé) notamment les délégués et chefs de villages qui ont facilité notre introduction dans les différents milieux. L'enquête est basée sur des entretiens semi structurés avec des producteurs rassemblés en focus groupe de minimum dix (10) producteurs avec une représentativité féminine de 30% respectée. Les données ont été recueillies grâce à un guide d'entretien. Les informations collectées au cours de cette enquête qualitative ont permis d'améliorer le protocole et le questionnaire structuré individuel ayant servi à l'enquête quantitative c'est à dire la deuxième phase.

L'enquête quantitative a été faite dans le but de mieux comprendre les réalités actuelles sur les systèmes post récoltes et d'actualiser les données existantes. Cette enquête approfondie est réalisée à l'aide d'un questionnaire structuré développé pour les producteurs individuels. Le nombre de producteurs enquêtés est de 1496 au total. Ces producteurs sont ceux ayant vu leur village bénéficier de l'introduction des technologies améliorées de stockage et de conservation.

Tableau 1 : Liste des villages d'étude

Table 1 : List of study village

Département	Commune	Arrondissement	Village
Atlantique	Allada	Ahouannou	Hessa
Atlantique	Allada	Allada	Soyo
Atlantique	Kpomassè	Aganmalomè	Lokossa
Atlantique	Kpomassè	Sègbeya	Gbèfadji
Atlantique	Ouidah	Savi	Assogbénou-
Atlantique	Ouidah	Savi	Dékouénou
Atlantique	Toffo	Agué	Agué
Atlantique	Toffo	Colli	Agbamè
Atlantique	Toffo	Colli	Bossouvi
Atlantique	Toffo	Coussi	Acassiassa
Atlantique	Toffo	Coussi	Agbomin
Atlantique	Toffo	Coussi	Zà
Atlantique	Toffo	Djanglanmè	Houngo-Govè
Atlantique	Toffo	Kpomè	Domè
Atlantique	Toffo	Sèhoué	Sèhoué
Atlantique	Zè	Koudokpoé	Wedjamè
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Abléhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Agbidjihoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Akpali
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Danouhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Danouhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Danouhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Dossouhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Dossouhoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Etohoué
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Kaitèmè
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Kaitèmè
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Kpakonouhou
Couffo	Aplahoué	Akplahoué	Soyo
Couffo	Aplahoué	Danonhoué	Abléhoué
Couffo	Djakotomey	Sokouhoué	Bitouhoué
Couffo	Djakotomey	Sokouhoué	Tchanvi
Couffo	Djakotomey	Sokouhoué	Zouzouvou
Couffo	Dogbo	Ayomi	Agbèdranfo
Couffo	Dogbo	Ayomi	Ayomi centr
Couffo	Dogbo	Dévé	Ayomi centr
Couffo	Dogbo	Dévé	Couzoumè
Couffo	Dogbo	Dévé	Houékoumè
Couffo	Kluékanmè	Lanta	Dékandji
Couffo	Kluékanmè	Lanta	Lanta
Mono	Bopa	Bopa	Tokpoé
Mono	Bopa	Logbogo	Devédji
Ouémè	Bonou	Affemè	Agbona
Ouémè	Bonou	Affemè	Agbosso
Ouémè	Bonou	Affemè	Wovimè
Ouémè	Bonou	Atchonsa	Gboa
Ouémè	Bonou	Bonou	Agbona
Ouémè	Bonou	Bonou	Ouèbossou
Ouémè	Bonou	Bonou	Sèkodji
Plateau	Kétou	Adakplamè	Adakplamè
Plateau	Kétou	Adakplamè	Ewè
Plateau	Kétou	Idiyin	Illechîn
Plateau	Kétou	Kpankou	Ayétedjou
Plateau	Kétou	Kpankou	Gangnigon
Plateau	Kétou	Kpankou	Gbanigbé
Plateau	Kétou	Kpankou	Kpankou
Plateau	Kétou	Mowodani	Ayétedjou
Plateau	Kétou	Odomèta	Atanka
Zou	Djidja	Agouin	Akpacli
Zou	Djidja	Dan	Dan
Zou	Djidja	Dan	Dridji
Zou	Djidja	Djidja	Yè
Zou	Djidja	Monsourou	Monsourou
Zou	Djidja	Setto	Kasschlo

Les données ont été collectées sur les mêmes producteurs en 2002, 2008, 2010. La dernière collecte s'est déroulée en Mars 2015.

Pour la technologie de stockage, les non adoptants, les adoptants, ceux ayant abandonné et les ré-adoptants sont respectivement 692, 462, 286 et 56 producteurs. En ce qui concerne la technologie de conservation du maïs, respectivement 637, 375, 402 et 82 producteurs n'ont pas adopté, ont adopté, ont abandonné et ré-adopté.

2.3. Modèle d'analyse

Plusieurs méthodes théoriques ont été élaborées pour étudier l'adoption ou le choix entre les technologies agricoles. Divers modèles économétriques peuvent être utilisés, pour identifier les déterminants de l'adoption. Les modèles couramment utilisés pour des études d'adoption, sont les modèles Tobit, Logit et Probit (Maboudou, 2003).

Le modèle Tobit est la structure de base des modèles à variable dépendante et limitée. Dans ce modèle, la variable dépendante est continue mais ne s'observe que sur un certain intervalle. Ainsi c'est un modèle qui se situe à mi-chemin entre les modèles de régression linéaires ou la variable endogène est continue et observable et les modèles qualitatifs.

Les modèles Logit et Probit sont semblables du point de vue des caractéristiques. Le Probit est un modèle qui suit la loi normale centrée réduite et le Logit la loi logistique. Gourieroux (1989) affirme que les modèles Logit ont été initialement introduits pour corriger les modèles Probit et permettre des calculs plus simples. Dans cette étude, le modèle Logit multinomial a été utilisé. Il permet notamment de prendre en compte l'existence de caractéristiques inobservées des individus opérant les choix.

Supposons qu'un individu i ait à choisir, parmi un ensemble de K modalités, une et une seule de ces modalités, notée k . Pour modéliser cette situation on associe à chaque modalité un niveau d'utilité.

Nous ferons l'hypothèse qu'à chacune des k modalités, indiquée par k ($k = 1, \dots, K$), correspond un niveau d'utilité :

$$U_{ik} = \mu_{ik} + \varepsilon_{ik} \quad (k = 1, \dots, K)$$

Où μ_{ik} est une fonction déterministe de variables observable et est une variable aléatoire indépendante. L'individu choisit la modalité k qui lui procure l'utilité maximale. Alors la probabilité pour choisir k s'écrit de la manière suivante selon Fougère et Kramarz (2008):

$$Pr[Y_i = k] = \frac{\exp(X'_{ik}\beta)}{\sum_{k=1}^K \exp(X'_{ik}\beta)}$$

Avec Y_i le choix de l'individu i , k les modalités du choix de chaque individu, X'_{ik} caractéristique de

chaque individu i (attribut de chaque choix k et caractéristique individuel comme l'âge, le sexe) et β coefficient de chaque caractéristique.

Pour les technologies de stockage et de conservation, des producteurs décident d'adopter ces dernières, pendant que certains l'abandonnent, d'autres par contre après avoir abandonné se décident à les ré-adopter et la dernière catégorie est celle des non adoptants.

2.3.1. Codification pour la technologie de stockage

ADOPTG = 1 si le producteur décide de ne pas adopter les technologies

ADOPTG = 2 si le producteur décide de ré-adopter les technologies

ADOPTG = 3 si le producteur décide d'abandonner les technologies

ADOPTG = 4 si le producteur décide d'adopter les technologies

2.3.2. Codification pour la technologie de conservation

ADOPTS = 1 si le producteur décide de ne pas adopter les technologies

ADOPTS = 2 si le producteur décide de ré-adopter les technologies

ADOPTS = 3 si le producteur décide d'abandonner les technologies

ADOPTS = 4 si le producteur décide d'adopter les technologies

2.3.2. Variables du modèle

Les variables incluses dans le modèle sont présentées ci-après :

L'genre de l'enquête (sex) est une variable binaire qui prend la valeur 0 lorsque l'enquêté est une femme et 1 pour les hommes. L'adoption d'une technologie peut être préférable pour les hommes que pour les femmes ou le contraire. Pour Doss (2001), la notion de genre est extrêmement difficile à traiter. La prise en compte de l'effet genre dans les décisions est, selon lui, assez complexe et nécessite d'être suffisamment nuancée, étant donné que la fonction de la femme pourrait être sous l'influence de facteurs autres que le genre. Vu cela, la variable peut avoir une influence négative ou positive sur l'utilisation des technologies ;

L'âge de l'enquête (âge) est une variable continue. Plusieurs auteurs ont montré que les jeunes utilisent moins les technologies que les âgés (Adégbola et Azontonde, 2006) ; (Sall et al., 2000) contrairement à (Glele et al., 2008) et (Ouedraogo, 2003) pour qui les plus jeunes ont tendance à utiliser plus les technologies que les âgés. Sur la base de ces constats, nous estimons que le signe de cette variable peut être positif ou négatif ;

L'accès au crédit (acred) est une variable binaire qui prend la valeur 1 quand le producteur a accès au crédit

et 0 si non. Cette variable peut avoir une influence positive ou non sur l'adoption des nouvelles technologies de stockage et de conservation ou la ré-adoption ;

Le nombre d'actifs agricoles (*ftrav*) est une variable discrète. Cette variable peut influencer ou non l'utilisation des technologies qui demandent parfois beaucoup de main d'œuvre. Des études ont indiqué que les agriculteurs avec une main d'œuvre limitée sont peu susceptibles d'adopter des innovations qui nécessitent un travail non négligeable. (Doss, 2006). En effet, une technologie exigeante en main-d'œuvre va certainement être plus à la portée des familles nombreuses qui, de ce fait, seront plus favorables à son adoption. Ce qui ne serait pas le cas pour les familles moins nombreuses (Teno et al., 2018). Le cycle de vie d'un ménage varie au fil du temps, ce qui fait que la main d'œuvre varie également au fil du temps. Les producteurs ont déclaré qu'ils abandonnent l'utilisation des technologies de stockage et de conservation car cela nécessite plus de travail qu'ils ne peuvent en fournir. Par conséquent, tout changement dans la main-d'œuvre familiale au fil du temps est susceptible de pousser les producteurs à changer leur statut d'adoption (Adégbola, 2010) ;

La quantité de maïs produite (*proma*) est une variable continue qui peut prendre le signe positif quand on l'intègre dans un modèle (Maboudou, 2003). Il faut forcément produire et parfois en grande quantité avant de vouloir stocker le maïs. Par conséquent, une diminution de la quantité de maïs récoltée peut conduire à l'abandon des technologies;

Le nombre d'années d'expérience dans l'activité (*anexag*) est une variable continue qui peut avoir une influence positive ou négative sur l'utilisation des technologies. Les producteurs qui ont plus d'années d'expérience peuvent être ceux qui utilisent plus les technologies ou le contraire. Les paysans avec à leur actif une longue expérience maîtrisent mieux les avantages des nouvelles technologies dont ils s'approprient plus ou moins facilement (Nkamleu & Coulibaly, 2000). Si la nouvelle technologie fait appel à une plus forte capacité

cognitive et ou à de l'expérience, on va s'attendre à ce qu'elle soit moins acceptée par les agriculteurs à faible expérience (Teno et al., 2018).

L'accès aux routes (*accs*) est une variable discontinue qui peut influencer le choix des producteurs en ce sens que plus les routes sont accessibles, plus les producteurs ont de facilité à aller se procurer les matériaux de construction et le Sofagrain ;

La variable « cont » mesure le contact avec les structures de recherche et de vulgarisation. Elle prend la valeur 1 si le paysan bénéficie du soutien technique des chercheurs et vulgarisateurs et 0 dans le cas contraire. Le contact est considéré comme un élément indispensable dans l'adoption des nouvelles technologies (Rogers, 2003). Cette importance s'explique par le fait que c'est à travers le contact que le paysan accède à l'information sur l'existence d'une technologie nouvelle et les avantages y afférents. Un exploitant agricole en contact avec les agents de la vulgarisation et qui participe aux démonstrations organisées par ceux-ci adoptera plus facilement le paquet technique vulgarisé. Etre en contact avec des services de vulgarisation accroît la probabilité d'adopter le paquet technique (Mabah et al., 2013).

L'appartenance à un groupement/coopérative de producteurs (*mecas*) est une variable binaire dont l'influence attendue est positive. La présence d'un groupement permet le contact d'une localité avec les structures d'appui ou les vulgarisateurs ;

L'expérimentation (*expe*) est une variable binaire qui prend la valeur 1 lorsque le producteur a eu à participer à une expérimentation une fois et 0 si non. Cette variable peut prendre le signe positif car un exploitant agricole qui participe à des démonstrations organisées par les agents de la vulgarisation adoptent plus facilement la technologie (Mabah et al., 2013). Le manque de connaissances sur les technologies peut limiter leur adoption dans le stade précoce de la diffusion.

Le tableau 2 résume les signes attendus des variables explicatives.

Tableau 2: Signes attendus des variables explicatives du modèle
Table 2: Expected results of the explanatory variables used in the model

Variables	Signes attendus					
	Statut d'adoption Grenier			Statut d'adoption Sofagrain		
	Adoption	Abandon	Ré-adoption	Adoption	Abandon	Ré-adoption
Genre	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Age	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Accès au crédit	+	-	+	+	-	+
Nombre d'actifs agricoles	+	-	+	+	-	+
Quantité de maïs produite	+	-	+	+	-	+
Nombre d'années d'expériences dans la production de maïs	+	-	+	+	-	+
Accessibilité du village	+	-	+	+	-	+
Contact avec la vulgarisation	+	-	+	+	-	+
Appartenance à un groupement	+	-	+	+	-	+
Participation à une expérimentation	+	-	+	+	-	+

Source : Résultats d'enquête, ADEOTTI (2015)

3. Résultats

3.1. Caractéristiques socio-démographiques des producteurs enquêtés

3.1.1. Producteurs enquêtés sur les technologies de stockage

Le tableau 3 présente les caractéristiques socio démographiques des enquêtés en fonction de l'adoption des greniers. Un test Anova (F) a été fait pour comparer les différentes moyennes et un test de proportion chi 2 pour les fréquences ou pourcentages. Ces tests ont pour but de révéler la dépendance entre les différents résultats obtenus et la variable dépendante qu'est l'adoption.

Il ressort du tableau que les probabilités des variables « Contact avec la vulgarisation » et « Sexe » (Nombre d'hommes) ne sont pas significatifs.

Le « Nombre d'actifs agricoles » est plus élevé au niveau des adoptants, cela peut s'expliquer par le fait que l'adoption des greniers nécessite une main d'œuvre plus ou moins considérable que ces producteurs arrivent à satisfaire. Mais le constat est fait qu'au niveau des non adoptants, le nombre des actifs n'est pas à négliger, les raisons de cette non adoption doivent être tout autre, de même pour les dés-adoptants qui ont une moyenne d'actifs agricoles supérieure à ceux qui ont eu à ré-adopter.

La « Quantité de maïs produite » varie significativement entre les catégories. Il ressort de l'analyse que les producteurs enquêtés qui n'adoptent pas les greniers

améliorés sont ceux qui produisent le moins de maïs. Cette même analyse nous révèle qu'avec une production élevée, les producteurs s'approprient les nouvelles technologies, mais dès que la production baisse, les producteurs abandonnent ces dernières et les ré-adoptent sitôt qu'elle augmente.

Pour les variables concernant l'« Accessibilité des routes », le constat est fait que les adoptants ont plus accès aux pistes bitumées (10,33%), contrairement à l'accès par sentier qui est plus le quotidien des non adoptants (9,41%).

Les producteurs ayant participé aux expérimentations sont les plus élevés quel que soit le statut d'adoption mais le groupe des adoptants renferme les producteurs ayant participé le plus aux expérimentations (81,69%).

Les statistiques de la variable « Accès aux matériaux de construction » nous révèle que le groupe des adoptants et ré adoptants sont ceux qui ont le plus accès aux matériaux de construction des greniers. Ils sont respectivement 81,83% et 92,59% contre les non adoptants et dés-adoptants qui sont respectivement 69,05% et 64,84%.

En ce qui concerne l'« Accès au crédit », le constat est fait que très peu de producteurs y ont accès sauf les ré-adoptants qui sont à au moins 40% en contact avec les agents formels et/ou formels de crédit. Cela aide dès lors à pouvoir se procurer les matériaux de construction et la main d'œuvre nécessaire à la construction des greniers.

Tableau 3 : Caractéristiques socio démographiques des enquêtés par statut d'adoption des greniers améliorés

Table 3: Socio-demographic characteristics of the respondents by adoption status of improved lofts

Caractéristiques générales	Statut de l'enquêté concernant les greniers améliorés				
	Non adoptant	Adoptant	Abandon	Ré-adoptant	F/Moyenne Chi/Proportion
Pourcentage Variable dépendante					
Nombre d'actifs agricoles	3,614 (0,116)	4,183 (0,146)	3,674 (0,2)	5,25 (0,588)	6,73***
Quantité de maïs produite	2050,599 (86,455)	2113,247 (108,069)	1747,299 (117,468)	2578,598 (638,795)	2,54*
Age	46,794 (0,536)	49,136 (0,598)	55,188 (0,768)	54,125 (1,329)	28,92***
Nombre d'années d'expérience	25,395 (0,492)	27,164 (0,561)	32,02 (0,702)	31,339 (1,316)	21,25***
Accessibilité par route bitumée (%)	24,71	22,94	20,28	12,50	87,405***
Accessibilité par piste carrossable (%)	44,94	46,54	28,32	14,29	87,405***
Accessibilité par piste non carrossable (%)	28,61	27,92	50,00	67,86	87,405***
Accessibilité par sentier (%)	1,73	2,60	1,40	5,36	87,405***
Producteurs en contact avec la Vulgarisation (%)	37,28	46,75	12,59	19,64	98,801***
Producteurs ayant participé aux expérimentations sur les technologies (%)	61,42	78,35	89,51	87,50	99,348***
Accès aux matériaux de construction (%)	49,42	71,21	68,18	85,71	79,889***
Pourcentage d'hommes dans le groupe (%)	83,24	85,93	81,47	91,07	5,033
Producteurs ayant accès au crédit (%)	23,55	24,89	19,93	19,64	7,433
Nombre total d'observations	692	462	286	56	

Source : Résultats d'enquête, ADEOTTI (2015)

NB : *, ** et *** la signification à 10%, 5% et 1%, () Ecart type

3.1.2. Producteurs enquêtés sur les Méthodes de conservation

Le tableau 4 présente les caractéristiques socio-démographiques des enquêtés en fonction de l'adoption du Sofagrain. Un test Anova (F) a été fait pour comparer les différentes moyennes et un test de proportion (chi²) pour les fréquences ou pourcentages. Ces tests ont pour but de révéler la dépendance entre les différents résultats obtenus et la variable dépendante qu'est l'adoption.

Il ressort de ce tableau que les probabilités des variables « Age » et « Sexe » ne sont pas significatifs donc ne dépendent pas du statut d'adoption.

Tenant compte de la probabilité significative du nombre d'actifs agricoles, il existe une dépendance entre le statut d'adoption et les nombres d'actifs agricoles. Il ressort du tableau que les adoptants du Sofagrain sont ceux qui ont une main d'œuvre plus élevée. Lorsque le nombre d'actifs agricoles baisse, les producteurs abandonnent l'utilisation du Sofagrain. On peut dire que l'utilisation de ce dernier comme mesure de conservation nécessite un travail supplémentaire qui est compensé lorsque le producteur a assez de main d'œuvre.

Pour ce qui est de la variable « Accessibilité du village », le tableau nous montre qu'une partie des non

adoptants et adoptants sont dans des villages dont l'accessibilité se fait par route bitumée contrairement aux abandons et ré-adoptants. Ces deux derniers se retrouvent plus dans les villages dont l'accès se fait sur piste non carrossable. Pour l'accès au village par piste carrossable, toutes les catégories y sont presque au même taux avec une légère avance pour les adoptants. Très peu de villages sont accessibles par sentier. Les abandons s'y trouvent très peu, les ré-adoptants pas du tout.

Les producteurs appartenant à une association sont à un taux inférieur comparé à ceux n'appartenant à aucune association. Il en est de même pour le contact avec les agents vulgarisateurs où le taux de producteurs étant en contact avec les producteurs est moins élevé que ceux l'étant pour tous les statuts sauf celui des adoptants où 57,02% des producteurs ayant adopté le Sofagrain sont en contact avec la vulgarisation contre 42,98% qui ne le sont pas.

Concernant la « Participation aux expérimentations », à plus de 60%, les producteurs ont tous eu à participer à une expérimentation sur les méthodes de conservation notamment le Sofagrain avec une très forte proportion au niveau des adoptants (90,91%), les abandons viennent en deuxième position avec un taux de 77,42%, puis après les ré-adoptants qui n'ont pas été en marge de cette participation (75%).

Tableau 4 : Caractéristiques socio démographiques des enquêtés par statut d'adoption du Sofagrain

Table 4: Socio-demographic characteristics of respondents by adoption status of Sofagrain

Caractéristiques générales	statut de l'enquêté concernant le Sofagrain				F/Moyenne Chi/Proportion
	Non adoptant	Adoptant	Abandon	Ré-adoptant	
Pourcentage Variable dépendante	43	25	27	5	
Nombre d'actifs agricoles	3,6 (0,12)	4,42 (0,17)	3,447 (0,15)	5,402 (0,44)	13,92
Quantité de maïs produite	1721,745 (72,92)	2382,927 (123,85)	2168,654 (150,7)	2162,384 (246,3)	6,92***
Age	46,932 (0,54)	47,882 (0,7)	53,84 (0,65)	53,682 (1,35)	26,20
Nombre d'années d'expérience	25,88 (0,51)	25,296 (0,62)	31,009 (0,6)	31,646 (1,18)	21,37***
Accessibilité par route bitumée (%)	20,88	34,13	15,92	20,73	95,911**
Accessibilité par piste carrossable (%)	45,05	42,40	37,56	21,95	95,911**
Accessibilité par piste non carrossable (%)	30,93	21,60	45,77	56,10	95,911**
Accessibilité par sentier (%)	3,14	1,87	0,75	1,22	95,911**
Producteurs en contact avec la vulgarisation (%)	35,95	52,80	21,64	8,54	109,484***
Producteurs ayant participé aux expérimentations sur les technologies(%)	65,31	73,60	80,60	92,68	47,083***
Accès aux matériaux de construction (%)	58,08	53,07	75,12	52,44	48,471***
Pourcentage d'hommes dans le groupe (%)	86,34	80,80	83,58	82,93	5,586
Producteurs ayant accès au crédit (%)	19,94	33,60	18,41	21,95	33,215***
Producteurs membres d'une association (%)	22,14	45,07	10,20	9,76	143,5674***
Nombre total d'observations	637	375	402	82	

Source : Résultats d'enquête, ADEOTI (2015)

NB : *, ** et *** la signification à 10%, 5% et 1%, () Ecart type

3.2. Facteurs affectant l'adoption des greniers améliorés

Le tableau 5 montrent présentent les facteurs affectant l'adoption des greniers améliorés issus du modèle logit multinomial. Il ressort de ce tableau que le modèle présente d'assez bonnes propriétés prédictives et estimatives. En effet, le log-vraisemblance est -1546.1798 et la valeur du test de χ^2 (374.69) est significative au seuil de 1%. De plus, le pourcentage de prédiction correcte est de 81,05 %.

Sur les neuf variables entrées dans le modèle, quatre (04) sont significatives pour le modèle d'adoption, cinq(05) le sont au niveau de l'abandon et pour le modèle de ré- adoption, cinq (05) variables sont significatives

Les variables montrent les signes attendus au niveau de tous les modèles.

Le modèle révèle en outre que le « Nombre d'actifs agricoles » par exploitation influence positivement l'adoption et la ré-adoption des greniers améliorés. Plus les paysans ont un nombre élevé d'actifs, plus cela les pousse à adopter.

L' « accessibilité du village » influence positivement l'abandon des greniers améliorés. Lorsque le village devient plus accessible, le producteur peut se rendre facilement en ville ou dans les autres villages pour l'écoulement de ses produits. Mais dès que le village devient

moins accessible, le producteur ré-adopte les technologies.

Le « contact avec la vulgarisation » influence positivement l'adoption des technologies et négativement l'abandon de ces dernières.

La variable « Participation aux expérimentations sur les technologies améliorées » influence positivement l'adoption. Avoir participé une fois à une expérimentation facilite l'adoption des greniers améliorés. Cette participation permet aux producteurs de mieux s'informer et de se sentir impliqués dans certaines prises de décision, ce qui les pousse à adopter les greniers améliorés.

Les résultats nous montrent que les plus jeunes ont tendance à abandonner les technologies mais quand l'âge avance, ils ont tendance à ré-adopter ces dernières. Nous comprenons par-là que les plus jeunes ont une facilité de mobilité qui leur permet de se déplacer fréquemment pour l'écoulement de leurs produits contrairement aux plus âgés qui préfèrent stocker.

La variable « Accès aux matériaux de construction » est significative dans les trois modèles. Elle impacte négativement l'abandon. Lorsque le producteur n'a plus accès aux matériaux pour la construction des greniers, il abandonne alors la technologie. Mais lorsque l'accès devient moins limité, il est tenté de ré-adopter, ce qui est confirmé par l'influence positive de cette variable avec la ré-adoption.

Tableau 5: Résultats économétriques des facteurs affectant l'adoption des greniers améliorés

Table 5: Econometric results of factors affecting the adoption of improved granaries

Caractéristiques générales des	greniers améliorés		
	Adoptant	Abandon	Ré-adoptant
Sexe	0.109(0.179)	-0.181(0.201)	0.285(0.496)
Accès au crédit ces 5 dernières années (2011, 2012, 2013, 2014, 2015)	0.019(0.179)	-0.072(0.187)	0.005(0.361)
Nombre d'actifs agricoles	0.074(0.02)***	-0.012(0.025)	0.098(0.0387)**
Quantité de maïs	0.00002(0.00002)	-0.00005(0.00003)	0.00002(0.00004)
Accessibilité du village	-0.099(0.00002)	0.264(0.1)***	-0.661(0.205)***
Contact avec la vulgarisation	0.562(0.132)***	-1.195(0.204)***	0.432(0.361)
Participation aux expérimentations sur les technologies améliorées	0.668(0.143)***	-1.536(0.216)***	1.14(0.423)***
Age	0.007(0.004)	-0.036(0.005)***	1.316(0.406)***
Accès aux matériaux locaux de construction	0.99(0.14)***	-0.298(0.164)*	1,319(0,41)***
Constante	2.213(0.346)***	4.165(0.446)***	-7,859(0.957)***
Nombre d'observations		1496	
% de Prédiction correcte		81.05	
Log de vraisemblance		-1546.1798	
χ^2 (ddl=27)		374,69***	

Source : Résultats d'enquête, ADEOTTI (2015)

NB : Les valeurs du test t de Student sont placées entre les parenthèses, *, ** et *** indiquent respectivement la signification à 10%, 5% et 1%

3.3. Facteurs affectant l'adoption du produit de conservation

Les résultats du modèle logit multinomial sur les facteurs affectant l'adoption des méthodes de conservation sont résumés dans le tableau 6. L'analyse de ce tableau révèle que le modèle présente d'assez bonnes propriétés prédictives et estimatives.

En effet, le log-vraisemblance est -1596.8523 et la valeur du test de χ^2 (464.49) est significative au seuil de 1%. De plus, le pourcentage de prédiction correcte est de 75,5%.

Des dix variables entrant dans le modèle, neuf (09) sont significatives dans le modèle d'adoption, sept (07) le sont au niveau de l'abandon et pour le modèle de ré-adoption, cinq (05) variables sont significatives.

Les dix variables montrent les signes attendus au niveau de tous les modèles.

Le « Nombre d'actifs agricoles » influence négativement l'abandon du Sofagrain, donc lorsque le nombre d'actifs diminue, les producteurs ont tendance à abandonner le Sofagrain. Egalement la diminution du nombre d'actifs entraîne parfois une diminution de la quantité de maïs produit et donc la nécessité d'utiliser de Sofagrain est moindre. Mais lorsqu'elle est élevée, le producteur a plus de facilité à utiliser le Sofagrain.

Les résultats nous montrent que lorsque la « quantité de maïs » est élevée, le producteur utilise le Sofagrain, mais lorsque celle-ci se diminue, le producteur délaisse la méthode de conservation moderne au profit de celles traditionnelles.

Les résultats nous montre que les plus jeunes ont tendance à abandonner les technologies de conservation

mais quand l' « âge » avance, ils ont tendance à ré-adopter ces dernières. Nous comprenons par-là que les plus jeunes ont une facilité de mobilité qui leur permet de se déplacer fréquemment pour l'écoulement de leurs produits contrairement aux plus âgés qui préfèrent stocker.

Le « nombre d'années d'expérience » influence positivement l'adoption du Sofagrain et négativement son abandon. Cela s'explique par le fait que les producteurs les plus expérimentés prennent plus à cœur l'utilisation des méthodes efficaces pour conserver qualitativement et quantitativement leur récolte.

L' « accessibilité du village » influence positivement l'adoption du Sofagrain. Lorsque le village est accessible, le producteur a la possibilité de se rendre facilement vers les points de vente pour se procurer le produit de conservation.

La variable « Contact des producteurs avec les agents de vulgarisation » est hautement significative avec la ré-adoption et négativement significative avec l'abandon. Etre en contact avec les agents vulgarisateurs facilite son achat et son appropriation.

La variable « Participation aux expérimentations sur les technologies » est hautement significative et présente un signe positif sur l'adoption des produits de conservation. Cela signifie que la participation aux expérimentations facilite l'adoption des produits étant donné que le producteur se sent hautement concerné et participe parfois aux restitutions en vue de l'amélioration de la technologie. Une participation moins effective aux expérimentations sur les technologies ne favorise pas l'adoption.

Tableau 6 : Résultats économétriques des facteurs affectant l'adoption des produits de conservation

Table 6: Econometric results of factors affecting the adoption of preservatives

Caractéristiques générales des	Sofagrain		
	Adoptant	Abandon	Ré-adoptant
Nombre d'actifs agricoles	0.044(0.023)*	-0.062(0.025) **	0.072(0.034)**
Quantité de maïs produite	0.0001(0.00003)***	-0.0001 (0.00003) ***	0.0001(0.00005)**
Age	0.032(0.01)***	-0.042(0.001) ***	0.031(0.018)*
Nombre d'années d'expérience	0.033(0.011)***	-0.013(0.01)	0.006(0.02)
Accessibilité du village	0.348(0.093)***	-0.11 (0.09)	0.205(0.161)
Contact avec la vulgarisation	0.226(0.162)	-0.49(0.168) ***	1.462(0.44)***
Participation aux expérimentations sur les technologies améliorées	0.533(0.16)***	- 0.6(0.163) ***	1.808(0.443)***
Sexe	-0.494(0.195)**	0.349(0.193)*	-0.332(0.31)
Accès au crédit ces 5 dernières années (2011, 2012, 2013, 2014, 2015)	0.385(0.16)**	-0.486(0.221)**	0.364(0.436)
Appartenance à une association	0.775(0.18)***		
Nombre d'observations		1496	
% de Prédiction correcte		75.5	
Log de vraisemblance		-1596.8523	
χ^2 (ddl=54)		464.49***	

Source : Résultats d'enquête, ADEOTTI (2015)

NB : Les valeurs du test t de Student sont placées entre les parenthèses, *, ** et *** indiquent respectivement la signification à 10%, 5% et 1%

La variable « Sexe » est significative et présente un effet négatif sur l'adoption. Ceci implique que les femmes utilisent plus les produits que les hommes. En effet les femmes souvent à cœur dans les activités de transformation utilisent plus les produits pour améliorer la qualité des dérivés issus de la transformation pour le bien être alimentaire familial et la vente de ces derniers. Elles ont aussi à cœur d'assurer la sécurité alimentaire sur une longue période de l'année.

Avoir « accès au crédit permet de facilement se procurer le Sofagrain, ce s'explique par la significativité positive de cette variable avec l'adoption et sa significativité négative avec l'abandon.

« Appartenir à une association ou un groupement » influence positivement l'adoption des méthodes de conservation et leur ré-adoption. Ce qui peut s'expliquer par le fait que les groupements sont souvent les premières cibles des différents projets, les producteurs appartenant à ces groupements ou associations sont alors les premiers adoptants des nouvelles technologies. En dehors de cet aspect, appartenir à un groupement influence positivement le choix de certains individus, ce qui les pousse à adopter les technologies dès qu'une ou deux personnes le font dans l'association.

4. Discussion

4.1. Adoption des technologies de stockage

Des analyses, il ressort que les femmes préfèrent abandonner l'utilisation des greniers améliorés. L'utilisation des greniers améliorés nécessite un effort supplémentaire, un travail supplémentaire, ce qui amène les femmes à utiliser les technologies pendant un court temps et repartir vers les pratiques demandant moins d'efforts. Il est difficile de caractériser l'accès des femmes à la propriété terrienne, les terres exploitées par les femmes sont de faible qualité et présentent de nombreuses contraintes qui limitent leur capacité de production et leur productivité (FAO, 2014), elle trouve donc inutile d'utiliser un grenier dont la capacité est supérieure à leur récolte.

Avoir accès au crédit permet de pouvoir se procurer plus facilement les matériaux de construction qui sont plus rares et chers ; nous appuyant sur les déclarations des producteurs. Ce crédit s'il est octroyé permet aussi de pouvoir payer la main d'œuvre. Ce qui est conforme aux résultats de Adégbola (2010) qui affirment que les greniers améliorés nécessitent beaucoup de coûts.

Le nombre d'actifs agricoles lorsqu'il est élevé facilite l'adoption des greniers améliorés et leur ré-adoption. Les résultats de l'enquête ont montré que la construction des greniers améliorés est un travail qui nécessite de la main d'œuvre. Neill et Lee (2001) indiquent que 45% des enquêtés lors de son étude avaient abandonné les technologies considérées autrefois comme une réussite du fait du travail supplémentaire que nécessitent les nouvelles technologies.

La participation aux expérimentations sur les technologies permet aux producteurs de mieux cerner et comprendre les technologies. Cela les aide à maîtriser la technologie et pouvoir l'utiliser efficacement. Des facteurs comme la diminution de la production modifient également la nécessité de stocker (Adégbola, 2010). Ce qui est confirmé par le résultat des analyses qui révèle que la quantité de maïs impacte négativement l'abandon.

L'état des routes affecte la décision de stocker ou de vendre le maïs juste après la récolte (Feder et al., 1985). Quand les routes sont accessibles, cela permet aux producteurs de pouvoir facilement se déplacer et se procurer les matériaux de construction. Le besoin en main d'œuvre pour la construction lorsqu'il est élevé entraîne l'abandon des technologies surtout lorsque le nombre d'actifs agricoles est moindre et la main d'œuvre plus cher.

4.2. Adoption des technologies de conservation

Appartenir à une association ou non influence le statut d'adoption des technologies. Ces associations ou coopératives constituent des canaux de circulation d'information car elles permettent un brassage entre les membres. De plus, ces associations constituent des lieux d'information et de formation sur les nouvelles technologies. (Adégbola et al, 2003). Cette appartenance permet d'être plus proche des paires qui ont eu à adopter la technologie et pouvoir mieux et vite comprendre les points positifs et négatifs et décider d'adopter ou pas.

Certaines études ont montré que dans l'adoption d'une technologie, les personnes les plus expérimentées ou les plus âgées ont une facilité de s'approprier la technologie (Adégbola et Azontonde, 2006) ; (Sall et al., 2000). Ouédraogo dans son étude en 2003 sur l'adoption de la culture attelée, des engrais et des semences améliorées a montré que les jeunes s'approprieraient plus facilement les technologies et les études de Glele et al. en 2008 sur l'adoption des variétés améliorées de manioc vont dans le même que les résultats de Ouédraogo. Les résultats de notre étude montrent que l'âge influence véritablement l'adoption d'une technologie. Le Sofagrain est plus utilisé par les personnes âgées.

L'accessibilité du village et l'état des routes permettent aux producteurs de pouvoir se déplacer entre deux points, deux villages et pouvoir acheter le produit de conservation. Participer également aux expérimentations et être en contact avec les agents vulgarisateurs déterminent si le producteur utilisera le Sofagrain ou non. Le producteur se sent mieux et en confiance quand il sait que les agents vulgarisateurs ne sont pas loin pour l'appuyer techniquement dans l'utilisation du produit. Ce résultat rejoint celui de Oladele (2005) qui constate que le manque de visites devulgarisation aux agriculteurs qui ont adopté les variétés améliorées de maïs

conduit à leur désistement. Il fait valoir que le contact soutenu avec l'extension renforce le message et améliore la précision de la mise en œuvre de la nouvelle technologie.

Les coûts élevés de l'adoption d'une nouvelle technologie ont souvent été mentionnés comme des obstacles à l'adoption rapide (Martin et al., 1988). Un agriculteur ayant une perception positive sur d'autres attributs importants des greniers améliorés et du Sofagrain telles que l'efficacité contre les ravageurs, mais qui n'a pas le capital requis pour les utiliser ne pourra pas adopter ces innovations de stockage et de conservation (Kulshreshtha et Brown, 1993). Les résultats de la présente étude viennent confirmer ces études antérieures. Le prix d'achat du Sofagrain lorsqu'il est à la baisse incite les producteurs à ré-adopter le Sofagrain. Ce taux énorme d'abandon du Sofagrain et l'une des raisons avancées par les producteurs ayant adopté au départ attirent notre attention : la subvention. Le Projet

«Systèmes de Stockage Décentralisés» initié par le Bénin et mis en œuvre par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) avec la contribution financière du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) (FAO, 1992) ainsi que les études initiées et financées par le Programme d'Appui au Développement du Secteur Agricole (PADSA) supporté par la Coopération Internationale du Royaume du Danemark (Adégbola, 2010) ont été promus pour faciliter l'introduction et l'adoption des nouvelles technologies de stockage et de conservation. Ces projets ont aidé les producteurs à pouvoir acheter à un prix subventionné le Sofagrain et ont facilité l'appropriation des matériaux de construction. Le retrait de ces derniers a fait augmenter le prix du Sofagrain et devenir inaccessible à la bourse de certains producteurs. Ce qui a entraîné l'abandon de cette technologie.

Un produit pour être adopté doit être efficace. Maboudou (2003) classe l'efficacité comme deuxième raison d'utilisation du Sofagrain par les producteurs, après la durée de stockage et avant le gain de temps et la facilité d'utilisation. Un très faible pourcentage de producteurs cite l'inefficacité de ce produit comme une contrainte à son adoption tel que trouvé par Addo et al. (2002) dans une étude du genre menée au Ghana. L'efficacité influence donc positivement l'adoption du Sofagrain. Mais sa disponibilité demeure un problème. La disponibilité du produit influence positivement son adoption. Ce résultat confirme les conclusions de Hassan et al. (1998) sur la corrélation positive entre un meilleur accès à une technologie et son adoption, et celles de Addo et al. (2002) qui ont trouvé que l'usage massif des insecticides commerciaux est dû à leur grande disponibilité.

Le taux d'adoption de ce produit reste très faible (32%). Les recherches ont montré que les usines de Sofagrain diminuent progressivement sa production

(Adégbola, 2010). Donc l'indisponibilité de ce produit demeure de mise. Egalement sur le terrain, de nouvelles méthodes sont introduites pour aider les producteurs à une meilleure conservation. Il s'agit entre autres de la technique du triple ensachage conçu pour le niébé mais qui rentre peu à peu dans les pratiques post récoltes du maïs. Le mécanisme mis au point ici est celui d'empêcher totalement l'entrée de l'air dans les sacs (sac hermétique). Ce mécanisme permet de mieux conserver le produit agricole sans y ajouter un produit de conservation (Tengomo, 2011).

5. CONCLUSION

La présente étude a été menée dans le but de comprendre le processus d'adoption des technologies de stockage et de conservation du maïs au Sud du Bénin.

Il ressort de cette étude que les perceptions sont multiples et différent d'un individu à un autre. Mais on retient que les producteurs pensent que ces technologies sont meilleures sur bien des plans comparés aux pratiques traditionnelles surtout sur le plan de la durée de conservation mais le négatif prend le dessus lorsqu'on aborde les coûts de construction, le besoin en main d'œuvre, la facilité d'utilisation, la disponibilité du produit.

Pour ce qui est de l'adoption des technologies, 34,62% et 30,54% respectivement des producteurs utilisent les greniers améliorés et le Sofagrain. Ces taux prouvent qu'il reste beaucoup à faire dans l'appropriation totale des innovations par les producteurs.

De l'analyse économétrique, on retient que le nombre d'actifs agricoles, le contact avec la vulgarisation, avoir participé au moins une fois à une expérimentation sur les technologies ainsi que l'accès aux matériaux de construction influencent l'adoption des greniers améliorés. Le nombre d'actifs agricoles, la quantité de maïs produite, l'âge, le nombre d'années d'expériences, l'accessibilité du village, le contact avec la vulgarisation, la participation à au moins une expérimentation, le genre, l'accès au crédit en 2011, 2012, 2013, 2014 et 2015 et l'appartenance à une association ou groupement affectent l'adoption du Sofagrain.

Les faibles taux d'adoption des technologies prouvent qu'il existe plusieurs insuffisances liées à ces dernières et à l'environnement socio-économique des paysans qui font que la dés-adoption est élevée.

Le maïs étant la principale céréale intervenant dans l'alimentation des populations, son stockage et sa conservation sont d'une priorité pour les producteurs et les chercheurs. Améliorer les structures de stockage et de conservation permettra de réduire les pertes post-récoltes. Cette étude a permis de mieux comprendre les facteurs qui influencent l'adoption des technologies de stockage et de conservation du maïs. Cela permettra aux acteurs de la recherche et du développement de

pouvoir faciliter l'introduction de technologies répondant aux aspirations et aux besoins des producteurs pour une réelle adoption. Cela contribuera à une réduction effective des pertes post-récoltes.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Addo S. Birkinshaw L.A. & Hodges R.J. 2002. Ten years after the arrival in Ghana of Larger Grain Borer: Farmers' responses and adoption of IPM strategies. *International Journal of Pest Management*, 2002, 48(4) 315-325.
- Adégbola P. 2010. Economic Analyses of Maize Storage Innovations in Southern Benin. Thèse de doctorat, Université de Wageningen, Pays Bas, 182 p.
- Adégbola P.Y. & Azontondé R. 2006. Adoption des nouvelles technologies de production du gari au Sud du Bénin : cas de la râpeuse motorisée et de la presse à vis. PAPA/INRAB, Porto-Novo, 27.
- Adégbola P. & Arouna A. 2003. Déterminants socio-économiques de l'adoption des mesures de protection du maïs en stock au Bénin : une application du modèle Logit multinominal, PAPA/ INRAB, Porto-Novo, 3p.
- Adesina A.A. & Zinnah M.M. 1993. Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9, 297-311.
- Arouna A. Biaou G. & Adegbola P. 2003. Analyse des coûts liés au stockage et à la conservation du maïs au sud du Bénin 28p.
- Atacolodjougou A. 2013. Potentiels d'adoption du pachyrhizus erosus par les producteurs du Centre du Bénin : une application d'un modèle de programmation linéaire aux ménages agricoles, Mémoire de Master Professionnel en Agronomie UCAO/UUC, Cotonou, Bénin, 89p.
- Doss C.R. 2006. Analyzing technology adoption using microstudies: limitations, challenges and opportunities for improvement. *Agricultural Economics* 34, 207-219; DPP/MAEP (2008). Annuaire statistique campagne 1998 à 2007, Cotonou, Bénin.
- Doss C.R. 2001. Designing agricultural technology for African women farmers: Lessons from 25 years of experience. *World Development* 29(12):2075-92.
- FAO. 2014. Le rôle des femmes dans la gestion des ressources en eau en général et de l'eau agricole en particulier : Projet pilote de développement d'indicateurs sensibles au genre et leur intégration potentielle dans AQUASTAT, le système mondial d'information sur l'eau, Expérience de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie, 154p.
- Feder G. Just R.E. & Zilberman D. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change* 33(2), 255-297.
- Fiagan Y.S. 1994. "Le système de stockage du maïs en milieu paysan béninois: bilan et perspectives. 201-211." In: CIRAD and FSA-UNB (eds.) *Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest*. Proceedings of the conference « Maïs prospère » held in Cotonou, (Bénin), 25-28 January 1994, Montpellier.
- Glele E.K.A. Adékambi A.S. Agli C.K. Tamegnon B.A. & Adégbola, P.Y. 2008. Impact socioéconomique et l'adoption des variétés améliorées de manioc au Bénin. Porto Novo, PAPA/INRAB, 51p.
- Hassan R.M. Murithi F. & G. Kamau. 1998. Determinants of fertilizer use and the gap between farmers' maize yields and potential yields in Kenya. Pp 137-161. In: Hassan, R.M. (eds.), *Maize Technology Development and Transfer: A GIS Application for Research Planning in Kenya*. CAB INTERNATIONAL publication, London, UK.
- INSAE. 2012. Annuaire statistique 2010, 664p.
- Linder R.K. 1987. Adoption and diffusion of technology: an overview. In ACIAR proceedings series.
- Maboudou G. 2003. Adoption et Diffusion de technologies améliorées de stockage du maïs en milieu paysan dans le centre et le nord du Bénin. Thèse du Diplôme d'Etudes Approfondies, Université de Lomé 108p.
- Mabah T.G.L. Temple L. & Havard M. 2013. Les déterminants de l'adoption d'innovations techniques sur maïs à l'ouest Cameroun, une contribution à la sécurisation alimentaire. AGRAR 2013, 1ère conférence de recherche africaine sur l'agriculture, l'alimentation et la nutrition. « *L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique : quels apports de la recherche en zones cotonnières ?* » Institut National Polytechnique Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 4 au 6 juin 2013.
- Martin R.J. McMillan M. G. & Cook J.B. 1988. Survey of farm management practices of the northern wheat belt of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28, 499-509.
- Neill S.P. Lee D.R. 2001. Explaining the adoption and disadoption of sustainable agriculture: the case of cover crops in Northern Honduras? *Economy Development and Cultural Change* 49, 793-820.
- Nkamleu G.B. Coulibaly O. 2000. Le choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et de café au Cameroun. *Economie Rurale*, 259/Septembre-octobre 2000.
- Nukene E. (2010). Stored product protection in Africa: Past, Present and Future. *Julius-Kühn-Archiv*. 10.5073/jka.2010.42.
- Oladele O.I. 2005. A tobit analysis of propensity to discontinue adoption of agricultural technology among farmers in southwestern Nigeria. *Journal of Central European Agriculture* 6(3), 249-254.
- Ouedraogo R. 2003. Adoption et intensité d'utilisation de la culture attelée, des engrais et des semences

- améliorées dans le centre nord du Burkina. CE-DRES, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 107p.
- Rogers E.M. 2003. "Diffusion of innovation", 5th edition. Macmillan Co., New York ; Sall S. Norman D. & Featherstone A.M. 2000. Quantitative assessment of improved rice variety adoption: the farmer's perspective. *Agricultural System* 66, 129-144.
- Sanginga P.C. Adesina A.A. Manyong V.M. Otite O. & Dashiell K.E. 1999. Social impact of soybean in Nigeria's southern Guinea savanna. International Institute of Tropical Agriculture.
- Singbo A.G. 2000. Performance du système de Commercialisation du maïs et rentabilité de sa production : cas ses sous-préfectures d'Adjohoun et de Dangbo (Sud-Bénin). Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UNB.
- Tengomo N.S. 2011. Techniques de conservation des légumineuses et sécurisation de la production des paysans: cas du niébé dans le département du Diamare. Mémoire de Master, Institut Supérieure de Sahel, Université de Maroua. 142 p.
- Teno G. Lehrer K. & Koné A. 2018. Les facteurs de l'adoption des nouvelles technologies en agriculture en Afrique Subsaharienne: une revue de la littérature in *African Journal of Agricultural and Resource Economics* Volume 13 Number 2 pages 140-151.

Page laissée intentionnellement vide



Efficacité des structures de stockage et de conservation du maïs au centre et au Nord du Bénin : cas des communes de Savalou et Boukoubé

E. SISSINTO-GBENOU¹, Y. P. ADEGBOLA², R. DISCHL³, M. FISCHLER³, P. M. HESSAVI², S.K. OHOUKO⁴, S. D. VODOUHE¹, G. BIAOU¹

¹ Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Bénin

³ HELVETAS Swiss Intercooperation, Suisse

⁴ Institut International d'Agriculture Tropical (IITA), Bénin

Reçu le 15 Mai 2018 - Accepté le 21 Décembre 2018

Efficiency of the maize storage and conservation structures in central and northern Benin: the case of the communes of Savalou and Boukoubé

Abstract: In 2015 and 2016 farmer experiments on storage and conservation structures have been conducted by HELVETAS in collaboration with the Benin National Institute for Agricultural Research (INRAB) as part of the post-harvest project. The main objective of this study consisted in analyzing the efficiency of these maize storage structures in Savalou and Boukoubé. An experiment was conducted over two consecutive years with a group of 43 producers, including 24 women during the first year and 33 producers including 13 women during the second year. Each farmer have stored maize in each of the following storage structures: Polypropylene bag, Zero fly bag, Purdue Improved Cowpea Storage (PICS) bag and the improved clay granary during first year. Added to these storage structures, was the metal silo for year 2. About 50% of the experiments were treated with Actellic Super under the trade name Actlam. Data related to moisture of grains, and samples was collected on a monthly basis during 6 months from March to August in 2015 and 2016. For each of the two years of the field trial, lab experimentation and analysis, related to moisture of grains were performed. Descriptive statistics (frequency, mean) and Pantenius' (1988) Weight Calculation Method have been used to evaluate the efficiency of new storage and conservation structures. According to the results obtained, we could conclude that during the two year experiment in both Savalou and Boukoubé, the PICS Bag without Actellic Super treatment was more efficient than the Polypropylene bag without Actellic Super treatment pertaining to the reduction of loss rates caused by insects.

Keywords: Efficiency, grain storage technologies, post-harvest losses, maize, Benin.

Résumé : De 2015 à 2016 des expérimentations en milieu paysan sur des structures de stockage ont été conduites par HELVETAS en collaboration avec l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) dans le cadre du projet post-récolte qui visait comme objectif la réduction des pertes post-récolte des céréales. La présente étude a pour objectif principal d'analyser l'efficacité de ces structures de stockage du maïs à Savalou et Boukoubé. La connaissance de cette efficacité aura comme but ultime de passer à la vulgarisation à grande échelle de la structure de stockage/conservation la plus efficace auprès des producteurs Une expérimentation a été conduite sur deux années consécutives (2015 et 2016) avec un effectif de 43 producteurs répartis comme 23 à Boukoubé et 20 à Savalou en première année et 19 à Boukoubé et 14 à Savalou en deuxième année. Chaque producteur a eu à conserver de maïs grain dans chacune des structures de stockage que sont : Sac en polypropylène, Zero fly bag, Sac PICS et le grenier amélioré en terre au cours de l'année 1. A ces structures de stockage, le silo métallique a été ajouté pour l'année 2. Environ 50% des expérimentations ont été traité au Actellic Super sous le nom commercial de Actlam. Des données comme la teneur en eau des grains et des échantillons ont été mensuellement

collectées pendant 6 mois de Mars à Août de 2015 à 2016 et des analyses ont été réalisées au laboratoire. La statistique descriptive (fréquences, moyennes) et la méthode de calcul des poids (MCP) de Pantenius (1988) ont permis d'évaluer l'efficacité de nouvelles structures de stockage/conservation. Il découle des résultats obtenus que sur les deux années de l'expérimentation, à Savalou tout comme à Boukoubé, le Sac PICS sans traitement des grains à l'Actellic a été plus efficace que le Sac en polypropylène sans traitement pour la réduction des taux de pertes dus aux insectes.

Mots clés: Efficacité, Structures de stockage des grains secs, pertes post-récoltes, maïs, Bénin.

1. Introduction

Les pertes post-récolte constituent l'une des causes de l'insécurité alimentaire dans les pays ACP. Les pertes post récoltes s'observent particulièrement après les récoltes, au cours du stockage, du transport et des premières opérations de transformation (Sibiri *et al.*, 2014). Les pertes post-récolte sur le continent africain ont été estimées à 25 % pour les céréales, 50 % pour les produits horticoles et 10 % pour les produits de pêche, pour une valeur totale de plus de 48 milliards de dollars US par an (FAO, 2011). Aussi, les estimations fournies par la FAO (2012), indiquent qu'en Afrique subsaharienne notamment, les pertes post-récolte de céréales, avant transformation, sont estimées à 10-20% et à environ 4 milliards de dollars US et représentant 13,5% de la valeur totale de la production céréalière de ces pays. Or, les céréales représentent pour nombre de ces pays, l'essentiel du régime alimentaire des populations rurales généralement à faibles revenus (Guèye *et al.*, 2011). Les agriculteurs des pays en développement subissent des pertes post-récolte qui sont très variables (de 5 à 30%) en fonction des conditions météorologiques, de la récolte, de la durée de stockage et de la présence de parasites (Rembold *et al.*, 2011). Pantenius (1988) mentionne des pertes sur les stocks de maïs allant à 30,2% après une période de 6 mois dues aux attaques du Grand Capucin du Maïs dans la région maritime du Togo alors que ces pertes n'étaient que de 7,1% en l'absence de ce ravageur. Ainsi des quantités importantes de produits de récolte sont infestées et se gâtent dans les structures de stockage inadéquates. Les pratiques traditionnelles de stockage dans les pays en développement ne garantissent pas assez la protection des denrées contre les principaux ravageurs de stockage de produits alimentaires de base comme le maïs, conduisant à 20-30% de pertes (Tefera *et al.* 2011). Parfitt *et al.* (2010) concluent que les infrastructures dans le domaine post récolte sont rudimentaires.

Au Bénin, la production céréalière est dominée par le maïs, dont la culture a connu un essor remarquable au cours des vingt dernières années. La production annuelle du maïs au Bénin représente plus de 80% de la production céréalière totale et sa consommation, près de 70% du panier alimentaire de base (MAEP, 2011). Les pertes régulières de maïs avoisinent 40 à 50% après six (6) mois de stockage (Adégbola, 2010). Ces taux de pertes sont élevés et ne justifient pas le faible taux d'adoption des structures de stockage existantes. Ces taux de pertes élevés menacent la sécurité alimentaire des ménages dans un contexte de changement climatique. Ceci réduit les disponibilités alimentaires sans compter les investissements en eau, en main d'œuvre en intrants au démarrage de la culture. Ainsi tout ceci se perd à travers les pertes de stocks de grains.

Pour garantir la sécurité alimentaire au Bénin, il faudra fournir en quantité et en qualité du maïs à la population, principale denrée/céréale alimentaire du pays. Les pertes post récolte du maïs se remarquent plus par les défauts de stockage et conservation, d'où l'objectif général de cette étude qui vise à évaluer l'effet des structures de stockage et de l'utilisation des produits de traitement sur les taux de perte au stockage dans les communes de Savalou et de Boukoubé et de proposer aux producteurs de nouvelles structures comme alternatives pour réduire les pertes post-récoltes du maïs. L'amélioration des techniques de stockage/conservation dans le but de la réduction de ces pertes post-récolte contribuera à inverser les tendances d'insécurité alimentaire au lieu de concentrer seulement les efforts sur l'accroissement de la production, alors que les causes des pertes ne sont pas bien analysées et traitées de façon convenable. D'ailleurs, Tefera (2012) affirme que l'un des principaux obstacles à l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique est la mauvaise gestion post-récolte qui entraîne une perte de 14 à 36% des grains de maïs aggravant ainsi la faim. C'est dans cette logique que Parry *et al.* (2015) estiment qu'une augmentation de 20% de la production est nécessaire d'ici 2050 pour couvrir les besoins alimentaires si on réduit de moitié les pertes au lieu d'une augmentation de 60% de la production que prévoit la FAO d'ici 2050 (FAO, 2011).

* Auteur Correspondant : evesinto@yahoo.fr

Tel. (+229) 97 05 27 74 / 95 96 28 57

Copyright © 2018 Université de Parakou, Bénin

Au cours des dix dernières années, plusieurs structures de stockage ont été mises au point par les programmes/projets pour réduire les pertes durant le stockage, mais leur efficacité n'est pas encore évaluée en milieu paysan au Bénin. Cette recherche est une évaluation des pertes pendant une période de stockage de six (6) mois du maïs sec dans cinq (5) structures de stockage. Les structures de stockage testées sont : le Zero fly bag, le silo métallique, le sac PICS (Purdue Improved Cowpea Storage), le grenier amélioré en terre fermé, et le sac en polypropylène. Le sac en polypropylène constitue un des matériels les plus utilisées au Bénin par les producteurs pour le stockage du maïs. Cette pratique peut être classée dans les savoir-faire paysans. Il en est de même pour les greniers en terre maïs qui ont été améliorés dans le temps. Pour ces raisons, la présente étude vise à évaluer les taux de perte au stockage des différentes structures en milieu paysan avant toute action d'introduction et de vulgarisation des structures de stockage, qui sont le Zero fly bag, le silo métallique, le sac PICS. Les paramètres évalués sont : les taux de pertes de matière sèche due aux insectes et aux champignons, le taux d'humidité et la situation parasitaire. Les résultats confirment l'efficacité des structures hermétiques notamment le sac PICS. Cette évaluation en milieu paysan des pertes au stockage du maïs suivant différentes structures de stockage des grains est une contribution au regard de nombreuses recherches sur les pertes au laboratoire.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Les expérimentations ont été conduites dans deux (02) communes sur une période de 2 ans (2015 et 2016). Durant l'enquête exploratoire, il a été remarqué que les communes ont des expériences dans les expérimentations des structures de stockage. La commune de Savalou avait connu le projet "Projet d'Appui au Développement du Secteur Agricole" (PADSA) de 1997 à 2003 et quelques greniers en terre améliorés construits alors y sont encore présents et entretenus. La commune de Boukoubé a connu les interventions du projet LISA de Louvain-Développement de 2010 à 2013 et les greniers en terre améliorés construits y sont encore fonctionnels. Ce sont fondamentalement ces raisons qui ont justifiés le choix des communes et des villages d'expérimentations de même que la disponibilité des producteurs à conduire les expérimentations durant toute la période de mise en œuvre. Ces communes Savalou et Boukoubé constituent les zones d'intervention du projet Réduction des Pertes Post-Récoltes (PPR) de Helvetas Swiss Intercoopération au Bénin.

La commune de Boukoubé est située dans le département de l'Atacora. Elle est limitée au Nord par les

communes de Coby et Tanguéta, à l'Est par la commune de Natitingou et à l'Ouest par la République du Togo. Elle s'étend sur près de 1 036 km², soit environ 1% de la superficie nationale, et est comprise entre 10° et 10°40' de latitude Nord et 0°75' et 1°30' de Longitude Est. Le climat rencontré dans cette région est de type soudano-guinéen caractérisé par une saison de pluies (mi-mai à mi-octobre) et une saison sèche (mi-octobre à mi-mai). La hauteur moyenne annuelle des pluies est de 1067 mm et la température moyenne est d'environ 27°C avec des variations de 20°C à 38°C (Tchegnon, 2006). Quatre (04) villages sont concernés par l'étude à Boukoubé, il s'agit de : Koukoua, Kouchata, Kou-nadogou et Koukongou.

La Commune de Savalou est située dans le département des Collines. Elle est limitée à l'Est par les communes de Dassa-Zoumè et Glazoué, au Sud par la commune de Djidja, au Nord par la commune de Bantè et à l'Ouest par la République du Togo sur environ 65 km. La commune de Savalou couvre une superficie de 2.674 km², soit 2,37% du territoire national. Du fait de sa position, le climat est de type guinéen avec deux saisons pluvieuses (Mars à Juillet et Septembre à Novembre) et deux saisons sèches (Décembre à Mars et Août). La hauteur moyenne annuelle des pluies est de 1150 mm avec des variations suivant les années entre 864 et 1637.3 mm. Les températures sont élevées toute l'année avec des minima qui se situent entre 23 et 24°C et des maxima qui varient de 35 à 36°C (Capo-Chichi, 2006). Les villages concernés par l'étude à Savalou sont au nombre de dix (10) : Lama, Gobada, Zadowin, Govi, Agbatou, Mangoessi, Coffé-Agballa, Ekpa-Tico, Ekpa-Kpara et Irokou. L'effectif des producteurs ayant participé aux expérimentations est présenté dans le Tableau 1.

2.2. Matériels d'expérimentation

2.2.1. Matériel végétal

Les grains secs de maïs ont été utilisés comme matériel végétal. Pour les deux années d'expérimentation (2015 et 2016), les grains de maïs utilisés sont issus des exploitations agricoles des producteurs bénéficiaires à raison de 50 Kg par traitement. Donc au cours de la 1^{ère} année (2015), 200 kg de maïs ont été mis en stock par producteur tandis qu'à la 2^{ème} année (2016), 250 kg de grains de maïs ont été stockés par producteur.

2.2.2. Structures de stockage

Cinq (05) types de structures de stockage ont été utilisés pour stocker les grains de maïs au cours des expérimentations. Il s'agit de : Sac en polypropylène d'une capacité de 100 kg, Zero fly bag d'une capacité de 100 kg, sac PICS d'une capacité de 100 kg, Grenier amélioré en terre de différentes capacités dont la plus grande est de 1000 kg et le silo métallique d'une capacité variable de 250 à 1000 kg. Le Sac en polypropylène

a été utilisé comme structure témoin dans le dispositif expérimental. Les autres structures de stockage sont des alternatives à proposer aux producteurs. Le sac en polypropylène et le grenier amélioré en terre fermé sont des structures de stockage qui existent déjà en milieu paysan. Le sac PICS a été développé par l'université de Purdue, mais plus pour le stockage et la conservation du niébé que sur le stockage du maïs. Quant au silo métallique, l'introduction au Bénin a été pour les stockages communautaires, il s'agissait de grands silos et non des silos pour producteur individuel. Il faut noter que le silo métallique a été utilisé uniquement au cours de la deuxième année des expérimentations contrairement aux autres, car il n'était pas encore fabriqué par les artisans. Quant au Zero fly bag, il a été mis au point pour la première fois par l'entreprise Vestergaard au

Vietnam. L'ingrédient actif « deltaméthrine » a été incorporé dans les fils de polypropylène avant tissage.

2.2.3. Produit de traitement utilisé

Il s'agit de Actellic Super en poudre recommandé par le Service Protection des Végétaux et Contrôle Phytosanitaire à la dose de 50 g/100 kg de produit et vendu sous le nom commercial de Actalm Super. L'Actellic Super est recommandé pour le traitement des denrées destinées à la conservation à court terme 3 à 4 mois. Il est efficace pour lutter contre le *Sitophilus zeamais* et son effet est très peu efficace contre les membres des borers (Bostrichidae) dont fait partie le Grand Capucin des grains (*Prostephanus truncatus*) (Bokonon-Ganta et Toko (1997).

Tableau 1 : Effectif des producteurs ayant participé aux expérimentations

Année	Traitements	Savalou	Boukoubé	Total par traitement	Total par année
Année 1 (2015)	Sans Actellic	11	10	21	43
	Avec Actellic	12	10	22	
Année 2 (2016)	Sans Actellic	10	7	17	33
	Avec Actellic	9	7	16	

2.3. Dispositif expérimental et traitement mis en œuvre

Les unités expérimentales sont les systèmes de stockage (combinaison de structures de stockage et produit de conservation). Le dispositif expérimental mis en place en première année est une expérience factorielle 2*4 utilisant le principe des parcelles divisées (Split-Plot) en bloc complètement aléatoire. Le dispositif expérimental mis en place en deuxième année est une expérience factorielle 2*5 utilisant le principe des parcelles divisées (Split-Plot) en bloc complètement aléatoire. Le plan d'expérience est déséquilibré car les traitements non pas le même nombre de répétition. En fonction des structures de stockages et du produit de conservation utilisés pour les expérimentations, deux groupes ont été définis. Il s'agit du groupe des producteurs dont les maïs en expérimentation n'ont pas été traités (21 et 17 respectivement pour l'année 1 et l'année 2) et du groupe des producteurs dont les maïs en expérimentation ont été traités avec le produit de conservation (22 et 16 respectivement pour l'année 1 et l'année 2). Ceci nous a permis d'obtenir les dix (10) traitements suivants :

- STnt : Grain de maïs non traités et stockés dans Sac en polypropylène ;
- ZFBnt : Grains de maïs non traités et stockés dans le Zero fly bag ;
- Spnt : Grains de maïs non traités et stockés dans le sac PICS ;

- GTnt : Grains de maïs non traités et stockés dans le grenier amélioré en terre ;
- SInt : Grains de maïs non traités et stockés dans le silo métallique et
- STat : Grains de maïs traités avec le produit de référence : Actellic super (dose : 50 g pour 100 kg de grains) et stockés dans Sac en polypropylène ;
- ZFBat Grains de maïs traités avec Actellic et stockés dans le Zero fly bag ;
- SPat : Grains de maïs traités avec Actellic et stockés dans le sac PICS ;
- GTat : Grains de maïs traités avec Actellic stockés dans le grenier amélioré en terre. À la 2ème année, et
- Slat : Grains de maïs traités avec Actellic et stockés dans le silo métallique ont été ajouté.

Pour la deuxième année des expérimentations ont été conduites dans les cinq structures de stockage. Alors qu'au cours de la première année des expérimentations, huit (08) traitements ont été mis en œuvre à cause de non disponibilité du silo métallique.

2.4. Données collectées sur le terrain et au laboratoire

L'objectif général de l'étude est d'évaluer l'effet des structures de stockage et de l'utilisation des produits de traitement sur les taux de perte au stockage. Pour répondre aux objectifs spécifiques les mesures du taux

d'humidité et les échantillons ont été prélevés sur le terrain et la situation parasitaire et les taux de pertes ont été déterminés au laboratoire.

Sur le terrain l'humidimètre a été utilisé pour prendre les teneurs en eau des grains. La balance pour peser 750 g de grains par unité expérimentale, ce qui constitue l'échantillon prélevé. Les enveloppes ont été utilisées pour emballer les échantillons par traitement. Les sachets plastiques ont été utilisés pour emballer les enveloppes comportant chacun l'échantillon de chaque unité expérimentale par producteur. Les marqueurs ont été utilisés pour identifier chaque enveloppe.

Les données collectées sur le terrain sont les prélèvements de 750 g du stock de chaque unité expérimentale et les mesures d'humidité. La teneur en eau des grains a été également mesurée au début de l'essai et une fois par mois. Les échantillons de maïs ayant servi à notre évaluation ont été prélevés au niveau de chaque structure installée à l'aide d'une écumoire de 1 mètre environ de long. L'écumoire a servi à mélanger les grains dans l'enceinte du stock avant la prise de l'échantillon qui est mis ensuite dans une enveloppe. Ainsi cinq échantillons ont été prélevés chez chaque producteur et les échantillons ont été emballés dans un sachet préalablement étiqueté. Ces échantillons ainsi prélevés sont apportés au laboratoire pour l'identification des insectes et les calculs de taux de pertes.

Au laboratoire du Programme Technologie Agricole et Alimentaire de l'Institut Nationale des Recherches Agricoles du Bénin (PTAA/INRAB) à Porto-Novo, les échantillons de maïs sont conservés dans le réfrigérateur à la température de 4°C durant deux (02) semaines que couvrent l'évaluation au laboratoire de la situation parasitaire et du calcul des taux de dégâts et des taux de pertes. Une balance de précision de type Sartorius pour prendre le poids des grains à évaluer, les tamis pour la collecte des insectes, le microscope binoculaire pour identifier les insectes et leur dénombrement. Toutes ces données ont été collectées mensuellement au laboratoire du PTAA à Porto-Novo, pendant 7 mois (mars à septembre 2015 pour la 1^{ère} année et février à Août 2016 pour la 2^{ème} année) depuis la mise en place des essais jusqu'au déstockage des maïs à la fin des essais par les producteurs sur le terrain.

2.5. Analyse et interprétation des données

Le tri, le comptage des grains endommagés, des grains sains et les prises de poids ont permis de calculer les taux de pertes et les causes des pertes.

2.5.1. Calcul des taux de pertes

Plusieurs approches de détermination des pertes quantitatives sont mises au point. La méthode du comptage et du pesage a été utilisée pour évaluer les taux de pertes du maïs au stockage. Cette méthode est la plus

utilisée dans les études (Affognon *et al.* 2000 et Fandohan *et al.*, 2005) et permet d'obtenir de meilleurs résultats.

La formule utilisée par Pantenius (1988) se présente comme suit :

$$\% \text{ Pertes} = \frac{(E * B) - (C * D)}{(E * A)} * 100$$

Avec :

- A = nombre total de grains ;
- B = nombre de grains endommagés ;
- C = nombre de grains sains ;
- D = poids de grains endommagés ;
- E = poids des grains sains.

2.5.2. Méthodes d'analyse des variances

Le dispositif mis en place fait le plus souvent appelle à une analyse de variance à deux (02) facteurs fixes. L'application d'une analyse de variance nécessite que certaines conditions soient remplies comme :

- La variable dépendante et les erreurs résiduelles doivent suivre une distribution normale ;
- L'homoscédasticité ou égalité de variance de la variable dépendante des différents groupes.

Dans le cadre de cette étude, deux (02) variables dépendantes sont prises en compte : les taux de pertes et la teneur en eau. Plusieurs problèmes se posent avec l'application de l'ANOVA sur ces variables. Les valeurs prédites avec l'ANOVA sont [moins infini ; plus infini]. Après application de l'ANOVA, les valeurs prédites sortiront de l'intervalle [0, 100]. De plus, il se pose un problème d'hétéroscédasticité et le dispositif expérimental est en plan déséquilibré. Plusieurs solutions sont proposées pour régler ces problèmes. Parmi ces méthodes, il y a la transformation logarithmique de la variable dépendante et l'utilisation des modèles linéaires généralisés avec spécification de la fonction de lien (binomiale dans cette étude).

En raison notamment de l'existence de ces différences importantes, les taux de pertes, et la teneur en eau ont été soumis à une transformation logarithmique (logarithmes décimaux base 10), destinée à stabiliser les variances. Le modèle linéaire généralisé a été ensuite appliqué pour tester l'effet des différents traitements sur le taux de perte. Le choix de la distribution gaussienne ou quasi gaussienne s'est fait sur la base de la dispersion des paramètres gaussiens. L'interprétation directe des coefficients étant difficile, l'exponentiel de ces coefficients a été calculé. Cette valeur calculée représente la moyenne géométrique pour le traitement contrôle qui est l'intercept (grenier sans produit) et le Odds ratio pour les autres coefficients.

L'effet des traitements sur la teneur en eau a été estimé avec les modèles linéaires à effet mixte (LME). La teneur en eau a été prise de manière répétée dans le temps (une fois par mois durant six mois). Le LME a permis de prendre en compte la corrélation qui pourrait exister entre les mesures mensuelles au niveau de

chaque unité expérimentale. Les moyennes des moindres carrés de chaque traitement ont été calculées puis comparées deux à deux pour obtenir une hiérarchisation de l'effet des traitements sur la teneur en eau.

La normalité des résidus a été vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965), l'homogénéité des variances des facteurs par le test Levene (Zar, 1999) et la sphéricité des logarithmes des variables dépendantes (le taux de perte et la teneur en eau) par le test Mauchly.

3. Résultats

Les résultats obtenus concernent les paramètres suivants : les teneurs en eau des grains stockés dans les différentes structures, la situation parasitaire et les taux de pertes.

3.1. Teneur en eau des grains stockés dans les différentes structures

Les figures 1, 2, 3 et 4 montrent les moyennes de teneur en eau des grains de maïs dans les structures expérimentées du début de l'expérimentation jusqu'à la fin pour l'année 1 et 2 dans les communes de Savalou (figures 1et 2) et de Boukombé (figures 3 et 4).

La teneur en eau des grains de maïs est relativement élevée dans la plupart des structures de stockage au cours de la 1^{ère} année d'expérimentation. Cependant, le sac PICS a pratiquement enregistré la plus faible teneur en eau au cours de l'expérimentation. Ainsi, le sac PICS avec et sans traitement chimique des grains de maïs stockés affiche respectivement une teneur moyenne en eau de 13,7% et 14,4 %, au sixième mois de stockage. Ces valeurs sont susceptibles de garantir aux grains de maïs qui y sont stockés, une bonne protection contre les dégâts de ravageurs (figure 1). Au cours du stockage en année 2, il a été remarqué que les teneurs en eau ont été plus faibles dans les sacs PICS et dans les silos métalliques sauf au sixième mois où le silo métallique a enregistré la plus forte teneur de 13,6%. Au sixième mois de la deuxième année d'expérimentation, la teneur en eau des grains de maïs a été pratiquement constante dans toutes les structures avec des valeurs moyennes comprises entre [13,0% et 13,6%]. Dans les structures dont les grains sont traités, la plus faible teneur en eau a été enregistrée dans le Zero fly bag et le sac PICS avec une valeur de 13%. Pour les structures dont les grains ne sont pas traités, le sac en polypropylène et le sac PICS ont enregistré la plus faible teneur en eau (13,2%). Durant les deux années de l'expérimentation, il a été remarqué que les plus faibles teneurs en eau ont été enregistrés dans les sacs PICS.

A l'exception du sac PICS, tous les autres traitements mis en œuvre à Boukombé ont enregistré des valeurs de teneur en eau des grains au-dessus de 15% au sixième mois de la 1^{ère} année de l'expérimentation (figure 3). Les grains stockés dans le sac PICS traité ou

non ont affiché des valeurs de teneur en eau les plus faibles (13,3%). Par contre, les grains stockés dans le Zero fly bag sans traitement ont affiché la plus forte teneur en eau avec (15,6%). En année 2 de l'expérimentation, il a été remarqué qu'au cours du stockage les plus faibles teneurs en eau ont été enregistrées dans les sacs PICS et les silos métalliques (figure 4). Au 6^{ème} mois, on note que les teneurs en eau des grains de maïs sont pratiquement constantes dans toutes les structures avec les valeurs moyennes comprises entre [12,8% et 13,5%]. La plus faible teneur a été enregistrée dans le silo métallique traité (12,8%).

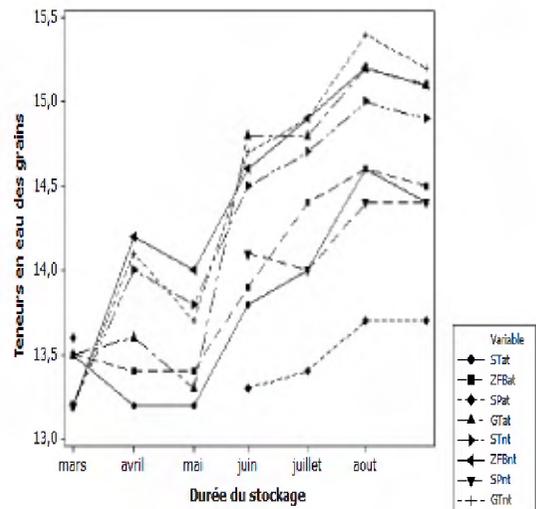


Figure 1: Teneur en eau des grains dans les structures testées à Savalou année 1

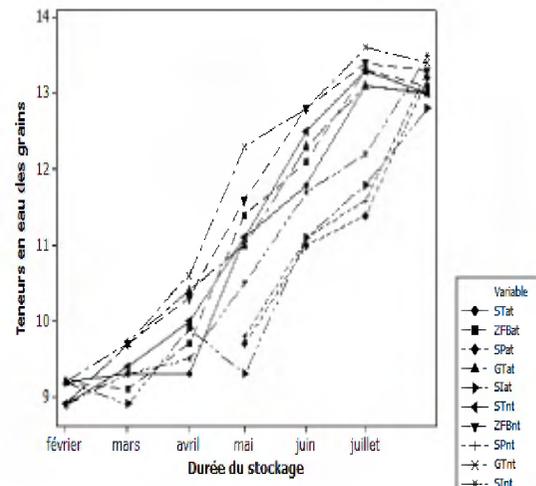


Figure 2: Teneur en eau des grains dans les structures testées à Savalou année 2

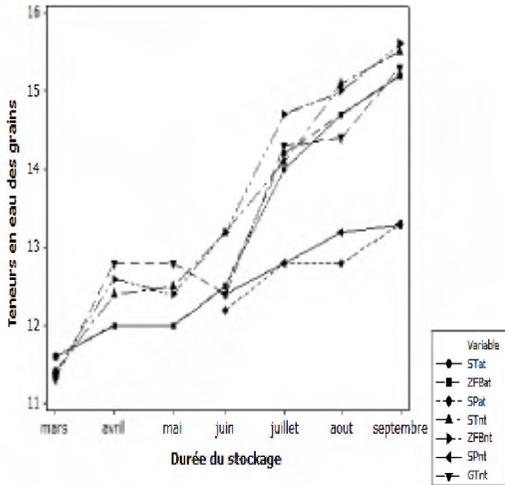


Figure 3: Teneur en eau des grains dans les structures testées à Boukoubé année 1

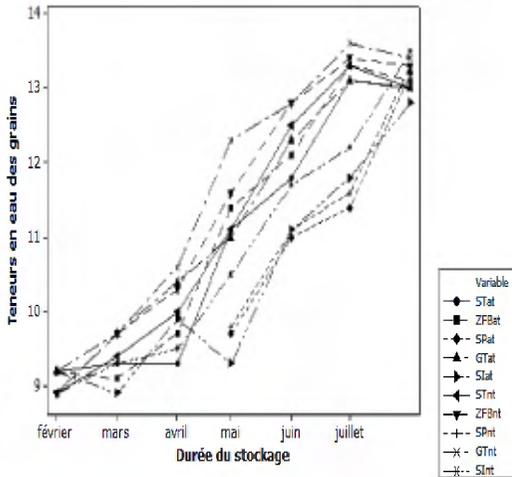


Figure 4: Teneur en eau des grains dans les structures testées à Boukoubé année 2

3.2. Effets des structures de stockage et de l'utilisation des produits de traitement sur la teneur en eau

Les résultats obtenus en première année ont été confirmés en deuxième année au niveau de la commune de Savalou. Au niveau de la commune de Boukoubé, l'effet de l'utilisation des produits qui s'était révélé significatif en première année, a été non significatif en deuxième année (Tableau 2).

La régression linéaire à effet mixte a révélé que pour chaque type de structure, l'utilisation de produit n'a pas eu une influence statistiquement significative sur la teneur en eau (Probabilité<,05). Ce constat a été fait dans chaque commune et au niveau de chaque année (Probabilité<,0001).

Les effets des interactions structure*mois et produit*mois se sont révélés statistiquement significatifs. Ceci révèle qu'il y a eu au moins une des structures qui avait une teneur en eau statistiquement différente des autres structures (Probabilité<,05) au niveau de certains mois. De même au niveau de certains mois, il y a eu une différence statistiquement significative entre la teneur en eau des structures traitées aux produits avec celle qui n'ont pas été traitées (Probabilité<,0001).

Tableau 2: Test des effets des structures de stockage et de l'utilisation des produits de traitement sur la teneur en eau

Effet	Savalou		Boukoubé	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
structure	28,33***	83,12***	37,57***	2,21***
traitement	48,39***	7,82*	5,25*	54,52
mois	155,69***	213,94***	235,2***	345,01***
Structure *traitement	1,16	1,57	0,3	0,88
Structure *mois	5,8***	4,57***	24,58***	2,5***
traitement *mois	17,26***	11,48***	6,24***	3,65*
structure *traitement *mois	0,47	0,38	0,54	0,78

*** si P.value< 0,001; ** si P.value< 0,01 ; * si P.value< 0,05

La comparaison de la moyenne des moindres carrés a permis d'obtenir une hiérarchisation des effets des structures d'une part et de l'utilisation du produit d'autre part à un seuil de 5%.

Durant la première année des expérimentations à Savalou, les différences entre les teneurs en eau apparaissent à partir du 3^{ème} mois au niveau des structures de stockage (tableau 3). Du 3^{ème} au 6^{ème} mois, le grenier amélioré en terre a présenté la teneur en eau la plus élevée, suivie respectivement du sac en polypropylène et du sac PICS. La teneur en eau au niveau du Zero fly Bag est statistiquement égale à celle du grenier au 3^{ème} et 4^{ème} mois. Mais au 5^{ème} et 6^{ème} mois, la teneur en eau du Zero fly bag est statistiquement égale à celle du sac en polypropylène. De même, il a été constaté une différence significative entre la teneur eau des structures avec et sans utilisation de produit de conservation. Du premier mois au sixième mois, le grenier amélioré en terre se différencie des autres structures par sa teneur en eau plus élevée. Il était impossible d'inclure le grenier amélioré en terre dans les comparaisons à partir du 4^{ème} mois car il n'avait pas suffisamment d'unités expérimentales. Durant cette période, le Zero fly bag avait la teneur la plus élevée tandis que la plus faible teneur a toujours été enregistrée au niveau des sacs PICS.

Tableau 3: Comparaison de la moyenne des moindres carrés des teneurs en eau par mois, par structure et par statut d'utilisation de produit au cours de la première année à Savalou

	Mois 0	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Structure de stockage							
Grenier	13,3852 ^a	13,8299 ^a	13,5129 ^a	14,4352 ^a	14,8574 ^a	15,2575 ^a	15,1427 ^a
Sac en polypropylène	13,3852 ^a	13,7273 ^a	13,486 ^a	14,1114 ^b	14,3426 ^b	14,8114 ^b	14,6225 ^b
Sac PICS	13,3852 ^a			13,7008 ^c	13,6841 ^c	14,0539 ^c	14,0082 ^c
Zero Fly	13,3852 ^a	13,8311 ^a	13,6924 ^a	14,2068 ^{ab}	14,6236 ^a	14,887 ^b	14,7862 ^b
Produit de traitement							
Sans produit	13,2455 ^b			14,4705 ^a	14,6243 ^a	14,9806 ^a	14,8636 ^a
Avec produit	13,525 ^a			13,7565 ^b	14,1296 ^b	14,5243 ^b	14,4161 ^b

a, b, c = classification par ordre décroissant des moyennes des moindres carrés à un seuil de ($P < 0.05$). Les modalités d'un même facteur portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes à un seuil de ($P < 0.05$).

Tableau 4: Comparaison de la moyenne des moindres carrés des teneurs en eau par mois, par structure et par statut d'utilisation de produit au cours de la première année à Boukoubé

	Mois 0	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Structure de stockage							
Grenier	11,6042 ^a	12,8583 ^a	13,0249 ^a	13,2083 ^a			
Sac en polypropylène	11,475 ^a	12,09 ^b	12,34 ^b	13,005 ^a	13,775 ^b	14,79 ^a	15,255 ^a
Sac PICS	11,475 ^a			12,31 ^c	12,57 ^c	13,015 ^b	13,02 ^b
Zero Fly	11,475 ^a	12,265 ^{ab}	12,2 ^b	12,835 ^b	14,435 ^a	14,85 ^a	15,355 ^a
Produits de traitement							
Sans produit	11,3462 ^b			13,0603 ^a	13,9866	14,4366	14,9116
Avec produit	11,6683 ^a			12,6189 ^b			

a, b, c = classification par ordre décroissant des moyennes des moindres carrés à un seuil de ($P < 0.05$). Les modalités d'un même facteur portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes à un seuil < 0.05 .

Tableau 5: Comparaison de la moyenne des moindres carrés des teneurs en eau par mois, par structure et par statut d'utilisation de produit au cours de la deuxième année à Savalou

	Mois 0	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Structure de stockage							
Grenier	11,455 ^a	11,4932 ^a	11,3844 ^a	12,6689 ^a	13,5238 ^a	13,6694 ^a	14,0613 ^a
Sac en polypropylène	11,455 ^a	11,0748 ^b	10,7107 ^c	12,1886 ^b	13,1386 ^b	13,3238 ^b	13,5562 ^b
Sac PICS	11,455 ^a			11,1787 ^c	11,8738 ^b	12,3904 ^c	12,5456 ^c
Silo	11,455 ^a	10,4415 ^c	10,3639 ^c	11,0281 ^c	11,733 ^b	12,2849 ^c	12,6456 ^c
Zero Fly	11,455 ^a	10,6661 ^c	10,8383 ^{bc}	12,3867 ^{ab}	13,1608 ^a	13,2052 ^b	13,6044 ^b
Produits de traitement							
Sans produit	11,3433 ^b			12,2219 ^a	12,9453 ^a	13,1135 ^a	13,4252 ^a
Avec produit	11,5667 ^a			11,5585 ^b	12,4267 ^b	12,836 ^a	13,14 ^a

a, b, c = classification par ordre décroissant des moyennes des moindres carrés à un seuil de ($P < 0.05$). Les modalités d'un même facteur portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes à un seuil < 0.05 .

Le grenier amélioré en terre reste la structure où la teneur en eau est la plus élevée dans le temps durant la deuxième année des expérimentations à Savalou (Tableau 5). Au 3^{ème} et 4^{ème} mois, le Zero fly bag a présenté des teneurs en eau élevées statistiquement égales à celles des greniers. Les teneurs les moins élevées sont obtenues au niveau des silos et des sacs PICS. Au 3^{ème} et 4^{ème} mois, la teneur en eau au niveau des structures utilisant les produits de traitement est plus faible que

pour celles n'en utilisant pas. Mais aux 5^{ème} et 6^{ème} mois, les teneurs en eau des structures utilisant ou pas les produits sont statistiquement similaires. A Boukoubé, le silo et le sac PICS sont les structures qui ont enregistré les plus faibles teneurs en eau durant la période d'essais (Tableaux 4 et 6). Le grenier amélioré en terre reste la structure ayant la teneur en eau la plus élevée dans le temps. Aux 5^{ème} et 6^{ème} mois la teneur en eau des sacs ordinaires a augmenté. Ainsi pour ces mois

les sacs ordinaires et les greniers améliorés en terre ont statistiquement les mêmes teneurs en eau (Probabilité < 0.05). Une analyse du tableau 6 en fonction du statut

d'utilisation de produit a montré qu'aux 5^{ème} et 6^{ème} mois les teneurs en eau des structures avec et sans produit sont statistiquement similaires.

Tableau 6: Comparaison de la moyenne des moindres carrés des teneurs en eau par mois, par structure et par statut d'utilisation de produit au cours de la deuxième année à Boukoubé

	Mois 0	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6
Structure de stockage							
Grenier	9,0724 ^a	9,7156 ^a	10,5188 ^a	11,6279 ^a	12,5327 ^a	13,4482 ^a	13,9568 ^a
Sac en polypropylène	9,1143 ^a	9,35 ^{ab}	9,6786 ^b	11,0857 ^b	12,1286 ^a	13,2532 ^a	13,6874 ^a
Sac PICS	9,1476 ^a			9,7611 ^c	11,0262 ^b	11,5274 ^c	12,0103 ^b
Silo	8,9262 ^a	9,0571 ^b	9,6929 ^b	9,9555 ^c	11,5022 ^b	12,0706 ^c	12,6004 ^c
Zero Fly	8,9333 ^a	9,4167 ^{ab}	10,0024 ^{ab}	11,4667 ^{ab}	12,4595 ^a	13,4174 ^a	13,7013 ^a
Produit de traitement							
Sans produit	8,9095 ^a			11,0606 ^a	12,1904 ^a	12,8352 ^a	13,2779 ^a
Avec produit	9,168 ^a			10,4981 ^b	11,6693 ^b	12,6515 ^a	13,1046 ^a

a, b, c = classification par ordre décroissant des moyennes des moindres carrés à un seuil de ($P < 0.05$). Les modalités d'un même facteur portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes à un seuil < 0.05.

3.3. Situation parasitaire au niveau des stocks

Par rapport à la situation parasitaire, les structures ayant reçu des traitements chimiques ont enregistré les plus faibles populations d'insectes. Avec le traitement chimique des grains, la dynamique des insectes a sensiblement baissé dans les structures concernées et cela montre que le produit chimique a permis de mieux contrôler la population des insectes dans lesdites structures. Les traitements les plus affectés par ces insectes ravageurs sont dans l'ordre décroissant le grenier amélioré en terre fermé sans traitement, le sac en polypropylène sans traitement et le silo métallique sans traitement. Le sac PICS et le Zero fly bag sans traitement ont enregistré une population plus faible d'insectes ravageurs et par conséquent ces deux structures sont susceptibles de mieux protéger le stock contre les insectes. *Sitophylus zeamais* est le principal ravageur primaire rencontré et quelques rares *Dinoderus spp* lors de l'identification effectuée au laboratoire pour la 1^{ère} année. A Savalou, on note une forte infestation des stocks de maïs par les coléoptères. A Boukoubé, le nombre de coléoptères dénombrés au niveau de tous les traitements reste relativement faible par rapport au dénombrement effectué à Savalou. En année 2, *Sitophylus zeamais* (primaire) et *Tribolium castaneum* (secondaire) sont les deux principaux ravageurs (insectes) rencontrés lors de l'identification effectuée au laboratoire. A Savalou, on note une forte infestation des stocks de maïs par ces deux coléoptères dont le plus abondant est *Sitophylus zeamais*. A Boukoubé, les mêmes insectes ont été dénombrés et les plus fréquents dans l'ordre décroissant *Tribolium*

castaneum et *Sitophylus zeamais*. Cependant, le nombre d'insectes dénombrés au niveau de tous les traitements reste relativement faible par rapport à celui de Savalou.

3.4. Taux moyens de pertes de matières sèches

3.4.1. Taux moyens de perte de matières dues aux insectes

Dans les stocks, les insectes occasionnent des pertes importantes en consommant l'albumen et parfois le germe des grains. Ce sont souvent les larves, pour certaines espèces vivant à l'intérieur des grains qui provoquent des pertes et dégâts les plus sensibles. Les pertes moyennes en matières sèches causées par les insectes sur les différents traitements testés dans les communes de Savalou et de Boukoubé sont présentées dans le tableau 7. Les taux moyens de pertes les plus élevés observés au cours du stockage sur les traitements ont été causés par les insectes.

A Savalou au cours de la 1^{ère} année, les taux moyens de pertes, varient entre 3,77±1% pour le sac PICS avec traitement des grains et 14,73±4,82% pour le grenier en terre amélioré avec traitement des grains (tableau 7). Alors que pour la deuxième année des expérimentations, le plus faible taux moyen de pertes a été enregistré par le sac PICS avec traitement chimique des grains (1,39±0,19%) et le plus fort taux de pertes a été affiché par le grenier amélioré en terre sans traitement chimique des grains (17,27±3,74%) à Savalou (Tableau 7).

Tableau 7 : Taux moyens des pertes causées par les insectes au cours des 2 années

Traitements	Savalou		Boukoumbé	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
STat	6,73 ±1,59%	2,62±0,61%	3,01±1,08%	1,04±0,24%
ZFBat	6,03±2,95%	2,95±0,32%	1,40±0,37%	0,65±0,18%
SPat	3,77±1,00%	1,39±0,19%	0,62±0,22%	0,86±0,30%
GTat	14,73±4,82%	2,85±0,45%	-----	2,39±0,56%
STat	-----	2,85±0,66%	-----	1,11±0,51%
STnt	9,55±2,11%	8,17±1,69%	3,01±1,14%	3,76±1,22%
ZFBnt	4,90±1,16%	3,34±1,19%	2,86±0,89%	2,14±0,56%
SPnt	5,03±1,27%	1,94±0,37%	1,42±0,48%	1,47±0,60%
GTnt	12,35±4,34%	17,27±3,74%	7,28±	7,18±2,25%
SInt	-----	5,49±1,82%	-----	3,46±1,29%

A Boukoumbé au cours de la 1^{ère} année, les pertes dues aux insectes sont comprises entre $0,62 \pm 0,22\%$ pour le sac PICS avec traitement des grains et $7,18 \pm 2,25\%$ pour le grenier en terre sans traitement des grains. En année 2, ces taux sont compris entre $0,65 \pm 0,18\%$ dans le Zero fly bag avec traitement et $7,18 \pm 2,25\%$ dans le grenier amélioré sans traitement (Tableau 7). Il n'a pas eu de différences significatives, à un seuil de 5%, entre les taux de perte des différentes structures avec ou sans utilisation du produit de traitement. Ce constat a été le même en première et deuxième année (Tableau 8).

Les taux de pertes dues aux insectes sont statistiquement différents de 0%, avec un risque d'erreur inférieur à 0,01% (Tableau 8). Il a donc eu des pertes significatives de maïs durant le stockage quel que soit la structure de stockage et l'utilisation ou non de produit. Ce résultat est valable en première année et en deuxième année dans les deux communes.

Cependant dans la commune de Savalou et en première année d'expérimentation, l'utilisation de sacs PICS sans produit a diminué significativement le taux

de pertes, avec un risque d'erreur de 5%. Ainsi le taux de perte observé dans les sacs PICS sans produit représentait 31,24% du taux de perte dans les sacs ordinaires sans produit. En deuxième année, le sac PICS sans produit a été confirmé comme étant le plus efficace avec une réduction de 25,30% du taux de perte dans les sacs ordinaires traditionnel sans produit. Les résultats ont également montré que l'utilisation des sacs ordinaires avec produit de conservation et l'utilisation du Zero fly bag sans produit de conservation des grains réduisaient de manière significative les taux de pertes respectivement de 27,60% et 28,30% de réduction du taux de perte dans les sacs ordinaires sans produit. La combinaison du Zero fly bag et le produit de conservation a diminué l'efficacité du produit. Il était préférable d'utiliser le sac en polypropylène avec le produit que d'utiliser le Zero Fly bag avec le produit. Les taux de pertes observés dans les autres structures de stockage conservation ont des effets statistiquement égaux au taux de pertes observé dans le sac en polypropylène sans traitement.

Tableau 8 : Effets des structures de stockage et de l'utilisation de produits de traitement sur les taux de pertes dues aux insectes au cours des 2 années

	Savalou				Boukoumbé			
	Année 1		Année 2		Année 1		Année 2	
	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)
(Intercept)	0,07	0,000	0,06	0,000	1,68	0,264	2,77	0,038
Utilisation d'Actellic	0,67	0,47	0,27	0,001	1,02	0,976	0,30	0,087
Grenier amélioré en terre	1,08	0,92	2,12	0,060	4,63	0,272	1,78	0,381
Sac PICS	0,31	0,04	0,25	0,001	0,58	0,426	0,37	0,144
Silo métallique	-----	-----	0,54	0,122	-----	-----	0,76	0,688
Zero fly bag	0,51	0,23	0,28	0,002	0,92	0,899	0,61	0,479
Utilisation d'Actellic et Grenier amélioré en terre	1,70	0,58	0,65	0,422	NA	NA	1,35	0,756
Utilisation d'Actellic et Sac PICS	1,48	0,62	2,76	0,061	0,34	0,264	1,78	0,543
Utilisation d'Actellic et Silo métallique	-----	-----	2,41	0,102	---	-----	1,04	0,963
Utilisation d'Actellic et Zero fly bag	1,17	0,85	5,36	0,002	0,56	0,528	0,68	0,690

3.4.2. Taux moyens de perte de matière sèche due aux moisissures

A Savalou, au cours de la 1^{ère} année, les taux moyens de pertes enregistrées par les moisissures varient entre 2,06±0,56% enregistré dans le sac en polypropylène sans traitement chimique et 3,78±1,88% affiché par le Zero fly bag avec traitement alors que ces pertes sont comprises entre 4,03±0,66% pour le Zero fly bag avec traitement et 7,79±1,26 pour le grenier en terre amélioré avec traitement chimique en 2^{ème} année d'expérimentation (tableau 9).

A Boukoubé, au cours de la 1^{ère} année, les taux de pertes sont compris entre 0,65±0,22% de pertes enregistrées dans le sac en polypropylène avec traitement et 2,33±1,24% dans le Zero fly bag sans traitement. Les valeurs moyennes des pertes en matières sèches par les moisissures au cours de la 2^{ème} sont dans l'ordre compris entre 1,83% ± 0,66% pour le sac PICS avec traitement et 5,13± 1,29% pour le silo métallique sans traitement chimique (tableau 9).

Tableau 9 : Taux moyens des pertes causées par les moisissures au cours des 2 années

Traitements	Savalou		Boukoubé	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
STat	2,09±0,27%	4,51±0,93%	0,65±0,22%	2,26±0,60%
ZFBat	3,78±1,88%	4,03±0,66%	2,33±1,24%	2,28±0,78%
SPat	3,00±1,22%	4,45±0,80%	1,73±1,02%	1,83±0,66%
GTat	2,26±0,59%	7,79±1,26%	----	3,39±2,72%
SIat	-----	5,93±1,07%	-----	2,15±0,45%
STnt	2,06±0,56%	5,04±1,04%	1,28±0,62%	2,62±0,39%
ZFBnt	2,41±0,58%	6,29±1,27%	1,84±0,69%	3,43±0,86%
SPnt	2,86±1,51%	5,98±2,28%	1,67±0,74%	4,07±0,91%
GTnt	2,86±1,28%	6,77±1,03%	1,47±	3,60±1,09%
SInt	-----	6,73±1,35%	-----	5,13±1,29%

Tableau 10 : Effets des structures de stockage et de l'utilisation de produits de traitement sur les taux de perte dues aux moisissures au cours des 2 années

	Savalou				Boukoubé			
	Année 1		Année 2		Année 1		Année 2	
	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)
(Intercept)	0,01	0,000	0,04	0,000	0,76	0,594	2,45	0,030
Utilisation d' Actellic	1,61	0,406	0,87	0,667	0,47	0,303	0,77	0,649
Grenier amélioré en terre	1,69	0,489	1,41	0,266	1,92	0,665	1,08	0,889
Sac PICS	1,85	0,273	1,01	0,953	0,94	0,941	1,41	0,534
Silo métallique	-----	-----	1,27	0,440	-----	-----	1,91	0,258
Zero fly bag	1,51	0,470	1,22	0,516	1,61	0,501	1,15	0,800
Utilisation d' Actellic et Grenier amélioré en terre	0,47	0,448	1,26	0,579	NA	NA	0,43	0,313
Utilisation d' Actellic et Sac PICS	0,22	0,065	1,02	0,954	1,79	0,568	0,32	0,159
Utilisation d' Actellic et Silo métallique	-----	-----	1,06	0,879	-----	-----	0,53	0,428
Utilisation d' Actellic et Zero fly bag	0,64	0,594	0,75	0,508	1,12	0,903	0,73	0,700

Les taux de pertes dues aux champignons observés au niveau des différents traitements (structures de stockage avec ou sans produit de conservation) sont statistiquement non négligeables à un seuil de 5% (Tableau 10). Cependant, il n'y a pas eu de différences significatives entre les taux de pertes au niveau du sac en polypropylène sans produit et les taux de pertes de chacun des autres structures de stockage à un seuil de 5%. Ce résultat a été obtenu en première année et confirmé en deuxième année dans les deux communes.

3.4.3. Evolution des taux moyens de pertes totales de matières sèches durant le stockage

Les taux moyens de pertes totales de matière sèche au niveau des différents traitements durant les six mois de stockage des grains pour les deux années d'expérimentation. Ainsi, il a été constaté une augmentation des pertes en matières sèches au niveau de chaque structure de stockage/conservation à chaque mois de prélèvement dans toutes les deux communes pour les deux années d'expérimentation. Cependant les taux moyens de pertes totales au sixième mois du stockage (Tableau 11).

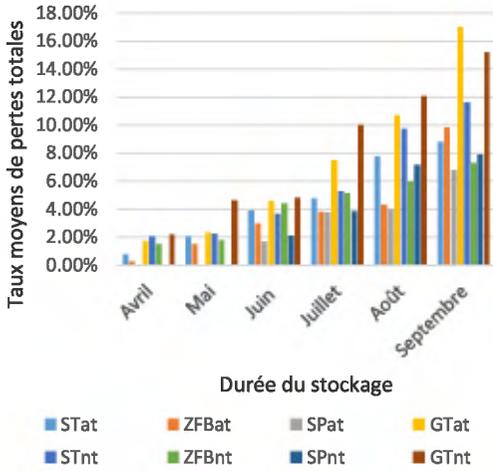


Figure 5: Evolution des taux moyens de pertes totales au cours du stockage en année 1 à Savalou

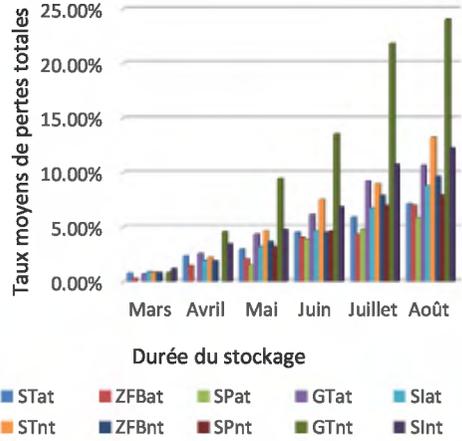


Figure 6: Evolution des taux moyens de pertes totales au cours du stockage en année 2 à Savalou

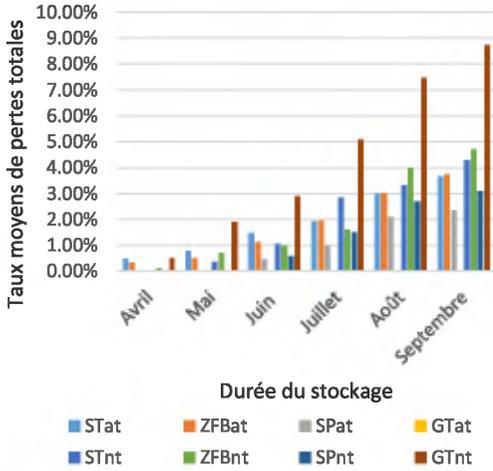


Figure 7: Evolution des taux moyens de pertes totales au cours du stockage en année 1 à Boukoubé

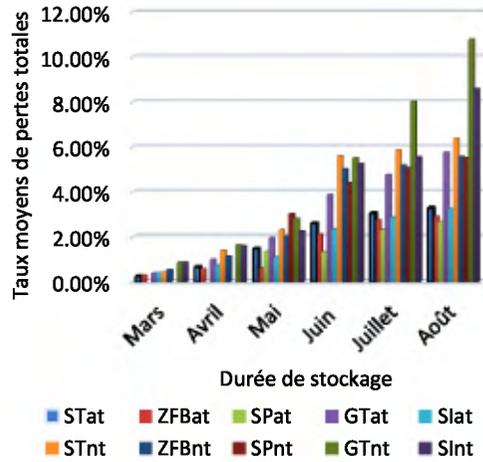


Figure 8: Evolution des taux moyens de pertes totales au cours du stockage en année 2 à Boukoubé

Tableau 11 : Pertes totales (moisissures et insectes) au dernier mois du stockage au cours des 2 années

Traitements	Savalou		Boukoubé	
	Année 1	Année 2	Année 1	Année 2
STat	8,82±1,54%	7,12±1,41%	3,66±0,97%	3,30±0,74%
ZFBat	9,81±3,08%	6,98±0,69%	3,73±0,57%	2,93±0,70%
SPat	6,78±1,40%	5,84±0,96%	2,34±1,10%	2,68±0,75%
GTat	17,00±4,97%	10,63±1,32%	-----	5,78±2,33%
Slat	-----	8,78±2,34%	-----	3,26±0,72%
STnt	11,60±2,10%	13,21±2,34%	4,30±1,48%	6,39±1,27%
ZFBnt	7,29±1,24%	9,63±2,20%	4,71±1,35%	5,57±1,17%
SPnt	7,90±1,51%	7,91±2,59%	3,09±0,86%	5,54±1,15%
GTnt	15,21±4,83%	24,04±3,86%	8,75%±	10,78±2,04%
SInt	-----	12,22±2,63%	-----	8,59±30,38%

A Savalou, à la 1^{ère} année, les plus faibles taux de pertes ont été observées dans le sac PICS avec traitement (6,78% ±1,4%) Par ordre croissant suit alors le Zero fly bag sans traitement ; le sac PICS sans traitement ; le sac en polypropylène avec traitement ; le Zero fly bag avec traitement, le sac en polypropylène sans traitement ; le grenier amélioré en terre sans traitement et enfin le grenier amélioré en terre avec traitement qui a enregistré un taux moyen de perte de 17,00±4,97 (figure 5 et tableau 11). Les taux de pertes totales dus aux insectes et aux champignons, sont statistiquement différents de « 0 » à un seuil de 5% (tableau 12).

A la 2^{ème} année le plus faible taux de pertes a été observé dans le sac PICS avec traitement chimique (5,84±0,96%). Par ordre croissant suit alors le Zero fly bag avec traitement, le sac en polypropylène avec traitement, le sac PICS sans traitement chimique, le silo métallique avec traitement, le Zero fly bag sans traitement, le grenier amélioré en terre avec traitement, le silo métallique sans traitement, le sac en polypropylène sans traitement, et enfin le grenier en terre sans traitement qui a enregistré un taux moyen de perte de 24,04±3,86% (figure 6 et tableau 11).

A Boukoumbé en 1^{ère} année, au sixième mois, les moyennes des pertes totales sont comprises entre 2,34±1,10% pour le sac PICS avec traitement chimique des grains et 8,75% pour le grenier amélioré en terre sans traitement chimique. Dans un ordre croissant des taux totales de pertes enregistrés au sixième mois durant le stockage, il y a : sac PICS avec traitement (2,34±1,10%) ; le sac PICS sans traitement chimique, le sac en polypropylène avec traitement chimique ; le Zero fly bag avec traitement chimique ; le sac en polypropylène sans traitement chimique ; le Zero fly bag

sans traitement chimique et en fin le grenier amélioré en terre sans traitement chimique avec une perte de 8,75%. Pour toutes les pertes enregistrées au cours de chaque mois, il a été remarqué que les structures ayant reçues des traitements chimiques ont enregistrés les plus faibles taux moyens de pertes sauf le Zero fly bag. Les pertes les plus faibles ont été enregistrées dans le sac PICS avec traitement (figure 7 et tableau 11).

En 2^{ème} année, les moyennes des pertes totales sont comprises entre 2,68±0,75% pour le sac PICS avec traitement chimique et 10,78± 2,04% pour le grenier amélioré en terre sans traitement chimique. Dans l'ordre croissant on a donc : sac PICS avec traitement (2,68±0,75%) ; le Zero fly bag avec traitement chimique ; le silo métallique avec traitement ; le sac en polypropylène avec traitement chimique ; le sac PICS sans traitement chimique ; le Zero fly bag sans traitement chimique le grenier amélioré en terre avec traitement ; le sac en polypropylène sans traitement chimique ; le silo métallique sans traitement et en fin le grenier amélioré en terre avec une perte de 10,78± 2,04% (figure 8 et tableau 11).

Pour toutes les pertes enregistrées au cours de chaque mois, il a été remarqué que les structures ayant reçues des traitements chimiques ont enregistrés les plus faibles taux moyens de pertes. Les taux de pertes totales dues aux insectes et aux champignons, sont statistiquement différents de « 0 » à un seuil de 5% (tableau 12). En première année, les taux de pertes observés au niveau des différentes structures de stockage sont statistiquement égaux au taux de pertes observés au niveau du sac en polypropylène sans traitement. Ce résultat a été confirmé en deuxième année.

Tableau 12 : Effets des structures de stockage et de l'utilisation de produits de traitement sur les taux de pertes totales au cours des 2 années

	Savalou				Boukoumbé			
	Année 1		Année 2		Année 1		Année 2	
	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)	Ratio	Pr(> t)
(Intercept)	0,35	0,000	0,39	0,000	1,55	0,005	2,11	0,000
Utilisation d'Actellic	0,91	0,554	0,75	0,018	1,03	0,875	0,74	0,115
Grenier amélioré en terre	1,05	0,791	1,29	0,036	1,69	0,246	1,25	0,21
Sac PICS	0,85	0,262	0,75	0,026	0,93	0,746	0,92	0,674
Silo métallique	-----	-----	0,91	0,471	-----	-----	1,12	0,526
Zero fly bag	0,84	0,268	0,83	0,144	1,07	0,726	0,93	0,729
Utilisation d'Actellic et Grenier amélioré en terre	1,17	0,520	0,95	0,782	NA	NA	0,97	0,913
Utilisation d'Actellic et Sac PICS	1,01	0,931	1,24	0,195	0,71	0,281	0,86	0,577
Utilisation d'Actellic et Silo métallique	-----	-----	1,23	0,214	-----	-----	0,93	0,797
Utilisation d'Actellic et Zero fly bag	1,09	0,668	1,24	0,196	0,80	0,467	1,00	0,979

4. Discussion

Cette recherche couvrant deux (02) communes productrices de maïs a permis de mettre en évidence les pratiques liées au stockage et à la conservation du maïs, les teneurs en eau des grains du maïs stocké par les producteurs durant la période de stockage et de situer le niveau de pertes dues aux attaques des insectes et des moisissures. Les résultats montrent que la teneur en eau des grains est un élément capital à maîtriser pour atténuer les risques de dégradation du maïs par les ravageurs de stock notamment les insectes et les moisissures pendant le stockage. Angelović *et al.* (2014) informe qu'avec la valeur moyenne d'humidité du grain de maïs qui était de 13,6%, aucune présence d'animaux nuisibles dans les grains de maïs stockés n'a été enregistrée pendant le stockage. Hodges (2012), affirme les valeurs de taux d'humidité doivent être de 13,5% pour un bon stockage. Des valeurs en dessous ont été observées à Boukoubé, toutefois l'étude n'a pas abordé les taux de germination de ces grains pour vérifier si les grains conservent toujours leur viabilité avec les taux d'humidité de 8,9% enregistrées à Boukoubé.

Les pertes enregistrées sont dues essentiellement aux insectes et aux moisissures. Elle corrobore les travaux de Makambila (1989) sur les microorganismes fongiques saprophytes du maïs au cours de la conservation au Congo qui affirme qu'au cours du stockage de maïs, les pertes enregistrées sont principalement dues à deux types d'agents : les ravageurs notamment les charançons et secondairement les microorganismes fongiques. Toutefois, au cours de nos expérimentations, ce sont plutôt les attaques des insectes qui sont perçues au niveau des producteurs ce qui est en concordance avec les résultats de Momar *et al.* (2012) sur la typologie des systèmes de stockage et de conservation du maïs à l'Est et Sud du Sénégal, de même que les résultats de Fandohan *et al.* (2005) sur les contaminations naturelles de *Fusarium* et *Fuminosin* dans la post-récolte et le stockage du maïs. Au cours des résultats de la deuxième année d'essai, il a été remarqué, que les dégâts enregistrés ont été pratiquement plus importants pour la moisissure plus que les insectes sauf dans certains traitements comme les greniers améliorés en terre. Nos résultats ont montré que les pertes en matière sèches dues par l'infestation des insectes de même que les moisissures varient en fonction de la localité, de la structure, et du type de traitement au stockage. Il a été montré que les taux de pertes enregistrés dans la commune de Savalou sont supérieurs aux taux de pertes enregistrés dans la commune de Boukoubé ce qui confirme les travaux de Ratnadass *et al.* (1989) sur les pertes dues aux insectes des stocks paysans de céréales en côte d'Ivoire. Les structures de stockage dont les grains ont subi des traitements chimiques ont enregistré pratiquement un taux moyen de pertes inférieur à ces mêmes structures contenant des grains de maïs non traités chimiquement, ce

qui atteste les résultats de Boeye (1988) qui avait montré que l'amélioration des méthodes de stockage avec le traitement en Actellic avait enregistré un taux moyen de pertes largement inférieur au taux moyen de pertes enregistrées dans les méthodes traditionnelles. De même, les résultats de Ganssou (1990) ont montré que les grains traités avec un insecticide ont enregistré une efficacité plus nette à 135 jours de stockage comparativement au traitement témoin qui n'ont reçu aucun traitement chimique. Mais ces réductions ont été significatives seulement dans la commune de Savalou. A Savalou il a été remarqué une abondance des insectes comparativement à Boukoubé en plus de *Sitophylus zeamais* est plus abondant que *Tribolium castaneum* à Savalou alors que à Boukoubé la population de *T. castaneum* est plus importante que *S. zeamais* ce qui explique l'importance des dégâts et pertes en matières sèches enregistrés dans la commune de Savalou. Ce qui justifie les travaux de Bekon et Fleurat (1989), qui ont montré qu'il existe une corrélation positive entre les quantités de frass (particules pulvérulentes résultant de l'activité alimentaire des insectes dans les grains) dégagé par *T. castaneum* et les dégâts causés par les insectes primaires.

Quel que soit la commune c'est le sac PICS qui a montré la plus grande efficacité. Le sac PICS avec traitement a enregistré les pertes totales de 6,78% ($\pm 1,4\%$) en 1ère année et le sac PICS avec traitement chimique 5,84($\pm 0,96\%$) en deuxième année à Savalou. Le sac PICS avec traitement a enregistré les pertes totales de 2,34 ($\pm 1,10\%$) en 1ère année et le sac PICS avec traitement chimique 2,68 ($\pm 0,75\%$) en deuxième année à Boukoubé. Ces résultats confirment ceux de Murdock and al. (2014), qui ont observées avec des tests réalisés au Burkina-Faso, au Bénin et au Ghana que les sacs PICS initialement développés pour le stockage du niébé se sont révélés efficaces pour protéger le maïs contre les principaux ravageurs des stocks. Après 6, 5 mois de stockage dans les sacs PICS, il y a une mortalité des insectes de 95 à 100% sur tous les sites. Le pourcentage de graines endommagées et le poids de 100 graines dans les sacs PICS étaient restés inchangés par rapport à ceux enregistrés au moment de la mise en place de l'expérience. De Groote *et al.* (2013) ont également étudié l'efficacité des sacs hermétiques et Baoua *et al.* (2012) sur le niébé au Niger. Ils ont observé une prévention de pertes considérable. Ceci confirme les résultats obtenus quant à l'efficacité des sacs PICS avec ou sans traitement. Murdock *et al.* (2013) a observé que le traitement au phostoxin n'est pas nécessaire avec l'utilisation du sac PICS pour le stockage du niébé au Niger. Ce que confirme les résultats de Chigoverah *et al.* (2014) pour le stockage du maïs dans les structures de stockage hermétiques. Jones and al. 2014 affirment que les technologies de stockage telles que les sacs hermétiques (PICS) garantissent une protection fiable et durable contre de nombreux ravageurs des céréales et

des légumineuses céréalières, sans recourir à des pesticides chimiques. Abass *et al.* (2018) conseille d'ailleurs aux producteurs l'utilisation des structures hermétiques sans insecticides au vu de la réduction des coûts que cela génère.

5. CONCLUSION

La présente étude doit permettre d'une part, 'évaluer l'effet des structures de stockage et de l'utilisation des produits de traitement sur les taux de perte au stockage des structures de stockage du maïs testées dans les communes de Savalou et de Boukoumbé et d'autre part de proposer aux producteurs de nouvelles structures comme alternatives pour réduire les pertes post-récoltes du maïs. Les paramètres biotiques de performance abordés dans ce travail sont les suivants : la perte en matière sèche due aux insectes et aux moisissures et le dénombrement des insectes. Au cours de la 1^{ère} année d'expérimentation, il a été noté que les taux moyens de pertes en matières sèches ne présentent aucune différence significative entre les traitements alors qu'au cours de la 2^{ème} année d'expérimentation, il a été enregistré que les taux moyens de perte en matières sèches ont présenté une différence significative entre les traitements. Après une comparaison des taux de pertes enregistrées dans les structures dont les grains de maïs ont subi des traitements chimiques, il a été remarqué que les taux moyens de pertes ont été plus élevés allant de 5,78 % dans la commune de Boukoumbé et 17% dans la commune de Savalou sur les deux années dans les greniers améliorés en terre, ce qui nous permet d'affirmer que le grenier amélioré en terre est plus susceptible aux attaques des ravageurs. Il a été remarqué aussi que les plus faibles taux moyens ont été enregistré dans les structures de stockage que sont : le sac PICS et le Zero fly bag dans la commune de Savalou avec une réduction de 31% et 25,3% pour le sac PICS sans traitement respectivement au cours de la 1^{ère} et 2^{ème} année et 28,3% pour le Zero fly bag sans traitement comparativement au sac en polypropylène sans traitement considéré comme référence au niveau des pertes dues aux insectes. Une réduction à 25% des pertes totales a été enregistrée dans le sac PICS avec traitement comparativement au sac en polypropylène au niveau des pertes totales au cours de la 2^{ème} année à Savalou.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Coopération Suisse et HELVE-TAS Swiss Intercooperation pour le financement et la contribution scientifique à la mise en place du dispositif expérimental. Nous remercions également l'Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB), le Programme de Technologies Alimentaire et Agricoles

(PTAA) et les producteurs expérimentateurs des communes de Savalou et de Boukoumbé mobilisés respectivement par les ONG locales Levier pour le Développement Local Durable (LDLD) et Etudes et Recherche pour une Agriculture Durable (ERAD) pour la mise en place du dispositif expérimental et pour la collecte de données. Nous remercions également le cabinet CIR-FOSS pour la collecte des données, le traitement et la contribution à l'analyse des données. Que tous ceux qui ont contribué de par leurs actions, leur disponibilité ou leurs divers conseils combien édifiants, à la réalisation de cette étude, trouvent ici notre sincère reconnaissance.

CONFLIT D'INTERET

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

REFERENCES

- Abass A. B., Fischler M., Schneider K., Daudi S., Gaspar A., Rüst J., Kabula E., Ndunguru G., Madudu D. & Msola D. 2018. On-farm comparison of different postharvest storage technologies in a maize farming system of Tanzania Central Corridor in Journal of Stored Products Research 77 (2018) 55-65 www.elsevier.com/locate/jSpr
- Abass A. B., Ndunguru G., Mamiro P., Alenkhe B., Mlingi N., & Bekunda M. 2014. Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania in Journal of Stored Products Research journal homepage: www.elsevier.com/locate/jSpr
- Adégbola Y. P. 2010. Economic Analyses of Maize Storage Innovations in Southern Benin. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands 182p.
- Affognon H. Kossou D. & Bell A. 2000. Développement participatif de technologies post-récolte au Bénin. Expérience du projet pilote de lutte contre le Grand Capucin du Maïs. Publié par Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. P. 51 8065726 Eschborn, Allemagne.
- Angelovič M., Krištof K., Jobbágy J., Indura P. & Križan M. 2018. The effect of conditions and storage time on course of moisture and temperature of maize grains in Contemporary Research Trends in Agricultural Engineering, Volume 10. 6p. Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture, 949 76 Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Slovaki. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002001>
- Bekon K. 1984. Biologie du développement et comportement alimentaire de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera tenebrionidae) sur les semences des céréales. Thèse de Doctorat-ingénieur ENS A de Rennes. Université de Rennes 1, Rennes, France. 167 p.

- Bekon K. A. & Fleurat L. F. 1989. Evolution des pertes en matières sèches des grains dues à un ravageur *Tribolium Castaneum* (Herbst), coléoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. In *Céréales en régions chaudes*. AUPELF-UREF, Eds John Lihhey Eumtextl, Paris 0 1989. pp. 97-104
- Bokonon-Ganta A. H. et Toko A. 1997. Etat et perspectives de lutte contre les ravageurs dans les greniers ruraux au Bénin, avec une référence contre le grand capucin du maïs. Dans « De la lutte biologique à une approche systèmes de la post-récolte, publié par Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Eschborn Allemagne.
- Capo-Chichi, Y. J. 2006. Monographie de la commune de Savalou, Ministère de la décentralisation, Programme d'appui au démarrage des communes au Bénin, http://www.ancb-benin.org/pdc-sdac_monographies/monographies_communes/MonographieDeSavalou.pdf
- Chigoverah A. A., Mvumi B. M., Kebede A. T. & Tefera T. 2014. Effect of hermetic facilities on stored maize insect infestation and grain quality. *CIMMYT*, Nairobi, Kenya. DOI : 10.14455/DOA.RES.2014.62 ;
- De Groote, H., Kimenju, S.C., Likhayo, P., Kanampiu, F., Tefera, T. and Hellin, J. 2013. Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. *Journal of Stored Products Research* Volume 53 p27-36.
- FAO. 2011. Global Food Losses and Waste. Extent, Causes and Prevention. www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf Rome Italy. 37p.
- FAO. 2012. Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – Ampleur, causes et prévention. www.fao.org/3/i2697f/i2697f.pdf Rome Italy 41p.
- Fandohan P. Gnonlonfin B. Hell K. Marasas WFO. & Wingfield M.J. 2005. Natural occurrence of *Fusarium* and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Afr. *Int. J. Food Microbiol.* 99 : 173-183p.
- Gansou L. 1990. Evaluation de la graine du neem pour protéger *Prostephanus* sur le maïs en conservation Edition, ville, pays ? 38p.
- Guèye M.T. Seck D. Wathelet J-P. & Lognay G. 2011. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15(1) : 183-194p.
- Hodges R.J. 2012. Post-harvest Weight Losses of Cereal Grains in Sub-Saharan Africa. Available from : <http://www.erails.net/FARA/aphlis/aphlis/weightlosses-reviews> (verified 31 juillet 2013).
- Jones, M. S., & Lowenberg-DeBoer, J. 2014. Updating ex-ante economic analyses for Purdue Improved Crop Storage (PICS) bags in sub-Saharan Africa: The cases of Senegal, Kenya and Ghana (Working Paper No. 14-5). <http://purl.umn.edu/177529>
- MAEP. 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), 116p
- Makambila M. 1989. Les microorganismes fongiques saprophytes du maïs au cours de la conservation au Congo Département de Biologie et Physiologie Végétales. Faculté des Sciences. Université Marien Ngouabi, BP 69, Brazzaville, République Populaire du Congo, pp 117-121.
- Momar T.G. Dogo S. Jean P.W. & George L. 2012. La typologie des systèmes de stockage et de conservation du maïs l'Est et Sud du Sénégal 70p. In *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2012 16(1), 49-58p.
- Murdock L.L., Amadou L. & Baoua B. 2013. Triple bagging for cowpea storage in rural Niger: Questions farmers ask. In *Journal of Stored Products Research*, Volume 52, 86-92p <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.12.004>
- Murdock L. L., Baributsa D., Ousmane B., Amadou L. & Baoua I. B. 2014. PICS bags for post-harvest storage of maize grain in West Africa in *Journal of Stored Products Research*, Volume 58, p 20-28 ; <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.03.001>
- Mutambuki K. & Ngatia C. 2012. Loss assessment of on-farm stored maize in semi-arid area of Kitui District, Kenya. In I. Lorini, B. Bacaltchuk, H. Beckel, D. Deckers, E. Sundfeld, J. P. dos Santos, et al. (Eds.), *Proceedings of the 9th International working conference on stored product protection (PS1-1-6318) held on 15-18 October 2006*, in São Paulo, Brazil.
- Owach C., Bahiigwa, G., & Elepu, G. 2017. Factors influencing the use of food storage structures by agrarian communities in northern Uganda. *Journal of Agriculture, Food Systems and Community Development* Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2017.072.003>
- Pantenius C.U. 1988. Etat des pertes dans les systèmes de stockage du maïs au niveau des petits paysans de la Région Maritime du Togo. Publié par GTZ-Projekt für Nacherntefragen Pickhuben 4, D-2000 Hamburg 11, RFA 82 p.
- Parfitt J. Barthel & M. Macnaughton S. 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences* 365(1554) : 3065-3081.
- Pinheiro J.C. and Bates D.M. 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. New York : Springer-Verlag. doi :10.1007/978-1-4419-0318-1
- Parry A. James K. & LeRoux S. 2015. Strategies to achieve economic and environmental gains by reducing food waste. WRAP (British Waste and Resources Action Programme), Banbury, Final Report, ISBN : 978-1-84405-473-261 p.
- Poudel K.L. Nepal A.P. Dhungana B. Sugimoto Y. Yamamoto N. & Nishiwaki A. 2009. Capital Budgeting Analysis of Organic Coffee Production in Gulmi District of Nepal. In *International Association of Agricultural Economists Conference*, Beijing, China, August 16-22, 2009. Pp.1-13.
- Ramousse R., Le Berre M. & Le Guelte L. 1996. Introduction aux statistiques. <http://www.consdev.org/elearning/stat/multivarie/6-7/6-7.html#Anchor-Bibliographie-62983> pp.1-20

- Ratnadass A. & Fleurat-Lessard F. 1990. Amélioration des méthodes pratiques d'évaluation des pertes occasionnées par les insectes au grain stocké au niveau villageois en Afrique tropicale In : International Working Conference on Stored-Product Protection. Bamako : ICRISAT, 14 p. International Working Conference on Stored-Product Protection. 5, Bordeaux, France, 9 Septembre 1990/14 Septembre 1990.
- Rembold F. Hodges R. Bernard M. Knipschild H. & Léo O. 2011. The African Postharvest Losses Information System (APHLIS): An innovative framework to analyze and compute quantitative postharvest losses for cereals under different farming and environmental conditions in East and Southern Africa. JRC Scientific and Technical Reports. pp. 1-72.
- Robert W. H. 2012. A Review of : "An R Companion to Applied Regression, Second Edition, by J. Fox and S. Weisberg", *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 22 :2, 418-419, DOI :10.1080/10543406.2012.635980
- Sibiri J. O., Kabore W. T. & Loada M. 2014. Etude prospective sur les pertes post récoltes en Afrique de l'ouest : cas de quelques pays côtiers et du sahel. Rapport définitif, Edition, ville, pays ? 44p.
- Shapiro S.S. and Wilk M.B. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples) *Biometrika*, Vol. 52, No. 3/4 (Dec., 1965), pp. 591-611 <http://www.jstor.org/stable/2333709>
- Tcheignon P. 2006. Monographie de la commune de Boukoubé, Ministère de la décentralisation, Programme d'appui au démarrage des communes au Bénin, http://www.ancb-benin.org/pdcscdmonographies/monographies_communales/MonographieBoukoubé.pdf
- Tefera T. 2012. Post-harvest losses in African maize in the face of increasing food shortage in *Food Security*, Volume 4, Issue 2, pp 267-277 ISSN : 1876-4517 (Print) 1876-4525 (Online)
- Tefera T. Kanampiu F. De Groote H. Hellin J. Mugo S. Kimenju S. Beyene Y. Boddupalli P.M. Shiferaw B. & Banziger M. 2011. The metal silo: An effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Prot.* 30 :240-245p.
- Vessereau A. 1948. Méthodes statistiques en biologie et en agronomie. Tome deuxième. Nouvelle édition Paris France. 134-148p.
- Zar J. H. 1999. *Biostatistical Analysis*, fourth edition. department of Biological Sciences Northern Illinois University DeKalb, IL 60115-2861 663 p.

Page laissée intentionnellement vide



Remerciement aux évaluateurs de la revue AUP-SNA en 2017 et 2018

Acknowledgement to the AUP-SNA journal Reviewers in 2017 and 2018

Comité de Publication AUP-SNA

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à tous les évaluateurs des articles qui ont bénévolement consacré leur temps et offert leur expertise en 2017 (volume 7) et 2018 (volume 8) à la revue AUP-SNA.

Chaque article est piloté par l'un des membres du Comité de Publication, qui sollicite des évaluateurs en fonction de leur compétence et de leur capacité à évaluer l'article dans un délai raisonnable. À partir de 2018 la revue AUP-SNA a également instauré le principe de la pré-évaluation par le comité de publication. Lorsque l'article soumis présente des lacunes de forme ou de fond (manque de conformité à la ligne éditoriale de la revue, sujet sans intérêt pour le public de la revue, plagiat ou auto-plagiat, méthodologie non explicitée ou inappropriée, etc.), il est directement rejeté, sans solliciter inutilement le temps précieux des évaluateurs. Ainsi, de nombreux articles ont été refusés en 2018 car trop inconsistants ou souffrant de plagiat.

Les évaluateurs sont chargés d'apprécier les manuscrits soumis en fonction de :

- L'adéquation à l'objectif de la revue ;
- L'intérêt du sujet traité pour le public de la revue ; et
- La rigueur du raisonnement et la clarté de la rédaction.

Voici ci-dessous la liste des personnes ayant évalué au moins un article en 2017 ou en 2018 pour la Revue AUP-SNA. Qu'ils soient chaleureusement remerciés pour leur coopération et leur dévouement.

Comité des lecteurs pour 2017 (42 articles évalués) :

ADINSI Laurent (Bénin)	EWEDJE Ebenezer (Bénin)
ASSEDE Eméline P. S. (Bénin)	GAOUE Orou G. (USA & Bénin)
ASSOGBA Gervais (Bénin)	GOUWAKINNOU N. Gérard (Bénin)
AWOHOUEDJI Yétongnon (Bénin)	HADONOU Julien (Bénin)
BACO M. Nasser (Bénin)	HONGBETE Franck (Bénin)
BIAOU Samadori S. Honoré (Bénin)	HOUNTONDJI Fabien (Bénin)
BASTIDE Brigitte (Burkina Faso)	KINDOSSI Janvier (Bénin)
CHABI Bienvenue (Bénin)	KOUAGOU M'Mouyohoun (Bénin)
DAKO Sabine (Bénin)	KPERA Nathalie (Bénin)
DAOUDA Is-haquou (Bénin)	NAGO Sedjro Gilles Armel (Bénin)
GNANVOSSOU Désiré (Bénin)	NATTA Armand (Bénin)
DICKO Aliou (Bénin)	NOUATIN Guy S. (Bénin)
DIOGO Rodrigue (Bénin)	PARAISO Armand (Bénin)
DJAGOUN Sylvestre (Bénin)	SEKLOKA Emmanuel (Bénin)
DJENONTIN A. P. Jonas (Bénin)	SODJINOUE Epiphane (Bénin)
DOSSOU Paulin (Bénin)	TOUKOUROU Youssouf (Bénin)
ELIE Dannon (Bénin)	VODOUHE Fifanou (Bénin)

Comité des lecteurs pour 2018 (25 articles évalués) :

ABAGLI Zita (Bénin)
ADEGBOLA Patrice (Bénin)
ADEKAMBI Soulémane (Bénin)
ADJAHOSSOU Naéssé (Bénin)
AFOUDA Pamela (France)
AGOSSOU Désiré (Bénin)
AGOSSOU Hippolyte (Bénin)
AHOYO Nestor A. R. (Bénin)
AÏTONDJI Léa (Bénin)
AKELE David (Bénin)
AKPO Essègbèmon (Bénin)
ALLOMASSO Ahodègnon (Bénin)
AROUNA Aminou (Bénin)
ASSANI Alassan (Bénin)
ASSEDE Emeline S.P. (Bénin)
ASSOGBA Brice (Bénin)
ASSOGBA Gervais (Bénin)
AVOCEVOU Carolle (Bénin)
AWOHOUEDJI Yétongnon (Bénin)
BABATOUNDE Severin (Bénin)
BALAGUEMAN O. Rodrigue (Bénin)
BIAOU Samadori S. Honoré (Bénin)
BIO Anselme (Bénin)
BOSMA Roel (Pays-Bas)
CHABI BONI Daniel (Bénin)
CHIKOU Antoine (Bénin)
DADJO Moreno (Bénin)
DEGLA Pamphile (Bénin)
DICKO Aliou (Bénin)
DJEGO Sylvie (Bénin)
DJENONTIN Jonas (Bénin)
DOSSA Luc Hyppolite (Bénin)
DOUGNON Victorien (Bénin)
EGAH Janvier (Bénin)
ELEGBE Hugues (Bénin)
FLOQUET Anne (Bénin)
GAOUE Orou Gandé (Bénin)
GBANGBOCHE Armand B. (Bénin)
GBEDAHI Omega Lydia Clarisse (Bénin)
GBEMAVO Charlemagne (Bénin)
GOUWAKINNOU N. Gérard (Bénin)
GOVOETCHAN Renaud (Bénin)
HONGBETE Franck (Bénin)
HOUEHANOU Thierry (Bénin)
HOUESSOU G. Laurent (Bénin)
HOUNATO Marcel (Bénin)
HOUNKAPTIN Armelle (Bénin)
IDJIGBEROU Eudes S. (Bénin)
IDRISSOU ABOUBACARY Latifou (Bénin)
KPENAVOUN S. Sylvain (Bénin)
NAGO Sedjro Gilles Armel (Bénin)
NATTA Armand K. (Bénin)
NOBIME Georges (Bénin)
NOUATIN Guy (Bénin)
OUOROU BARRÉ FOUSSÉNI Imorou (Bénin)
SEKLOKA Emmanuel (Bénin)
SOKPON Stella Marlene F. (Bénin)
SOUROU Bienvenue (Bénin)
TOKO IMOROU Ismaïla (Bénin)
TONOUEWA Murielle F. (Bénin)
TOSSOU Cocou Rigobert (Bénin)
TOTIN Edmond (Bénin)
TOUGAN Ulbad Polycarpe (Bénin)
TOUKOUROU Youssouf (Bénin)
TOVIGNAN Silvere (Bénin)
VODOUHE Fifanou (Bénin)
YABI Francis (Bénin)
YAOITCHA Alain (Bénin)
YEGBEMEY N. Rosaine (Bénin)
YOUSSAO Issaka (Bénin)
ZOMAHOUN Jean-Patrice (Bénin).



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 2018, la revue paraît semestriellement (deux fois par an) et passe 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

2.1 Adresse de soumission

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.annaes-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.

Les manuscrits soumis à la revue passent successivement par (1) une analyse de recevabilité ou pré-évaluation 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) un contrôle de plagiat et d'autoplégat ; (4) 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.

2.2 Préservation de l'anonymat des auteurs et des évaluateurs

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).

2.3 Contrôle de plagiat et d'auto-plagiat

La revue Annales de l'Université de Parakou - Série Sciences Naturelles et Agronomie est engagée contre le plagiat et l'auto-plagiat. La pré-évaluation inclus le contrôle de plagiat à l'aide de logiciels informatiques. Pour tous les manuscrits, le rapport de contrôle de plagiat est fourni aux auteurs, mettant en exergue les sources plagiées ainsi que les liens Internet vers ces sources. ***Le manuscrit est rejeté lorsque le taux de plagiat dépasse le seuil de 10%.***

2.4 Epreuves et révision des manuscrits

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 d'***une semaine pour des révisions mineures*** et d'***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 document 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 URL);
- 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 comme suit :

* 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 Logiciels 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://cs1.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 l'utiliser 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 « .cs1 ») depuis l'adresse : <http://cs1.mendeley.com/styles/14860463/harvard-AnnalesUP-SNA-1>. Pour l'installer, faites un clic-double sur le fichier téléchargé pendant que l'application Zotero est ouverte ou ouvrez le avec Zotero 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 : <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/186181> ou <http://infolit.be/CoMLiS>.
- Logiciels gratuits pour l'édition des images : <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.