TABLES DES MATIÈRES

(Volume spécial 19, numéro 2, 2015)

CONTENU

E. C. TOSSAVI, D. N. S. KPOGUE, V. J.S. D. VODOUNNOU, A. M. S. DJISSOU, G. A. MENSAH & E. D. FIOGBÉ : Synthèse bibliographique sur la biologie et l'écologie du silure argent, *Schilbe intermedius* (schilbeidae)		1-14
DJINADOU A. K. A., AHOYO ADJOVI R. N., ADÉGBOLA Y. P. & BANKOLÉ B. : Genre et prises de décision dans les systèmes rizicoles au centre du Bénin		15-28
I. BALOGOUN, A. SAÏDOU, E. L. AHOTON, L. G. AMADJI, C. B. AHOHUENDO, I. B. ADÉBO, S. BABATOUNDÉ, C. D CHOUGOUROU & A. AHANCHÉDÉ : Diagnostic et axes de recherche pour une exploitation rationnelle de l'anacarderaie au Bénin		29-52
F. H. ADIFON, A. H. AZONTONDÉ, J. HOUNDANTODÉ, G. L. AMADJI & M. BOKO : Évaluation des caractéristiques chimiques du sol sableux du littoral sous système maraîcher au Sud-Bénin		53-68
C. M. HOUNSOU, D. Y. ARODOKOUN, R. SIKIROU, E. T. ZANNOU, S. BELLO, S. A. P. ÉTCHIHA AFOHA, M. M. ABOE, E. O. de SOUZA, A. H. BOKONON GANTA : Efficacité de Actellic Gold Dust Dp, insecticide binaire à base de Pyrimiphos–Methyl et de Thiamethoxam, pour la lutte contre *Sitophilus zeamais* dans les stocks de maïs au Bénin		69-80
R. SIKIROU, A. A. ADÉFADJO, S. A. BOUKARI, S. BELLO & S. A. P. ÉTCHIHA -AFOHA : Efficacité de l'acaricide-insecticide Acarius 18 EC à base d'Abamectine contre les ravageurs en cultures d'amarante et de grande morelle au Sud-Bénin		81-97
C. N'TCHA, G. VIEIRA-DALODE, A. P. P. KAYODE, B. P. AGBOBATINKPO, A. D. ADÉYÈMI, J. T. C. CODJIA & L. BABA-MOUSSA : Caractérisation physico-chimique et microbiologique du « kpètè-kpètè», un ferment des bières traditionnelles produites au Bénin		99-118
N. M. F. MONTEIRO, P. HOUSSOU, N. AKISSOÉ, K. A. DJINADOU IGUE, G. A. MENSAH : Synthèse bibliographique sur la production et l'utilisation de la farine de maïs décortiqué du type *gambari-lifin* en Afrique		119-129
A. S. YAOITCHA, T. D. HOUÉHANOU, B. S. C. DAN, J. G. ADOUNKPÈ, M. ARBONNIER & M. R. B. HOUINATO : Medicinal tree species in Benin (West Africa) : literature review and perspective researches		131-148
M. S. E. GUEDOU, M. F. HOUNDONOUGBO, C. A. A. M. CHRYSOSTOME & G. A. MENSAH *:* Le maïs grain et ses sous-produits en alimentation de volaille au Bénin : synthèse bibliographique		149-164

Annales des sciences agronomiques 19(2)volume spécial : 1-14, 2015 ISSN 1659 - 5009

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA BIOLOGIE ET L'ÉCOLOGIE DU SILURE ARGENT, *SCHILBE INTERMEDIUS* (SCHILBEIDAE)

E. C. TOSSAVI, D. N. S. KPOGUE**, V. J.S. D. VODOUNNOU*, A. M. S. DJISSOU*, G. A. MENSAH*** & E. D. FIOGBE**

**Laboratoire de Recherches sur les Zones Humides, Département de Zoologie, FAST/UAC, Rep. du Bénin - Email : etossavi@gmail.com*

***Ecole d'Aquaculture de la Vallée, Université d'Agriculture de Kétou*

****Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey.01 BP 884. Recette Principale, Cotonou 01, Benin*

RÉSUMÉ

Communément appelé silure argent, *Schilbe intermedius* de la famille des *Schilbeidae,* est classé parmi les poissons-chats d'Afrique. Afin d'apprécier sa valeur aquacole et les menaces qui pèsent sur lui, l'étude se propose de faire une recherche bibliographique sans parti pris sur la biologie et l'écologie de cette espèce. *Schilbe intermedius* à la différence des autres poissons chats, ne dispose pas d'organe respiratoire accessoire. C'est un poisson d'eau douce pélagique répandu dans presque toute l'Afrique. Poisson rhéophile, il est très présent dans les raviers des fleuves et dans les zones à grand courant et a une alimentation ontogénétique. De façon générale, il présente une croissance allométrique et les individus de grande taille se font de plus en plus rares. La reproduction de ce poisson couvre une période de deux à trois mois et se réalise toujours pendant la crue. La taille de première maturité est variable. Elle est ainsi de 8,4 cm LT (Longueur Totale) à 14,9 cm LT chez les mâles et de 9,7 cm TL à 17,3 cm LS (Longueur Standard) chez les femelles. Les femelles matures sont donc plus grandes que les mâles matures et la période d'activité de reproduction est plus étalée chez les mâles que chez les femelles. La surexploitation et la courte période de reproduction de *S. intermedius* menacent la survie de l'espèce. La domestication de cette dernière est la solution ultime pour préserver cette espèce, fournir des produits halieutiques pour la consommation et diminuer l'importation des produits congelés.

Mots-clés : distribution géographique ; régime alimentaire ; menaces ; élevage en captivité ; agriculture

LITERATURE REVIEW ON THE BIOLOGY AND THE ECOLOGY OF SILVER CAT FISH, *SCHILBE INTERMEDIUS*

ABSTRACT

Commonly called butter catfish *Schilbe intermedius* from the family of Schilbeidae, is ranked among the African catfish. To appreciate its aquaculture value and threats against him, the study proposes to do a literature search without bias on the biology and ecology of this species. *Schilbe intermedius* unlike other catfish, has no accessory respiratory organ. This is a pelagic fresh water fish wide spread almost all Africa. Rheophilic fish, it is very present in the trays rivers and in areas with large current and an ontogenetic diet. In general, it has an allometric growth and large individuals are becoming increasingly rare. Reproduction of this fish cover a period of two to three months and still performs during the flood. The size of first maturity is variable. It is thus of 8.4 cm TL (total length) to 14.9 cm TL for males and 9.7 cm TL to 17.3 cm SL (Standard Length) in females. Mature females are therefore larger than mature males and the period of reproductive activity is spread in males than in females. Over exploitation and short breeding

season of *S. intermedius* threaten the survival of the species. The domestication of the latter is the ultimate solution to protect this species, provide fish products for consumption and reduce the import of frozen products.

Keywords *: geographic distribution; diet; threats; captive breeding; agriculture*

INTRODUCTION

La production halieutique et aquacole mondiale en 2012 est de 158 millions de tonnes, soit environ 10 millions de tonnes de plus qu'en 2010 (FAO, 2014). En 2009, 126 millions de tonnes sont disponibles pour la consommation humaine. Cette quantité est répartie dans différentes régions du monde de la manière suivante :

Tableau 1. Répartition mondiale des 126 millions de tonnes de poissons disponibles pour la consommation humaine en 2009 (source : FAO, 2012)

Régions du monde	Consommation totale de la région (en millions de tonnes)	Consommation en Kg / habitant
Afrique	9,1	9,1
Asie	85,4	20,7
Océanie		24,6 kg
Amérique du Nord		24,1 kg
Europe		22,0 kg
Amérique latine et les Caraïbes		9,9 kg

En 2011, la production halieutique nationale était estimée à environ 37 784 tonnes tandis que la demande nationale était supérieure à 120 000 tonnes. Pour combler ce déficit, le pays recours à l'importation de poissons congelés, dont le volume a dépassé la production nationale (Direction des Pêches, 2011). Parallèlement certaines espèces de poissons locaux font l'objet d'une surexploitation (Kakpo, 2011 ; Tossavi, 2012). Afin d'assurer une plus grande disponibilité des produits de pêche, de diminuer l'exploitation des ressources halieutiques naturelles et l'importation des produits congelés, il est indispensable de promouvoir l'aquaculture de l'un de ces poissons comme *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832).

Schilbe intermedius est un poisson pouvant atteindre 500mm et apprécié par la majorité des consommateurs. Il est répandu dans presque toute l'Afrique et identifié comme espèce dominante de plusieurs plans d'eaux en Afrique (Lévêque & Paugy, 1984 ; De Vos, 1995 ; Paugy *et al.* 1999 ; Næsje *et al.* 2004 ; Lalèyè *et al.* 2005 ; Chikou, 2006 ; Ahouansou Montcho *et al.* 2008 ; Booth & Khumalo, 2009), mais actuellement commence par ce faire de plus en plus rare.

Des études de parasitologie (Smit *et al.* 2000), d'alimentation (Teferra *et al.* 2003), d'écologie alimentaire (Mosepele *et al.* 2006), de structure, de biologie et reproduction (Ahouansou Montcho *et al.* 2011) et de reproduction artificielle (Medenou Amoussou, 2011) sont réalisées sur *S. intermedius*, mais les techniques de base de l'élevage de *S. intermedius* depuis le stade larvaire jusqu'à la taille marchande, sont mal connues. De plus, l'acquisition de connaissances précises sur la nutrition et l'alimentation de cette espèce est encore nécessaire pour permettre une optimisation des performances de croissance et une diminution des coûts de production.

Par conséquent, la détermination des besoins nutritionnels et les procédures d'alimentation de *S. intermedius* sont nécessaires pour promouvoir l'aquaculture de cette espèce. Ce choix permettra de disposer constamment des produits halieutiques, de diminuer la pression exercée sur le milieu naturel et la dépendance du pays vis-à-vis de l'extérieur par l'importation des produits congelés. La connaissance de la biologie et de l'écologie de *S. intermedius* est indispensable pour l'élaboration du référentiel technico socio-économique viable de l'élevage de cette espèce.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Les Schilbeidae sont une famille de poisson-chats qui se rencontre en Afrique et en Asie (Lévêque *et al.* 1990). En Afrique, cinq genres de Schilbeidae sont actuellement reconnus (De Vos, 1995) : *Parailia, Siluranodon, Irvineia, Schilbe et Pareutropius*.

Le genre Schilbe compte vingt espèces parmi lesquelles six se rencontrent en Afrique de l'Ouest : *S. intermedius ; S. uranoscopus ; S. mystus ; S. micropogon ; S. brevianalis et S. mandibularis*.(DeVos, 1984)

*S. intermedius*a une tête aplatie dorso-ventralement, un abdomen assez court, un aplatissement latéral de la partie caudale du corps et une nageoire anale allongée (Figure 1). Cette espèce possède 41-66 rayons branchus à l'anale, ce nombre étant variable selon l'origine géographique des spécimens (Lévêque & Herbinet, 1979 ; De Vos, 1995) et 8-13 branchiospines en bas du premier arc branchial. En général, les populations de *S. intermedius* d'Afrique de l'Ouest ne possèdent pas de nageoire adipeuse, alors qu'elle est présente chez plusieurs populations en Afrique centrale et orientale. Néanmoins, dans certains cas, une nageoire adipeuse rudimentaire a été observée chez des spécimens provenant du bassin de l'Ouémé (De Vos, 1984). Les jeunes poissons ont une coloration particulière : la tête et le dos sont brun foncé, avec deux bandes brunâtres ou noirâtres sur les flancs, l'une le long de

la ligne latérale, l'autre au-dessus de la base de la nageoire anale. Cette coloration disparaît avec l'âge et la taille. Ainsi alors que la tête et le dos restent brun foncés, les bandes latérales disparaissent progressivement et les flancs deviennent plus ou moins blanchâtres ou argentés. Chez les poissons préservés, la coloration argentée sur le corps disparaît en grande partie.

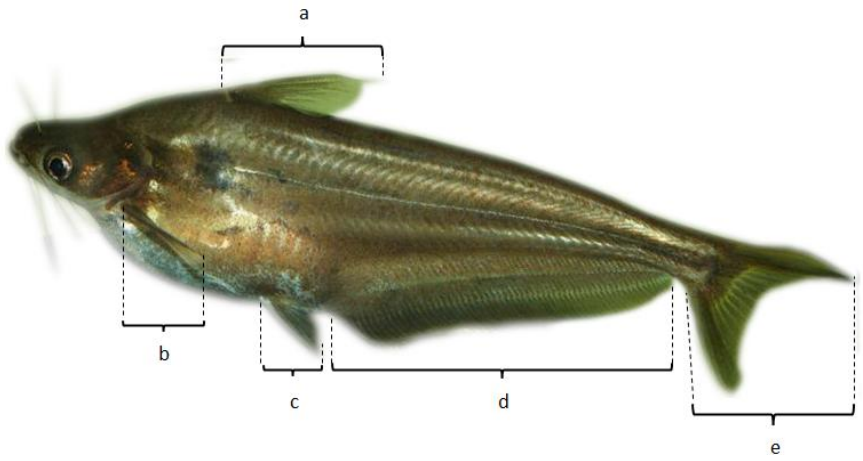

Figure 1. Photo de *Schilbe intermedius* (source : image Fish base 2014 adaptée par nous-même)

a : nageoire dorsale rayonnée avec 5 à 6 rayons mous; b : nageoire pectorale pourvue d'une épine; c : nageoire ventrale possédant 1-5 rayons mous; d : nageoire anale allongée; e : nageoire caudale

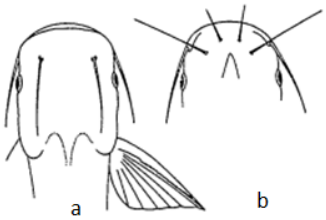

Figure 2. Vue dorsale (a) et ventrale (b) de la tête de *Schilbe intermedius* montrant les quatre paires de barbillons (Source : De Vos et Lévêque, 1983)

TAXONOMIE

Le nom de cette espèce a évolué dans le temps. Autrefois appelée *Schilbe niloticus* (Rüppell, 1829) puis *S. mystus,* elle s'appelle actuellement *S. intermedius Rüppell, 1832,* (De Vos & Skelton, 1990).La classification de Lévêque *et al.* (1991) montre que *S. intermedius* (Rüppell, 1832) est du Règne : Animal ; de l'Embranchement : Vertébrés ; du Sous-embranchement :

Gnathostomes ; de la Super-classe : Poissons ; de la Classe : Osteichthyens ; de la Sous-classe : Actinoptérorygiens ; du Super-ordre : Téléostéens ; de l'Ordre : Siluriformes ; du Sous-ordre : Siluroidei ; de la Famille : Schilbeibae ; du Genre : Schilbe.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Schilbe intermedius est répandu dans presque toute l'Afrique, l'espèce n'étant absente qu'en Afrique du Nord et en Afrique du Sud (Paugy *et al.* 2004). En effet, l'espèce est rencontrée au Sénégal, en Gambie, en Casamance, au Niger au Burkina, au Zimbabwe (Blanc & Daget 1957; Léveque *et al.* 1984 ; Palomares, 2003 ; Paugy *et al.* 2004). *S. intermedius* a été récolté aussi au Botswana (Palomares, 2003 ; Teferra *et al.* 2003 ; Beetz, 2004 ; Mosepele *et al.* 2006), au Ghana (Dankwa *et al.* 1999 ; Paugy *et al.* 2004 ; Mollet, 2010 ; Akongyuure *et al.* 2012), au Bénin (Daget, 1950 ; Blanc & Daget 1957; Gras, 1961 ; Lévêque, 1994 ; Chikou, 1997 ; Lalèyè *et al.* 1997, 2003, 2004 ; Paugy *et al.* 2003 ; Ahouansou Montcho, 2011) au Togo (Daget, 1950 ; Paugy *et al.* 1989, 2003) ; au Soudan (Mohammed &Ali, 2011) ; en Guinée (Crespi, 1998) ; en Côte d'ivoire (Daget *et al.* 1965 ; Albaret, 1982 ; Koné, 2003 ; Paugy *et al.* 2004) ; au Nigéria (Paugy *et al.* 2004) et au Tchad (Blache, 1964 ; Paugy *et al.* 2004).

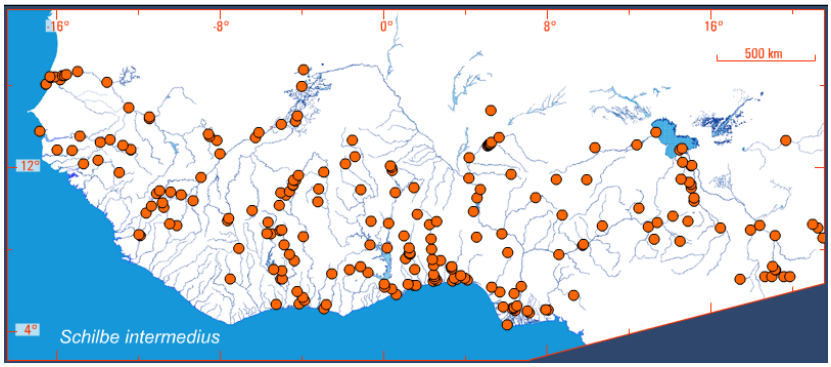

Figure 3. Carte de répartition géographique de *Schilbe intermedius* (source : Paugy*et al.* 2004)

Légende : Présence de *Schilbe intermedius*

HABITAT

S. intermedius est une espèce d'eau douce à caractère rhéophile-oxyphile (Lalèyè *et al.* 2004 ; Riede, 2004). Il est présent dans le fleuve et la plaine inondable qui constitue une source de nourriture et une zone de frayère pour les poissons (Welcomme, 1975 ; Lévêque & Paugy, 1999 ; Lalèyè *et al.* 2004). *S. intermedius* est un poisson actif qui vit en bancs et réclame absolument la présence d'autres individus de la même espèce. Il se rencontre à une profondeur de 0 à 60 m et migre vers la surface la nuit (Witte & de Winter, 1995).

CONDITIONS PHYSICO-CHIMIQUES REQUISES

S. intermedius est un poisson tropical d'eau douce (De Vos, 1984 ; 1995). A cet effet, il tolère très bien les conditions physico-chimiques requises pour ces milieux. Les températures moyennes requises sont de l'ordre de 26 à 28°C (Lalèyè *et al.,* 2003, 2005 ; Medenou Amoussou, 2011). Quant au taux d'oxygène moyen enregistré pour cette espèce dans le Fleuve Ouémé, il se situe dans les gammes de 5,6 ± 2,6 mg/l à 7,16 ± 0,67 mg/l (Roche International, 1999 ; Chikou, 2006).

RÉGIME ALIMENTAIRE

Cette espèce consomme essentiellement des poissons (Lauzanne, 1976 ; 1988 ; Merron & Bruton, 1988 ; Merron, 1991 ; Bailey, 1994 ; Skelton, 2001 ; Mosepele *et al.* 2006). D'autres poissons comme ceux du genre *Synodontis* lui servent de proie (Salako, 1999). Pour Van der Waal (1985), Merron & Bruton (1988) et Mosepele *et al.* (2006), les Cichlidae et Cyprinidae sont essentiellement les proies de *S. intermedius*. Il est décrit comme un méso-prédateur avec un régime composé de crustacés et d'insectes (Welcomme, 2001). Pour Daget (1954), les Schilbe sont essentiellement des carnivores très voraces. *S. intermedius* est un prédateur opportuniste, ce qui lui permet de s'adapter à son habitat (Welcomme, 1979 ; Merron & Bruton, 1988 ; Mosepele *et al.*2006).

Les études de Mosepele *et al.* (2006) montrent que *S. intermedius* a une alimentation ontogénétique où les jeunes poissons ont une plus grande sélectivité pour les macro-invertébrés aquatiques, alors que les poissons de grande taille sont plus piscivores, ce qui est en accord avec les observations de Van der Waal (1985), Merron & Bruton (1988) et de Witte & de Winter (1995). Par conséquent, *S. intermedius* n'est pas simplement un «opportuniste, insectivore généralisée et prédateur piscivore » (Merron, 1991),

mais est plutôt un «opportuniste, généralisée insectivore chez les jeunes / petites tailles qui se transforme en un «prédateur piscivore » relativement plus spécialisé chez les plus âgés / plus grandes tailles. Cette stratégie d'alimentation ontogénétique pourrait suggérer un manque de concurrence intra-spécifique (Zahorcsak *et al,* 2000).

Teferra (2003) affirme que les contenus stomacaux de cette espèce varient en fonction de la saison. Avec l'augmentation des précipitations, *S. intermedius* qui se nourrit normalement de poissons (une proie qui exige un effort pour la capture), consomme plutôt des insectes qui sont devenus plus facilement accessibles.

CROISSANCE

S. intermedius récolté dans le fleuve Ouémé présente une croissance allométrique en faveur du poids (Salako, 1999 ; Chikou, 2006). Les coefficients de croissance (b) connus qui expriment cette croissance allométrique en faveur du poids sont : b= 3,13 (Chikou, 2006) ; b= 3,19 dans le Delta de l'Okavango, Botswana (Mospele & Nengu, 2003). Cependant, Kakpo (2011) révèle que dans le Bas-Mono (Fleuve Mono), *S. intermedius* a une croissance allométrique en faveur de la taille (b= 2,97).

De manière générale, *S. intermedius* présente alors une croissance allométrique et les valeurs maximales de la Longueur Standard (LS en mm) récoltées dans différents plans d'eau sont les suivantes :

Tableau 2. Tailles maximales (LS en mm) relevées pour *S. intermedius* dans différents plans d'eau

Taille maximum Observe (LS en cm)	Plan d'eau	Source
500	Bassin de l'Ouémé	De Vos, 1984
300	Le Fleuve Zambèze	Winemiller & Kelso-Winemiller, 1996
420	Lac Victoria	Goudswaard & Witte, 1997
500	Rivière Baoulé	Paugy, 2002
280	Rivière Kwando	Næsje*et al.* 2004
287	Ouémé	Lalèyè, 2006
206	Ouémé	Chikou, 2006
210	les fleuves côtiers Bia, Eholié, Ehania et Noé	Konan *et al.* 2007
321	Rivière Pendjari	Ahouansou Montcho *et al.* 2011
154	Bas-Mono	Kakpo, 2011

REPRODUCTION ET PARASITES DE *S. INTERMEDIUS*

Dans le milieu naturel et quel que soit la région, cette espèce se reproduit pendant une période limitée à deux ou trois mois et toujours pendant la crue (Svensson, 1933 ; Johnels, 1954 ; Blache, 1964 ; Reizer, 1971 ; Albaret, 1982 ; Sékou, 2003). Les tailles de première maturité rapportées pour *S. intermedius* sont 14,9 cm LT pour les mâles et 16,1 cm LT pour les femelles (Ahouansou Montcho, 2011) ; 17,3 cm LS pour les femelles et 14,3 cm LS pour les mâles (Olatunde, 1978 ; Merron & Mann, 1995) ; 9,7 cm LT pour les femelles et 8,4 cm LT pour les mâles (Chikou, 2006). Les femelles matures sont donc plus grandes que les mâles matures. Pour Lauer *et al.* (2008), la pêche tend à éliminer sélectivement les plus grands individus de la population. Cette sélectivité peut entraîner des sex-ratios élevés (Adams *et al.* 2000, Rowe & Hutchings 2003), suggérant une vulnérabilité des femelles à la pression de pêche. Les femelles dominent dans les captures, avec des sex-ratios de 1:7.8 (Olatunde, 1978) ; 1:3,8 (Merron & Mann, 1995) et 0,23:1 (Salako, 1999).

L'étude de Ahouansou Montcho *et al.* (2011) révèle que le diamètre moyen des ovocytes pondus est de 0,75 mm, tandis que Olatunde (1978) a trouvé qu'il est de 0,68 mm et Chikou (2006) a constaté qu'il est de 0,7 mm. Ces petites tailles contribuent à une haute fécondité (Merron et Mann, 1995 ; Paugy, 2002 ; Chikou, 2006 ; Ahouansou Montcho *et al.* 2011). L'étude de Chikou (2006) rapporte que l'Indice Gonado-Somatique (IGS) moyen des femelles est de 4,696 % ± 4,942 tandis qu'il est de 1,240 % ± 1,213 chez les mâles. La période d'activité de reproduction est plus étalée chez les mâles que chez les femelles. Dans l'ensemble, on retiendra que *S. intermedius* se reproduit d'août à septembre.

Brown-Peterson *et al.* (2011) ont classé les phases de développement des gonades de *S. intermedius* de la manière suivante :

Tableau 3. Indice de maturation des gonades chez *S. intermedius*

N°	Phase	Caractéristiques
I	Immature	Ovaires très petits/ testicules souvent claire et filiforme
II	En maturation	Elargissement des ovaires/ petits testicules mais facilement identifiables
III	Matures	Grandes ovaires, les ovocytes s'individualisent, visibles de façon macroscopique et expulsables à pression manuelle sur l'abdomen / testicules grands et fermes, laitance libérée avec une légère pression
IV	Régression	Ovaires flasques/ testicules flasques et petits, pas de laitance libérée par pression
V	Régénération	petits ovaires/ petits testicules, souvent filiformes

Medenou Amoussou (2011) montre que la reproduction artificielle est possible avec des géniteurs au stade III de maturité. Cette reproduction est possible mais avec des taux de ponte (15,6 %) et d'éclosion (9,23 %) relativement faibles. La reproduction est fortement influencée par la variation de la température et les résultats probants ont été enregistrés pour des œufs incubés tôt le matin (7 h).

Concernant les parasites, les travaux de Smit *et al.* (2000) dans le Delta d'Okavango (Botswana) révèlent chez *S. intermedius* la présence d'un parasite sanguin, *Trypanosoma mukasai*.

PROBLÈME

S. intermedius autrefois très répandu en Afrique et identifié comme espèce dominante de plusieurs plans d'eaux est aujourd'hui soumis à une surexploitation conduisant à la régression persistante des spécimens de grande taille du fait de leur vulnérabilité. A cette surexploitation, s'ajoute le temps de reproduction relativement court (2 à 3 mois) et des taux de ponte (15,6 %) et d'éclosion (9,23 %) relativement faibles en captivité.

IMPLICATION

Cette situation menace la biodiversité, la survie de *S. intermédius* et à long terme va faire accroître l'importation de produits congelés donc une dépendance des consommateurs de poisson vis-à-vis de l'extérieur.

AVENIR

Pour endiguer cette menace, il est utile d'envisager, des études comparées de l'écologie trophique de *S. intermedius* avec les espèces de son milieu de vie pour déterminer celles qui entrent en compétition alimentaire avec lui. Entreprendre des études sur l'exploitation et l'impact de la dégradation des plans d'eaux sur la survie et la croissance de *S. intermedius*. Ces différentes études doivent aboutir à la mise en œuvre d'un plan d'aménagement participatif incluant le renforcement de la réglementation en matière de pêche.

Dans l'immédiat, le développement de l'élevage en captivité de *S. intermedius* est la solution pour réduire la pression exercée sur ce poisson dans le milieu naturel et l'importation de poissons vers le continent. L'un des problèmes de cette domestication est le très faible taux de ponte et d'éclosion de l'espèce. Il nous faut approfondir les techniques de la reproduction artificielle et d'élevage larvaire de *S. intermedius* pour disposer de larves à tout moment de

l'année. Ainsi, nous produirons des larves afin de déterminer leur besoins nutritionnels jusqu'à l'obtention des juvéniles, car malgré les travaux réalisés sur *S. intermedius*, aucun ne s'est véritablement penché sur la détermination des besoins nutritionnels depuis le stade larvaire jusqu'à la taille marchande de cette espèce.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS S., MAPSTONE B. D., RUSS G. R. & DAVIES C. R. 2000.Geographic variation in the sex ratio, sex specific size, and age structure of *Plectropomis leopardus* (Serranidae) between reefs open and closed to fishing on the Great Barrier Reef. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 57: 1448–1458.

AHOUANSOU MONTCHO S. 2011. Diversité et exploitation des poissons de la rivière Pendjari (Bénin, Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 225p.

AHOUANSOU MONTCHO S., CHIKOU A., LALÈYÈ P.A.& LINSENMAIR K.E. 2011. Population structure and reproductive biology of *Schilbe intermedius* (Teleostei: Schilbeidae) in the Pendjari River, Benin. African Journal of Aquatic Science.36(2): 139-145.

AHOUANSOU MONTCHO S., MORITZ T., LALÈYÈ P. & LINSENMAIR E. K. 2008. Fish catch assessment of Pendjari River in Benin. *In* : Getahun A., Lalèyè A., Lévêque C., Mengistou S., Paugy D., Skelton P., Snoeks J. & Stiassny M. (eds.).African Fishes and Fisheries Diversity and Utilization.Abstracts, 4th International Conference of the Pan African Fish and Fisheries Association, 22–26 September 2008, Addis Ababa, Ethiopia.

AKONGYUURE D. N., OFORI-DANSON P. K. &NUNOO F. K. E. 2012.Selectivity and fish catches of gillnets in stratum VII (Yeji sector) of Lake Volta for sustainable management. International Journal of Fisheries and Aquaculture. 4(3) : 41-54.

ALBARET J.J.1982. Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. Rev Hydrobiol Trop. 15(4) : 347-371.

BAILEY R.G. 1994. Guide to the fishes of the River Nile in the Republic of the Sudan. J. Nat. Hist. 28:937-970.

BEETZ J. 2004. Fish ecology in a seasonal floodplain of the Okavango Delta, Botswana: A Preliminary Survey.Colby College and Harry Oppenheimer Okavango Research Centre.

BLACHE J.1964. Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo-Kebbi. Etude systématique et biologique. Mémoires ORSTOM. 4(2) : 485.

BLANC M. & DAGET J. 1957. Les eaux et les poissons de Haute-Volta : 97-169. *In* : Mémoire IFAN. (eds.). Mélanges biologiques.

BOOTH A. J. & KHUMALO N. 2009.Age, growth and reproduction of *Marcusenius pongolensis*, *Oreochromis mossambicus* and *Schilbe intermedius* in an oligotrophic impoundment in Swaziland. African Journal of Ecology.48 : 481–489.

BROWN-PETERSON N. J., WYANSKI D. M., SABORIDO-REY F., MACEWICZ B. J & LOWERRE-BARBIERI S. K. 2011.A standardized terminology for describing reproductive development in fishes.Marine and Coastal Fisheries, 3 : 32–51.

CHIKOU A. 1997. Faune ichtyologique connue des eaux douces et saumâtres du Bénin. Rapport de stage : Initiation aux techniques et méthodes d'identification des poissons. Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique : p.31+ annexes.

CHIKOU A. 2006. Etude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poissons-chats (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgium, 459 p.

CRESPI V. 1998. Preliminary study on the fishery resources of the River Niger in the Upper Niger National Park, Guinea. Fisheries Management and Ecology. 5 : 201–208

DAGET J. 1950. Poissons d'eau douce de la région côtière du Togo et du Dahomey. Notes Afr. 46:57–59

DAGET J., ILTIS A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). Mémoire IFAN: 65-385.

DAGET, J. 1954. Les poissons du Niger Supérieur. Mémoires de l'Institut français d'Afrique Noire. 36 : 1-391.

DANKWA H.R., ABBAN E.K. & TEUGELS G.G. 1999. Freshwater fishes of Ghana: Identification, distribution, ecological and economic importance. Water Research Institute – CSIR, Achimota, Ghana. 38(3): 1-53.

DE VOS L. & SKELTON P. 1990. Name changes for two common African catfishes. Rehabilitation of *Schilbe intermedius* Riippell, 1832 (Siluriformes, Schilbeidae).Cybium.14 (4) : 323-326.

DE VOS L. 1984. Preliminary data of a systematic revision for the African species of the family Schilbeidae (Pisces, Siluriformes).Rev. Zool. afr.98 (2): 424-433.

DE VOS L. 1995. A systematic revision of the African Schilbeidae (Teleostei, Siluriformes).With an annotated bibliography. Ann. Mus. Roy. Afr. Centr : 271: 450.

DIRECTION DES PECHES. 2011. Rapport Annuel d'Activité. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, République du Bénin.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).2012. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome.

GOUDSWAARD P.C. & WITTE F. 1997. The catfish fauna of Lake Victoria after the Nile perch upsurge. Environmental Biology of Fishes. 49: 21–43.

GRAS R. 1961. Liste des poissons du bas-Dahomey faisant partie de la collection du laboratoire d'hydrobiologie du service des eaux, forêts et chasses du Dahomey. Bull. IFAN., ser. A, 23(2):572-586.

KAKPO D.B.E. 2011. Biodiversité et exploitation des poissons du Bas-Mono : Implication pour la Conservation et la Gestion Durable des Ressources Halieutiques. Mémoire de master en Production et Santé Animales. Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi/UAC, 105p.

KONAN K.F., OUATTARA A., OUATTARA M., GOURÈNE G. 2007. Weightlength relationship of 57 fish species of the coastal rivers in south-eastern Ivory Coast. Ribarstvo. 65 : 49–60.

KONÉ T., TEUGELS G. G., N'DOUBA V., GOORÉ BI G. & KOUAMÉLAN E. P. 2003. Premières données sur l'inventaire et la distribution de l'ichtyofaune d'un petit bassin côtier ouest africain : Rivière go (côte d'ivoire). Annales Université d'Abidjan., sér. E (Ecologie), 8(1):77-121.

LALÈYÈ P., AKELE D., PHILIPPART J-C. 2005. La pêche traditionnelle dans les plaines inondables du fleuve Ouémé au Bénin. Cahiers d'Ethologie. 22: 25–38.

LALÈYÈ P., CHIKOU A. &WUEMENOUT.1997. Poissons d'eaux douces et saumâtres du Bénin : Inventaire, distribution, statut et conservation. Inventaire des poissons menacés de disparition du Bénin. 80 p. Rapport d'étude. Coop. bénino-néerlandaise/ Ambassade Royale des Pays-Bas, Cotonou (Bénin).

LALÈYÈ P., CHIKOU A., PHILIPPARTJ-C., TEUGELS G. &VANDEWALLE P. 2004. Étude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest).Cybium. 28(4): 329-339.

LALÈYÈ P., NIYONKURU C., MOREAU J. &TEUGELS G. G. 2003. Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Bénin, west Africa. African Journal of Aquatic Science. 28(2): 151-161.

LALÈYÈ P.A. 2006. Length-weight and length-length relationships of fishes from the Ouémé River in Bénin (West Africa).Journal of Applied Ichthyology.22: 330–333.

LAUER T. E., DOLL J. C., ALLEN P.J., BREIDERT B. & PALLA J. 2008. Changes in yellow perch length frequencies and sex ratios following closure of the commercial fishery and reduction in sport bag limits in southern Lake Michigan. Fisheries Management and Ecology. 15: 39–47.

LAUZANNE L. 1976. Régimes alimentaires et relations trophiques des poissons du lac Tchad. Cah. ORSTOM., sér. Hydrobiologie, 10: 267-310.

LAUZANNE L. 1988. Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce africains. *In* : Lévêque C., Bruton M. N., Sentongo G. W. (eds.). Biologie et écologie des poisons d'eau douce africains. ORSTOM, Paris, France : 221-242.

LÉVÊQUE C. & HERBINET P. 1979. Caractères méristiques et biologie de *S. mystus* (Pisces, Schilbeidae) en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM., sér. Hydrobiol, 13(3-4) : 161-170.

LÉVÊQUE C. & HERBINET P. 1980. Caractères méristiques et biologie de *Schilbe mystus* (Pisces, Schilbridae) des rivières de Côte d'ivoire. Cah. ORSTOM., ser. Hydrobiol, vol. XIII, n°3-4 : 161-170.

LÉVÊQUE C. 1994. Biodiversité des poissons africains. *In*: TEUGELS G. G., GUEGAN J. F. & ALBARET J. J. (eds.). Diversité biologique des Poissons des Eaux douces et saumâtres d'Afrique : Synthèses géographiques. Ann. Mus. Roy. Afr. Centr. Sci. Zool. Tervuren. 275: 7-16.

LÉVÊQUE C., PAUGY D. & TEUGELS G.G. 1990-1992. Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Paris, France.

LEVEQUE C. & D. PAUGY. 1984. Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention ORSTOM/OMS, 393 p.

MEDENOU AMOUSSOU. 2011. Mise au point des techniques de reproduction artificielle et d'élevage larvaire du *Schilbeintermedius* (Pisces, Schilbeidae). Mémoire pour l'obtention du diplôme de master en pêche et aquaculture. EPAC/ UAC, 40p.

MERRON G. S. & MANN B. Q. 1995.The reproductive and feeding biology of *Schilbe intermedius* Rüppell in the Okavango Delta, Botswana.Hydrobiol.308: 121–129.

MERRON G. S. 1991. The ecology and management of the fishes of the Okavango Delta, Botswana, with particular reference to the role of the seasonal flood. PhD dissertation. Rhodes University, Grahamstown, South Africa.

MERRON, G. S. & BRUTON, M. N. 1988. The ecology and management of the fishes of the Okavango delta, Botswana, with special reference to the role of the seasonal flood, Investigational Report No 29. Grahamstown, South Africa. J.L.B Smith Institute of Ichthyology.

MOHAMMED M. O. & ALIM. E. 2011.Diversity of selective and non-selective fishing gear and their impact on the White Nile River, Khartoum State, Sudan.African Journal of Environmental Science and Technology. 5(12) : 1003-1007.

MOLLET F. 2010. Intensive fishery activities in the North Sea *In*: TheFishSite News, Monday, 10 May, 2010.

MOSEPELE K., MOSEPELE B. & WILLIAMS L. 2006.Preliminary Assessment of the Feeding Ecology of Silver Catfish (*Schilbe intermedius*, Ruppel, 1832) in a Seasonal Floodplain of the Okavango Delta. Botswana Notes & Records.Vol 37.

MOSPELE K. &NENGU S. 2003. Biology of fishes of the Okavango Delta, Botswana. *In* : PALOMARES M. L. D., SAMB B., DIOUF T., VAKILY J. M. & PAULY D. (Eds.). Fish Biodiversity: Local Studies as Basis for Global Inferences. ACP-EU Fisheries Research Report (14).

NÆSJE T. F., HAY C. J., NICKANOR N., KOEKEMOER J. H., STRAND R. & THORSTAD E. B. 2004. Fish populations, gill net catches and gill net selectivity in the Kwando River, Namibia. NINA Project Report 27. Trondheim: Norwegian Institute for Nature Research.

OLATUNDE A.A. 1978. Sex, reproductive cycle and variations in the fecundity of the family Schilbeidae (Osteichthyes : Siluriformes) in Lake Kainji, Nigeria. Hydrobiol 57: 125–142.

PALOMARES M. L. D., SAMB B., DIOUF T., VAKILY J. M.& PAULY D. 2003. Fish Biodiversity: Local Studies as Basis for Global Inferences. ACP-EU Fisheries Research Report (14).

PAUGY D. & BENECH V. 1989. Les poissons d'eau douce des bassins côtiers du Togo (Afrique de l'Ouest). Rev. Hydrobiol. Trop. 22(4) : 295-316.

PAUGY D. & BENECH V. 1989. Les poissons d'eaux douces des bassins côtiers du Togo (Afrique de l'Ouest). Rev Hydrobiol Tropic. 22 : 295-316.

PAUGY D. 2002. Reproductive strategies of fishes in a tropical temporary stream of the Upper Senegal basin: Baoulé River in Mali. Aquatic Living Resources. 15(1) : 25-35.

PAUGY D., FERMON Y., ABBAN K. E., DIOP M. E. & TRAORÉ K. 1999. Onchocerciasis control programme in West Africa: a 20-year monitoring of fish assemblages. Aquatic Living Resources. 12 : 363–378.

PAUGY D., LÉVÊQUE C. & TEUGELS G.G. 2003. Poissons d'Eaux saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome1. Edit. IRD.

PAUGY D., LÉVÊQUE C. & TEUGELS G.G. 2004. Faune des poissons d'eau douce et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. IRD Edition, Publications scientifiques du Muséum, MRAC.

REIZER C. 1971. Contribution à l'étude hydrobiologique du Bas Sénégal. Premières recommandations d'aménagement halieutique. CTFT, Nogent sur Marne.

RIEDE K. 2004. Global register of migratory species from global to regional scales.Final report of the R&D. Projekt 80805081 Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany.

Roche Internationale. 1999. Etude du projet d'aménagement des plans d'eau du sud-Bénin. Vol. I. Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement. 212 + annexes.

ROWE S. & HUTCHINGS J. A. 2003. Mating systems and the conservation of commercially exploited marine fish. Trends in Ecology and Evolution 18 : 567–572.

SALAKO O. 1999. Contribution à l'étude de l'écologie et de la biologie des espèces de poisson du genre *Schilbe* (Schilbeidae) dans la vallée de l'Ouémé: habitat, alimentation, croissance et reproduction. Mémoire de fin d'études, Université Nationale du Bénin, Bénin.

SEKOU C. 2003. Reproduction et fécondité des poissons du fleuve Kolente, Basse-Guinee. *In* : PALOMARES M. L. D., SAMB B., DIOUF T., VAKILY J.M.& PAULY D. (Eds.). Fish Biodiversity: Local Studies as Basis for Global Inferences. ACP-EU Fisheries Research Report (14).

SKELTON P. 2001.A complete guide to freshwater fishes of southern Africa. Cape Town. Struik Publishers. 2nd edition.

SMIT N. J., DAVIES A. J. & VAN A S J. G. 2000. A Trypanosome From Silver Catfish (*Schilbeintermedius*) in the Okavango Delta, Botswana. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 20(3) : 116.

SVENSSON G. S. O. 1933. Freshwater fishes from the Gambia River (British West Africa). Results of the Swedish expedition 1931. Kungl. Svenska.Vetenskapsakad. Handl. 12(3) :1-102.

TEFERRA G., FELEDI B. & MOTLHABANE D. 2003. The effects of rainfall on the composition and quality of food ingested by two species of fishes, *Schilbe intermedius* and *Oreochromis mossambicus*, in Gaborone dam. Botswana Notes and Records, 35: 179-186.

TOSSAVI C.E. 2012. Evolution de la biodiversité et de l'exploitation des poissons du lac Toho (sud-bénin) : implications pour la gestion durable des ressources halieutiques. Mémoire de master en Hydrobiologie Appliquée. Faculté des Sciences et Techniques/UAC, 118p.

VAN DER WAAL B.C.W. 1985. Aspects of the biology of larger fish species of Lake Liambezi, Caprivi, South West Africa.MADOQUA. 14(2) : 101-144.

WELCOMME R. L. 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. New York: Longman Publishers.

WELCOMME, R. L. 1975. The fisheries ecology of African floodplains. CIFA Technical Paper No. 3 : 51.

WELCOMME, R. L. 2001. Inland fisheries; ecology and management. Oxford : Blackwell Science.

WINEMILLER K.O. & KELSO-WINEMILLER L. C. 1996.Comparative ecology of catfishes of the Upper Zambezi River flood plain. Journal of Fish Biology.49 : 1043–1061.

WITTE F. & DE WINTER W. 1995. Appendix II. Biology of the major fish species of Lake Victoria. pp. 301-320. *In* : WITTE F.&VAN DENSEN W.L.T. (eds.). Fish Stocks and Fisheries of Lake Victoria.A Handbook for Field Observations. Samara Publishing Limited, Dyfed, Great Britain.

ZAHORCSAK P., SILVANO R. A. M. & SAZIMA I. 2000. Feeding biology of a guild of benthivorous fishes in a sandy shore on south-eastern Brazilian coast. Rev. Brasil. Biol. 60(3) : 511-518.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 15-28, 2015 ISSN 1659 - 5009

GENRE ET PRISES DE DÉCISION DANS LES SYSTÈMES RIZICOLES AU CENTRE DU BÉNIN

DJINADOU A. K. A., AHOYO ADJOVI R. N.*, ADEGBOLA Y. P.** & BANKOLE B.***

**Direction Scientifique (Institut National des Recherches Agricoles du Bénin)*

***Programme d'Analyse de Politique Agricole (Institut National des Recherches Agricoles du Bénin)*

RÉSUMÉ

Malgré l'implication des femmes dans l'agriculture, les femmes bénéficient de peu de ressources et prennent rarement part à la prise de décisions. L'objectif de l'étude a été d'évaluer l'autonomisation des femmes dans les systèmes rizicoles par la détermination de leur degré de participation dans la prise de décisions. Un échantillonnage aléatoire a permis de travailler avec 160 riziculteurs, dont 80 femmes à Glazoué au centre du Bénin. Les données ont été collectées à travers des focus – groupes puis avec des questionnaires individuels. Les données qualitatives ont subi une analyse de contenu et celles quantitatives ont été analysées avec des statistiques descriptives. L'Indice d'Autonomisation des Femmes a été calculé et les déterminants de cette autonomisation ont été évalués avec un modèle économétrique, Tobit. Les résultats ont montré que l'Indice de l'Autonomisation des Femmes est en moyenne de 2,39, ce qui signifie que les femmes prennent part à la prise de décision dans quelques domaines : les hommes tendent à être les seuls à prendre les décisions liées aux technologies, au type d'intrant agricole, etc. la femme garde une certaine autonomie sur la gestion des revenus issus de sa production et sur les activités de reproduction. Les déterminants de la capacité de prise de décision de la femme sont la superficie de terre, le contact avec la recherche, l'âge du chef de ménage et le type de ménage. Les résultats de cette étude impliquent qu'il urge de pratiquer des stratégies pour autonomiser les femmes rurales à prendre des décisions sont relatives à la production du riz.

Mots-clés : Genre, pôle de développement rizicole, Indice d'Autonomisation des Femmes, République du Bénin

GENDER AND DECISION-MAKING IN RICE SYSTEMS IN THE CENTER OF BENIN

ABSTRACT

Despite the involvement of women in agriculture, women have few resources, and rarely participate in decision making. The objective of the study was to evaluate the empowerment of women in rice systems by determining their degree of participation in decision-making. A random sampling allowed working with 160 rice farmers, including 80 women Glazoué in central Benin. Data were collected through focus - groups and with individual questionnaires. Qualitative data underwent a content analysis and quantitative ones were analyzed with descriptive statistics. The Women Empowerment Index was calculated and the determinants of this empowerment were evaluated using Tobit econometric model. The results showed that the Women's Empowerment Index is the average of 2.39, which means that women take part in decision-making in several areas. Men tend to be the only ones to make the decisions related to technologies, type of agricultural input, etc. Women keep certain autonomy in the management of revenues from its production and reproduction activities. Determinants of women's decision-making capacity are the area of cultivated land, contact with research, age of head of household and type of household. This study implies that it is urgent to practice strategies to empower rural women to make decisions relate to the production of rice.

Keywords : Gender, rice development center, Empowerment of Women Index, République du Benin

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

Le rôle des femmes dans la production agricole est essentiel pour le statut nutritionnel des familles ainsi que pour la création de revenus. En conséquence, une croissance agricole équilibrée sur le genre est importante pour des innovations agricoles réussies et pour améliorer en retour la sécurité alimentaire, réduire la pauvreté et atteindre les Objectifs de Développement du Millénaire (ODM). Dans les pratiques agricoles et en particulier en Afrique, il s'avère que la plupart des travaux champêtres, y compris l'utilisation de nombreux outils et pièces d'équipement, sont gérés par les agricultrices (World Bank, 2008 ; FAO, 2011).

En dépit de ces faits avérés, les agricultrices sont toujours considérées comme n'étant pas très utiles dans la production et le développement agricoles.

L'autonomisation des femmes (empowerment) vise à renforcer chez les femmes leur propre valorisation et leur pouvoir en leur donnant les moyens nécessaires à leur pleine participation et à leur égalité d'accès aux instances politiques officielles, aux instances de décisions et aux diverses responsabilités (Bisilliat, 2000). Kabeer (2005) définit le pouvoir de décision en termes de capacité de faire des choix. Il est clair que la participation des femmes, leur capacité de prise de décision, le contrôle des ressources et leurs propres pratiques de bien-être sont les principaux facteurs de l'autonomisation des femmes. En d'autres termes, l'autonomisation est l'opportunité et des actions pour la pleine participation de la population dans les choix, les décisions et les processus qui affectent leurs vies. Selon cet auteur, la notion d'empowerment est également définie comme une tentative d'élargissement de l'ensemble des actions possibles, individuellement et collectivement, afin d'exercer un plus grand contrôle sur sa réalité et sur son bien-être. L'autonomisation des femmes consiste à exercer leurs choix avec la pleine capacité afin de contribuer à leur bien-être. White (1992) souligne que les décisions ne sont pas accessibles de manière simple. Les décisions sont prises par des processus complexes, peut-être sur une longue période et peuvent impliquer diverses négociations d'intérêts. En outre, un accent sur la prise de décision suppose que les actions proviennent de choix faits par des acteurs individuels. Ceci préjuge de questions d'identité sociale qui devraient être une priorité dans les études de genre. Toutefois, avec un point de vue optimiste, Farnworth & Jiggins (2003) suggèrent que les chercheurs devraient expérimenter des méthodes de mesure de la prise de décision des femmes en capturant et en interprétant l'autonomisation et les changements dans la dynamique de genre.

Certaines études se sont inspirées du terme empowerment dans leur manière de mener leur recherche, d'autres le plaçant même au cœur de leur thème (Gardiner, 2003 ; Hume, 2004; Silverstein & Goodrich, 2003 ; Swift *et al.*, 2000). Al Riyami (2004) a mené une étude pour définir une base de données sur l'autonomisation (empowerment) des femmes mariées à Oman d'une étude nationale en 2000, analyser les corrélations de l'autonomisation des femmes et l'effet de l'autonomisation sur les besoins non assouvis pour la contraception. Les auteurs ont utilisé deux indicateurs d'autonomisation (empowerment), à savoir l'implication des femmes dans la prise de décision et la liberté de mouvement. Au Bénin, la promotion des femmes dans les sphères décisionnelles est sujette à des pesanteurs socioculturelles. Dans le cas des forêts sacrées gérées de façon traditionnelle, l'implication des femmes pourrait être perçue comme un affront aux dirigeants traditionnels, si des politiques pouvant favoriser cette implication des femmes n'étaient pas étudiées (Assogba, 2009). Djinadou (2011) a prouvé que la participation des femmes dans la mise en œuvre de la technologie des extraits aqueux de neem ne leur apporte pas d'acquis en matière d'accès aux technologies et à la prise de décision.

Ainsi, dans la majorité des études, les participations des agriculteurs selon le genre dans la production et le traitement des produits ne sont que théoriquement évaluées. De plus en plus d'études existent utilisant l'analyse genre comme outil d'analyse et leurs résultats montrent que les inégalités de genre concernent l'accès et le contrôle des ressources de production et la capacité en matière de prise de décision. Al Riyami (2004) et Doss (2001) qui traitent de l'autonomisation de prise de décision dans l'agriculture dans le monde ont montré que l'homme chef de famille prend plus souvent les décisions. Les hommes ont une plus grande participation dans les décisions qui nécessitent un contact en dehors de la ferme, en raison de leur plus grande mobilité et d'alphabétisation plus élevé que les femmes (Fortin-Pellerin, 2006**).** Mais seule Paris *et al.* (2008) a chiffré cette participation à travers le calcul de l'indice d'autonomisation des femmes. Ces auteurs ont évalué l'impact de la participation des femmes à des essais de sélection participative sur la prise de décision par des femmes sur le choix variétal du riz, l'acquisition et la cession des semences, et la gestion des cultures. Ils ont ensuite identifié les facteurs qui influent sur l'autonomisation des femmes. Leurs résultats les ont amenés à recommander des stratégies pour impliquer davantage les femmes agricultrices en sélection variétale participative.

Il s'avère donc important que ce calcul soit également fait dans le pôle de développement rizicole de Glazoué afin que des stratégies soient mises en

œuvre pour équilibrer de manière conséquente les inégalités et inéquités qui pourraient limiter l'atteinte des objectifs dudit pôle. Dans son rapport intitulé « The State of Food and Agriculture 2010–2011», la FAO (2011) énonce qu'une réduction de l'inégalité d'accès aux ressources productives, aux services et à la prise de décisions accroîtrait de 2,5 à 4 % les productions agricoles dans les pays en voie de développement. Ces constats incitent à reconnaitre qu'il faille mettre un accent sur le genre dans les interventions du système agricole. Il s'agit de considérer les disparités de genre et de les chiffrer en matière d'accès aux ressources productives et de leur contrôle afin de comprendre la différenciation des attitudes vis-à-vis de l'introduction d'innovations agricoles. L'intégration du genre, de manière chiffrée, permettra également de mieux adapter les programmes de recherche aux besoins spécifiques des hommes et des femmes en prenant en compte l'aptitude différenciée aux prises de décision.

Pour évaluer l'autonomisation des femmes dans la filière du riz, la présente étude considère la participation de la femme, par rapport à son mari, dans la prise de décisions pour les activités de production et de reproduction dans les systèmes à base de riz. L'étude argumente que les femmes sont, autant que les hommes, habilitées à prendre des décisions éclairées en ce qui concerne la production du riz, l'acquisition et la vente des semences, et la gestion des récoltes. Dans cette étude, l'indice d'autonomisation des femmes ou Women Empowerment Index (WEI) est un nouvel outil qui permet de pour mesurer l'autonomisation des femmes.

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer l'autonomisation des femmes dans la prise de décisions dans les systèmes rizicoles. Les objectifs spécifiques visent à :

*déterminer le degré de participation de la femme dans la prise de décision liée aux activités de production et de reproduction dans les exploitations rizicoles ;

*identifier les facteurs qui influencent la capacité de la prise de décision de la femme dans les exploitations rizicoles.

Les hypothèses de la recherche sont les suivantes :

*les femmes productrices de riz dans le pôle de développement rizicole de Glazoué prennent part aux décisions dans les domaines agricoles et non agricoles ;

*La capacité de prise de parole par les productrices de riz dans le pôle de développement rizicole de Glazoué est liée à leur accès et contrôle de certaines ressources de production.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a été menée dans le pôle de développement rizicole de Glazoué au centre du Bénin, dans deux communes à forte production de riz : Dassa-Zounme et Glazoué. Les ménages interviewés à l'intérieur des villages retenus dans chacune des communes ont été échantillonnés de manière aléatoire stratifiée. Dans un premier temps, il a été établi la liste complète et numérotée des ménages où aussi bien le chef ménage et au moins une de ses épouses produisent le riz. Dans le cas des ménages dirigés par une femme, le ménage est éligible s'il comprend au moins deux personnes produisant le riz. Dans un second temps, le coefficient d'échantillonnage a été déterminé à partir du nombre de ménages à enquêter dans chaque village. Le coefficient d'échantillonnage a permis d'identifier les numéros successifs de ménages à interviewer. Au total, 83 ménages ont été interrogés, soit un nombre total de 166 répondants, avec un nombre égal d'hommes et de femmes.

Les approches qualitatives et quantitatives ont permis de collecter les données dans chacun des villages visités. La démarche méthodologique de collecte de données qualitatives adoptée a été caractérisée par les entretiens semi-structurés avec différents sous-groupes basés sur les thématiques telles que les objectifs de production, les différents systèmes de cultures existants, le rôle du genre et les contraintes le long de la filière. La collecte des données quantitatives a été effectuée à l'aide d'un questionnaire structuré et a porté sur le rôle et les responsabilités des hommes et des femmes dans la filière riz de même que la capacité de la femme à prendre des décisions.

Les approches d'analyse utilisées ont été fonction des données qualitatives ou quantitatives mais aussi des objectifs à atteindre. L'analyse de contenu a servi de cadre d'analyse aux données qualitatives. Les données quantitatives ont été soumises à des analyses de statistiques descriptives (fréquences, moyennes et écarts-types) et économétriques. L'Indice d'Autonomisation des Femmes (IAF ou WEI) a été calculé pour chaque femme enquêtée. Cet indice a pour objectifs de (1) déterminer le degré de participation des femmes chef de ménage ou épouse dans la prise de décisions relatives aux activités de production et de reproduction dans les systèmes à base de riz ; (2) déterminer les domaines dans lesquels les femmes chefs de ménage ou les conjointes ont plus d'autonomisation (prennent la décision finale) et (3) déterminer les interventions nécessaires à l'amélioration de l'autonomisation de la femme dans la prise de décision. L'IAF est construit sur la base d'une liste de questions décisionnelles dont le ménage agricole décide (j). Cette méthodologie a été développée par Hossain *et al.* (2004) pour les décisions agricoles et non agricoles d'un mari et de la femme au Bangladesh. Dans un

ménage spécifique, il dépend des décisions qui s'appliquent à leur ménage ou condition (d). Il montre comment les décisions ont été prises sans considérer si le(s) preneur(s) de décision habite (nt) ou non dans la même maison. Il s'agit de la valeur moyenne des preneurs de décision (pour la catégorie de la décision en cours d'étude). Le WEI est déterminé par l'identification du décideur (mari ou femme) et les activités où une décision est prise. L'autonomisation de la femme est plus élevée quand elle peut prendre des décisions seule, même si son mari est présent. Ainsi, la femme est «hautement habilitée» quand elle obtient un score élevé. La valeur varie de 1 à 5. Une valeur proche de 5 et supérieure à 3 signifie que la femme interviewée prend plus de décisions que l'homme. Une valeur proche de 3 mais supérieure à 2 signifie que les femmes prennent part à la prise de décision. Une valeur proche de 1 signifie que l'homme tend à être le seul à prendre les décisions. La valeur la plus faible (1) est attribuée lorsque le mari prend la décision seul, même si la femme est présente. À l'autre extrême, la valeur la plus élevée (5) a été attribuée lorsque la femme prend la décision seule, même si son mari est présent. La formule de WEI est la suivante:

$$WEI_all = \frac{\sum_{j=1}^{24} x_j}{d}$$

où :

WEI_all = Indice d'Autonomisation des Femmes pour toutes les décisions par enquêtée

x = valeur du décideur

j = code pour la décision spécifique

d = nombre total de décisions prises par l'enquêtée

Les déterminants de la capacité de prise de décision des femmes ont été obtenus avec l'approche économétrique Tobit parce que les valeurs de WEI sont limitées, c'est-à-dire comprises entre 1 et 5 (Doucouré, 2001). Zannou (2009), en s'appuyant sur la proportion de terre allouée comme un indicateur de prise de décision dans le choix des variétés que les paysans produisent, a utilisé la régression double-limitée Tobit pour montrer les facteurs déterminant la demande de la diversification variétale du niébé dans deux villages du Centre Bénin. Cet indicateur a été choisi vu le fait que les producteurs et productrices, qui ont de plus grandes superficies de terres

emblavées, peuvent avoir des droits à la prise de décisions car contribuant mieux, de ce fait à la sécurité alimentaire de la communauté.

Le modèle Tobit appliqué est spécifié comme suit :

$$WEI_i = \begin{cases} \beta_i X_i + \varepsilon_i \quad Si \;\; 1 \leq WEI \leq 5 \\ \\ 0 \quad \text{Si WEI<1 ou WEI>5} \end{cases}$$

où X_i représente le vecteur caractéristique de la productrice de riz, β les paramètres du modèle à estimer ε_i l'erreur terme et WEI I la variable indépendante

Partant de la littérature, plusieurs facteurs sont identifiés comme des déterminants potentiels de la capacité des femmes à prendre des décisions (Kabeer, 2005 ; Paris *et al.*, 2008 ; Acharya *et al.*, 2010 ; Coulibaly-Lingani *et al.*, 2011 ; Kabeer *et al.*, 2011). Ces facteurs sont : la superficie de terre emblavée en riz, le contact avec les services de recherche-développement, l'âge du chef de ménage, le niveau d'instruction du chef de ménage et le type de ménage auquel appartient la femme. Le Tableau 1 présente les corrélations pressenties entre l'indice de responsabilisation des femmes et ces facteurs.

Tableau 1. Corrélations supposées entre la variable dépendante et les variables indépendantes

Variables indépendantes	Corrélation attendue
Superficie de terre emblavée en riz	+
Contact avec les services de recherche-développement	+
Age de la femme	-
Niveau d'instruction de la femme	+
Type de ménage auquel appartient la femme	+

RÉSULTATS

Décisions prises dans les ménages selon le genre

Le Tableau 2 présente l'analyse genre de la prise de décision relative aux facteurs de production de riz. En moyenne, l'IAF est de 2,39, ce qui signifie

que les femmes ont pris part à la prise de décision dans quelques domaines. L'analyse du tableau 2 montre surtout que les hommes tendent à être les seuls à prendre les décisions liées à la technologie qu'il faut adopter, au type d'intrant agricole à acheter, à la participation ou non à une formation, à la quantité de la récolte à vendre et à consommer, à la répartition des revenus agricoles, à la variété qu'il faut cultiver et à la main d'œuvre à louer. De plus, il ressort également que les femmes prennent part avec leur conjoint aux décisions liées à l'acquisition de nouvelles parcelles et à la vente ou consommation de la récolte. Enfin les femmes prennent plus de décisions quand il s'agit de prendre de crédit, d'où prendre ce crédit et du prix de vente de la récolte.

Tableau 2. Prises de décisions dans les ménages

	Mari uniquement (%)	Femme uniquement (%)	Mari domine (%)	Femme domine (%)	Conjointement (%)	IAF
Quelles variétés cultiver	33	29	14	4	20	1.57
Main d'œuvre à louer	33	26	20	3	18	1.49
Acquisition de nouvelles parcelles	17	8	27	7	40	2.73
Vendre ou consommer la récolte	14	8	25	7	47	2.82
Quantité de la récolte à vendre et à consommer	27	22	19	8	20	1.27
A quel prix vendre la récolte	19	30	13	10	28	4.67
Quel type d'intrant agricole à acheter	45	25	15	4	12	1.14
Quelle technologie adoptée	41	22	16	8	13	1.03
Répartition des revenus agricoles	28	25	14	6	26	1.37
Répartition des revenus non agricoles	29	42	6	5	18	2.86
Prendre un crédit	12	29	19	6	34	3.08
Où prendre un crédit	14	32	16	5	33	4.61
Participation ou non aux formations	50	13	13	8	15	1.29
Moyenne IAF						2,39

(Source : Données collectées pendant l'étude)

Déterminants de la capacité de prise de décision de la femme

Les résultats d'estimation du modèle Tobit pour l'identification des facteurs qui influencent la capacité des femmes à prendre des décisions ont été

présentés dans le Tableau 3. De l'analyse des résultats, il ressort que le modèle de régression est significatif au seuil de 1 %, ce qui stipule que l'hypothèse nulle selon laquelle tous les coefficients des facteurs explicatifs introduits dans le modèle sont tous nuls est rejetée. Ces résultats ont donc montré l'existence de corrélation entre l'indice de responsabilisation des femmes et certains des facteurs explicatifs identifiés. Il s'agit de la superficie de terre possédée, le contact ou non avec les institutions de recherche, l'âge du chef de ménage et le type de ménage auquel appartient la femme.

Tableau 3. Résultats de l'estimation du modèle Tobit : déterminants de la capacité de prise de décision de la femme

	Modalités	Coefficient	Erreur standard	t-statistique
Superficie de terre emblavée	Ha	-0,492	0,161	-3,05***
Contact avec la recherche ou la vulgarisation	1=Oui, 0=Non	1,026	0,277	3,69***
Age du chef de ménage	Ans	0,016	0,009	1,69*
Niveau d'instruction du chef ménage	1=Oui, 0=Non	0,191	0,255	0,75
Niveau universitaire du chef ménage	1=Oui, 0=Non	0,873	0,906	0,96
Ménage géré par une femme chef de famille (veuve)	1=Oui, 0=Non	1,227	0,541	2,27**
Ménage géré par une femme seule (mari travaillant ailleurs)	1=Oui, 0=Non	-0,449	0,898	-0,5
Ménage géré par un homme mais avec systèmes +ou- autonome	1=Oui, 0=Non	-0,2718	0,295	-0,92
Constance		2,381	0,474	5,02***
Nombre d'observations		81		
R^2		0,127		
LR chi2(8)		29,61***		
/sigma		0,85	0,069	

Variable dépendante : Indice de Responsabilisation des Femmes
*** significatif au seuil de 1% (p< 0,01) ; ** significatif au seuil de 5% (p< 0,05) ; * significatif au seuil de 10% (p<0,10).
(Source : Données collectées lors de l'étude)

DISCUSSION

L'évaluation de la capacité des femmes rizicultrices du pôle rizicole de Glazoué au centre du Bénin à prendre des décisions a prouvé que la majorité

des décisions sont prises par le mari, chef de ménage, soit tout seul (75 %) ou après discussion avec son épouse (25 %). Les décisions prises par l'homme sont le plus relatives au maillon production de la filière riz. L'indice d'autonomisation des femmes dans les éléments constituant ce maillon, à savoir, la location de la main d'œuvre, la quantité de récolte à vendre et à consommer, la répartition des produits agricoles aux membres du ménage, la structure à laquelle il faut se référer et la participation ou non à une formation, les choix des variétés, des intrants et de la technologie à adopter, sont tous compris entre 1 et 2. Ainsi, sans aucune concertation avec la femme, le mari prend la décision, même lorsqu'il s'agit du champ de son épouse. Ce résultat est similaire à celui de Al Riyami (2004) qui a dans son étude sur l'autonomisation des femmes relative à la contraception, trouve que pour environ la moitié des 1830 femmes étudiées, c'était le mari qui décidait si une contraception serait utilisée. De même, Djinadou (2011) qui, dans son étude sur les extraits aqueux de neem au sud-ouest du Bénin, a prouvé que les maris prenaient unilatéralement la décision de cultiver le maïs en saison pluvieuse sur tous les champs, et obligeaient les femmes à en faire de même sur leurs champs privés. Il en est de même pour les décisions relatives à la vente ou la consommation de la récolte de même que la prise d'un crédit. De même, ces résultats corroborent Doss (2001) et Acacha, (2002) qui ont trouvé que dans plusieurs pays africains, il existe des différences considérables entre hommes et femmes dans l'accès et le contrôle des ressources et sur la prise de décisions.

Certaines décisions sont néanmoins discutées entre le mari et son épouse, mais la voix du mari est prépondérante. Elles concernent l'acquisition de nouveaux champs/parcelles de riz, la décision de vendre ou de consommer la récolte et la répartition des revenus non agricoles. Ainsi, la femme prend part à la décision sur le sort réservé à la sa propre production, mais c'est l'homme qui décide des quantités réservées à la vente et celles qui peuvent être consommées. Ce comportement eu sein du ménage permet à l'homme de contrôler les revenus de sa femme, sachant quelle quantité de production elle a de droit d'amener au marché. Notons que dans le même temps, la femme ne discute même pas de la production de son mari.

La seule décision prise conjointement par le mari et la femme concerne le fait que la femme prenne ou non un crédit. Mais, les résultats montrent que si elles sont obligées de recourir à l'avis de leur mari sur cette décision, les femmes restent maîtresses d'une part de quel type de crédit elles prennent, auprès d'une institution de microfinance formelle ou informelle telle que les tontiniers ou les usuriers. D'autre part, elles ont aussi l'autonomie quant à

l'usage qu'elles en font. De même, elles gardent leur autonomie quant à la gestion des revenus issus de la production de même que ceux issus des activités non agricoles. Toutefois, elles se doivent de concerter à l'avance son mari avant l'exécution de grandes dépenses.

Plusieurs facteurs déterminent la capacité de prise de décision de la femme dans le ménage. De l'analyse du tableau 3, il ressort par exemple que la superficie de terre possédée est corrélée de façon significative et négative avec l'indice de responsabilisation des femmes. Plus grande est la superficie mise en valeur en riz par la femme, moins responsabilisée est la femme. Ce résultat est contraire à nos attentes selon que plus grande est la superficie qu'emblave la femme en riz (culture stratégique et spécifique) plus élevé sont les moyens (financiers) qu'elle dispose et plus « indépendante » elle est de son mari. La difficulté d'accès des femmes à la terre dans la zone d'étude devrait être à l'explication de tels résultats. En effet, le choix de la parcelle de production à cultiver par la femme et de la superficie à emblaver est décidé par les maris étant donné que ce sont ces derniers qui exercent le droit de propriétaire. L'envie des femmes à augmenter leurs emblavures en riz les rendent davantage dépendantes de leurs maris ; ce qui en retour affecte négativement leur capacité à prendre des décisions. Cheryl *et al* (2001) montrent l'existence d'une corrélation entre l'accès à la terre et le genre mais ces auteurs n'ont pas pu démontrer si les femmes ont accès aux mêmes types de terre que leurs conjoints. La question de responsabilisation des femmes agricoles en général et celle des productrices de riz en particulier ne doit donc pas occulter la problématique d'accès à la terre.

Le coefficient du facteur contact avec la recherche est par contre positif et significativement différent de zéro au seuil de 1 %, indiquant, toutes choses étant égales par ailleurs, que les femmes productrices de riz qui ont de contact avec les agents de recherche sont plus responsabilisées dans les prises de décision que celles qui n'ont pas de contact. Ceci devrait être dû au fait que la recherche, dans la zone d'étude, intervient pour des expérimentations en milieu réel sur par exemple, les choix variétaux, des techniques de fertilisation où les participants sont au cœur de toutes les décisions. De telles approches rendent responsables et confiants les participants, dont les femmes, dans leur prise de décision.

Les résultats du Tableau 3 montrent aussi que plus le chef de ménage auquel appartient la femme est âgé, plus responsabilisée est la femme, le coefficient du facteur âge du chef de ménage étant positif et significatif au seuil de 10 % est contraire aux résultats antérieurs dans le domaine. Par exemple, Thelma *et al.* (2008) ont reporté une corrélation négative mais non significative entre

l'indice de responsabilisation des femmes et l'âge du chef de ménage. Ces auteurs pensent que la femme dans un ménage dirigé par un chef relativement jeune a un grand pouvoir de responsabilisation. Leur argument est que les membres de ménages mettent ensemble leurs revenus qui sont gérés par le plus âgé, le plus souvent le chef de ménage. Les résultats de la présente étude montrent plutôt qu'avec l'âge, le niveau de responsabilité de l'homme au niveau social augmente. Il a plus de responsabilités vis-à-vis de la grande famille, de la société ; les rôles et décisions jugés pas trop importants sont donc délaissés aux conjointes, quel que soit leur âge. Ces différences s'expliquent par la différence de culture.

Enfin, le type de ménage auquel appartient la femme a une influence sur son pouvoir décisionnel. Les résultats de nos études montrent que les coefficients des facteurs ménage gérés par une femme chef de famille, ménage géré par une femme seule (le mari vivant ailleurs) sont respectivement positif et significatif au seuil de 5 %. Les femmes chef de ménage ont un pouvoir décisionnel plus élevé comparé aux femmes dont les maris travaillent ailleurs ou les femmes appartenant à des ménages où l'autonomie est de règle. Ainsi, comme l'énonce Paris *et al.* (2005), même étant loin de son foyer, l'homme chef de ménage semble toujours avoir un contrôle sur sa famille, ce qui réduit ainsi les marges de manœuvre décisionnelles des conjointes. Cheryl *et al* (2001) dans leur étude expliquent que les ménages gérés par une femme chef de famille en ce qui concerne l'adoption d'une technologie se désintéressent moins de cette technologie que si elle est gérée par un ménage géré par un homme chef de famille et que cela ne veut pas nécessairement dire que les femmes productrices adoptent moins les technologies que les hommes productrices.

CONCLUSION

L'étude prouve que le contrôle dans les prises de décisions varie selon le genre, inhérent au domaine d'activité dans le ménage rural. Les décisions contrôlées par les femmes sont celles relatives à leurs fonctions reproductives et communautaires tandis que celles contrôlées par les hommes relevaient plus de la fonction de production, bien que certaines décisions relatives aux facteurs de production soient dans la majeure partie des cas prises de façon conjointe. Toutefois, la femme garde une certaine autonomie quant à la gestion de l'argent issu de sa production.

Dans l'ensemble, la capacité de prise de décision de la femme dépend significativement de la superficie de terre qu'elle possède, de son contact ou

non avec les institutions de recherche, de l'âge du chef de ménage et le type de ménage auquel elle appartient.

La prise de décision dans le pôle rizicole de Glazoué au centre du Bénin est essentiellement du fait des hommes qui sont propriétaires des terres. De ce fait, toute stratégie visant à renforcer la capacité de prise de décision des femmes ne doit en aucun cas occulter la question, la problématique d'accès à la terre. Cette stratégie devrait aussi intensifier le contact entre ces femmes productrices de riz et les institutions d'appuis, en l'occurrence les institutions de recherche.

Les perspectives de cette étude seraient de démontrer l'impact de la prise de décision ou non des femmes dans le rendement de la riziculture ou le développement du système de production du riz .au sein du pôle rizicole de Glazoué.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABI CHEBEL R. 2003. Participation féminine et inégalités de genre dans l'agriculture libanaise. Cas de Akkar –Montpellier : CIHEAM-IAMM, – (Thèse Master of Science, IAMM, 2004, Série Thèses et Masters n°71). 172 p.

ACACHA V. H. 2002. Pour un développement local selon le genre : le cas des groupements de femmes de la SNV du sud-Bénin. Thèse de doctorat. Université du Québec. Canada. 656p.

ACHARYA D. R, JACQUELINE S. B., SIMKHADA P., VAN TEIJLINGEN, E. R. & REGMI R. P. 2010. Women's autonomy in household decision-making: a demographic study in Nepal. Reproductive Health, 7 :15

ASSOGBA F. L. M. 2009. L'empowerment des femmes dans la gestion participative des forêts sacrées du sud du Bénin : le cas de la forêt «Bamèzounmè. Mémoire de Maîtrise en géographie Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal, 121 pages.

AL RIYAMI A., AFIFI M. & MABRY R. M. 2004. Women's Autonomy, Education and Employment in Oman and their Influence on Contraceptive Use Reproductive Health Matters 2004 ; 12(23) :144–154.

BISILIAT J. 2000. «Luttes féministes et développement: une perspective historique». In : Cahiers genre et développement: Le genre un outil nécessaire, introduction à une problématique. (dir) Bisilliat, J. et Verschuor C. Paris, Genève, l'Harmattan, pp. 19-29.

COULIBALY-LINGANI P., SAVADOGO P., TIGABU M. & ODEN P. C. 2011. Factors influencing people's participation in the forest management program in Burkina Faso, West Africa. Forest Policy and Economics Volume 13, Issue 4, April 2011, Pages 292–302

DJINADOU A. K. A. 2011, 'Genre et innovations agricoles : cas des extraits aqueux de neem pour la protection phytosanitaire du niébé au sud-ouest du Bénin' Thèse de Doctorat Unique ès sciences agronomiques, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey – Calavi (Bénin). 300 pages.

DOSS C. R. & MORRIS M. L. 2001. How does gender affect the adoption of agricultural innovations? The case of improved maize technology in Ghana. Agricultural Economics 25, pp. 27 - 39.

DOUCOURE F. B. 2001. Econométrie des variables qualitatives binaires (Probit, Logit, Gombit,…). Séminaire sur les techniques économétriques avancées. CODESRIA, 18/02. -26p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. Gender and food security. Synthesis report of regional document: Africa, Asia and Pacific, Europe, Near East, Latin America. FAO, Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. The State of Food and Agriculture 2010–2011. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development. Rome: FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. Bénin : le riz, un nouvel espoir. Article de l'espace presse de la FAO.

FARNWORTH C. R. & JIGGINS J. 2003. Participatory plant breeding and gender analysis. Participatory Plant Breeding Monograph No. 4. Cali, Colombia: CGIAR Systemwide Program on Participatory Research and Gender Analysis for Technology Development and Institutional Innovation.

FORTIN-PELLERIN L. 2006. Contributions théoriques des représentations sociales à l'étude de l'empowerment : le cas du mouvement des femmes. Journal International sur les Représentations Sociales vol.3. N°1. ISSN 1705-2513

GARDINER J. K. 2003. Paradoxes of empowerment: Interdisciplinary Graduate Pedagogy in Women's Studies. Feminist Studies, 29 (2), 409-452.

HOSSAIN M., BOSE M. L. & AHMAD A. 2004. Nature and impact of women's participation in economic activities in rural Bangladesh: insights from household surveys. CPD–IRRI Policy Brief 7. Dhaka, Bangladesh: IRRI.

HUME D. 2004. A Map For The Journey: Feminist Empowerment Therapy. Psychology of Women Quarterly. 28(1), 97-99.

KABEER K. 2005. Gender Equality and Women's Empowerment: A Critical Analysis of the Third Millennium Development Goal. Gender and Development, Vol. 13, No. 1, Millennium Development Goals (Mar., 2005),pp. 13-24.

KABEER N., MAHMUD S. & TASNEEM S. 2011. Does Paid Work Provide a Pathway to Women's Empowerment? Empirical Findings from Bangladesh. IDS Working paper 375, Brighton :IDS

PARIS T. R., SINGH A., CUENO A. D. & SINGH V. N. 2008. Assessing the impact of participatory research in rice breeding on women farmers: a case study in Eastern Uttar Pradesh, India. Expl Agric. (2008), volume 44, pp. 97–112 C 2008 Cambridge University Press

PARIS T. R., SINGH A. &LUIS J. 2001. Listening to male and female farmers in rice varietal selection: a case in eastern India. In An Exchange of Experiences from South and Southeast Asia. Proceedings of the International Symposium on Participatory Plant Breeding and Participatory Plant Genetic Resource Enhancement, Pokhara, Nepal, 1–5 May 2000. Cali, Columbia: CIAT

PARIS T. R., SINGH A., HOSSAIN M. & LUIS, J. 2000. Using gender analysis in characterizing and understanding rainfed lowland rice environments. In : Characterising and Understanding Rainfed Environments, 339–370 (Eds T. P. Tuong, S. P. Kam, L. Wade, S. Pandey, B. A. M. Bouman and B. Hardy). Proceedings of the International Workshop on Characterising and Understanding Rainfed Environments., 5–9 December 1999 Bali, Indonesia. Los Ba˜nos, The Philippines: International Rice Research Institute.

PARIS T., SINGH A. & LUIS J. 2005. Impact of male out-migration on rice household economy and gender roles: a case in eastern Uttar Pradesh, India. Economic and Political Weekly 40(25):2522–2529.

SILVERSTEIN L. B. & GOODRICH T. J. 2003. Feminist Family Therapy: Empowerment in Social Context. Collection: (Psychology of women book series). Washington, DC: American Psychological Association.

SWIFT C. F., BOND M. A. & SERRANO-GARCIA I. 2000. Women's Empowerment. A Review of Community Psychology's First 25 Years. Dans J. Rappaport & E. Seidman (Dir.). Handbook of Community Psychology (pp. 857-895). New-York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

WHITE S. 1992. Arguing with the Crocodile. Dhaka: Zed Books, University Press. 67p.

WORLD BANK. 2008. Agriculture for development: the gender dimensions. Policy brief for the World Development Report 2008. World Bank: Washington, DC.

ZANNOU A. 2009. Déterminants de l'allocation des terres aux variétés du niébé (*Vigna unguiculata*) par les paysans au Centre du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Numéro 63 : 19 -26.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 29-52, 2015 ISSN 1659 - 5009

DIAGNOSTIC ET AXES DE RECHERCHE POUR UNE EXPLOITATION RATIONNELLE DE L'ANACARDERAIE AU BÉNIN

I. BALOGOUN, **, A. SAÏDOU**, E. L. AHOTON*, L. G. AMADJI**, C. B. AHOHUENDO*, I. B. ADEBO*, S. BABATOUNDE***, C. D CHOUGOURU**** & A. AHANCHEDE**

**Laboratoire de Biologie Végétale, Département de Production Végétale, FSA/UAC, Email : iboubalogoun@gmail.com*

***Laboratoire des Sciences du Sol, Département de Production Végétale, FSA/UAC,*

****Laboratoire de Zootechnie, Département de Production Animale, FSA/UAC*

*****Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée, Département de Génie de l'Environnement, EPAC/UAC.*

RÉSUMÉ

Malgré la situation favorable au développement de la culture de l'anacardier au Bénin, plusieurs contraintes biotiques et abiotiques freinent la production de l'arbre. L'étude diagnostique conduite sur le terrain a eu pour objectif, l'identification des problèmes et potentialités de production de l'anacarderaie au Bénin. La méthode accélérée en recherche participative (MARP) a été utilisée pour la collecte des données. 42 discussions de groupes ont été organisées de janvier à février 2013 à l'aide d'un guide d'entretien dans 21 villages échantillonnés dans trois zones agroécologiques favorables à la culture de l'anacardier au Bénin. Au terme de ce travail, 338 producteurs dont 74 femmes ont participé aux discussions de groupe. Le classement par ordre d'importance a été utilisé pour la hiérarchisation des principales contraintes énumérées. Les principales cultures pratiquées varient selon le sexe et la zone de production. Les planteurs d'anacardier ont eu une très bonne connaissance des caractéristiques et dégâts des principaux nuisibles, du recyclage de nutriments et de l'effet de la variabilité du climat sur la production de l'arbre. Suite aux déclarations des producteurs, une bonne répartition de la pluviométrie et un bon ensoleillement ont affecté positivement le niveau de productivité des arbres. Par contre, les fleurs ont étés avortées avec pour conséquence la réduction du nombre de fruits produits suite aux vents violents ayant soufflé pendant la période de l'harmattan. Les principales contraintes identifiées ont été relatives à la gestion de l'enherbement et l'entretien des arbres à l'approche de la saison sèche, à la gestion des ravageurs et des maladies, aux feux de végétation et aux vols des noix cajou. En vue d'améliorer la productivité des anacarderaies au Bénin, des mesures idoines telles que l'accès aux crédits agricoles, la gestion intégrée de la fertilité des sols et des nuisibles, les stratégies d'atténuation des effets néfastes de la variabilité climatique ainsi que la formation et la sensibilisation des producteurs doivent être prises en compte par les acteurs à divers niveaux.

Mots clés : diagnostic participatif, facteurs climatiques, genre, fertilité des sols, gestion des nuisibles.

Publié en décembre 2015

DIAGNOSIS AND RESEARCH PLAN FOR RATIONAL MANAGEMENT OF CASHEW FIELD IN BENIN

ABSTRACT

Despite the favorable situation for cashew cropping development in Benin, many biotic and abiotic constraints still restrain the tree production. The study aimed to identify the production constraints and potentials of cashew fields in Benin. Participatory accelerated research method was used for data collection. 42 group discussions were organized from january to february 2013, using the semi-structured questionnaire in 21 villages selected in three agroecological zones favorable to the cashew cropping in Benin. At the end of this work, 338 farmers including 74 women participated at the group discussions. The ranking method was used to hierarchy the main constraints mentioned by farmers. The main cultivated crops varied according to sex and the production zones. Cashew producers were knowledge able on the characteristics and damages of the main pests, nutrients' recycling and the effect of climatic variability on the cashew production. According to farmers, a good rainfall distribution and a good sunniness affected positively the trees productivity. Furthermore, the flowers were miscarried and therefore the number of the fruits produced was reduced further to violent winds. The main constraints of cashew production identified were related to fields' maintenance, pests' management, vegetation fire and cashew nuts' theft. In order to improve cashew field productivity in Benin, the fitting dispositions such as access to agricultural credits, integrated soils and pests management, attenuation strategies of climatic variability effects, sensitization and training of farmers, may be taken into account by the different actors

Keywords : participative diagnosis, climatic factors, gender, soil fertility, pests' management.

INTRODUCTION

L'anacardier est parmi les premières cultures d'exportation de noix au monde avec 5,35 millions d'hectares des plantations en 2011 (FAO, 2014). Cette spéculation agricole permet de résoudre à la fois les problèmes économiques, sociaux et environnementaux dans le monde (Tandjiékpon *et al.*, 2003 ; Dwomoh *et al.*, 2008 ; Hammed *et al.*, 2008 ; Yabi *et al.*, 2013 ; Balogoun *et al.*, 2014). En effet, la production en quantité et en qualité des noix de cajou puis leur exportation constitue une source potentielle de devises étrangères pour les pays producteurs. L'exportation de 950.375 tonnes de noix dans le monde a engendré une devise de 1,12 milliards de dollars US en 2011 (FAO, 2014). L'anacardier est une culture économique pratiquée dans de petites exploitations du fait de sa facilité (Lawal *et al.*, 2010). Cette importance économique de l'anacardier se traduit par le poids du revenu monétaire que la culture procure aux producteurs. Au Bénin, l'anacardier représente actuellement la deuxième culture d'exportation après le cotonnier (Yabi *et al.*, 2013 ; Balogoun *et al.*, 2014). Le pays a occupé en 2011 la sixième place au plan mondial avec environ 3,8 % du volume de noix produites et le troisième rang des pays ouest-africains après le Nigéria et la Côte d'Ivoire (FAO, 2014).

Malgré l'importance que revêt l'anacardier, plusieurs contraintes abiotiques et biotiques compromettent la production de l'arbre. En effet, l'anacardier est sujet aux dégâts de nuisibles qui peuvent entraîner des pertes de rendement

de l'ordre de 70 à 100 % au Bénin selon la variété, la zone de production et la saison (Afouda *et al.*, 2013). Aussi, les facteurs climatiques et édaphiques affectent-ils la production de l'arbre. Par ailleurs, le manque d'entretien des champs agricoles suite aux difficultés d'accès aux crédits constitue la principale contrainte de production d'anacardier au Nigeria (Uwagboe *et al.*, 2010). Par contre, Ezeagu (2001) a trouvé que le bas prix de vente des noix constitue la majeure contrainte de production du produit dans le même pays. Au Bénin, en dehors des contraintes signalées dans la littérature par rapport à la production de l'anacardier (Tandjiékpon, 2005), le constat est l'inexistence de données sur les mesures appropriées contre ces contraintes pour la production durable de l'arbre. De plus, l'amélioration de la productivité et de la qualité des fruits de l'anacardier au Bénin nécessite un certain nombre d'innovations agronomiques et techniques à savoir : la gestion intégrée des nuisibles et de la fertilité des sols, l'irrigation des plantations, ainsi que l'amélioration des conditions de stockage et conservation des noix. Il s'avère donc indispensable de diagnostiquer les principales contraintes ainsi que les stratégies d'amélioration de la production en quantité et en qualité des anacardiers au Bénin. Ceci constitue un travail de base permettant de proposer des approches de solutions pour l'amélioration de la productivité des anacardiers au Bénin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans les trois zones agroécologiques favorables à la culture de l'anacardier au Bénin. Il s'agit de la zone centre (Zone 1), de la zone nord est (Zone 2) et de la zone nord-ouest (Zone 3) du Bénin (Figure 1) selon le découpage des zones agroécologiques réalisé par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB, 1995).

Le département des Collines (Zone 1) appartient à la zone de climat soudano-guinéen marqué par deux saisons de pluies couvrant les périodes d'avril à juillet et d'octobre à novembre. Le nombre total de jours de pluie dans l'année varie entre 80 et 110 jours. Du point de vue agroécologique, c'est une zone soudano-guinéenne de transition qui couvre environ 16.900 km² et s'étend après les plateaux d'Abomey et de Kétou jusqu'au 9ème parallèle nord. Cette zone est occupée par des sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris (INRAB, 1995).

La Zone 2 et la Zone 3 se situant dans la zone agroécologique soudanienne sont comprises entre le 9ème et un peu au-delà du 10ème parallèle nord avec une

partie du Département de l'Atacora-Donga. La zone agroécologique nord-est (Zone 2) est caractérisée par un climat soudanien avec une saison de pluie d'avril à fin octobre alternée d'une saison sèche. Le nombre de jours de pluies dans l'année avoisine 100, sauf les années sèches (INRAB, 1996). La période la plus ensoleillée se situe entre décembre et avril avec de faibles variations d'un mois à l'autre. Le vent dominant, l'harmattan, souffle d'octobre à mars. Les mois les plus chauds de l'année sont mars et avril avec des températures atteignant parfois 40°C. En général, les producteurs sont confrontés au caractère aléatoire des pluies et leur cessation parfois brusque (INRAB, 1996).

La zone agroécologique nord-ouest bénéficie d'un climat de montagne et comporte de légères variations d'une localité à l'autre. Le mois de mars est le plus chaud avec des températures maximales avoisinant les 38°C, et que novembre est le mois le plus froid à cause de l'harmattan qui, sous l'effet des montagnes, s'accompagne de températures assez basses. Les écarts thermiques sont prononcés au cours de la période de l'harmattan. La durée moyenne de l'insolation varie autour de sept heures. L'insolation en juillet, août et parfois septembre est plus courte. A cause de l'influence des sommets de la chaîne de l'Atacora, les hauteurs pluviales excèdent 1000 mm annuellement et le nombre de jours de pluie se situe autour de 100 (INRAB, 1996).

Les sols des zones 2 et 3 sont surtout des sols ferrugineux tropicaux présentant des caractéristiques agronomiques très variables. Ce sont des sols à terre fine argilo-sableuse. Par rapport aux sols ferralitiques, ils ont une meilleure fertilité chimique mais par contre, leurs propriétés physiques sont souvent contraignantes pour les plantes. Les sols ferralitiques et des sols hydromorphes sont aussi rencontrés dans cette zone (INRAB, 1995).

Les caractéristiques climatiques décrites pour les trois zones sont favorables à la culture de l'anacardier puisque l'espèce tolère une large gamme de type de sols et de conditions climatiques. L'arbre peut pousser sur des sols acides pauvres et accepte les cultures intercalaires jusqu'à l'âge adulte (10 à 12 ans), ce qui permet de réduire les frais d'entretien. Les sols meubles profonds et bien drainés avec des pH de 4,3 à 8,7 conviennent à la plante (Tandjiékpon, 2005).

Méthodes et outils de collecte des données

La présente étude diagnostique s'inscrit dans le cadre des activités du Projet "Biodiversité et valorisation agroalimentaire des produits de l'anacardier au Bénin" (PROANAC) financé par le Programme Fonds Compétitif de Recherche de l'Université d'Abomey-Calavi (PFCR/UAC – 2ème Phase). Elle a été conduite de janvier à février 2013. Sur la base de critères relatifs aux techniques de production du producteur, à la disponibilité foncière, à l'accessibilité de la zone à tout moment et à l'ouverture d'esprit des producteurs à collaborer avec l'équipe de recherche, 21 villages ont été sélectionnés considérant les différents groupes socio-culturels rencontrés dans la zone d'étude (Tableau 1).

La démarche utilisée a été participative et a impliqué tous les acteurs dans l'analyse des contraintes et potentialités de production durable de l'anacarderaie. Ainsi, la Méthode Accélérée en Recherche Participative (MARP) a été utilisée pour la collecte des données. A cet effet, 42 discussions de groupe (assemblées villageoises de 13 à 44 personnes et focus group de 5 à 11 personnes) ont été animées à l'aide d'un guide d'entretien semi-structuré. Au total, 338 producteurs dont 74 femmes ont participé aux discussions de groupe dans tous ces villages enquêtés. De plus, les observations directes avec des visites des champs des producteurs et les discussions avec des personnes ressources ont été réalisées.

Les données collectées sont relatives aux principales cultures pratiquées par zone, aux opérations culturales et les périodes respectives d'exécution, aux principaux nuisibles et leurs dégâts respectifs sur la production, à la connaissance des producteurs sur la relation anacardier-sol-climat et sa conséquence sur la productivité des arbres d'anacardier et enfin, aux principales contraintes de production et les approches de solutions. Les données collectées ont été soumises à une analyse de contenu. Le classement par ordre d'importance a été utilisé pour la hiérarchisation des principales contraintes énumérées.

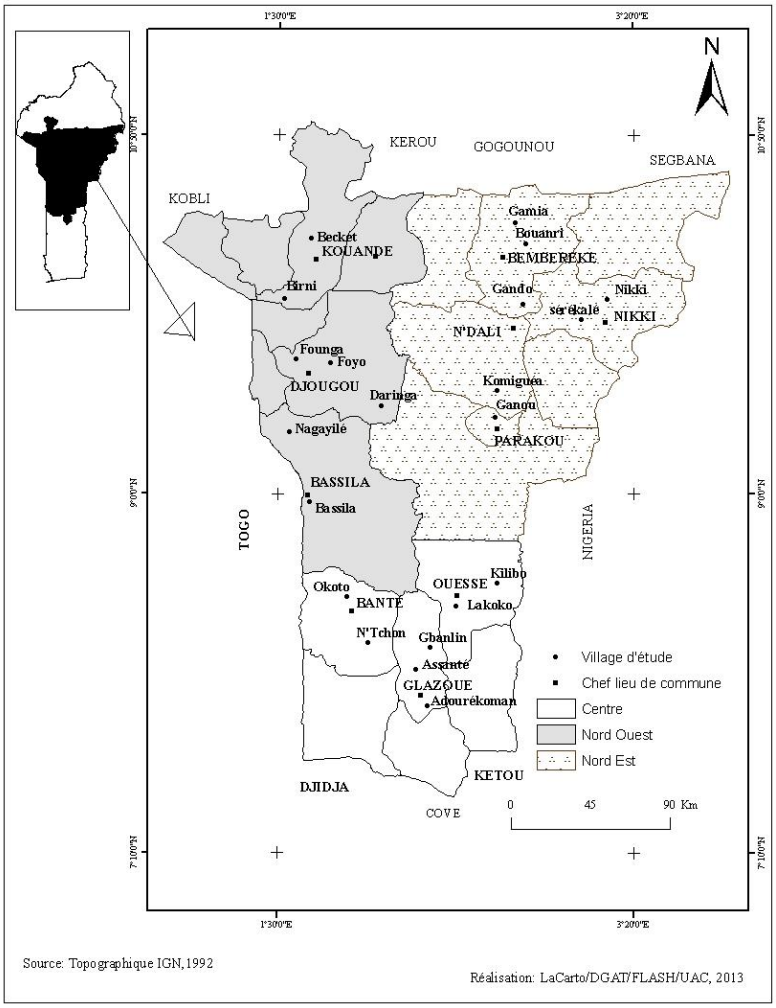

Figure 1. Localisation géographique des villages enquêtés

Tableau 1. Liste des villages enquêtés par zone suivant les groupes socio-culturels

Zones	Communes	Villages	Groupes socio-culturels
Centre	Bantè	Okoto	Itcha
		N'Tchon	Itcha
	Ouèssé	Kilibo	Tchabè
		Lakoko	Mahi
	Glazoué	Adourékoman	Idaatcha
		Gbanlin	Mahi
		Assanté	Mahi
NordEst	Parakou	Ganou	Bariba
	N'Dali	Komiguéa	Bariba
	Bembèrèkè	Gando	Peulh
		Gamia	Bariba
		Bouanri	Bariba
	Nikki	Nikki	Bariba
		Sérékali	Bariba
NordOuest	Kouandé	Becket	Bariba
		Birni	Bariba
	Djougou	Founga	Yom, cotocoli
		Foyo	Lokpa et Yom
		Daringa	Yom et Peulh
	Bassila	Bassila	Ani, Cotocoli, Lokpa
		Nagayélé	Ani, Cotocoli, Lokpa

RÉSULTATS

Principales cultures et objectifs de production

L'analyse des résultats obtenus a révélé que les principales cultures pratiquées ont été fonction du sexe et ont varié d'une zone à l'autre (Tableau 2 et Tableau 3). En effet, pour les hommes, le manioc et le maïs ont été les deux principales cultures vivrières pratiquées au Centre tandis que l'igname et le maïs ont été les deux principales cultures vivrières cultivées au Nord. Les femmes par contre, s'adonnèrent plus à la culture du maïs et du niébé au Centre et le manioc puis le niébé au Nord (Tableau 2).

Tableau 2. Classification des principales cultures vivrières pratiquées dans les trois zones d'étude considérant le sexe

Principales cultures	Centre		NordEst		NordOuest	
	Hommes (n= 90)[1]	Femmes (n= 28)	Hommes (n= 62)	Femmes (n= 17)	Hommes (n=112)	Femmes (n=29)
Igname	3	3	1	-	1	-
Maïs	2	1	2	3	2	3
Manioc	1	4	4	2	3	1
Sorgho/Mil	7	-	3	4	4	-
Niébé	4	2	-	1	5	2

[1]n=nombre de participants à la discussion de groupe

L'anacardier a été la principale culture de rente pratiquée par les hommes dans les trois zones d'étude (Tableau 3). Le cotonnier a été la deuxième culture de rente dans les deux zones du nord alors que ce fût l'arachide après l'anacardier dans le centre. De manière spécifique pour les femmes, l'arachide a été la principale culture de rente pratiquée dans le centre et le nord est tandis que le soja a été plus pratiqué par les femmes du nord-ouest comme culture de rente.

Suite aux déclarations des planteurs, la première place qu'occupe l'anacardier est due aux difficultés majeures que connait la filière coton depuis quelques années. Par ailleurs, la place de l'anacardier pour les femmes a varié d'une zone à l'autre. Ainsi, il occupa respectivement le 3ème, 2ème et 4ème rang dans les zones centre, nord-est et nord-ouest.

Tableau 3. Classification des principales cultures de rente pratiquées dans les trois zones d'étude considérant le sexe

Principales cultures	Centre		Nord-est		Nord-ouest	
	Hommes (n= 90)	Femmes (n= 28)	Hommes (n= 62)	Femmes (n= 17)	Hommes (n=112)	Femmes (n=29)
Anacardier	1	3	1	2	1	4
Cotonnier	5	5	2	4	2	5
Arachide	2	1	3	1	3	2
Soja	3	4	4	3	4	1
Riz	4	2	5	-	5	3

Opérations culturales et organisation des activités de production de l'anacarderaie

Les femmes interviennent plus dans les activités de semis et de repiquage des plants issus de la pépinière, de la fumure des cultures annuelles associées, du ramassage, du séchage et stockage des noix (Tableau 4). En général, les apports d'intrants tels que les pesticides pour le contrôle des nuisibles et les engrais pour l'amélioration de la fertilité des sols ont été très peu pratiqués dans les anacarderaies. Ces pratiques paysannes de gestion des plantations ne permettent pas une meilleure productivité des anacarderaies au niveau des différentes zones de production de l'arbre au Bénin.

Principaux nuisibles de l'anacardier et mode de gestion

Les insectes ravageurs signalés ont été constitués essentiellement du foreur de tronc, des vers blancs et des fourmis rouges (Tableau 5). Le foreur de tronc (*Apate terebrans* Pallas, 1772) a été l'insecte ravageur le plus connu des planteurs. C'est un insecte noir et de grosse tête qui creuse les troncs et les branches des arbres tout en rejetant de sciure de bois au pied des arbres, ce qui constitue les premiers signes d'attaque du ravageur. Cet insecte a été communément appelé "Vounanvrou" en langue Yom au nord-ouest et " Sôgui Sôgui" en langues Itcha, Idatcha et Tchabè au centre Bénin. Pour lutter contre ce ravageur, les planteurs utilisent deux principales méthodes. La lutte mécanique consiste à introduire dans le trou creusé par le foreur un objet métallique pointu (rayon de vélo par exemple) ou un bois pour extraire le coléoptère. Cette lutte mécanique qui a une efficacité limitée dans la mesure où elle ne permet pas toujours d'extraire le coléoptère quand ce dernier est hors de portée. La lutte chimique par contre, consiste à utiliser une gamme variée d'insecticides tels que les insecticides coton (Endosulfan, Thian), le Kini-Kini 418 EC et autres produits chimiques provenant du Ghana (surtout le Champion Cyhalon 2,5 EC) achetés sur le marché. Cette approche de lutte chimique, bien qu'étant la plupart du temps efficace (en termes de nombre de coléoptère éliminé) peut constituer non seulement une source de pollution de l'environnement mais aussi peut dégrader la qualité des noix.

Tableau 4. Principales opérations culturales de production de l'anacardier

Opérations	Périodes	Techniques	Responsables
Défrichement	Février à mars	Manuel	Hommes et garçons adultes
Labour	Avril – juin	Manuel	Hommes et garçons adultes
Semis direct	Mai à Juillet	En ligne	Hommes, femmes et enfants adultes
Pépinière	Début Mai à mi-juin	Spécifique pour les pépiniéristes formés à cet effet	Pépiniéristes formés
Repiquage des plants	Juin – Juillet	Manuel	Hommes, femmes et enfants adultes
Sarclage	Août – novembre	Manuel au coupe-coupe	Hommes et garçons adultes
Fumure	Fumure des cultures annuelles associées	Fumure du cotonnier ou du maïs en association aux jeunes plants	Hommes, femmes et enfants adultes
Gestion des insectes	Après les pluies (octobre-Novembre)	Pratique traditionnelle de gestion	Hommes et garçons adultes
Gestion des maladies	Après les pluies (octobre-Novembre)	Néant	
Taille	Juin – Août	Manuelle au coupe – coupe	Hommes et garçons adultes
Pare feu	Octobre – Décembre	Sarclage des alentours des plantations sur une bande de 10 m de large	Hommes et garçons adultes
Récolte	Février – Avril	Ramassage des noix tombées d'elles – même	Hommes, femmes et enfants adultes (femmes surtout)
Séchage	Aussitôt après ramassage (Février – Avril)	Au soleil en cas de récolte en période de pluies et à l'air libre dans le cas contraire	Hommes, femmes et enfants adultes
Stockage	Après 2-3 jours de séchage ou aussitôt après le ramassage	Dans des sacs de jute ou dans des sacs vides d'engrais durant 1 à 3 mois en fonction du prix de vente	Hommes, femmes et enfants adultes

Les vers blancs (*Acrocercops syngramma* Meyrick, 1914) déposent souvent des déjections sur les feuilles d'anacardier au moment de la floraison. Les fourmis rouges (*Oecophylla longinoda* Latreille, 1802) par contre, regroupent les feuilles tout en formant des nids. Ces fourmis ont été communément appelées "*Bèkpassine*" en langue Yom au nord-ouest et "*Agadjô*" en langues Itcha, Idatcha et Tchabè au centre Bénin.

Du point de vue importance des dégâts, les planteurs ont estimé que ces trois insectes limitent la production de l'anacarderaie seulement que le foreur du tronc ne cause pas de dégâts sur tous les arbres comparativement aux deux autres ravageurs. Comme méthode de lutte contre les vers blancs et les fourmis rouges, les planteurs ont l'habitude de pratiquer la lutte chimique en utilisant les insecticides coton pré-cités.

La seule maladie signalée a été l'anthracnose qui se manifeste par le dessèchement des feuilles en référence au passage des feux de brousse. Les planteurs, ne connaissant pas le nom de cette maladie, ont estimé qu'elle empêche la floraison, ce qui réduit la production de l'arbre.

Tableau 5. Principaux nuisibles de l'anacardier et techniques de leur gestion

Principaux nuisibles		Caractéristiques	Nom scientifique	Principaux dégâts	Techniques de gestion
Insectes ravageurs	Foreur de tronc	Insecte noir et à grosse tête	*Apate terebrans*	Perfore les troncs et les branches	Enfoncement du bois ou rayon ou insecticides dans les trous
	Vers blancs	Petit et de couleur blanche	*Acrocercops syngramma*	Dépôt des déjections sur les feuilles au moment de la floraison	Utilisation des insecticides par quelques planteurs
	Fourmis rouges	Couleur rouge	*Oecophylla longinoda*	Regroupement des feuilles et fait des nids, attaque les graines	Utilisation des insecticides par quelques planteurs
Maladies	Anthracnose	Dessèchement des feuilles comme s'il y a passage des feux de brousse	Maladie causée par le champignon *Colletrotrichum gloesporoides*	Séchage des fleurs au moment de la floraison	Néant

Connaissances endogènes des producteurs sur la relation anacardier-sol-climat

Des échanges avec les planteurs d'anacardier, 66,7 % d'entre eux ont estimé que l'anacardier enrichit le sol à travers le recyclage de la litière. Par contre, d'autres (33,3 %) ont été d'avis contraire et ont pensé que l'arbre pompe le sol à travers l'épuisement des nutriments pour la production annuelle des pommes et des noix. La majorité des producteurs (85,8 %) a estimé que le rendement de l'arbre dépend de la fertilité des sols sans oublier les autres facteurs liés au climat, à la variété et à l'entretien des plantations. En effet, l'anacardier produit plus sur les sols ayant une bonne propriété physico-chimique, ce qui lui garantit l'humidité favorisant sa production. Toutefois, l'arbre ne tolère pas les sols lourds (sols hydromorphes).

La majorité des planteurs (77,3 %) a affirmé que l'excès des pluies entraine une mauvaise production des arbres, raison pour laquelle l'anacardier ne produit pas dans les bas-fonds. Ces planteurs ont estimé alors qu'une pluie normale entraine une bonne production tandis que le déficit induit une chute de production. Les planteurs (77,3%) ont affirmé également que la chaleur favorise une bonne production de l'arbre. Suite aux interviews des producteurs, plus il fait chaud, plus l'arbre produit très bien. De plus, ces planteurs ont estimé que l'assèchement et la chute des fleurs avec pour conséquence la baisse de la productivité de l'anacardier surviennent souvent durant la période de l'harmattan.

Certains planteurs (66,7 %) ont estimé que l'anacardier a besoin de l'aération et d'ensoleillement pour bien produire. Selon eux, trop de soleil ne gêne en aucun cas la production. Par contre, d'autres planteurs (33,3 %) pensent que trop de soleil entraine le dessèchement des fleurs, par conséquent ne permet pas une bonne production de l'arbre. La majorité des planteurs (85,8 %) a estimé que le vent trop violent fait chuter les fleurs et les feuilles, ce qui réduit la production des arbres.

Principales contraintes de production de l'anacarderaie et les solutions apportées par les producteurs

L'entretien des plantations est cité comme problème majeur (Tableau 6). L'attaque parasitaire, l'incendie dû aux feux de végétation et le vol des noix ont été aussi des contraintes non moins importantes. L'importance de ces contraintes a varié d'une zone à l'autre. En effet, les attaques parasitaires et les incendies ont constitué les contraintes majeures dans les zones centre et nord est après les contraintes liées à l'entretien des plantations. Par contre,

dans la zone nord-ouest, les incendies et le vol des noix ont été les principales contraintes après la difficulté d'entretien. Par ailleurs, les dégâts causés par les animaux en divagation ou en transhumance ont été un problème important dans les deux zones du nord. Les difficultés d'accès aux crédits, le manque d'appui technique puis les aléas climatiques ont été parmi les autres problèmes limitant la production de l'anacarderaie énumérés par les planteurs.

Les principales solutions apportées par les producteurs pour ces différentes contraintes sont présentées par le Tableau 6.

Tableau 6. Classement par ordre d'importance des principales contraintes et les approches de solutions développées par les planteurs d'anacardier dans la zone d'étude

Principales contraintes	Centre (n= 118)	Nord-Est (n= 79)	Nord-ouest (n= 141)	Approches de solution
Difficulté d'entretien	1	1	1	Recherche de crédits agricoles
Attaques parasitaires	2	2	4	Recherche des produits pouvant garantir la qualité des noix
Incendies	3	3	2	Réalisation des pare feu
Vol des noix	4	4	3	Monte des gardes dans les plantations, sensibilisation par le chef village
Difficultés d'accès aux crédits	5	-	9	Prêts au niveau des commerçants à intérêts moins élevés
Destruction des jeunes plantes par les animaux	-	5	5	Informe les autorités compétentes mais aucune mesure n'est prise par ces dernières ; plaintes à la brigade
Aléas climatiques	-	-	6	Rituels

n= nombre de participants à la discussion de groupe

DISCUSSION

Principales cultures et organisation des activités selon le genre

L'anacardier a été la principale culture de rente pratiquée par les hommes comparativement aux femmes dans les trois zones d'étude. Cette situation s'explique par les règles coutumières restrictives des droits fonciers sur les terres à la gente féminine (Saïdou *et al.*, 2007a ; Balogoun *et al.*, 2014). Dans les zones d'étude, en l'occurrence celles du nord, seuls les hommes peuvent hériter des terres des parents et les transmettre à leur tour à leur(s) descendant (s) de sexe masculin. Les femmes, quant à elles, reçoivent le plus souvent une portion de terre de leur mari pour la pratique des cultures saisonnières ou de contre-saison. Cette portion de terre, souvent dégradée et pauvre, concédée par l'époux est généralement de taille très modeste pour être valorisée avec des plantes pérennes (Tandjiékpon, 2005). Le même constat a été fait en Tanzanie et au Nigeria où les femmes détentrices des plantations d'anacardier représentent une faible proportion (respectivement 13-14 % et 15,5 %). En général, les femmes s'intéressent plus aux cultures vivrières qu'aux cultures pérennes. Ainsi, l'implication des femmes dans les cultures pérennes est en général limitée et cela s'explique par la crainte de voir le patrimoine foncier de la famille échoir à une autre famille et spécialement à celle de l'époux (Saïdou *et al.*, 2007b ; Balogoun *et al.*, 2014).

Par ailleurs, l'étude a montré que les femmes interviennent plus dans les activités ne nécessitant pas trop d'effort mécanique dans les plantations d'anacardier. Ainsi, les femmes s'intéressent plus au ramassage des noix dans les plantations en période de récolte. Ceci s'explique par le fait que ces femmes sont moins détentrices des plantations d'anacardier. Cependant, ces activités menées par les femmes en tant qu'ouvrières ne sont pas souvent considérées comme des activités de production. La non-reconnaissance du rôle productif des femmes rend invisible et mal connue leur contribution importante (Ouoba *et al.*, 2003).

Connaissances endogènes des planteurs sur les principaux nuisibles de l'anacardier

Trois principaux insectes ont été signalés par les planteurs dont le plus connu est le foreur de tronc et des branches des arbres. Les caractéristiques et les dégâts de cet insecte décrit par les planteurs sont conformes à ceux mentionnés par de nombreux auteurs (Ouessou, 2010 ; Dwomoh *et al.*, 2008). Ces auteurs ont trouvé que cet insecte appelé *Apate terebrans* Pallas (Coleoptera : Bostrychidae) est le plus redoutable foreur de tronc. Les dégâts

sont occasionnés aussi bien par les adultes que par les larves et la réaction de l'arbre à l'attaque se traduit par des suintements de gomme-résine. Ce coléoptère cause d'énormes pertes aux plants d'anacardier, il affecte alors près de 90 % des plantations des trois zones de production au Bénin (PPAB, 2004). Les méthodes de lutte contre cet insecte (lutte mécanique et lutte chimique) décrites par les planteurs sont aussi conformes à celles préconisées par Ouessou (2010).

Les caractéristiques et les dégâts des vers blancs signalés par les planteurs confirment qu'il s'agit de la mineuse de feuilles *Acrocercops syngramma* Meyrick (Didier, 2001; Asogwa *et al.*, 2008 ; Dwomoh *et al.*, 2008 ; Ouessou, 2010). Ces auteurs ont ajouté que la mineuse de feuilles a été identifiée comme l'un des ravageurs les plus fréquents et les plus dévastateurs de l'anacardier. En effet, ce microlépidoptère de la famille des Gracillariidae cause de sérieux dégâts sur les anacardiers à travers ses capacités de défoliation et donc de réduction de l'activité photosynthétique des arbres (Dwomoh *et al.*, 2008 ; Ouessou, 2010). Les symptômes de mines sont les dommages permanents observés sur les jeunes feuilles qui, plus tard se dessèchent et tombent prématurément (Ikisan, 2010 ; Ouessou, 2010). La lutte contre cette mineuse de feuille est essentiellement chimique (Ikisan, 2010), ce qui est conforme aux déclarations des planteurs. Ainsi, des insecticides chimiques comme le monocrotophos (0,05 %), ou le phosphamidon (0,05 %) sont utilisés sur les jeunes feuilles présentant des symptômes de mines (Ikisan, 2010). Pour éviter de dégrader non seulement l'environnement mais aussi la qualité des noix d'anacarde, la méthode biologique basée sur l'utilisation des biopesticides tels que le *Beauveria bassiana* et de l'huile de neem (*Azadirachta indica*) peut être appropriée pour lutter contre ce ravageur.

Les caractéristiques des fourmis rouges énumérées par les planteurs montrent qu'il s'agit de *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae), qui en principe, a été reconnue comme étant un ennemi naturel des ravageurs de plusieurs cultures telles que l'anacardier et le manguier (Peng & Christian, 2006 ; Peng & Christian, 2007 ; Van Mele *et al.*, 2007 ; Dwomoh *et al.*, 2008 ; Sinzogan *et al.*, 2008 ; Van Mele, 2008 ; Adandonon *et al.*, 2009 ; Ouessou, 2010). Les auteurs ont affirmé que ces fourmis permettent d'assurer un contrôle naturel des ravageurs notamment ceux appartenant à l'ordre des Hémiptères. Lors de cette étude diagnostique, les producteurs eux-mêmes reconnaissent que sur les arbres où ces fourmis sont présentes, l'absence des autres insectes ravageurs est notée seulement que les fourmis empêchent la floraison et par conséquent réduisent la production de l'arbre.

D'après les caractéristiques des maladies énumérées par les planteurs, la seule identifiée est l'anthracnose causée par *Colletrotrichum gloesporoides* Pensig, un champignon de la famille des Melanconiacea (Afouda *et al.*, 2013). Les symptômes de cette maladie évoluent de la bordure vers le centre de la feuille pour donner une large plaque de couleur grise ou kaki (Afouda *et al.*, 2013). C'est cette couleur que les planteurs désignent comme le dessèchement des feuilles en référence au passage des feux de brousse. Par ailleurs, Afouda *et al.*(2013) estiment que l'anthracnose est reconnue comme l'une des maladies les plus répandues et nocives de l'anacardier. Ainsi, la maladie attaque tous les organes de la plante, en particulier les jeunes feuilles et fleurs. Sur les bords et aux extrémités des feuilles apparaissent de petites taches nécrotiques, d'abord isolées, mais ayant tendance à se réunir avec la progression de l'infestation. Les organes attaqués se dessèchent et restent suspendus. La sévérité de la maladie varie en fonction de l'année et de la localité en raison des conditions environnementales. Elle peut causer des pertes de rendement de l'ordre de 40 % (Topper *et al.*, 2001).

Les moyens de lutte contre l'anthracnose se situent à deux niveaux (Tandjiékpon *et al.*, 2005) :

- Contrôle cultural à travers les tailles (élagages) et les éclaircies, la coupe et le brûlage des parties infestées surtout avant le début des pluies afin de limiter les foyers d'infestation ;

- Contrôle chimique par traitements aussi bien avec des produits à base de cuivre (bouillie bordelaise à 1 %) ou produits commerciaux à base d'oxychlorure de cuivre titrant 50 % de cuivre métal utilisés à des concentrations de 0,3-0,5 %, soit 300 à 500 grammes dans 100 litres d'eau.

La mise en place des fongicides biologiques contre l'anthracnose est fondamentale afin de préserver la qualité des noix cajou produites au Bénin.

Les trois importants insectes ravageurs recensés par Ouessou (2010) dans les plantations d'anacardier au Bénin sont : *Acrocercops syngramma* Meyrick (mineuse de feuille), *Apate terebrans* Pallas (foreur de tige) et *Helloptis* sp. Les deux premiers ravageurs ont été reconnus et signalés par les producteurs lors de cette étude diagnostique. Parmi les six insectes bénéfiques, *Oecophylla longinoda* (communément appelée fourmi rouge ou fourmi tisserande), est présente dans tous les sites lors des trois prospections effectuées par Ouessou (2010).

Parmi les dix agents pathogènes identifiés sur l'anacardier par Afouda *et al.* (2013) dans les différentes zones de production de l'arbre au Bénin,

l'anthracnose, la rouille rouge, la bactériose et la rouille noire ont des incidences moyennes respectives de 35,24 %, 50,98 %, 32,96 % et 2,18 % et constituent les principales maladies de l'anacardier au Bénin. Ainsi, l'anthracnose reconnue par les producteurs à travers ses caractéristiques décrites lors de l'étude diagnostique, est la deuxième importante maladie compte tenu de son incidence moyenne.

De tout ce qui précède, les producteurs ont une très bonne connaissance des principaux nuisibles de l'anacardier du point de vue caractéristiques et importants dégâts causés par ces nuisibles.

Connaissances endogènes des producteurs sur la relation anacardier-sol-climat

Les producteurs ont affirmé que l'anacardier contribue à l'amélioration de la fertilité des sols à travers la décomposition de la litière et au recyclage des nutriments pompés des horizons de profondeur puis ramenés en surface. Cette perception des planteurs peut se justifier scientifiquement par la présence des champignons mycorhiziens à arbuscules associés aux racines de ces plantes (Ibiremo *et al.*, 2012). Par ailleurs, le potentiel des champignons mycorhiziens arbusculaires à accroître la productivité des plantes a été reconnu par les études de Fagbola *et al.* (2001), Ananthakrishnan *et al.* (2004), Tchabi *et al.* (2008), Ibiremo *et al.* (2012), Saïdou *et al.* (2012), Proborini *et al.* (2013) et Johnson *et al.* (2013). Plusieurs auteurs ont montré la contribution des champignons mycorhiziens à arbuscules dans l'amélioration de la nutrition des plantes en phosphore (Fagbola *et al.*, 2001 ; Ananthakrishnan *et al.*, 2004 ; Houngnandan *et al.*, 2009 ; Ibiremo *et al.*, 2012 ; Saïdou *et al.*, 2012 ; Johnson *et al.*, 2013). Il est alors nécessaire d'effectuer des essais agronomiques pour confirmer ou infirmer la perception des producteurs d'une part, sur le recyclage des éléments nutritifs dans le système à base d'anacardier et d'autre part, sur la contribution des champignons mycorhiziens à arbuscules dans l'amélioration de la production de l'anacarderaie.

Les planteurs ont estimé qu'une pluie normale entraine une bonne production de l'anacardier. Ainsi, la chute de production de l'arbre est souvent due à la mauvaise répartition et à la baisse de la quantité de pluie tombée. En effet, la pluviométrie annuelle comprise entre 800 et 1800 mm (répartie sur 5 à 7 mois consécutifs de l'année) puis une saison sèche d'au moins 5 mois, favorisent une bonne fructification et production de l'arbre (Trekpo, 2003). Au Bénin, les zones de production de l'anacardier ont une pluviométrie annuelle comprise entre 800 et 1200 mm (Lemaître *et al.*, 2003). Cette situation ajoutée à la

mauvaise répartition de la pluie peut affecter considérablement le niveau de production de l'arbre au Bénin comparativement aux autres pays où la pluviométrie est nettement plus favorable. La hauteur moyenne et le nombre moyen de jours de pluie ont connu une tendance régressive au nord et une tendance moins linéaire au centre Bénin entre 1960 et 2008 (Gnanglè *et al.*, 2011 ; Bello, 2014). Cette variabilité pluviométrique a entrainé naturellement des fluctuations au niveau des autres paramètres climatiques comme la température, l'humidité relative et la tension de vapeur (Maraux, 2002 ; Malgrange, 2011 ; Gnanglè, 2012 ; Ricau, 2013).

Suite aux interviews des planteurs, la chaleur favorise la production de l'anacardier, ce qui confirme le fait que l'anacardier est un arbre tropical supportant les températures élevées puis sensible au froid ainsi qu'aux écarts importants de température (Trekpo, 2003). L'effet de l'ensoleillement sur la production de l'anacardier est relatif selon les planteurs. Toutefois, l'anacardier est une plante héliophile stricte ; il a donc besoin d'un maximum de lumière pour son développement et ne supporte aucun ombrage (Trekpo, 2003). A cet effet, l'arbre exige un bon ensoleillement pour une production abondante. En excès, le rayonnement solaire peut brûler et entraîner la mort des feuilles voire des plantes (Yao *et al.*, 2013). Les régions centre et nord Bénin sont particulièrement exposées aux rayons solaires, qui attaquent la zone presque verticalement, où le ciel est souvent vierge de nuages (Aho *et al.*, 2008).

Les planteurs estiment que le vent trop violent fait chuter les fleurs et les feuilles, ce qui réduit la production des arbres. La vitesse du vent est liée aux différences de pression entre les masses d'air (Aho *et al.*, 2008). En ce qui concerne la production agricole, le vent intervient à deux niveaux principaux : d'abord par son effet sur l'évapotranspiration des cultures, et ensuite, par son effet mécanique sur les cultures (d'Overgal, 2006). Ainsi, le harmattan est à craindre surtout au moment de la floraison et de la fructification (Trekpo, 2003). Le vent a été aussi cité par les producteurs des parcs à karité comme induisant des effets destructeurs sur la production du karité (Gnanglè, 2012). Les producteurs signalent l'augmentation de vents violents, mais peu d'études scientifiques s'intéressent à ce phénomène au Bénin (Guibert *et al.*, 2010). Au Sahel, les ménages se rendent compte de la variabilité du climat et identifient les précipitations excessives occasionnelles ainsi que le vent comme les facteurs les plus destructifs du climat (Mertz *et al.*, 2009). Une étude réalisée en Côte d'Ivoire sur la vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques par Yao *et al.* (2013) a révélé que d'une manière générale, les vents deviennent de plus en plus forts avec une vitesse

parfois supérieure à 60 m/s. Ces vents sont souvent dévastateurs pour certaines cultures comme le bananier, le maïs, le riz, l'hévéa et l'anacardier en provoquant la chute des fleurs (Yao *et al.*, 2013) et par ricochet, affaiblit la production de ces cultures.

Les planteurs ont une très bonne connaissance de l'effet des paramètres climatiques sur la production de l'anacardier. Toutefois, l'étude relative à l'effet de ces paramètres sur la productivité de l'arbre s'avère fondamentale à travers les essais agronomiques. Ce qui va permettre de ressortir les paramètres climatiques affectant plus la production de l'anacardier au Bénin. Par ailleurs, les changements climatiques sont perçus et compris de façons diverses par les populations africaines selon leurs caractéristiques socioculturelles (Mertz *et al.*, 2009 ; Guibert *et al.*, 2010 ; Gnanglè, 2012). Les différences de perception des changements climatiques peuvent donc induire une variabilité dans les formes d'adaptation pour minimiser les effets de ces changements climatiques. Il est donc indispensable d'approfondir la perception des producteurs d'anacardier relative à l'effet des facteurs climatiques sur la production de l'arbre et les différentes stratégies locales développées.

Analyse des contraintes à la production de l'anacarderaie

L'entretien des plantations constitue les difficultés majeures des planteurs d'anacardier dans les trois zones de production. Cette activité exige des moyens humains et financiers très importants pour une meilleure production de l'anacardier. Mais, les planteurs ne disposent pas souvent de moyens financiers au moment où cette action est nécessaire pour une meilleure gestion des plantations. En effet, les jeunes plantations d'âge de 1 à 6 ans au Bénin nécessitent au moins deux entretiens par an pouvant coûter en moyenne 75.000 FCFA par hectare (Tandjiékpon, 2005 ; Balogoun *et al.*, 2014). Ce coût élevé conduit les planteurs, disposant déjà d'un revenu faible, à la non réalisation de ces opérations dont les conséquences sont à l'origine de l'abandon des plantations aux recrus naturels ligneux et herbacés. Ceci constitue ainsi la source de la propagation rapide et de l'intensification des incendies survenus. Le manque d'entretien des plantations d'anacardier est à l'origine de leur faible productivité. Le même constat a été fait par Uwagboe *et al.* (2010) qui ont trouvé que la principale contrainte de production d'anacardier au Nigéria est le manque d'entretien des champs agricoles dû aux difficultés d'accès aux crédits. L'accès aux crédits est un facteur très déterminant de la production d'anacarde et donc du revenu obtenu de la vente de ses produits (Lawal *et al.*, 2010 ; Balogoun *et al.*, 2014).

L'incendie dans les plantations d'anacardier est provoqué soit accidentellement, soit intentionnellement par des voisins ou autres planteurs. L'anacardier étant très sensible au feu, les incendies conduisent à la perte d'une partie ou de toute la plantation. Ces incendies peuvent intervenir à n'importe quel âge des plantations non entretenues et constituent ainsi un handicap à la capacité productive des arbres atteints (Tandjiékpon, 2005). La période de décembre à avril est particulièrement dangereuse pour les plantations lorsque les incendies interviennent du fait de l'harmattan qui souffle pendant cette période. Les planteurs notent chaque année, une grande perte en arbres due aux incendies, cet état de chose entraine un manque à gagner pour le producteur ainsi que pour l'économie nationale.

Les plantations d'anacardier sont plus exposées aux attaques pré mentionnées dont l'une des conditions favorables à leur développement reste l'humidité. Ainsi, les attaques parasitaires sont en fonction des zones de production et que la zone du centre Bénin est plus sensible aux problèmes d'attaques parasitaires du fait qu'elle soit située plus au sud en climat soudano-guinéen, donc plus humide que les deux zones du nord (Tandjiékpon, 2005). Les dégâts causés par les nuisibles à différents stades de la croissance de l'arbre, conduisent à d'énormes pertes de rendement de l'anacarde (Asogwa *et al.*, 2008 ; Dwomoh *et al.*, 2008 ; Ouessou, 2010 ; Afouda *et al.*, 2013).

CONCLUSION

L'étude permet d'apprécier les connaissances endogènes des planteurs relatives aux principaux nuisibles et leurs dégâts respectifs sur la production, la relation anacardier-sol-climat ainsi que les contraintes majeures limitant la production des anacarderaies et les approches de solutions. Les planteurs d'anacardier ont eu une très bonne connaissance des caractéristiques et dégâts des principaux nuisibles, du recyclage de nutriments et de l'effet de la variabilité du climat sur la production de l'arbre. Les principales contraintes à la production de l'anacarderaie énumérées sont relatives aux difficultés d'entretien, aux attaques parasitaires, aux incendies et au vol des noix. Des mesures idoines telles que l'accès aux crédits agricoles, le développement des méthodes de lutte intégrée contre les nuisibles ainsi que la formation et la sensibilisation des producteurs doivent être prises par les acteurs à divers niveaux (Etat, chercheurs, partenaires techniques et financiers) afin d'apporter des solutions aux problèmes qui gangrènent la production de l'anacarderaie au Bénin. Des essais agronomiques à réaliser pour l'amélioration de la productivité des anacarderaies au Bénin sont : la gestion

intégrée des nuisibles de l'anacardier et de la fertilité de sol, la contribution des champignons mycorhiziens à arbuscules dans l'amélioration de la productivité de l'anacarderaie et enfin, l'effet des paramètres climatiques sur la productivité de l'anacarderaie.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs profonds remerciements au Programme Fonds Compétitifs de Recherche (PFCR) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) qui a financé les travaux de cette étude à travers le projet Biodiversité et valorisation agroalimentaire des produits de l'anacardier au Bénin (PROANAC).

Ils remercient également le Centre National de Spécialisation sur le Maïs (CNS-Maïs), composante 2 du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) qui a i) organisé l'atelier de formation en écriture scientifique pour améliorer la qualité scientifique de cet article et ii) facilité la publication des résultats de leurs travaux de recherche dans les Annales des sciences agronomiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADANDONON A., VAYSSIÈRES J-F., SINZOGAN A. & VAN MELE P. 2009. Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* affects ovi position behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera : Tephritidae). International Journal of Pest Management 55 (4) : 285-292.

AFOUDA L. C. A., ZINSOU V., BALOGOUN R. K., ONZO A. & AHOHUENDO B. C. 2013. Inventaire des agents pathogènes de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) au Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) 73 : 13-19.

AHO N., BOKO M. & AFOUDA A. 2008. Evaluation concertée de la vulnérabilité aux variations actuelles du climat et aux phénomènes météorologiques extrêmes. Rapport d'étude. PANA/MEPN/Bénin. 93 p.

ANANTHAKRISHNAN G., RAVIKUMAR R., GIRJA S. & GANAPATHI A. 2004. Selection of efficient arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of cashew and their application in the cashew nursery. Scientia Horticulurea 100(1-4): 369-375.

ASOGWA E. U., HAMMED L. A. & NDUBUAKU T. C. N. 2008. Integrated production and protection practices of cashew (*Anacardium occidentale*) in Nigeria. African Journal of Biotechnology 7 : 4868-4873.

BALOGOUN I., SAÏDOU A., AHOTON E. L., AMADJI G. L., AHOHUENDO B. C., ADEBO I. B., BABATOUNDE S., CHOUGOUROU D., ADOUKONOU-SAGBADJA H. & AHANCHEDE A. 2014. Caractérisation des systèmes de production à base d'anacardier dans les principales zones de culture au Bénin. Agronomie africaine 26(1) : 9-22.

BELLO O. D. 2014. Effet des facteurs climatiques sur la productivité de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) au Bénin. Mémoire pour l'obtention du DEA, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC), 62p.

d'ORGEVAL T. 2008. Impact du changement climatique sur la saison des pluies en Afrique de l'Ouest : que nous disent les modèles de climat actuels ? Sécheresse 19(2) : 79-85.

DIDIER C. 2001. La culture de l'anacardier : recherche et solutions. Fruitrop supplement 81: 2-4.

DWOMOH E. A., ACKONOR J. B. & AFUN J. V. K. 2008. Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. African Journal of Agricultural Research 3: 205-214.

EZEAGU W. 2002. Nigeria assessment of the situation and development prospects for cashew nut sector. Draft Report: No INT/W3/69. International Trade Center UNCTAD/INTO. (ITC), Abuja, Nigeria. pp. 1-36.

FAGBOLA O., OSONUBI O., MULONGOY K. & ODUNFA S. A. 2001. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhiza on the growth of *Glirincidia sepium* (Jacq).Walp and *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. In simulated eroded soil conditions. Mycorrhiza 11 : 215-223.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2014. Base des données de la FAO 2011. http://faostat3.fao.org. Visité le 4 Septembre 2014 à 13 heures.

GNANGLE P. C. 2012. Perceptions paysannes du changement climatique, stratégies d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Bénin. Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 152 p.

GNANGLE P. C., GLELE KAKAÏ R., ASSOGBADJO A. E., VODOUNON S., YABI J. & SOKPON N. 2011. Tendances climatiques : Modélisation, perceptions locales et adaptations locales au Bénin. Climatologie 8 : 26–40.

GUIBERT H., ALLE U. C., DIMON R. O., DEDEHOUANOU H., VISSOH P. V., VODOUHE S. D., TOSSOU R. C. & AGBOSSOU E. K. 2010. Correspondance entre savoirs locaux et scientifiques : Perceptions des changements climatiques et Adaptations. Etude en région cotonnière du Nord Bénin. ISDA 2010, Montpellier du 28 au 30 Juin 2010,10 p.

HAMMED L. A., AMNIKWE J. C. & ADEDEDJI A. R. 2008.Cashew nuts and production development in Nigeria. American-Eurasian Journal of Scientific Research 3(1) : 54-61.

HOUNGNANDAN P., YEMADJE R., KANE A., BOECKX P. & VAN CLEEMPUT O. 2009. Les endomycorhizes d'*Isoberlinia doka* (Crab& Staff) dans différentes formations végétales de la forêt classée de Wari-Maro (Nord Bénin). Tropicultura 27 (2) : 83–87.

IBIREMO O. S., OGUNLADE M. O., OYETUNDJI O. J. & ADEWALE B. D. 2012. Dry matter yield and nutrient uptake of cashew seedlings as influenced by Arbuscular mycorrhizal inoculation, organic and inorganic fertilizers in two soils in Nigeria.ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 7(3) : 196-205.

IKISAN, 2010. Cashew insects management. http://www.ikisan.com/links/tn_cashewInsectManagement.shtml, visité le 29/03/2013.

INRAB (Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin) 1995. Fiches techniques sur les sols et les essences forestières. Edition INRAB, 68 p.

INRAB (Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin) 1996. Plan directeur de la recherche agricole du Bénin. Vol 2- Première partie. Plan de développement à long terme. Edition ISNAR, 154 p.

JOHNSON J-M., HOUNGNANDAN P., KANE A., SANON K. B. & NEYRA M. 2013. Diversity patterns of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with rhizosphere of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in Benin, West Africa. Pedobiologia 56 : 121–128.

LAWAL J. O., ODUWOLE O. O., SHITTU T. R. & MUYIWA A. A. 2010. Profitability of value addition to cashew farming households in Nigeria. African Crop Science Journal 19(1) : 49-54.

LEMAITRE P., BEDIYE P. & AHOUADI H. 2003. Diagnostic global de la filière anacarde au Bénin. MAEP/PADSE, Cotonou, 79 p.

MALGRANGE S. 2011. L'agriculture paysanne face à l'instabilité climatique dans les Andes centrales : des mutations nouvelles ? Dynamiques d'adaptation dans la région de Huancavelica, Pérou. Mémoire de fin d'études en climatologie, ISTOM. 97 p.

MARAUX F. 2002. Le climat et la production végétale : 433-447 p. In Mémento de l'agronome, Ministère des Affaires étrangères, CIRAD, GRET, Paris, France.

MERTZ O., MBOW C., REENBERG A. & DIOUF A. 2009. Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. Springer Science + Business Media, LLC 2008, Environmental Management 43:804–816.

OUESSOU I. F. 2010. Inventaire de l'entomofaune associée à l'anacardier (*Anacardium occidentale* Linn.) dans les départements du Centre et du Nord du Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin, 52p.

OUOBA R., TANI M. & TOURE Z. 2003. Analyse stratégique des enjeux liés au genre au Burkina Faso. Rapport de consultation. Ministère de la Promotion de la Femme, Ouagadougou, Burkina Faso. 106 p.

PENG R. & CHRISTIAN K. 2006. Effective control of Jarvis's fruit fly, *Bactrocera jarvisi* (Diptera : Tephritidae), by the weaver ant, *Oecophyllas maragdina* (Hymenoptera: Formicidae), in mango orchards in the Northern Territory of Australia. International Journal of Pest Management 52(4):275–282.

PENG R. & CHRISTIAN K. 2007. The effect of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), on the mango seed weevil, *Sternochetus mangiferae*(Coleoptera: Curculionidae), in mango orchards in the Northern Territory of Australia. International Journal of Pest Management 53: 15 – 24.

PPAB (Programme de Professionnalisation de l'Agriculture au Bénin) 2004. Le point sur la filière anacarde. Note d'information. PPAB/MAEP, 9 p.

PROBORINI M. W., SUDANA M., SUARNA W. & RISTIATI N. P. 2013. Indigenous vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in cashew nut (*Anacardium occidentale*) plantation of North-East–Bali Island-Indonesia. Journal of Biology Agriculture and Healthcare 3(3): 114-121.

RICAU P. 2013. Connaitre et comprendre le marché international de l'anacarde, Publication de Rongead, disponible sur le site www.rongead.org, 49 p.

SAÏDOU A., TOSSOU R., KOSSOU D., SAMBIENI S., RICHARDS P. & KUYPER T. W. 2007a. Land tenure and sustainable soil fertility management in Benin. International Journal of Agricultural Sustainability 5 (2 & 3): 195 - 212.

SAÏDOU A., ADJEI-NSIAH S., KOSSOU D., SAKYI-DAWSON O. & KUYPER T. W. 2007b. Sécurité foncière et gestion de la fertilité des sols : études de cas au Ghana et au Bénin. Cahiers Agricultures 16 (5) : 405 - 412.

SAÏDOU A., ETEKA A.C., AMADJI G.L., HOUGNI D-G.J.M.& KOSSOU D. 2012. Dynamique des champignons endomycorhiziens dans les jachères manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Centre Bénin. Annales des Sciences Agronomiques 16(2): 215-228.

SINZOGAN A., VAN MELE P. & VAYSSIERES J-F. 2008. Implications of on-farm research for local knowledge related to fruit flies and the weaver ant *Oecophylla longinoda* in mango production. International Journal of Pest Management 54(3): 241–246.

TANDJIEKPON A. M. 2005. Caractérisation du système agroforestier à base d'anacardier (*Anacardium occidentale* L) en zone de savane au Bénin. Mémoire pour l'obtention du DEA, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (FLASH/UAC), 104p.

TANDJIEKPON A., LAGBADOHOSSOU A., HINVI J. & AFONNON E. 2003. La culture de l'anacardier au Bénin : Référentiel Technique. Edition INRAB, ISBN 99919-51-66-0, 86 p.

TANDJIEKPON A., TEBLEKOU K., DAH-DOVONON J. Z., N'DJLOSSE K., ADJAHOUINOU L. T. & MIDINGOYI JUN S. 2005. Mieux produire l'anacarde au Bénin: Référentiel technico-économique, 2ème édition. Edition INRAB, ISBN 99919-57-28-6, 63 p.

TCHABI A., COYNE D., HOUNTONDJI F., LAWOUIN L., WIEMKEN A. & OEHL F. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan Savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. Mycorrhiza 18: 181–195.

TOPPER C. P., CALIGARI D. S. P., CAMARA M., DIAORA S., DJAHA A., COULIBALY F., ASANTE A. K., BOAMAH A., AYODELE E. A. & ADEBOLA P. O. 2001. Sustainable Tree Crop Programme. West Africa Regional Cashew Survey.65 p.

TREKPO P. 2003. La culture de l'anacardier dans la Région de Bassila au Nord du Bénin. Rapport d'étude, URPA Atacora-Donga, 53 p.

UWAGBOE E. O., ADEOGOUN S. O. & ODEBODE S. O. 2010. Constraints of farmers in cashew production: A case study of Orire L.G.A. of Oyo state, Nigeria. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 5(4) : 27-31.

VAN MELE P. 2008. A historical review of research on the weaver ant Oecophylla in biological control. Agriculture for Entomology 10(1) : 13–22.

VAN MELE P., VAYSSIÈRES J-F., VAN TELLINGEN E. & VROLIJKS J. 2007. Effects of an African weaver ant, *Oecophylla longinoda*, in controlling mango fruit flies (Diptera : Tephritidae) in Benin. Journal of Ecology and Entomology 100(3) : 695–701.

YABI I., YABI BIAOU F. & DADEGNON S. 2013. Diversité des espèces végétales au sein des agro-forêts à base d'anacardier dans la commune de Savalou au Benin. International Journal of Biological and Chemical Sciences 7(2) : 696-706.

YAO N. R., OULE A. F. & N'GORAN K. D. 2013. Etude de vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques en Côte d'Ivoire. Rapport de consultation, PNUD.105 p.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 53-68, 2015 ISSN 1659 - 5009

ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DU SOL SABLEUX DU LITTORAL SOUS SYSTÈME MARAÎCHER AU SUD-BÉNIN.

F. H. ADIFON, A. H. AZONTONDE*, J. HOUNDANTODE*, G. L. AMADJI** & M. BOKO****

**Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement de l'Institut National des Recherches Agronomiques du Bénin (LSSEE/INRAB) – Email : adifonf@yahoo.fr*

***Laboratoire des Sciences du sol, Département de Production Végétale, FSA/UAC-Abomey-Calavi, République du Bénin*

****Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable, République du Bénin*

RÉSUMÉ

Au Bénin, la pratique du maraîchage sur des sols peu évolués connaît une extension en raison des besoins alimentaires urbains. L'étude a évalué l'état de fertilité des sols sableux littoraux sous système maraîcher dans la Commune de Grand-Popo. Une enquête a été menée auprès de 45 maraîchers suivis des prélèvements de sols. Les échantillons de sols ont été analysés au Laboratoire. Le logiciel SAS 9.2 a servi à l'analyse des données. Les résultats obtenus ont révélé que la teneur moyenne en phosphore assimilable des sols sous système maraîcher était 66 fois plus élevée que celle du sol témoin ; et la teneur de la CEC 5 fois plus élevée comparativement au sol non perturbé (différence très hautement significative au seuil de 5 %). Par contre, la variation du taux de l'azote total (N_T), du carbone total (C_T), du potassium échangeable, des bases échangeables (Sb) et du taux de saturation des sols sous système maraîcher était non significative ($P > 0,05$). Les valeurs des teneurs de N_T et de C_T exprimées en pourcentage des sols sous système maraîcher étaient inférieures à 1 % de carbone. Des essais agronomiques pour une restauration du stock organique et de la fertilité des sols en vue d'une amélioration durable de leur productivité méritent d'être conduits.

Mots clés : maraîchage, sols peu évolué, fertilité, enquête agricole, sol non perturbé

ABSTRACT

In Benin, the practice of gardening on little evolved soils knows an increasing interest and extension of cultivated areas due to growing urban food needs. The study evaluated the fertility status of coastal sandy soils under vegetable crop in the town of Grand Popo. For this purpose, a survey was conducted among 45 gardeners followed by soil sampling. Soil samples collected were analyzed in laboratory and analyzed using the SAS 9.2 software. Results revealed a significant difference ($P< 0, 05$) between the levels of available phosphorus and CEC of soils under vegetable and undisturbed soil (control soil). Thus, the average content of available phosphorus in soils under vegetable was 66 times higher than that in the control soil; and content of the CEC 5 times higher compared to undisturbed soil. On the contrary, the variation in the rate of total nitrogen (TN), total carbon (TC), exchangeable potassium, exchangeable bases (Sb) and the rate of saturation of soils under vegetable was not significant ($P> 0,05$) relative to the control. The values of the levels of N_T and C_T as a percentage of land under vegetable were less than 1 % carbon. Research for a restoration of carbon and fertility tittle evolved soils for sustainable productivity improvements is pursued worth.

Keywords : gardening, soil fertility, agricultural survey, undisturbed soil.

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

Dans les régions arides et semi-arides du monde, les sols sableux sont exploités (Lamachère, 1991, Leonard & Rajot, 1998 ; Rajot *et al.*, 2009). Ils constituent le capital foncier majeur des agriculteurs dans bon nombre de pays sahélien et permettent à des millions de populations de réduire l'insécurité alimentaire grâce à la production agricole (IRD, 1999 ; Rajot *et al.*, 2009). Au Bénin, la mise en culture des sols sableux connaît également une expansion. En effet, l'exploitation du sol sableux peu évolué pour la production maraîchère s'est fortement développée sur le littoral ces dernières décennies (Temple et Moustier, 2004, Yèhouénou *et al.*, 2009). Cette exploitation des sols sableux pauvres du littoral pour la production maraîchère permet de fournir aux populations des villes côtières, 64 % de la consommation annuelle pour certains légumes (Adorgloh-Hessou, 2006). Cependant, si de nombreux travaux ont été réalisés sur les aspects agronomiques (Assogba-Komlan *et al.*, 2002; Assogba, 2007**),** socio-économiques (Hounkpodoté & Tossou, 2002 ; Singbo *et al.*, 2004) et toxicologique (Pazou *et al.*, 2010; Dougnon *et al.*, 2012) de la pratique du maraîchage, les études relatives à une gestion durable de la fertilité du sol de littoral sous maraîchage intensif restent limitées. Pourtant, l'un des déterminants du développement de la production agricole durable est la bonne gestion de la fertilité des sols (Yèhouénou *et al.*, 2009). Aussi, les sols ferralitiques et ferrugineux qui constituent la majeure partie (70 %) des sols du Bénin sont surexploités et connaissent un état de dégradation alarmante (Igué, 2003 ; Igué *et al*, 2010). Cette dégradation accélérée des sols principaux et l'urbanisation galopante ont contribué à l'expansion de la mise en valeur des sols marginaux tels les bas-fonds et les sols sableux (Saidou *et al.*, 2012). Ainsi depuis quelques décennies au sud-Bénin, les sols sableux littoraux très pauvres sont assez exploités en culture maraîchère suite à des stratégies de fertilisation (Yèhouénou *et al.*, 2009). L'une des stratégies couramment notées consiste à amender les sols avec de l'engrais organique (Weber *et al.*, 2007). Cette pratique contribue à l'augmentation du stock de matière organique du sol et à l'accroissement de la capacité d'échange cationique et par conséquence du niveau de fertilité des sols (Amadji *et al.*, 2009 ; Saidou *et al*, 2012). Cette stratégie de fertilisation pour la valorisation des sols sableux du cordon littoral au sud-Bénin améliore t'elle la fertilité des sols? L'étude contribue à l'approfondissement des connaissances sur l'interaction entre stratégies de fertilisation en système maraîchers sur le littoral à Grand-Popo et l'état de fertilité des sols. L'étude permet aussi d'appréhender l'état de

fertilité des sols et d'explorer des axes de recherche pour une meilleure valorisation des sols.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La présente étude a été conduite dans la Commune de Grand-Popo. Cette Commune est située au Sud-ouest du Bénin entre 6°12 à 6°27 de latitude Nord et 1°37 à 1°55 de longitude Est. Elle jouit d'un climat du type subéquatorial maritime caractérisé par quatre saisons plus ou moins marquées. Les précipitations ont lieu principalement entre mars et juillet avec un maximum en juin. Elles se répartissent en moyenne sur 80 à 120 jours. La hauteur annuelle moyenne de pluies est de 900 mm avec des minima de 730 mm et des maxima de 1145 mm. La température varie entre 21 et 32 °C tout le long de l'année. L'écart thermique moyen est de 5,8 °C. La zone est par ailleurs influencée par l'alizé maritime et l'harmattan (Adam *et* Boko, 1993 ; Agbo, 2012). On y rencontre dans cette Commune, trois types de sols correspondant à trois grands ensembles de reliefs à savoir : des sols littoraux et des cordons dunaires au niveau de la côte ; des sols ferrugineux à texture sablo-argileuse au niveau des zones de plateaux (la terre ferme) et enfin des sols alluvionnaires et hydromorphes au niveau des marécages et des plaines. Ces derniers occupent plus de 80 % des sols de la commune. De même, trois types de végétations dominants correspondants aux trois types de sols ou aux trois grands ensembles de relief sont présents. Ainsi sur les sols littoraux et les cordons dunaires de la Commune, on y retrouve une végétation de cocotiers (*Cocos nucifera*). Dans le secteur du plateau, la végétation est constituée de savane arborée à *Elæis guineensis* (palmier à huile), le *Borasus aethiopium* (rônier), *Mitragyna inermis, Adonsonia digitata* (baobab), *Ceiba pentandra* (fromager), *Milicia excelsa* (iroko). Dans les zones lagunaires et marécageuses où les sols sont alluvionnaires et hydromorphes, la végétation est dominée par une formation herbacée, des espèces lacustres plus ou moins denses tels que les palétuviers (*Avicenia et Rhizophora*), les joncacées et les graminées (Adam *et* Boko, 1993 ; Capo-Chichi, 2006).

Une enquête agricole a été menée auprès de 45 maraîchers dans les arrondissements de Grand-Popo Centre (Onkihoue plage, Ewecondji plage ; Likouecondji ; Yodocondji et Zogbedjicodji) et d'Agoué (Ayiginnou1 et Ayiginou 2) où se mène une forte activité de production maraîchère (Figure 1).

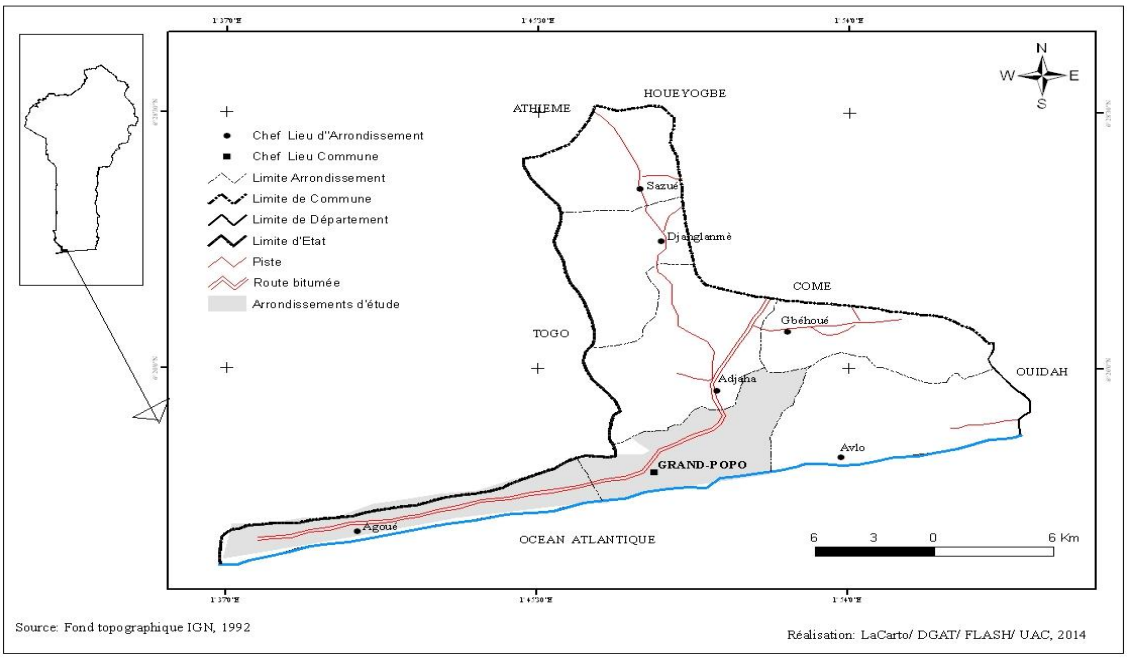

Figure 1. Localisation géographique du milieu d'étude

Le choix des exploitants maraîchers enquêtés a été raisonné et à tenir compte de la taille ou surface agricole et du niveau social des exploitants maraîchers. Pour ce faire, la phase d'enquête a été précédée d'une phase exploratoire au cours de laquelle une séance de travail a été organisée avec le Responsable du développement rural de Grand-Popo et ses collaborateurs. Des entretiens semi-structurés ont également été réalisés avec des groupements maraîchers à Grand-Popo Centre et à Ayiginnou dans l'Arrondissement d'Agoué. Le contenu du guide d'entretien portait sur l'origine des groupements, les objectifs, leurs logiques d'intervention, leur modes ou systèmes de production, les activités extra agricoles, les actions déjà menées, les résultats obtenus, les contraintes rencontrées, et les mesures prises pour faire face aux contraintes. Des échantillons de sols composites des couches superficielles du sol (0-20 et 20-40cm) ont ensuite été prélevés. Le prélèvement s'est limité aux couches superficielles du sol en raison des spécificités du système racinaire des cultures maraîchères. Les prélèvements ont été effectués sur quatre sites maraîchers dont deux à Grand-Popo centre et deux à Agoué. L'identification et le choix des sites retenus ont tenu compte des informations recueillies lors de la phase d'enquête. Au niveau de chaque site maraîcher, les échantillons de sols ont été prélevés sur une dizaine de planches de longueur 12 m et de

largeur 3 m. Les prélèvements de sols sur chaque planche ont été effectués à l'aide d'une tarière hollandaise suivant la méthode zig-zag de Barker (1985). Les prélèvements effectués au niveau de chaque site et par profondeur ont été ensuite mélangés pour obtenir des échantillons composites. Quant au sol non perturbé qui a servi de témoin, il a été obtenu à la suite de profils pédologiques réalisés sur des sols du cordon littoral à végétation de cocotiers encore peu utilisés pour la production maraîchère ou les cultures annuelles.

Analyses de laboratoire

Les échantillons ont été séchés à l'air ambiant puis tamisés à l'aide d'un tamis de maille de 2 mm de diamètre. Les paramètres dosés ont été le carbone, l'azote, le phosphore (Pass), les bases échangeables (Sb), la capacité d'échange cationique (CEC) et le taux de saturation (V). Le pH a été également mesuré. Pour la détermination du carbone (C) et de l'azote (N), une partie de la terre fine a été broyée et tamisée à l'aide d'un tamis de maille de 0,2 mm de diamètre. Le carbone de la matière organique (MO) est oxydé par un mélange de bichromate de potassium [K2CrO7 (N)] et d'acide sulfurique [H2SO4 (N)]. L'excès de bichromate de potassium inutilisé dans la réaction a été ensuite dosé par le sel de MOHR en oxydoréduction. Le mélange a été titré avec le sel de MOHR (N/2). La teneur en C a été calculée par la formule : % C = (10 - V) x 0,39/p, avec : V : volume de sel de MOHR utilisé et P : la masse de sol prélevée. La déduction de la tenure en matière organique a été faite par la formule : % MO = % C x 1,724, avec : % C : teneur en carbone de la terre tamisée à 0,2 mm.

Dosage de l'azote fait par la méthode de KJELDAHL

La teneur en N est calculée suivant la formule : % N= 0,35 x (V1 - V2), avec : V1 : le volume de H2SO4, 0,01N utilisé pour la titration de l'échantillon et V2 : le volume de H2SO4 0,01 N utilisé pour la titration du blanco.

Dosage de Phosphore fait par la méthode de BRAY-I

Une masse de 2,5 g de chaque échantillon a été mise dans des godets à extraction au quelle a été ajoutée 25 ml de la solution de Bray. Le mélange a été agité pendant une dizaine de minutes puis filtré dans des fioles de 25 ml avec du papier filtre Whatman. Ensuite, 7 ml d'extrait de chaque échantillon a été prélevé dans des tubes à essai auquel ont été ajoutés : 1 ml de molybdate d'ammonium (N) et 2 ml d'acide ascorbique (N). Le mélange est porté au bain marie à 80 °C pendant 10 minutes, puis après refroidissement, la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 660 nm a été effectuée.

Détermination des bases échangeables

Un prélevé de 7 ml d'extrait de chaque échantillon a été fait auquel nous avons ajouté 1 ml d'acide ascorbique. Le mélange est porté au bain marie à 80 °C pendant 10 mn. Cette opération est suivie de la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde 660 nm. Pour le dosage des ions Ca2+, nous avons ajouté à la solution de base échangeable (S), 2 ml de KCN à 1 %, 5 ml de chlorhydrate de triéthanolamine (N), 12 ml de NaOH (2N) et 4 gouttes de calcéine. Le mélange obtenu est titré avec de l'EDTA (N/50). La teneur en Ca2+ échangeable est obtenue par la formule : Ca2+ = V3 x 5 méq/100 g, avec V3 : le volume d'EDTA utilisé pour la titration. Pour déterminer la teneur totale en Ca2+ et Mg2+, nous avons ajouté 2 ml de KCN à 1 % à 5 ml de chlorhydrate de triethanolate (N), 10 ml de solution tampon de pH=10 et 2 gouttes de noire érichrome. Cette solution finale est titrée avec de l'EDTA (N/50). La teneur en Mg2+ se fait par la formule : Mg2+ = (V4 - V3) x 5 méq/100 g, avec : V4 : le volume d'EDTA utilisé dans la seconde titration et V3 : le volume d'EDTA utilisé pour la première titration

Détermination de la capacité d'échange cationique (CEC)

Les échantillons de sol restés après la centrifugation sont rincés 3 fois à l'alcool pour éliminer les traces d'acétate d'ammonium. Après le rinçage, nous y avons ajouté 10 ml de KCl (0,01 N) et le mélange laissé au repos pendant quelques minutes. Nous avons ajouté par la suite 25 ml de KCl puis avons agité pendant 15 mn. Le surnageant est transvasé dans des fioles. La lecture a été faite au spectrophotomètre à 660 nm. Pour une bonne lecture, les échantillons sont dilués au 1/10 et 1/50.

Détermination du pH

A 20 g d'échantillon, nous avons ajouté 50 ml d'eau distillée, avons laissé au repos pendant 30 mn et avons fait la lecture à l'aide d'un pH-mètre 730 INOLAB.

Analyse des données

Les données issues du laboratoire ont été traitées à l'aide du logiciel SAS 9.2. L'analyse de variance à un facteur (site de prélèvement) a été appliquée aux données pour tester les différences entres les propriétés chimiques du sol non perturbé ou sol témoin et ceux sous maraîchage intensif sur le cordon littoral.

Évaluation du niveau de fertilité des sols

Sur la base des résultats d'analyses de sols effectués au laboratoire, nous avons procédé à une évaluation quantitative du niveau de fertilité des sols

sur la base des critères définit par Quemada & Cabrera (1995). Cette évaluation quantitative de la fertilité des sols a été faite dans le Tableau 1. En effet, ces auteurs en fonction des limitations dues aux teneurs des éléments nutritifs dans un sol et de leur degré d'intensité (Tableau 1) ont défini les niveaux de fertilité ci-dessous :

*Niveau de fertilité élevé : si les caractéristiques chimiques du sol au vue de leurs teneurs ne présentent pas ou présentent seulement de faibles limitations ;
*Niveau de fertilité moyen : si les éléments nutritifs du sol au regard de leurs teneurs ne présentent pas plus de trois limitations modérées éventuellement associées à de faibles limitations ;
*Niveau de fertilité bas : si les paramètres chimiques du sol présentent plus de trois limitations modérées associées à une limitation sévère ;
*Niveau de fertilité très bas : les caractéristiques présentent plus d'une limitation sévère.
Il est à préciser que les différents degrés d'intensité de limitations représentés par les chiffres entre parenthèse de la première ligne du Tableau 1 traduisent respectivement :
*(0) = pas de limitation; implique que la teneur de l'élément nutritif considéré est optimale dans le sol;
*(1) = limitations légères ; implique que la teneur du paramètre chimique du sol considéré peut être une source de diminution légère des rendements sans cependant nécessiter de techniques culturales spéciales ;
*(2) = limitations modérées implique que l'on est devant une situation où la teneur de l'élément nutritif du sol considéré peut être source de diminution importante des rendements sans pour autant mettre en cause la rentabilité des cultures;
*(3) = limitations sévères ; se référant à de situation qui cause une diminution assez importante des rendements et qui pourrait mettre la rentabilité des cultures en cause ;
*(4) = limitations très sévères ; implique qu'on est en face de situations qui ne permettent plus l'utilisation de la terre pour le but précis.

Tableau 1. Critères d'évaluation des limitations et du niveau de fertilité d'un sol

Caractéristiques	Pas de limitations (0)	Limitations faibles (1)	Limitations moyennes (2)	Limitations sévères (3)	Limitations très sévères (4)
Matière organique %	> 2	≈ 2	2-1	1-0,5	< 0,5
N % à pH6	> 0,08	0,08-0,05	0,045	0,03	< 0,03
P assimilable en ppm	> 20	20-10	10	5	< 5
K méq/100g sol	> 0,4	0,4-0,2	0,2	0,1	< 0,1
Sbase (méq/100 g de sol)	> 10	10-5	5	2	< 2
V (méq/100 g de sol)	> 60	60-40	40	15	< 15
CEC méq/100 g sol	> 25	25-10	10	5	< 5

Légende : N = azote ; P = phosphore ; K = potassium ; Sbase = somme des bases ; CEC = capacité d'échange cationique ; V = saturation en bases Source : Quemada et Cabrera (1995).

RÉSULTATS

Pratiques culturales en maraîchage intensif à Grand-Popo

Les résultats d'enquête agricole menée auprès des maraîchers de Grand-Popo ont montré que l'occupation des sites maraîchers était intensive et permanente grâce à des systèmes d'irrigation. Ces systèmes d'irrigation étaient au nombre de trois types à savoir : arrosage par tuyau flexible, par arrosoir et par tourniquet. Les successions culturales les plus courantes étaient celles de: tomate-tomate ; tomate-oignon ; tomate-Grande morelle ; Grande morelle-Grande morelle ; Grande morelle-Piment. Les principales spéculations cultivées en termes d'emblavures étaient la tomate, l'oignon, la Grande Morelle, le piment et la carotte (Figure 2). Les variétés de légumes les plus cultivées par les maraîchers étaient celles améliorées. Les cultures se pratiquent généralement sur planches. Le repiquage des jeunes plants de légumes sur les planches est souvent précédé d'amendement organique à base de la fumure animale (fiente de volaille et bourse de vache). Toutefois, les amendements organiques appliqués au sol par les maraîchers avant le repiquage sont inférieurs à 2 kg/m^2. Les cultures reçoivent également de l'engrais minéraux. Les doses d'engrais chimiques apportés aux cultures et leurs fréquences d'application sont fonction du type de culture et de la période de culture (saison sèche ou pluvieuse). Cependant les doses d'engrais minéraux de fond (NPK) couramment apportées aux cultures par les maraîchers sont généralement comprise entre 200 à 300 kg/ha. Quant à la protection des cultures, elle est basée essentiellement sur la lutte chimique. La fréquence de traitement des cultures variait également selon les

maraîchers mais 69 % des maraîchers optaient pour un traitement par semaine. Le mode d'application des produits phytosanitaires par les maraîchers est uniquement la pulvérisation à l'aide de pulvérisateurs à dos et à pression entretenue. L'utilisation d'équipements de protection lors des traitements a été peu observée.

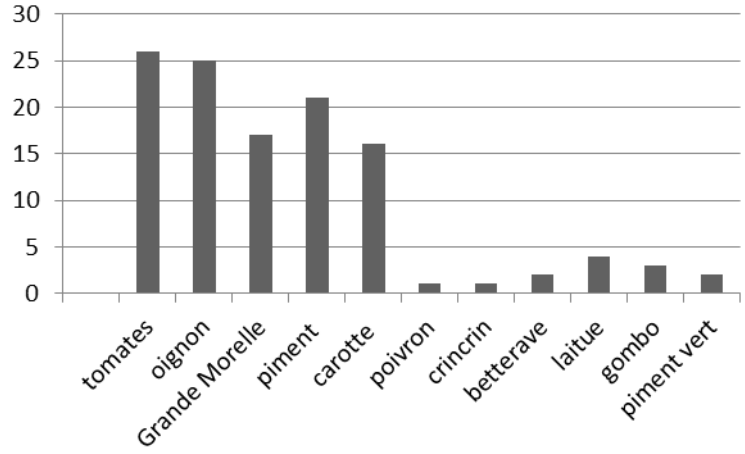

Figure 2. Principales cultures en Production maraîchère urbaine à Grand-Popo

É*valuation des caractéristiques chimiques du sol sous maraîchage*

Le Tableau 2 présente les caractéristiques chimiques du sol sableux peu évolué de différents sites maraîchers de Grand-Popo et celui de sol non perturbé (sol du cordon littoral à l'état naturel et peu utilisé pour les cultures maraîchères ou annuelles). Il ressort de ce tableau, une variation non significative ($P > 0,05$) entre les teneurs d'azote total (N_T) et du carbone total (C_T) des sols sous maraîchage intensif et celui du témoin. Les moyennes respectives des teneurs en N_T (0,060 ± 0,004) et en C_T (0,390 ± 0,023) des sols sous maraîchage intensif exprimées en pourcentage sont inférieures à 1 % de carbone. Ceci suppose que la teneur actuelle en C_T des sols sous maraîchage intensif en référence aux critères du Tableau I, présente des limitations sévères pour la croissance des plantes. En revanche, le Tableau 2 montre une amélioration significativement ($P < 0,05$) de la teneur en phosphore assimilable (Pass) des sols. La teneur en Pass des sols sous maraîchage a ainsi augmenté de 66 fois en comparaison au sol non perturbé. Ce paramètre chimique du sol au vu donc de sa teneur actuelle (76 ± 9,51 ppm) dans la couche superficielle des sols, ne présente pas de limitations pour la croissance

des plantes. Quant à la variation de la teneur en potassium échangeable (Kass), elle est non significative (P > 0,05). Toutefois, les applications régulières d'engrais minéraux composés permettent de maintenir constante la teneur de cet élément minéral malgré le fait que le sol soit sous culture continue. Le Tableau 2 montre aussi que la variation de la somme des bases échangeables (Sb) est non significative (P > 0,05). La teneur moyenne en bases échangeables totales des sols sous maraîchage intensif est d'environ 3,20 ± 0,37 méq/100g de sol. Cette teneur en Sb des sols sous cultures est inférieure au seuil moyen de 5 méq/100g pour des sols tropicaux (Tableau 1). Par conséquent, ce paramètre chimique (Sb) au vu de sa teneur actuelle, présente des limitations sévères pour la croissance des plantes. L'analyse du Tableau 2 révèle aussi une différence significative (P < 0,05) de la capacité d'échange cationique (CEC). La CEC des sols sous maraîchage intensif a alors connu une amélioration sensible passant de 2,7 méq/ 100g à 13,6 ± 0,91 méq/100g. La teneur actuelle en CEC des sols étant comprise entre 10 et 25 méq/100g, ce paramètre chimique ne présente que de faibles limitations. Quant à la variation du taux de saturation (V) entre les sols sous maraîchage intensif et le sol témoin, elle est non significative (P > 0,05) et présente des limitations sévères pour la croissance des plantes. En effet, un sol est supposé très fortement lessivé lorsque son taux de saturation est compris entre 0 et 15 %, fortement lessivé entre 15 et 30 %, modérément lessivé entre 30 et 50 %, légèrement lessivé entre 50 et 70 % et très faiblement lessivé entre 70 et 100 %. Le taux de saturation des sols étudiés étant compris entre 15 et 30 %, les risques de lessivage des sols sont donc élevés. Ce paramètre chimique du sol ayant une teneur largement inférieur au seuil de 40 %, il présente donc des limitations sévères pour la croissance des plantes. Enfin, l'analyse du Tableau 2 montre que la différence de l'acidité des sols sous maraîchage intensif par rapport au sol témoin est non significative (P > 0,05). La valeur du pHeau actuel du sol est de 6,05 ± 0,01 contre 6,2 pour le sol témoin. Ceci suppose que les pratiques culturales actuelles ont très peu influencé l'acidité du sol dans cette couche du sol. En conclusion, il se dégage que les sols sableux du littoral sous système maraîcher à Grand-Popo au vue des critères d'évaluation du niveau de fertilité d'un sol définit dans le Tableau 1, présentent plus d'une limitation sévère c'est-à-dire que ces sols en état actuel, présentent plus d'un paramètre chimique dont la teneur actuelle est si faible et capable d'affecter la productivité des cultures ou leur rentabilité. Par conséquent, les pratiques culturales actuelles ont très peu influencés le niveau de fertilité des sols qui demeure très bas.

Tableau 2. Comparaison des paramètres chimiques et pH du sol de profondeur 0-20 cm sous culture intensive et à l'état naturel

	Paramètres chimiques								
N° Sites de	N_T	% C_T	C/N	Pass	Kass	S	CEC	V %	pHeau
Caractéristiques sols site 1	0,06	0,43	7,16	58	0,17	3,63	12,8	28	7
Caractéristiques sols site 2	0,07	0,36	5,14	65	0,16	4,1	12,3	33	6,7
Caractéristiques sols site 3	0,06	0,43	7,16	80	0,20	2,78	16,3	17	5,5
Caractéristiques sols site 4	0,05	0,34	6,8	101	0,17	4,40	13	18	5,5
Teneurs Moy des sols sous-système maraîcher	0,06 ± 0,004a	0,39 ± 0,023a	6,57 ± 0,48a	76 ± 9,51a	0,18 ± 0,36a	3,20± 0,37a	13,6± 0,91a	24± 3,89a	6,05± 0,008a
Teneurs du sol témoin (non perturbé) ou à l'état naturel	0,053a	0,44a	8,3a	1b	0,18a	0,62a	2,7b	23a	6,2a

DISCUSSION

L'analyse des sols sous culture maraîchère au niveau du cordon littoral à Grand-Popo montre une faible amélioration de leur niveau de fertilité. La teneur en matière organique des sols demeure en dessous de 1 % de carbone alors qu'un bon sol en région tropicale doit présenter 2 à 3,5 % de matière organique (Quemada & Cabrera, 1995). La faible amélioration du stock organique des sols sous maraîchage révèle que les résultats de l'étude sont conformes aux résultats obtenus par Yèhouénou *et al.* (2009). En effet, ces auteurs ont étudié la dynamique des propriétés chimiques du sol sableux du littoral amendé avec différentes doses (0 $t.ha^{-1}$; 20 $t.ha^{-1}$; 40 $t.ha^{-1}$; 80 $t.ha^{-1}$) de sous produits d'épuration des eaux usées à Sèmè-Podji au Sud-est du Bénin et ont constaté au terme de leur étude que malgré un amendement de l'ordre de 20 à 80 $t.ha^{-1}$ de compost + 50 $m^3.ha^{-1}$ d'effluent, l'enrichissement en matière organique ne dépassait guère le seuil moyen. La faible amélioration du stock organique des sols observés est également en conformité avec les travaux de Saidou *et al.* (2012) qui ont étudié l'effet de différents compost tels que le compost à base de fientes de volailles, de déjections d'ovins et du guano sur les propriétés chimiques d'un sol ferralitique au Sud Bénin.

Les résultats d'analyse de sols de l'étude montrent aussi une tendance à la baisse du taux de carbone total C_T (8,3 de C/N au niveau du sol témoin contre 6,57 pour les sols sous maraîchage intensif). Cette tendance à la baisse de la matière organique qui est le fait de la minéralisation confirme les travaux de Yoni et al. (2005) et de Saïdou et al. (2009) qui ont noté que la mise en culture d'un sol décroit sa teneur en stock organique. Ainsi, la différence entre le rapport C/N du sol témoin et ceux des sols sous maraîchage bien

qu'elle ne soit pas significative traduit une minéralisation de la matière organique.

Toutefois, les stratégies de fertilisation développées par les maraîchers permettent l'amélioration de certains paramètres chimiques des sols. Ainsi, le taux de phosphore assimilable des sols sous culture a été amélioré par plus de 66 par rapport au sol témoin. La teneur de ce paramètre chimique qui présente une limitation très sévère au niveau du sol témoin est par contre au niveau des sols sous maraîchage 3 à 4 fois supérieure au seuil moyen de 20 ppm supposée suffisant pour favoriser une croissance des plantes c'est-à-dire pour ne plus être considérée comme une limitation. La capacité d'échange cationique (CEC) des sols qui constitue également une limitation sévère au niveau du sol témoin est désormais multipliée par 5 au niveau des sols sous maraîchers avec une teneur moyenne plus favorable au développement des cultures et par ricochet à la production agricole. Les bases échangeables totaux (Sb) au regard du Tableau 1, constituent certes toujours des limitations tant au niveau du sol témoin qu'au niveau des sols sous culture mais leur teneur au niveau des sols sous système maraîchers s'est enrichie. Cette amélioration de la teneur du phosphore assimilable, de la capacité d'échange cationique et des bases échangeables au niveau des sols sous cultures a été observé par bien d'autres auteurs à l'issu de leurs travaux (Budelman & Zander, 1990 ; Igué, 2000 et Yèhouénou et *al.*, 2009 ; Amadji *et al.*, 2009).

Les modes de fertilisation sous système maraîcher sur le cordon littoral à Grand-Popo ont également permis de maintenir constante et très proche du seuil moyen de 0,20 méq/100g, la teneur en potassium échangeable du sol. Enfin le taux de saturation a augmenté d'1 % passant de 23 % à 24 % avec une variabilité intersites atteignant 33 %. La valeur moyenne du pH eau est de 6,05 dans les 20 premiers centimètres du sol. Cette valeur du pH eau est très proche des valeurs optimales définit par (Baize, 2000). Le pH eau actuel du sol est donc favorable à une assimilation des éléments minéraux et justifie aussi en partie, l'enrichissement des paramètres chimiques du sol constaté.

CONCLUSION

Les pratiques de fertilisation en production maraîchère sur le cordon littoral à Grand-Popo améliorent les caractéristiques chimiques des sols. Les apports réguliers d'engrais minéraux et les amendements organiques successif en début de chaque repiquage enrichissement en effet les sols et rendent possible leur exploitation en culture maraîchère. Cependant, la teneur en carbone des sols qui devrait favoriser une amélioration de la structure des

sols, augmentation leur capacité de rétention en eau et des nutriments et stimuler l'activité microbienne demeure assez faible et en dessous de 1 %. Cette faible teneur en matière organique des sols est le fait de la pauvreté naturelle de ces derniers en matériaux organiques mais aussi et surtout en raison de la qualité des rotations culturales pratiquées par les maraîchers qui ne permet pas une restitution des résidus de récolte. L'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture ou la fertilisation des sols avec de la biomasse (compost) de la jacinthe d'eau dont la prolifération dans les eaux de surface de la région méridionale du Bénin pose de véritable problèmes environnementaux et de développement sont nécessaires afin de valoriser au mieux ces sols dont le niveau de fertilité demeure très bas.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs profonds remerciements au Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) qui a organisé l'atelier de formation en écriture scientifique pour améliorer la qualité scientifique de cet article et facilité la publication des résultats de leurs travaux de recherche dans le présent Numéro Spécial.

Ils remercient également le Dr. Guy Apollinaire MENSAH (Directeur de recherche) et Dr Alice Koubourath IGUE DJINADOU pour la qualité de leur formation en écriture scientifique et leurs multiples contributions au cours de la réalisation des travaux de cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAM K. S., BOKO M. 1993. Le Bénin. Paris, Edicef, 2ème édition, 93 p

ADORGLOH-HESSOU R. A. 2006. Guide pour le développement de l'entreprise de production et de commercialisation de légumes de qualité dans les régions urbaines et périurbaines du Sud-Bénin. Rapport de consultation IITA-Bénin. 82 p.

AGBO C. E. F. 2012. Contraintes environnementales et urbanisation dans la Commune de Grand-Popo. Mémoire de maitrise en géographie option aménagement du territoire. Flash, UAC, Abomey-Calavi, Bénin, 78 pp.

AMADJI G. L., SAÏDOU A & CHITOU L. 2009. Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Benin. *Int J Biol Chem Sci,3* (2) : 192-202.

ASSOGBA-KOMLAN F., SINGBO A. G. & ADÉGBOLA Y. P. 2002. Agriculture urbaine au Bénin : cas de la ville de Cotonou, PCM/INRAB et PAPA/INRAB, Bénin. 30 p.

ASSOGBA R. 2007. Production maraîchère au Sud-Bénin : An*aly*se des facteurs décisionnels en matière de choix *et* de dimensionnement des spéculations. *Thèse d'ingénieur agronome, FSA/ UAC Bénin, 140 p.*

BAIZE D. 2000. Guide des analyses en Pédologie. 2ème édition revue et augmentée. INRA, Paris. 257 p.

BARKER K R. 1985. Sampling nematode communities. In *An advanced Treatise on Meloidogyne, Methodology* (vol. 2) BARKER R., SASSER JN. (eds) North Carolina State University Graphics, Raleigh: USA, 3-14.

BUDELMAN A. & ZANDER P. 1990. Land use by immigrant baoulé farmers in the Taï region south- west Côte d'Ivoire. *Agroforestry systems* 11: 101- 123.

CAPO-CHICHI Y. J. 2006. Monographie de la Commune de Grand- Popo. Le rôle des Communes dans la promotion de l'économie locale et la valorisation des filières porteuses. Cabinet Afrique Conseil, 54 p.

DOUGNON T. V., EDORH P. A., BANKOLE H. S., DOUGNON T. J., MONTCHO S. A., HOUNKPATIN A., GOUSSI M., SOSSOU B., BOKO M. & CREPPY E. E. 2012. Evaluation of the toxicological quality of the leaves of *Solanum macrocarpum* L. cultivated with the chicken's droppings and water of marsh at Cotonou (Bénin). *J. Res. Environ. Sci. Toxicol.*, 1(1) :001-006

HOUNKPODOTE M. R. & TOSSOU C. 2002. Profil des interactions entre la problématique foncière et le développement de l'agriculture urbaine dans la ville de Cotonou et environs. Rapport final, Chambre d'Agriculture du Bénin, RFAU/AOC IAGU, 2002, 68 p.

IGUÉ A. M. 2000. The use of Soil and Terrain Digital Database for Land Evaluation Procedures- Case study of Central Benin. Hohenheimer Bodenkundliche Heft N 58 pp.235. University of Hohenheim, Stuttgart, Gemany. ISSN0942-0754.

IGUE A. M. 2003. Fertilité des terres de barres d'Adingnigon (commune d'Aplahoué). Actes 4 de l'Atelier scientifique Sud du 10 au 12 décembre 2003 à Abomey Calavi CRA-Centre/INRAB/MAEP/Bénin.246 – 251 pp.

IGUE A. M., AZONTONDE A. Z. & DAGBENONBAKIN G. 2010. Les sols et leurs potentialités agricoles au Bénin. Fiche technique. Dépôt légal N° 4945

du 17/12/2010 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 978 – 99919 – 370 – 8 – 3.

IRD. 1999. Rainurer les sols sableux pour améliorer la croissance des plantes. Fiche d'actualité scientifique, no 102, Novembre 1999, 7 p.

LEONARD J. & RAJOT J. L. 1998. Effets induits du paillage post-cultural d'un sol sableux encroûté au Sahel : conséquences sur l'amélioration de son fonctionnement hydrique. In GANRY F. & FELLER C. (Eds) Sols tropicaux : quelques expériences de gestion de la matière organique. Montpelier (FRA), Agriculture et Développement, 35-45.

LAMACHERE J. M. 1991. Aptitude au ruissellement et à l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Soil Water Balance in the Sudano Sahelian Zone (Proceedings of the Niamey Workshop, February 1991). IAHS Publ. no. 199.

PAZOU A., YEHOUENOU E., SOTON A., AZOCLI D., ACAKPO H., BOCO M., FOURN L., HOUINSA D., KEKE J C. & FAYOMI B. 2010. Contamination du sol, de l'eau et des produits maraîchers par des substances toxiques et des métaux lourds sur le site de Houéyiho (Cotonou) en République du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(6): 2160-2168.

QUEMADA M. & CABRERA M. L. 1995. CERES-N model predictions of nitrogen mineralized from cover crop residues. *Soil Science Society of American Journal* 59: 1059-1065.

ROJOT J. L., KARAMBIRI H., RIBOLZI H, PLANCHON O. & THIEBAUX J. P. 2009. Interaction entre érosions hydrique et éolienne sur sols sableux pâturés au Sahel : cas du bassin-versant de Katchari au nord du Burkina Faso. *Sécheresse* 2009 ; 20 (1) : 131-8.

SAIDOU A, KOSSOU D, AZONTONDE A. & HOUGNI D-G. J M. 2009. Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système 'jachère' manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin. *Int J Biol Chem Sci,* 3(3) : 587-597.

SAIDOU A., BACHABI S. F. X., PADONOU G. E., BIAOU O. D. B, BALOGOUN I & KOSSOU D. 2012. Effet de l'apport d'engrais organiques sur les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique et la production de laitue au Sud Bénin. Rev. CAMES-Série A, 13(2) : 281-285.

SINGBO G. A., NOUHOHEFLIN T. & IDRISSOU L. 2004. Etude des perceptions sur les ravageurs des légumes dans les zones urbaines *et* périurbaines du sud Bénin*. Projet Légumes de qualité, Rapport d'activités, IITA-INRAB-OBEPAB,* 21 p.

TEMPLE L. & MOUSTIER P. 2004. Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers agric*, vol 13, no 9, 15-22 p.

WEBER J, KARCZEWSKA A, DROZD J, LIEZNAR M, LIEZNAR S, JAMROZ E. & KOCOWIEZ A. 2007. Agricultural and ecological aspects of sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil*, *Biol Bioch* :1294-1302.

YÈHOUÉNOU E., PAZOU A., TOKO A. I. & HOUNDANTODÉ J. Z. 2009. Variabilité des éléments chimiques du sol sableux du littoral amendé avec des sous-produits d'épuration des eaux usées à Sèmè-Podji au Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin,* n° 64-juin 2009. 7 p.

YONI M, HIEN V, ABBADIE L. & SERPENTIE G. 2005. Dynamique de la matière organique du sol dans les savanes soudaniennes du Burkina Faso. *Cahiers Agric* 14(6) : 525-532.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 69-80, 2015 ISSN 1659 - 5009

EFFICACITÉ DE ACTELLIC GOLD DUST DP, INSECTICIDE BINAIRE À BASE DE PYRIMIPHOS–METHYL ET DE THIAMETHOXAM, POUR LA LUTTE CONTRE *SITOPHILUS ZEAMAIS* DANS LES STOCKS DE MAÏS AU BÉNIN

*C. M. HOUNSOU**, D. Y. ARODOKOUN*, R. SIKIROU*, E. T. ZANNOU***, S. BELLO*, S. A. P. ETCHIHA AFOHA*, M. M. ABOE*, E. O. de SOUZA****, A. H. BOKONON GANTA*****

**LDC/INRAB, 01 B.P. 128, Porto-Novo, République du Bénin ; rachidatous@yahoo.fr*

***FSAE/UCAO-UUC, B.P. 1999 Abomey-Calavi, République du Bénin ; cephashounsou@gmail.com*

****FSA/UAC ; 01 B.P. 526 Cotonou, République du Bénin ; ezannou2@yahoo.fr*

*****Direction de la Production Végétale (DPV) 01 B.P. 58 Porto-Novo, République du Bénin ; aimehbg@yahoo.com*

RÉSUMÉ

Les producteurs sont victimes des dégâts occasionnés par les insectes déprédateurs de stocks. La réduction des dommages causés par *Sitophilus zeamais* au maïs stocké nécessite l'application des insecticides de synthèse. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité de l'insecticide Actellic Gold Dust DP sur les ravageurs du maïs en conservation. Un bloc aléatoire complet à quatre répétitions et cinq traitements était utilisé. Le témoin absolu (sans insecticide), le témoin relatif (insecticide Sofagrain) et trois doses de Actellic Gold Dust DP ont été les traitements testés. L'effet du produit sur *S. zeamais*, sa persistance et la perte de poids du maïs conservé étaient évalués. Les résultats ont montré que les trois doses du produit Actellic Gold Dust DP (37,5 g/100 kg, 50 g/100 kg et 75 g/100 kg) avaient tué tous les *S. zeamais* dès application. La persistance de Actellic Gold Dust DP était constante avec les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg sur six mois de conservation. Avec la dose 37,5 g/100 kg, le produit n'a pas persisté au-delà de trois mois. Aucune perte de poids n'a été enregistrée dans le maïs traité avec Actellic Gold Dust DP pendant trois mois de conservation. Les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg de Actellic Gold Dust DP étaient aussi efficaces que Sofagrain testé à la dose de 50 g/100 kg.

Mots clés *: charançon, conservation, insecticide, maïs, Sitophilus zeamais.*

EFFICIENCY OF INSECTICIDE ACTELLIC GOLD DUST DP AGAINST *SITOPHILUS ZEAMAIS* IN MAIZE STOCK IN BENIN

ABSTRACT

Producers are victims of damages caused by post-harvest pests of stocks. Reducing damage caused by *Sitophilus zeamais* in stored maize requires application of synthetic insecticides. The objective of the study was to evaluate the effectiveness of the insecticide Actellic Gold Dust DP on maize pests in stock. A randomized complete block design was used with four replications and five treatments. Absolute control (no insecticide), a reference control named Sofagrain DP and three doses of Actellic Gold Dust DP were tested. The effect of insecticides and their persistence against *S. zeamais*, and weight loss of stored maize were evaluated. The results showed that all the three doses of insecticide Actellic Gold Dust DP (37.5 g/100 kg, 50 g/kg and 75 100 kg/100 kg) killed all *S. zeamais* introduced upon their contact with the insecticide. Actellic Gold Dust DP persisted with doses 50 g/100 g and 75 g/100 kg during 6 months of storage. With the dose of 37.5 g/100 kg the product did not persist after three months. No weight loss was recorded in maize treated with Actellic Gold Dust DP for 3 months of storage. Efficacy of the doses 50 g/ 100 kg and 75 g/100 kg of Actellic Gold Dust DP was similar to that of Sofagrain 50 g/100 kg.

Keys words *: conservation, insecticide, maize, Sitophilus zeamais, weevil.*

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

Les céréales constituent la base de l'alimentation humaine et animale dans la plupart des pays en voie de développement en général et en Afrique en particulier. Au Bénin, le maïs est la culture céréalière de première importance et la denrée de base pour ses habitants. Il est la céréale la plus cultivée (Paliwal, 2002) et la plus consommée avant le riz, le mil et le sorgho (MAEP, 2010). Au sud du Bénin, le maïs récolté par les producteurs est généralement conservé dans des greniers contre les insectes déprédateurs des stocks pour mieux gérer la période de soudure et garantir une semence de qualité pour les campagnes agricoles suivantes. Cependant, les conditions de conservation favorisent la prolifération de ces déprédateurs de stock qui détruisent une bonne partie du maïs stocké et rendent les grains attaqués peu comestibles ; réduisant ainsi la valeur marchande du produit. Les pertes occasionnées aux denrées entreposées par les coléoptères dépassent 20 % au bout de six mois de stockage (Pantenius, 1988 ; Borgermeister *et al.*, 1994 ; Adda et *al.,* 2002). Sous les tropiques en général (Labeyrie, 1991) et au Bénin en particulier (Kossou et Aho, 1993), des pertes de maïs en stockage peuvent atteindre 40 % après 5 mois d'entreposage. Ces pertes enregistrées sont une menace à la sécurité alimentaire (Keill, 1988) et affectent négativement les petits producteurs (Kossou & Aho, 1993). Pour cela les producteurs sont obligés de vendre leur maïs aussitôt après la récolte au moment où les prix sont encore très bas ou de le stocker au risque d'en perdre une partie à cause des insectes ravageurs de stock (Meikle et *al.,* 1998). Les ravageurs les plus redoutables du maïs en stockage sont *Sitophilus zeamais* et *Prostephanus truncatus* (Harisch, 1980 ; Kossou, 1987). Pour lutter eux, différentes méthodes de lutte y compris le séchage, l'usage des feuilles insectifuges et plusieurs techniques d'ensachage sont utilisés. Toutefois, Golob (1988) a souligné que seul l'usage des produits chimiques permet de contrôler efficacement les insectes pendant une durée minimum d'un an. Selon Paliwal (2002), la population de *S. zeamais* mérite d'être contrôlée par un insecticide de synthèse pour une meilleure conservation du maïs en stockage. Au Bénin Sofagrain (Pyrimiphos –Methyl 16 g/kg et Permethrine 3 g/kg) était l'insecticide utilisé par la plupart des producteurs céréaliers pour la conservation de leur récolte. Homologué au Bénin depuis une décennie par le Comité National d'Agrément et de Contrôle des Produits Phytopharmaceutiques (CNAC), il est actuellement rare sur le marché béninois. Les quelques producteurs et revendeurs qui en détiennent vont s'approvisionner sur les marchés des pays limitrophes. Il est nécessaire de mettre à la disposition des producteurs des produits appropriés pour la

conservation du maïs stocké et de diversifier leur gamme afin d'éviter les problèmes de rupture de stock et de résistance des ravageurs. C'est dans ce cadre que le produit, Actellic Gold Dust DP, un insecticide binaire à base de Pyrimiphos–Methyl 16 g/kg et de Thiamethoxam 3,6 g/kg, a été mis au point afin de réduire les pertes post-récolte engendrées par les insectes inféodés au maïs en stockage. L'objectif de l'étude a été d'évaluer l'effet de Actellic Gold Dust DP sur *S. zeamais*, la persistance du produit dans du maïs traité et la perte en poids du maïs conservé.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les expérimentations ont été conduites dans des bocaux sur les paillasses au Laboratoire de Défense des Cultures (LDC) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) situé au sud du Bénin à Porto-Novo localisé à 06.4973° de latitude nord et 002.6051° de longitude est pour 38 m d'altitude. La température interne du laboratoire avait varié entre 25 °C et 27 °C avec une humidité relative moyenne de 75 %.

Matériels biologiques

La présente étude a été conduite spécifiquement sur le charançon, *Sitophilus zeamais.* Des adultes de *S. zeamais* étaient collectés dans des magasins de stockage de grains de maïs chez les commerçants au marché de DANTOKPA (Cotonou). Les adultes (imagos) de *S. zeamais* ont été élevés en masse au laboratoire dans une chambre aérée à température ambiante variant entre 25 °C et 27 °C dans un sac de jute contenant du maïs. A 40 jours d'élevage (Kossou *et al.* 1992), la première génération était obtenue pour démarrer les expérimentations. Le maïs utilisé était la variété hybride DMR 8329-15 à grains jaunes. Ce maïs a été récolté en décembre 2012 et stocké dans un grenier en nervures de palme sur pilotis au Centre de Formation Agricole Intégré "La Grâce" situé à 30 km de Porto-Novo. Egrené et trié, le maïs était propre, bien sec et visuellement non attaqué par les insectes et les moisissures.

Matériels chimiques

L'insecticide testé est Actellic Gold Dust DP, une formulation en poudre composée de 16 g/kg de Pyrimiphos–Methyl et de 3,6 g/kg de Thiamethoxam. Actellic Gold Dust DP a été fabriqué par la firme Arista Life Science. L'insecticide de référence est Sofagrain DP composé de 16g/kg de Pyrimiphos–Methyl et de 3 g/kg de Permethrine.

Autres matériels

Des bocaux de 400 ml de contenance ont été achetés au marché et lavés à l'eau et au savon. Leurs couvercles ont été perforés de 1 cm de diamètre puis fermés avec une coupe de filet de 1 mm de maille afin de faciliter l'aération et d'éviter la fuite des insectes introduits dans le maïs. Des sacs en polyéthylène non doublés similaires à ceux utilisés par les producteurs et magasiniers, ont été également confectionnés pour la constitution et la conservation des lots de maïs. Une loupe manuelle a été utilisée pour le sexage des insectes et une balance de précision a été utilisée pour peser les grains de maïs traités et stockés.

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif de bloc aléatoire complet avec quatre répétitions et cinq traitements. Le témoin absolu (sans application de produit), le témoin relatif, Sofagrain à la dose de 50 g/100 kg et trois doses de Actellic Gold Dust DP à savoir 37,5 g/100 kg (3/4 de la dose recommandée par la firme), 50 g/100 kg (la dose recommandée par la firme) et 75 g/100 kg (3/2 de la dose recommandée par la firme) étaient les traitements (CEDEAO, 2008).

Étude de l'effet des insecticides Actellic Gold Dust DP et Sofagrain sur Sitophilus zeamais

Cinq lots de 2,4 kg de maïs étaient constitués et quatre étaient traités suivant les doses susmentionnées pour chaque traitement. Chaque lot était réparti dans 16 bocaux à raison de 150 g/bocal. Chaque bocal de 400 ml à couvercle perforé était infesté avec 50 individus adultes de *S. zeamais* (composés de 25 mâles et de 25 femelles). La mortalité des insectes a été évaluée à un, deux, quatre et sept jours après l'infestation artificielle. Quatre bocaux étaient observés par traitement à chaque date d'observation. Les bocaux ont été conservés jusqu'au 60ème jour après infestation pour observer une éventuelle émergence d'une nouvelle génération de *S. zeamais*. L'application du produit a été réalisée en mélangeant avec la main munie de gant et de façon homogène, la dose correspondante des produits aux grains de maïs.

Étude de la rémanence des produits Actellic Gold Dust DP et Sofagrain sur les adultes de S. zeamais

Cinq lots de 5 kg de maïs grain ont été constitués suivant les cinq traitements du dispositif expérimental. Quatre des cinq lots ont été traités avec les doses des insecticides décrits ci-dessus et emballés dans des sacs en polyéthylène de 5 kg non doublés conçus à cet effet. Le cinquième lot non traité avait servi de

témoin. Ces lots emballés étaient installés au laboratoire dans les conditions de température ambiantes (25 °C – 27 °C). Une fois par mois et pendant six mois, 150 g de maïs ont été prélevés dans 16 bocaux à raison de quatre par traitement (selon le dispositif expérimental) après avoir remué les stocks. Chaque bocal était infesté avec 25 mâles et 25 femelles de *S. zeamais*. Le dénombrement des insectes morts a été réalisé à un, deux, quatre et sept jours après leur introduction. A chaque date d'observation toutes les répétitions de chaque traitement étaient considérées.

Évaluation de la perte de poids des grains de maïs

Cinq lots (selon les cinq traitements du dispositif expérimental) de 2,4 kg de maïs ont été, hormis le témoin, traités par dose et emballés dans des sacs en polyéthylène. Chaque lot a été réparti en 24 échantillons de 100 g dans des bocaux après remuage comme ci-dessus décrit. Quatre échantillons ont été pesés chaque deux semaines par traitement pendant une durée de trois mois (12 semaines). Aucun insecte n'a été introduit dans les lots. Les insectes observés dans chaque bocal à chaque date d'observation ont été dénombrés par traitement. Chaque échantillon a été pesé avec une balance de précision de 234 g de portée.

Données collectées et variables calculées

Les données collectées ont été le nombre de *Sitophilus zeamais* morts, le nombre de *Sitophilus zeamais* vivants, le poids des grains, le nombre de grains sains et le nombre de grains perforés. Ces données ont permis de calculer le pourcentage de grains perforés, le pourcentage de poids perdu des grains, le taux d'insectes morts et le taux d'émergence. Le taux d'insectes morts était calculé à l'aide de la formule suivante:

$$Taux\ d'insectes\ morts\ par\ bocal = \frac{\text{Nombre d'insectes morts par bocal}}{50} * 100$$

50 représente l'effectif d'insectes introduits dans chaque bocal

Le taux d'émergence de *Sitophilus zeamais* a été calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\%\ \text{Emergence} = \frac{Nombre\ insectes\ \text{à}\ T0+1 - Nombre\ insectes\ \text{à}\ T0}{Nombre\ insectes\ \text{à}\ T0+1} * 100$$

Analyses statistiques des données

L'analyse de variances à un critère de classification du logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9.0 était utilisée. Elle a porté sur le taux de *Sitophilus zeamais* morts, le pourcentage de poids perdu des grains, le pourcentage de grains perforés et le taux d'émergence. Les moyennes étaient comparées entre elles avec le test de Student-Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5%.

RÉSULTATS

Effet des insecticides Actellic Gold Dust DP et Sofagrain sur la population de Sitophilus zeamais

Jusqu'au 7ème jour de séjour dans le maïs traité avec Actellic Gold Dust DP, aucun *Sitophilus zeamais* des 50 introduits n'a survécu (Tableau 1). Dans les échantillons traités au Sofagrain, 97,50 % de *S. zeamais* étaient morts pour un jour de séjour. Au-delà de 1 jour de séjour dans du maïs traité au Sofagrain, aucun *Sitophilus zeamais* n'était vivant. Quant au témoin non traité, 82 % des 100 % de *S. zeamais* introduits survivaient encore. L'analyse de variance portée sur le taux de *S. zeamais* morts, a montré une différence hautement significative entre les différents traitements (P = 0,0001).

Tableau 1. Effet de l'insecticide Actellic Gold Dust DP sur la population de *Sitophilus zeamais*

Traitements	*Sitophilus zeamais* mort (%)			
	Nombre de jours d'infestation du maïs après traitement (JIMT)			
	1	2	4	7
Témoin absolu	4,0 ± 2,0b	4,5 ± 1,9b	10,0 ± 1,4b	18,0 ± 2,4b
Sofagrain 50 g/100 kg	97,5 ± 1,2a	100,0 ± 0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 37,5 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 75 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
Probabilité	0,0001			

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % avec le test de Student-Newman-Keuls; AGD = Actellic Gold Dust DP

Effet de l'Actellic Gold Dust DP et du Sofagrain sur la perte de poids des grains de maïs due à l'attaque de Sitophilus zeamais

La perte de poids était nulle dans les bocaux traités avec les 3 doses d'Actellic Gold Dust DP et du Sofagrain et significativement élevée dans les bocaux témoins non traités (P = 0,0001). Au fur et à mesure que la durée de conservation se prolonge, la perte de poids devenait de plus en plus

importante dans les bocaux témoins (Figure 1). En dehors de *Sitophilus zeamais*, deux individus de *Prostephanus truncatus* ont été aussi rencontrés dans les bocaux de maïs non traités.

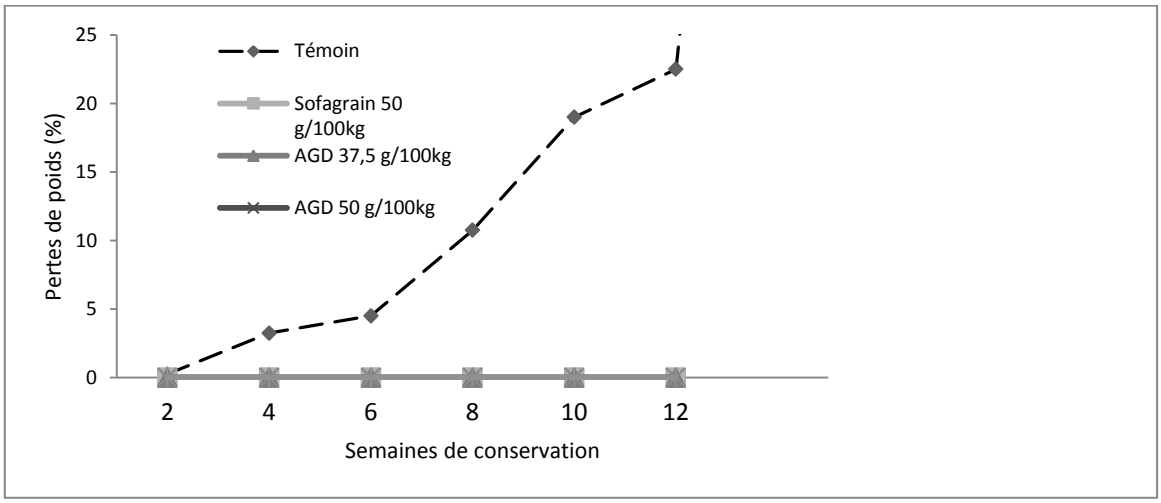

Figure 1. Evolution de la perte de poids des grains de maïs traités avec Actellic Gold Dust DP et Sofagrain en fonction des doses

Effet rémanent des produits Actellic Gold Dust DP et Sofagrain sur les adultes de Sitophilus zeamais

Durant les six mois de conservation, aucun *Sitophilus zeamais* n'a survécu dans du maïs conservé et traité avec la dose de 75 g/100 kg du produit Actellic Gold Dust DP après un, deux, quatre et sept jours de séjour (Tableau 2). Aucun *S. zeamais* n'a survécu après un séjour de deux, quatre et sept jours dans du maïs traité avec la dose de 50 g/100 kg de Actellic Gold Dust DP au cours des six mois de conservation. A partir du troisième mois de conservation, 98,5 % des *S. zeamais* introduits étaient morts lorsque leur séjour était de un jour. Avec la dose de 37,5 g/kg, le nombre d'insectes morts a diminué avec la durée de conservation du maïs. Cette dose n'a été efficace pendant les quatre premiers mois que lorsque l'insecte y est séjourné pendant quatre et sept jours. Avec le produit Sofagrain 50 g/100 kg, aucun *S. zeamais n'*était vivant dans le maïs conservé pour un séjour supérieur à un jour. Dans les lots témoins non traités, quelques *S. zeamais* morts étaient enregistrés. La mortalité était croissante dans le temps et avait varié de 2 % à 11 %.

Tableau 2. Persistance de l'effet du produit Actellic Gold Dust DP sur une période de six mois dans du maïs traité conservé

Traitements	*Sitophilus zeamais* mort (%)					
	1 jour de séjour					
	1 MC	2 MC	3 MC	4 MC	5 MC	6 MC
Témoin absolu	2,0 ± 0,8b	2,0 ± 1,1b	2,0 ± 0,8c	2,5 ± 0,5c	3,0 ± 0,6c	2,5 ± 0,5c
Sofagrain 50 g/100 kg	98,5 ± 1,5a	99,5 ± 0,5a	99,0 ± 1,0a	98,0 ± 1,4a	98,5 ± 0,9a	96,0 ± 0,8a
AGD 37,5 g/100 kg	99,5 ± 0,5a	99,5 ± 0,5a	86,0 ± 4,2b	32,0 ± 4,8b	27,5 ± 4,1b	15,0 ± 2,1b
AGD 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	98,5 ± 2,5a	99,0 ± 1,0a	98,5 ± 1,5a
AGD 75 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
	2 jours de séjour					
	1 MC	2 MC	3 MC	4 MC	5 MC	6 MC
Témoin absolu	2,5 ± 0,5b	2,5 ± 0,9b	4,5 ± 1,5b	5,0 ± 1,3c	4,0 ± 1,4c	3,0 ± 0,6c
Sofagrain 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 37,5 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	92,5 ± 6,2b	71,5 ± 9,0b	51,0 ± 6,4b
AGD 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 75 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
	4 jours de séjour					
	1 MC	2 MC	3 MC	4 MC	5 MC	6 MC
Témoin absolu	2,5 ± 1,0b	6,5 ± 1,9b	6,5 ± 2,2b	6,5 ± 1,9b	6,0 ± 2,2c	6,0 ± 2,2c
Sofagrain 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 37,5 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	96,5 ± 2,2a	76,0 ± 3,5b
AGD 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 75 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
	7 jours de séjour					
	1 MC	2 MC	3 MC	4 MC	5 MC	6 MC
Témoin absolu	7,0 ± 3,1b	7,0 ± 3,1b	11,0 ± 2,9b	11,0 ± 2,9b	10,5 ± 2,5d	6,0 ± 2,2c
Sofagrain 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 37,5 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	99 ± 1,0a	89 ± 0,57b
AGD 50 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
AGD 75 g/100 kg	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a	100,0 ± 0,0a
Probabilité	0,0001					

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne par séjour ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % avec le test de Student-Newman-Keuls; AGD = Actellic Gold Dust DP ; MC = Mois de Conservation.

Etat sanitaire des grains de maïs conservés avec les produits Actellic Gold Dust DP et Sofagrain

Le pourcentage de grains perforés était élevé dans les grains non traités et faible dans les grains traités pendant les 6 mois de conservation (Tableau 3). Entre les lots traités, le pourcentage de grains perforés était faible dans les

lots traités avec Actellic Gold Dust DP aux doses de 50 g/100 kg et 75 g/100 kg et significativement élevé (P = 0,0001) dans ceux traités avec Actellic Gold Dust DP 37,5 g/100 kg et le Sofagrain 50 g/100 kg. Le pourcentage de grains perforés dans le maïs traité avec le produit Sofagrain 50 g/100 kg n'était pas différent de celui du maïs traité avec Actellic Gold Dust DP 37,5 g/100 kg au cours des six mois de conservation.

Tableau 3. Pourcentage de grains de maïs perforés par *Sitoplilus zeamais* après six mois de conservation

Traitements	Grains de maïs perforés (%)					
	Durée de conservation du grain de maïs (mois)					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Témoin absolu	6,0 ± 0,7a	9,7 ± 0,7a	17,0 ± 2,0a	26,8 ± 2,7a	44,2 ± 1,6a	51,9 ± 1,4a
Sofagrain 50 g/100 kg	2,0 ± 0,6b	1,2 ± 0,3c	2,0 ± 0,3b	3,5 ± 0,3bc	3,6 ± 0,3bc	3,6 ± 1,1c
AGD 37,5 g/100kg	1,2 ± 0,3c	2,2 ± 0,5b	2,0 ± 0,7b	4,3 ± 1,2b	4,3 ± 0,2b	6,1 ± 0,7b
AGD 50 g/100 kg	0,7 ± 0,3cd	1,2 ± 0,1c	1,5 ± 0,3c	2,5 ± 0,2d	2,5 ± 0,2d	2,6 ± 0,2d
AGD 75 g/100 kg	0,0 ± 0,1e	0,5 ± 0,2d	0,7 ± 0,2cd	1,5 ± 0,2e	1,5 ± 0,2e	1,5 ± 0,1e
Probabilité	0,0001					

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % avec le test de Student-Newman-Keuls ; AGD : Actellic Gold Dust DP

Emergence de Sitophilus zeamais pendant la conservation

Le comptage de *S. zeamais* dans le maïs traité et non traité à 60 jours de conservation avait montré que l'insecte s'était activement multiplié dans le maïs non traité comparativement au maïs traité. Le taux d'émergence de *S. zeamais* était de 78,45 %. Par contre, dans le maïs traité, le taux d'émergence était de 0 % pour une même durée de conservation, quelle que soit la dose et le produit (Tableau 4).

Tableau 4. Emergence de *Sitoplilus zeamais* à 60 jours de conservation

Traitements	*Sitophilus zeamais* émergés (%) à 60 jours de conservation
Témoin	784,5 ± 34,3a
Sofagrain 50 g/100 kg	0,0 ± 0,0b
AGD 37,5 g/100 kg	0,0 ± 0,0b
AGD 50 g/100 kg	0,0 ± 0,0b
AGD 75 g/100 kg	0,0 ± 0,0b
Probabilité	0,0001

Les valeurs moyennes suivies d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % avec le test de Student-Newman-Keuls ; AGD = Actellic Gold Dust DP

DISCUSSION

L'utilisation des insecticides de synthèse limite les dégâts occasionnés par les insectes déprédateurs des stocks de maïs. Nos résultats montrent qu'à la même dose que le produit Actellic Gold Dust DP, le produit de référence ne tue pas tous les *S. zeamais* pour une durée d'un jour de conservation. Ce résultat peut être justifié par l'action lente du produit Sofagrain. Cette action lente du Sofagrain 50 g/100 kg est probablement due au fait qu'il est un peu moins concentré en Pyrimiphos–Methyl (3 g/kg au lieu de 3,6 g/kg pour Actellic Gold Dust DP). Dans du maïs non infecté s'était développé *S. zeamais*. Cela signifie que le maïs utilisé pour l'essai est sensible aux attaques des ravageurs et était infesté depuis le champ. C'est ce qui justifie les très faibles pourcentages de grains de maïs perforés observés au niveau des lots de maïs traités avec Actellic Gold Dust DP aux doses supérieures à 37,5 g/100 kg. *S. zeamais* se rencontre fréquemment dans les champs par temps chaud (Delobel & Tran, 1993). L'adulte est capable de parcourir plus de 800 m de distance pour atteindre une plante hôte. Cette aptitude lui permet donc de pondre des œufs dans les épis de maïs avant la récolte. Les résultats de Delobel & Tran (1993) expliquent l'émergence observée dans les lots témoins non infestés. L'obtention de 100 % de taux de mortalité de *S. zeamais* au cours des sept jours d'évaluation quelle que soit la dose, montre l'efficacité du produit Actellic Gold Dust DP sur *S. zeamais*. La non émergence de *S. zeamais* dans les échantillons traités, confirme l'efficacité de ce produit contre les larves de l'insecte. Pendant les 6 mois de conservation, le pourcentage de grains perforés était élevé dans les grains non traités comparativement aux grains traités quel que soit le produit ou la dose. Cela signifie que les deux produits testés sont efficaces contre les ravageurs du maïs. Le pourcentage de grains perforés était élevé dans les lots traités avec la dose 37,5 g/100 kg de l'insecticide Actellic Gold Dust DP après trois mois de conservation. Cela signifie que le produit Sofagrain 50 g/100 kg et les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg d'Actellic Gold Dust DP sont au même titre efficaces après trois mois de conservation. Du premier au sixième mois, les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg d'Actellic Gold Dust DP sont au même titre efficaces. Avec le produit Sofagrain 50 g/100 kg, le pourcentage de grains de maïs perforés n'était pas différent de celui du maïs traité avec Actellic Gold DP 37,5 g/100 kg au cours des six mois de conservation. Ce résultat montre que le produit Sofagrain 50 g/100 kg est moins efficace que les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg de l'insecticide Actellic Gold Dust DP. La dose 37,5 g/100 kg de l'insecticide Actellic Gold Dust DP est moins efficace que les deux doses supérieures du même produit. La perte de poids qui était nulle dans le maïs traité et élevé

dans le maïs non traité confirme l'efficacité des produits testés et les résultats de Golob (1988) qui stipulent que seuls les produits chimiques peuvent assurer une efficacité d'au moins un an sur les ravageurs du maïs en stockage. Adda (1991) précise que les pertes occasionnées par les coléoptères en cours de stockage dépassent 20 % au bout de six mois de stockage. Pour s'assurer de l'efficacité du produit Actellic Gold Dust DP et du Sofagrain, il faut laisser séjourner *S. zeamais* pendant sept jours au maximum dans le maïs traité.

CONCLUSION

Le produit Actellic Gold Dust DP assure le contrôle efficace du principal ravageur du maïs en conservation qui est *S. zeamais*. Bien que les doses 50 g/100 kg et 75 g/100 kg du produit Actellic Gold Dust DP soient similaires en efficacité, pour des raisons économiques et pour des mesures de sécurité des consommateurs, la dose 50 g/100kg est préférable pour la conservation des grains alimentaires contre les ravageurs des stocks notamment *S. zeamais* et *Prostephanus truncatus*. La dose de 37,5 g/100 kg du produit Actellic Gold Dust DP est inefficace et perd sa persistance au bout de 3 mois.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la firme Arista Life Science pour avoir financé entièrement les expérimentations dans le cadre d'une requête relative à son homologation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADDA C. 1991. Rapport sur les dégâts et pertes occasionnés par *Prostephanus truncatus* (HORN) (Coleoptera : Bostrichidae) aux greniers traditionnels de maïs dans le département du Mono, République du Bénin. Service de Protection des Végétaux et du contrôle phytosanitaire, Porto-Novo, République du Bénin. pp. 21-35.

ADDA C. BORGEMEISTER C., BILIWA A., MEIKLE W. G., MARKHAM R. H. & POEHLING H. M. 2002. Developing an Integrated Pest Management approach in rural maize stores : Experimental studies in Benin and Togo. Master of Science (MSc) thesis, University of Hannover, Germany, 68 p.

BORGEMEISTER C., ADDA C., DJOMAMOU B., DEGBEY P., AGBAKA A., DJOSSOU F., MEIKLE W. G. & MARKHAM R. H. 1994. The effect of maize cob selection and the impact of field infestation on stored maize losses by larger grain borer *Prostephanus truncatus* (HORN) (Coleoptera : Bostrichidae) and associated storage pests. In: Highly, E., Wright, E.J., Banks, H.J., Champ, B.R., (eds). Stored Product Protection, CAB International, Wallingford, UK. pp. 906-909.

CEDEAO (Communauté Economique Des Etats d'Afrique de l'Ouest), 2008. Règlement E/REG.3/05/2008 portant harmonisation des règles régissant l'homologation des pesticides dans l'espace CEDEAO. Soixantième session ordinaire du conseil des ministres. Abuja 17-18 mai 2008. 16p.

GOLOB P. 1988. Current status of larger grain borer *Prostephanus truncatus* (HORN) in Africa.Insect Sci. Applic 9:737-745.

KEILL H. 1988. Losses caused by the larger grain borer in farm stored maize. In: Schulten G. G. M. & Toet A. J. (eds). Workshop on the containment and control of the larger grain borer; Arusha, Tanzania. FAO, Rome. pp. 28-52.

KOSSOU D. K. 1987. Un nouveau déprédateur dans le système post-récolte en Rép. Pop. du Bénin: *Prostephanus truncatus* (HORN) (Coleoptère: Bostrichidae). Carrefour de la recherche, CBRST 2ème semestre, 2: 1-11.

KOSSOU D. K., BOSQUE-PEREZ N. A. & MARECH J.H. 1992. Effects of shelling maize cobs on oviposition and development of *Sitophilus zeamais* (MOSTCH). J. Stor. Prod. Res., 28:187-192.

KOSSOU D. K. & AHO N. 1993. Stockage et Conservation des grains alimentaires tropicaux. Principes et Pratiques. Les éditions du Flamboyant. Cotonou, Bénin: 47-125.

LABEYRIE V. 1991. Problèmes fondamentaux posés par les insectes des denrées:. In: Conférence inaugurale. La post-récolte en Afrique. Actes du séminaire international tenu à Abidjan, Côte d'Ivoire: pp. 9-14.

MAEP (Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche) 2010. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA), Cotonou, Bénin, 108 p.

MEIKLE W. G., HOLST N., SCHOLZ D. & MARKHAM R.H. 1998. Simulation model of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae). In: Rural Maize Stores in the republic of Benin. Environnement Entomology, 27(1): 59-69.

PALIWAL R. L. 2002. Le maïs en zones tropicales, amélioration et production. ONUAA, Rome.

PANTENIUS C. U. 1988. Storage losses in traditional maize granaries in Togo. Insect Science and its Application 9 : 725-735.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 81-97, 2015 ISSN 1659 - 5009

EFFICACITÉ DE L'ACARICIDE-INSECTICIDE ACARIUS 18 EC À BASE D'ABAMECTINE CONTRE LES RAVAGEURS EN CULTURES D'AMARANTE ET DE GRANDE MORELLE AU SUD-BÉNIN

R. SIKIROU, A. A. ADEFADJO*, S. A. BOUKARI*, S. BELLO* & S. A. P. ETCHIHA AFOHA**

**Laboratoire de Défense des Cultures de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 B.P. 128 Porto-Novo, Tél. 00 229 97 88 26 20; rachidatous@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

L'étude a été consacrée à l'évaluation de l'efficacité de l'acaricide-insecticide Abamectine 18 EC de nom commercial Acarius 18 EC contre les ravageurs de l'amarante et de la grande morelle en 2013. Le dispositif expérimental pour chaque culture était un bloc aléatoire complet à quatre répétitions et cinq traitements. Les cinq traitements étaient: parcelle témoin non traitée, parcelle traitée avec Bifenthrine 27 EC à la dose de 0,30 l/ha et parcelles traitées différemment avec les doses 0,37 l/ha, 0,50 l/ha et 0,75 l/ha de Abamectine 18 EC. Les résultats ont montré que Abamectine 18 EC, aux doses de 0,50 l/ha et de 0,75 l/ha, a significativement réduit les populations et les dégâts foliaires de l'acarien *Tetranychus evansi* (Tetranychidae) et des chenilles *Psara basalis* (Crambidae) et *Hymenia recurvalis* (Pyralidae) sur l'amarante et la grande morelle au même titre que le produit de référence Bifenthrine 27 EC. Cependant, aucune dose de Abamectine 18 EC n'a été efficace sur les pucerons *Brevicoryne brassicae* (Aphididae). Pour des raisons d'efficacité économique et de résidus, la dose de 0,50 l/ha de Abamectine 18 EC est conseillée aux producteurs contre les acariens *Tetranychus evansi* et les chenilles défoliatrices de l'amarante et de la grande morelle.

Mots clés : Abamectine 18 EC, *Hymenia recurvalis,* légumes feuilles, *Psara basalis, Tetranychus evansi*

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF ACARICIDE-INSECTICIDE ACARIUS 18 EC, CONTAINING ABAMECTIN AGAINST PESTS OF AMARANTH AND AFRICAN EGGPLANT IN SOUTHERN BENIN

ABSTRACT

The study has been aimed at the assessment of the efficiency of Abamectin 18 EC which has trade name Acarius 18 EC against pests of amaranth and African eggplant in 2013. The experiments were conducted in a completed randomized block design with four replications and five treatments which were: untreated control plot, plot treated with 0.30 l/ha of Bifenthrin and plots treated with 0.37 l/ha, 0.50 l/ha and 0.75 l/ha of Abamectin 18 EC. Abamectin 18 EC, at doses of 0.50 l/ha and 0.75 l/ha, significantly reduced the population and leaf damage caused by the mite *Tetranychus evansi* (Tetranychidae) and caterpillars of *Psara basalis* (Crambidae) and *Hymenia recurvalis* (Pyralidae) on amaranth and on African eggplant similar to Bifenthrin 10 EC at the dose of 0.30 l/ha. However, none dose of Abamectin EC 18 was effective on aphids *Brevicoryne brassicae* (Aphididae). For reasons of economic efficiency and avoiding residuals, the dose of 0.50 l/ha was recommended to farmers to control the mites and defoliating caterpillars of amaranth and African eggplant.

Keywords : Abamectin 18 EC, *Hymenia recurvalis,* leathy vegetable, *Psara basalis, Tetranychus evansi*

INTRODUCTION

L'Afrique subsaharienne fait face à une croissance démographique qui la confronte à plusieurs enjeux. L'un de ces enjeux est l'accroissement des besoins alimentaires de sa population tandis que la production agricole reste faible. Cette croissance démographique a entraîné un développement de l'agriculture urbaine et périurbaine. La production des cultures maraîchères et surtout celle des légumes feuilles a pris une grande importance. Au Bénin, la grande morelle et l'amarante figurent parmi les légumes feuilles les plus consommés (Assogba-Komlan *et al.*, 2007). Ces deux légumes sont cultivés pour leurs feuilles. Les feuilles de la grande morelle comme beaucoup d'autres légumes traditionnels verts contiennent des vitamines, des oligo-éléments, des protéines, des fibres et surtout du calcium.

L'amarante quant à elle, comparée aux autres légumes feuilles, a une grande valeur nutritionnelle et est riche en vitamine A et C, en fer et en calcium (James *et al.*, 2010). C'est l'un des rares légumes particulièrement riches en lysine, un acide aminé recherché dans les régimes alimentaires à base de céréales et de tubercules. La grande morelle et l'amarante sont produites en toute saison du sud au nord du Bénin (Fassaki, 2004 ; Smith *et al.*, 2004). Ces légumes entrent dans l'alimentation quotidienne de presque tous les béninois (Hessou, 1995). Outre leur importance nutritionnelle, les légumes feuilles contribuent à la prévention des maladies cardiovasculaires et cancérigènes. Elles facilitent la digestion et sont utilisées dans le traitement de l'anémie, des maux de gorge et de l'estomac. Les feuilles et les fruits sont utilisés comme un laxatif et un hypotenseur tandis que les racines sont utilisées dans le traitement des parasites intestinaux (Adragana-Bourgeois & Bourgeois, 1999).

Aussi, les légumes feuilles constituent-ils une source d'emploi et de revenu monétaire pour de nombreux producteurs (Amoussougbo, 1993 ; Smith, 1999).

Cependant, la production légumière est compromise par des contraintes agronomiques majeures qui limitent son rendement. Elle est confrontée à l'attaque des maladies et ravageurs notamment les pucerons, les lépidoptères et les acariens qui peuvent occasionner des pertes de rendement allant jusqu'à 70 % (Amoussougbo, 1993). Les légumes feuilles en général, l'amarante et la grande morelle en particulier demeurent les hôtes principaux des chenilles de lépidoptères qui rongent et déchiquettent les feuilles. Aucun stade de développement de ces deux cultures n'est épargné des attaques de ces ravageurs. Les pucerons bien que présents de façon occasionnelle sur ces légumes, provoquent la déformation des feuilles et

favorisent le développement de la fumagine, réduisant la qualité marchande de ces cultures. Aussi, depuis 2003, une recrudescence des acariens phytophages des légumes feuilles est-elle observée sur tous les sites maraîchers des zones urbaines et périurbaines du Sud-Bénin. En 2013, les pertes dues à *T. evansi* ont été évaluées à 65 % et 25 % de la production, respectivement sur la grande morelle et l'amarante (Azandémè-Hounmalon *et al.*, 2014).

Pour lutter contre l'attaque des ravageurs, les maraîchers appliquent des insecticides de synthèse qui ne sont pas toujours efficaces contre les acariens et les insectes, notamment les pucerons et les chenilles. En outre, ils font parfois des mélanges non recommandés de différents pesticides (Ahouangninou *et al.*, 2011), dans le but de protéger efficacement leurs cultures de divers ravageurs. Dans ces conditions, ils sont non seulement exposés à des mélanges qui peuvent s'avérer très dangereux pour leur santé mais aussi la consommation de telles cultures pourrait constituer un risque élevé de santé publique. L'étude a pour objectif de déterminer la dose efficace du produit Abamectine 18 EC pour la protection de la grande morelle et de l'amarante contre leurs principaux ravageurs. Ainsi, les maraîchers peuvent disposer davantage de pesticides efficaces et accroître leur production.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site expérimental

La présente étude a été conduite sur le site expérimental du Programme Cultures Maraîchères (PCM) au Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (6°24'N, 2°19'E) de mars à avril (contre saison) sur l'amarante et d'août à octobre (petite saison des pluies) sur la grande morelle en 2013. Situé dans la commune d'Abomey-Calavi, le site est caractérisé par un climat subéquatorial, une végétation herbeuse et un sol ferralitique pauvre en matière organique. Deux saisons de pluie et deux saisons sèches caractérisent le site. La grande saison de pluie s'étend d'avril à juillet et la petite saison pluvieuse de septembre à novembre. La grande saison sèche s'étend de décembre à mars et la petite saison sèche d'août à septembre (Dagbénonbakin *et al.*, 2003). Le choix du site est lié à la présence des ravageurs habituellement observés en système de culture maraîchère intensif qui s'y mène.

Le produit testé

Le produit testé a été l'acaricide-insecticide ACARIUS 18 EC à base de Abamectine 18 EC à la teneur de 18 g/l mis au point par la firme SAVANA (23, chemin de la Forêt, 74200, Thonon-Les-Bains, France). Le produit ACARIUS a été comparé au produit Talstar 27 EC à base de Bifenthrine 27 EC à la teneur de 100 g/l.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était un bloc aléatoire complet à cinq traitements et quatre répétitions qui étaient les suivants :

-Parcelle témoin non traitée (témoin absolu);
-Parcelle traitée avec Bifenthrine 27 EC qui est le témoin de référence, à la dose de 0,30 l/ha selon la recommandation de Stähler (2013);
-Parcelle traitée avec Abamectine 18 EC 0,37 l/ha (3/4 de la dose recommandée par la firme SAVANA) ;
-Parcelle traitée avec Abamectine 18 EC 0,50 l/ha (dose recommandée par la firme SAVANA) ;

-Parcelle traitée avec Abamectine 18 EC 0,75 l/ha (3/2 de la dose recommandée par la firme SAVANA) (CEDEAO, 2008).

Chaque parcelle élémentaire avait mesuré 6 m^2 (1,2 m x 5 m). Les blocs et les parcelles élémentaires sont séparés les uns des autres par une allée de un mètre.

Installation des essais

Les jeunes plantules d'amarante (*Amaranthus cruentus*) de trois semaines d'âge et de la grande morelle (*Solanum macrocarpum*) de six semaines d'âge ont été repiquées sur six lignes dans le sens de la longueur à un écartement de 0,2 m et 0,3 m entre lignes. Les plants ont été fumés à sept Jours Après Repiquage (JAR), avec de la matière organique constituée de fiente de poulet à la dose de 10 t/ha, soit 6 kg par parcelle élémentaire. Le produit Abamectine 18 EC était testé aux doses de 0,37 l/ha ; 0,50 l/ha et 0,75 l/ha afin de déterminer la dose efficace. Le produit Bifenthrine 27 EC a été testé à la dose unique de 0,30 l/ha. Une bouillie de 250 l/ha (soit 0,15 litres par parcelle de 6 m^2) a été appliquée par produit et par dose. Les produits étaient appliqués tard le soir, tous les 7 jours à partir de 14 JAR au stade de croissance végétative des cultures 39 JAR).

Collecte des données

La collecte des données était faite tous les 7 jours avant l'application des produits.

Pour dénombrer les acariens et les pucerons, 10 feuilles étaient prélevées au hasard sur 10 plants par parcelle sur les lignes centrales pour éviter les effets de bordure. Chaque feuille était emballée dans du papier aluminium et transportée au laboratoire pour le dénombrement de ces ravageurs par observation à la loupe binoculaire.

D'autres données ont été collectées directement sur le terrain. Ce sont la population de chenilles de lépidoptères, le pourcentage de feuilles perforées par les chenilles de lépidoptères, le pourcentage de feuilles attaquées par les acariens et le pourcentage de plants morts. Parmi ces paramètres, le pourcentage de plants morts a été évalué uniquement sur la grande morelle et la population de chenilles de lépidoptères a été enregistrée uniquement sur l'amarante.

Analyse statistique des données

L'analyse de variance à un critère de classification du logiciel Statistical Analysis System (SAS) version 9.0 a été utilisée. Elle a porté sur la population d'acariens par feuille, la population de pucerons par feuille, la population de chenilles de lépidoptères, le pourcentage de feuilles perforées par les chenilles de lépidoptères, le pourcentage de feuilles attaquées par les acariens et le pourcentage de plants morts. Pour chacune des variables analysées, les moyennes des différents traitements par paramètre ont été comparées avec le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%. Le test de signification et la comparaison des moyennes ont été faits pour chaque culture séparément.

RÉSULTATS

Effet du produit Abamectine 18 EC sur la population d'acariens inféodée à la grande morelle et à l'amarante

Population moyenne d'acariens par feuille de grande morelle

L'analyse de variance effectuée sur la population moyenne d'acariens a montré une différence très hautement significative entre les parcelles traitées et les parcelles non traitées ($p = 0,0001$). La population moyenne d'acariens par feuille sur la grande morelle au niveau des parcelles non traitées est passée de 104,8 à 263,8 acariens de 14 à 39 JAR. Par contre, dans les

parcelles traitées, quelle que soit la dose, la population moyenne d'acariens a régressé en passant de 74,8 à 5,2 ; 86,7 à 2,6 ; 72,3 à 2,6 et 77,4 à 7,3 acariens respectivement dans les parcelles traitées avec Abamectine à la dose de 0,37 l/ha, 0,50 l/ha, 0,75 l/ha et Bifenthrine à la dose de 0,30 l/ha. (Figure 1).

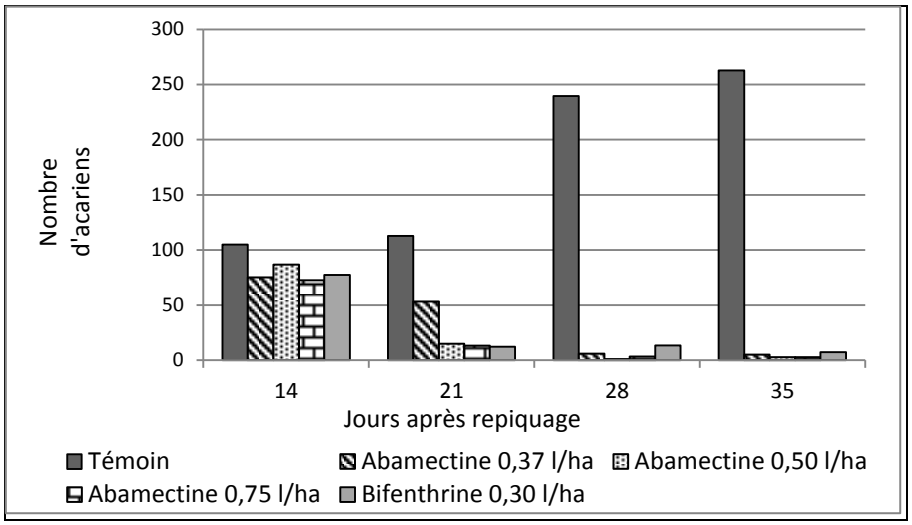

Figure 1. Evolution de la population moyenne de *Tetranychus evansi* dénombré par feuille de grande morelle traitée avec les produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Population moyenne d'acariens par feuille d'amarante

L'infestation des parcelles par les acariens au cours de l'expérimentation sur l'amarante a été très faible. Dans les parcelles traitées, aucun acarien n'était dénombré. Une population moyenne de 0,04 acarien a été enregistrée dans les parcelles non traitées. L'analyse de variance effectuée sur la population moyenne d'acariens n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les traitements (Figure 2).

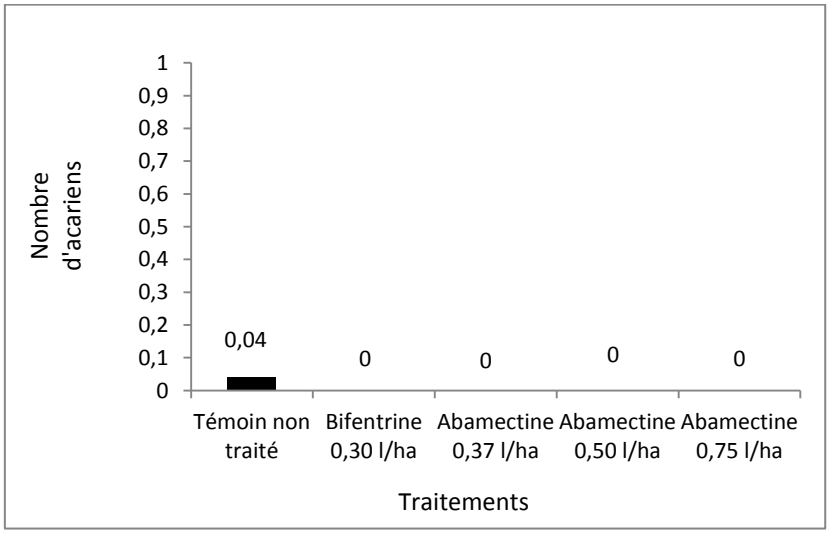

Figure 2. Population moyenne *Tetranychus urticae* dénombré par feuille d'amarante traitée avec les produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Effet du produit Abamectine 18 EC sur les dommages créés aux feuilles de la grande morelle et de l'amarante par les acariens

Pourcentage de feuilles de grande morelle endommagées

Dans les parcelles non traitées, le pourcentage de feuilles attaquées par les acariens s'est accru de 80 % à 100 %. Par contre, dans toutes les parcelles traitées, le pourcentage moyen de feuilles attaquées par les acariens a chuté de 80 % à 10 % environs. Quelle que soit la dose considérée, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été obtenue entre les pourcentages des feuilles attaquées par les acariens dans les parcelles traitées avec Abamectine 18 EC et celles traitées avec l'insecticide Bifenthrine 27 EC (Figure 3).

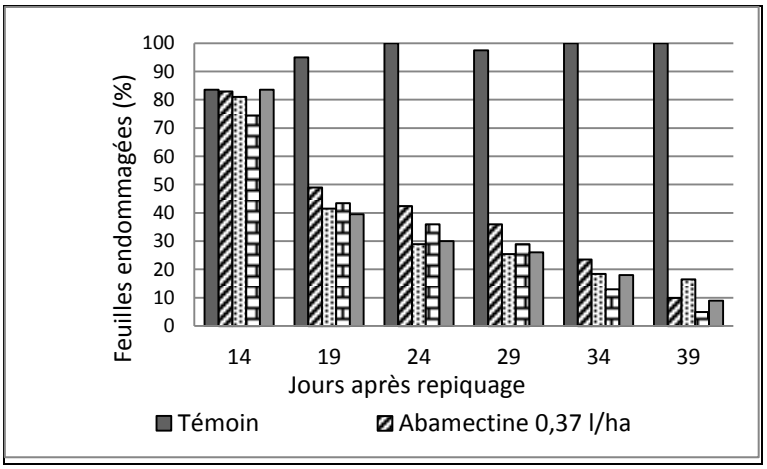

Figure 3. Evolution des pourcentages moyens de feuilles de la grande morelle endommagées par *Tetranychus evansi* après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Pourcentages des feuilles d'amarante endommagées

Les pourcentages moyens de feuilles d'amarante endommagées par les acariens ont varié entre 12,1 % et 17,8 %. Le pourcentage moyen le plus élevé des feuilles endommagées, de 17,8 %, a été enregistré au niveau des parcelles non traitées, bien qu'aucune différence significative ($p > 0,05$) n'ait été observée entre les traitements (Figure 4).

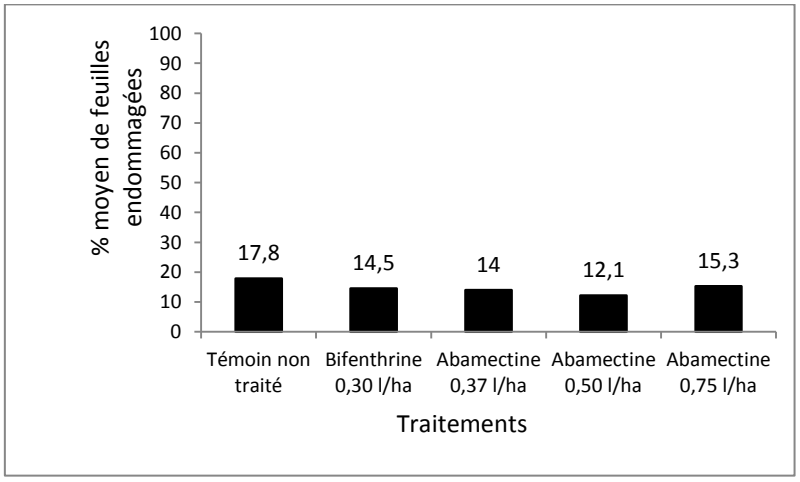

Figure 4. Pourcentages moyens de feuilles d'amarante endommagées par *Tetranychus urticae* après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Effet du produit Abamectine 18 EC sur la population de pucerons inféodée à la grande morelle et à l'amarante

Population moyenne de pucerons dénombrés sur les feuilles de grande morelle

Sur la grande morelle, la densité moyenne de pucerons était faible durant l'expérimentation. Dans les parcelles non traitées, le nombre moyen de pucerons est resté constant à 4,5 du 14ème au 21ème JAR. Elle a ensuite chuté jusqu'à, s'annuler vers le 35ème JAR. Dans les parcelles traitées avec Abamectine 18 EC, la population de pucerons a montré une tendance croissante, de 1,8 à 4 en moyenne, avec de légères fluctuations. Dans les parcelles traitées avec Bifenthrine 27 EC, la population de pucerons a montré une tendance décroissante marquée de légères fluctuations, variant de 1,9 à 1 puceron par feuille (Figure 5). L'analyse de variance effectuée sur la population moyenne d'acariens n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les traitements.

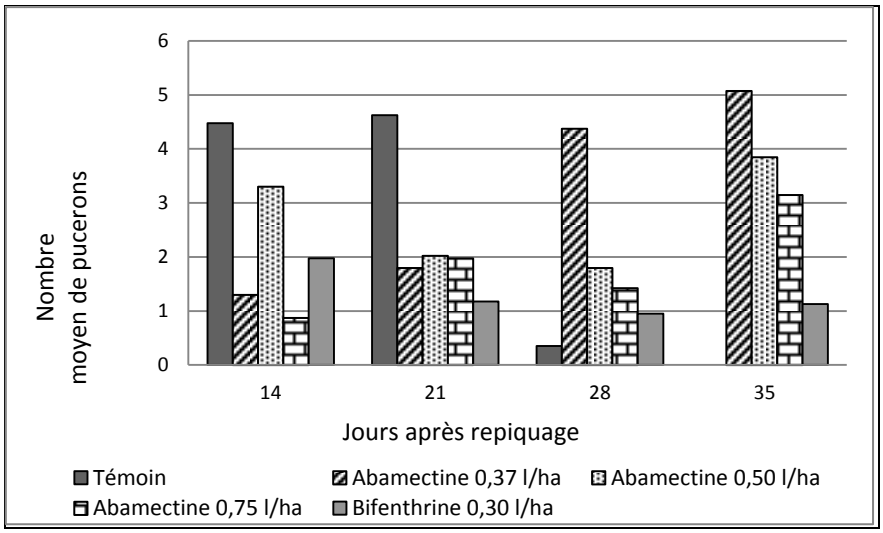

Figure 5. Evolution de la population moyenne de pucerons dénombrés par feuilles de la grande morelle après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Population moyenne de pucerons dénombrés sur les feuilles d'amarante

La population moyenne de pucerons sur l'amarante a montré une différence significative entre les parcelles traitées et les parcelles témoins non traitées

($p < 0,05$). La population moyenne la plus élevée de pucerons était notée dans les parcelles non traitées (Figure 6). Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les trois doses de Abamectine 18 EC et le produit de référence Bifenthrine 27 EC.

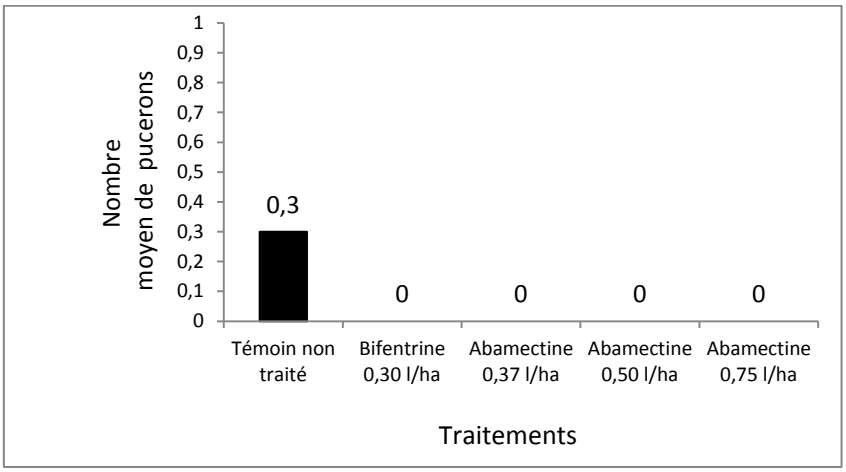

Figure 6. Population moyenne de pucerons dénombrés par feuille d'amarante après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Effet du produit Abamectine 18 EC sur les dégâts causés par les chenilles des lépidoptères inféodées à la grande morelle et à l'amarante

Pourcentages de feuilles de grande morelle perforées par les chenilles de lépidoptères

L'analyse de variance portée sur le pourcentage de feuilles de la grande morelle perforées a montré une différence significative entre les traitements ($p < 0,05$). Dans les parcelles témoins, le pourcentage moyen de feuilles perforées par plant a évolué de 24 % à 74 % (Figure 7). Par contre, dans les parcelles traitées, le pourcentage de feuilles perforées a décru dans le temps, passant en moyenne de 24 % à 10 %. Aucune différence significative ($P>0,05$) n'a été observé entre le pourcentage des feuilles perforées dans les parcelles traitées avec les trois doses d'Abamectine 18 EC et celles traitées avec la Bifenthrine 27 EC (Figure 7).

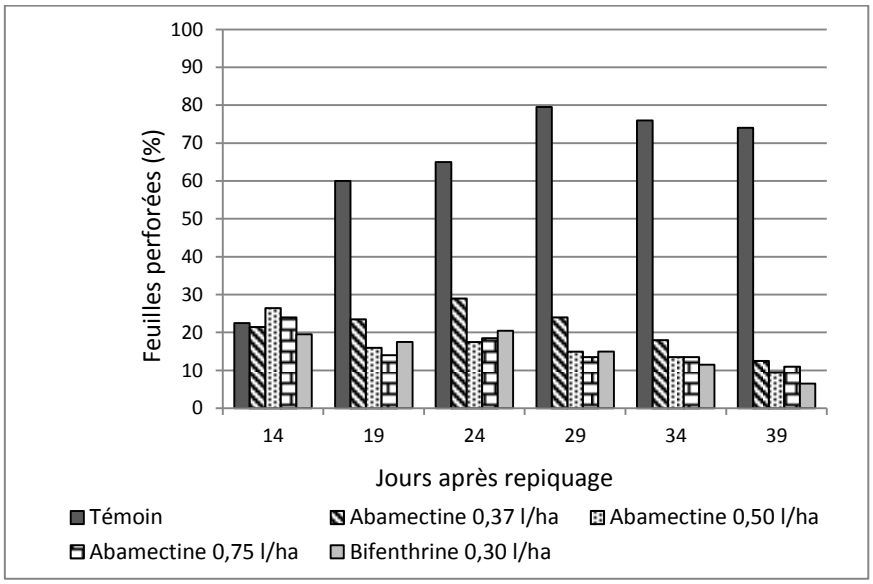

Figure 7. Evolution des pourcentages moyens de feuilles de grande morelle perforées par les chenilles de lépidoptères après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Pourcentages de feuilles d'amarante perforées par les chenilles de lépidoptères

Le pourcentage de feuilles d'amarante perforées par les chenilles était significativement plus élevé dans les parcelles non traitées que dans les parcelles traitées ($p < 0,05$). Au sein des parcelles traitées, aucune différence significative n'était observée ($p > 0,05$). Dans les parcelles non traitées, la moitié des feuilles d'amarante sont perforées par plant, tandis qu'au niveau des parcelles traitées avec Abamectine 18 EC; 22,6 % ; 30 % et 25,8 % de feuilles ont été endommagées respectivement dans les parcelles traitées avec 0,37 l/ha, 0,50 l/ha et 0,75 l/ha du produit Abamectine 18 EC (Figure 8).

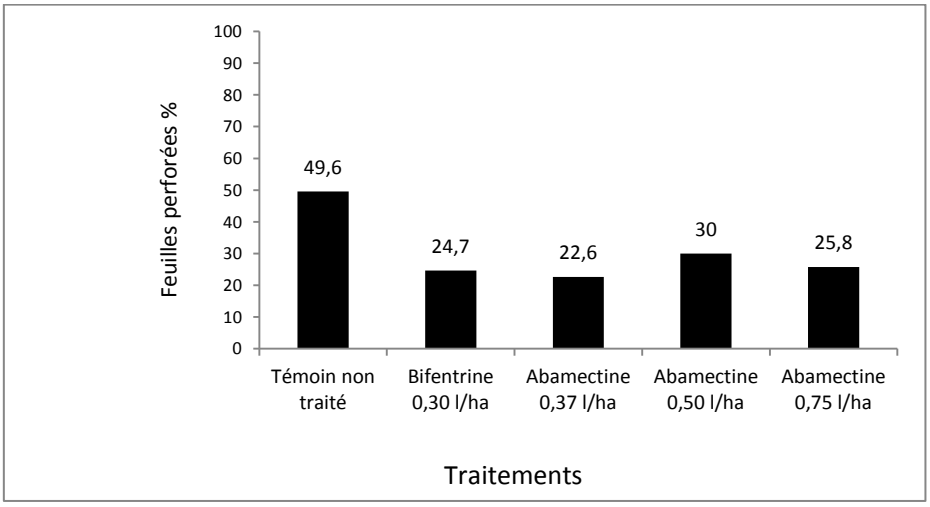

Figure 8. Pourcentages moyens de feuilles d'amarante perforées par les chenilles de lépidoptères après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

Effet du produit Abamectine 18 EC sur la population de chenilles de lépidoptères inféodées aux feuilles d'amarante

L'analyse de variance portée sur la population de chenilles n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) entre les différents traitements. Dans les parcelles traitées avec les différentes doses d'Abamectine 18 EC, aucune chenille n'a été dénombrée. Un nombre moyen de 0,03 chenille a été observé sur les parcelles traitées avec Bifenthrine 27 EC, et un nombre moyen de 0,04 chenille sur les parcelles non traitées (Figure 9).

Pourcentage de plants de grande morelle morts

Des différences significatives ont été observées entre les pourcentages moyens de plants morts dans toutes les parcelles traitées avec les deux produits par rapport aux parcelles témoins. Les pourcentages les plus élevés, de 72% de plants de grande morelle morts, étaient enregistrés dans les parcelles non traitées. Les pourcentages les plus faibles étaient enregistrés dans les parcelles traitées. Dans ces parcelles, ils avaient varié en moyenne entre 12% et 20%. Entre les parcelles traitées aux trois doses de Abamectine 18 EC et celles traitées à la seule dose de Bifenthrine 27 EC, aucune différence significative n'a été observée ($p > 0,05$) (Figure 10).

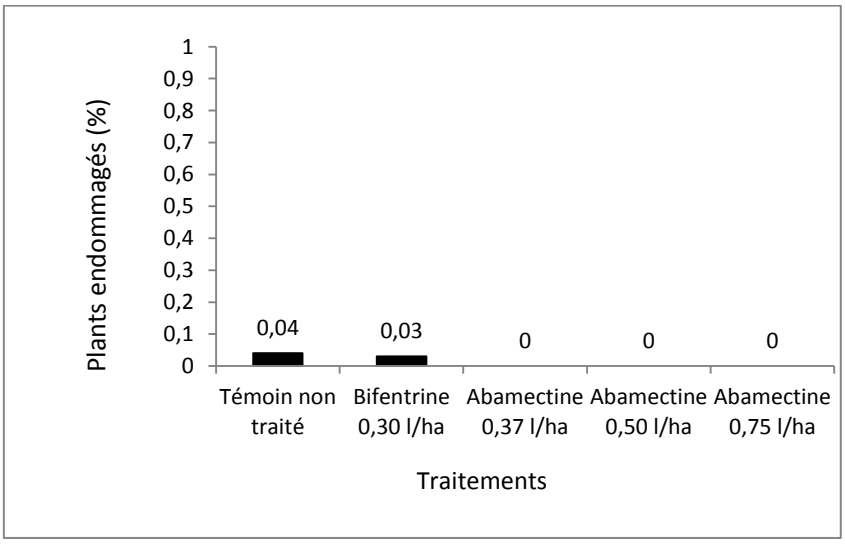

Figure 9. Populations moyennes de chenilles dénombrées sur les feuilles d'amarante après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

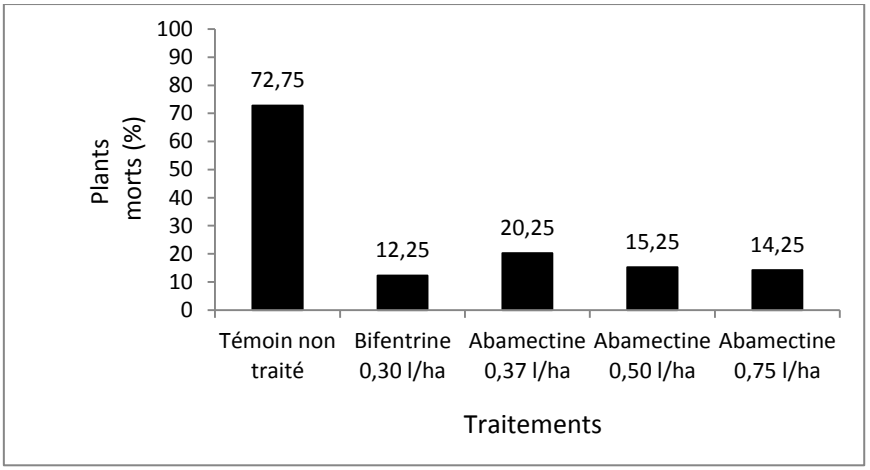

Figure 10. Pourcentages moyens de plants de grande morelle morts après application des produits Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC

DISCUSSION

Les acariens *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Tetranychidae), les chenilles de lépidoptères *Psara basalis* Walker (Crambidae) et *Hymenia recurvalis* Fabricius (Pyralidae) et les pucerons *Brecoryne brassicae* Linnaeus (Aphiidae) étaient les principaux ravageurs rencontrés sur les deux cultures. Sur l'amarante, l'acarien rencontré était *Tetranychus urticae*. L'efficacité du produit Abamectine 18 EC a varié en fonction des différentes doses.

Une forte population d'acarien rouge *Tetranychus evansi* a été enregistrée au cours du cycle cultural de la grande morelle sur le site expérimental. Ce type d'acarien a été signalé comme l'un des principaux ravageurs des cultures maraîchères (James *et al.,* 2010) en particulier des Solanacées (Soto *et al.,* 2010 ; Da Sylva *et al.*, 2010).

La population d'acariens est significativement plus élevée dans les parcelles non traitées que dans celles traitées avec les différentes doses de Abamectine 18 EC et de Bifenthrine 27 EC. Cependant, les doses de 0,50 l/ha et de 0,75 l/ha de Abamectine 18 EC ont permis de réduire la population de l'acarien *Tétranychus evansi*, mieux que la dose de 0,37 l/ha. De plus, le pourcentage des feuilles endommagées par cet acarien est plus élevé dans les parcelles traitées à la dose de 0,37 l/ha de Abamectine 18 EC que dans celles traitées aux doses de 0,50 l/ha et 0,75 l/ha. Ces résultats traduisent que les différentes doses de Abamectine 18 EC testé et l'insecticide de référence Bifenthrine 27 EC ont été efficaces contre les acariens. L'insecticide de référence Bifenthrine 27 EC à la dose de 0,30 l/ha a un effet similaire à celui des doses de 0,50 l/ha et de 0,75 l/ha de Abamectine 18 EC. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Gavioli *et al.* (1988) qui ont montré que l'application du produit Abamectine 18 EC à la dose de 10 g de matière active à l'hectare peut lutter avec succès contre l'acarien *Tetranychus urticae*. Par ailleurs, Lagziri & El Amrani (2009) ont rapporté que Abamectine 18 EC a pu contrôler efficacement l'acarien rouge de la fraise à la dose de 0,50 l/ha, avec un impact négatif limité sur leurs ennemis naturels dont les acariens prédateurs.

En ce qui concerne les pucerons, leur population a été faible non seulement sur les plants de la grande morelle, mais aussi sur ceux de l'amarante. Ce faible niveau d'infestation peut s'expliquer par le fait que l'amarante et la grande morelle ne sont pas des plantes hôtes importantes pour les pucerons. La différence non significative de la population de chenilles observée entre les parcelles d'amarante traitées et celles non traitées se justifie par le fait qu'il n'existait pratiquement plus de feuilles qui puissent favoriser la ponte des

œufs et l'éclosion des chenilles sur les plants d'amarante dans les parcelles non traitées.

La décroissance de la population de pucerons observée sur la grande morelle dans les parcelles non traitées au cours du cycle cultural traduit une disparition progressive de pucerons. Cette situation peut être due à une action prédatrice de leurs ennemis naturels contre leur survie. Les parcelles de grande morelle n'ayant reçu aucune application de Abamectine 18 EC apparaissent comme un refuge des prédateurs de pucerons, qui ont contrôlé naturellement ce type de ravageurs par leur action prédatrice. Dans les parcelles traitées aux différentes doses de Abamectine 18 EC, la population de pucerons est plus élevée. Cette observation peut s'expliquer par une réduction des ennemis naturels de pucerons par le produit appliqué au profit d'un accroissement de la population de pucerons telle qu'observée. Ces résultats traduisent aussi l'inefficacité de Abamectine 18 EC contre les pucerons dans les deux cultures. Cependant, ils confirment ceux de RECA *et al* (2013) qui ont mentionné que « l'efficacité de Abamectine 18 EC est acceptable pour lutter contre plusieurs ravageurs des cultures maraîchères dont les acariens et les chenilles, mais est en général moindre contre les pucerons ». Les auteurs justifient ces résultats en expliquant que les pucerons prélèvent la sève directement des vaisseaux des plantes.

En ce qui concerne les dégâts causés par les chenilles, le pourcentage de feuilles de grande morelle et d'amarante perforées dans les parcelles non traitées est significativement plus élevé que dans les parcelles traitées. Ces résultats traduisent l'efficacité du produit Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC contre les chenilles défoliatrices de la grande morelle et de l'amarante. Ce résultat corrobore ceux de De Prins & De Prins (2001) qui ont montré que le traitement des troncs de châtaigniers avec de l'Abamectine 18 EC a efficacement contrôlé la chenille *Cameraria ohridella* (Lepidoptera : Gracillariidae).

Le pourcentage de plants de grande morelle morts dans les parcelles non traitées est significativement plus élevé que celui observé sur les parcelles traitées avec Abamectine 18 EC et Bifenthrine 27 EC. Toutefois, la plus faible dose de 0,37 l/ha de Abamectine 18 EC a donné le pourcentage le plus élevé de plants morts parmi les parcelles traitées. Ces résultats confirment que les doses de 0,5 l/ha et 0,75 l/ha d'Abamectine 18 EC sont les plus efficaces pour lutter contre les ravageurs de la grande morelle.

CONCLUSION

L'étude a montré que le produit Abamectine 18 EC aux doses de 0,50 l/ha et 0,75 l/ha contrôle efficacement l'acarien *Tetranychus evansi* sur la grande morelle et l'acarien *Tetranychus urticae*, les chenilles de lépidoptères *Psara basilis* et *Hymenia recurvalis* sur l'amarante. Pour des raisons d'efficacité économique, la dose de 0,50 l/ha est recommandée aux producteurs de légumes feuilles pour lutter contre ces ravageurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la firme SAVANA pour avoir financé entièrement ce travail de recherche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADRAGANA-BOURGEOIS O. & BOURGEOIS C.M., 1999. Valeur nutritionnelle des légumes In Technologie des légumes. Edition TEC et DOC : 499-512.

AHOUANGNINOU C., FAYOMI B. E. & MARTIN T., 2011. Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). Cahier de l'Agriculture, 20 (3) : 216-222.

AMOUSSOUGBO Y., 1993. Enquête sur l'usage des pesticides en culture maraîchère dans le Sud-Bénin et expérimentation de trois nématicides dans la lutte contre les nématodes à galles. Thèse pour l'obtention du diplôme d'ingénieur Agronome FSA/UAC, Abomey-Calavi, Bénin.

ASSOGBA-KOMLAN F., ANIHOUVI P., ACHIGAN-DAKO E., SIKIROU R., BOKO A., ADJE CH., AHLE V., VODOUNHE R. & ASSA A., 2007. Pratiques culturales et teneur en éléments antinutritionnels (nitrate et pesticides) de *Solanum macrocarpum* au Sud du Bénin. African Journal of food agriculture nutrition and development 7 (4) : 1-21.

AZANDÉMÈ-HOUNMALON G. Y., AFFOGNON H. D., ASSOGBA-KOMLAN F., TAMO M., FIABOE K. K. M., KREITER S. & MARTIN T., 2014. Pratiques phytosanitaires des maraîchers face à l'invasion de l'acarien *Tetranychus evansi* au Bénin, Poster présenté à la 10ème conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, SupAgro Montpellier, Paris, France du 21 au 23 octobre 2014.

CEDEAO (Communauté Economique des Etats d'Afrique de l'Ouest), 2008. Règlement E/REG.3/05/2008 portant harmonisation des règles régissant l'homologation des pesticides dans l'espace CEDEAO. Soixantième session ordinaire du conseil des ministres. Abuja 17-18 mai 2008. 16 p.

DA SILVA F., DE MORAES G., GONDIM M., KNAPP M., ROUAM S., PAES J. & DE OLIVEIRA G., 2010. Efficiency of *Phytoseiulus longipes Evans* as a Control Agent of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae) on Screenhouse Tomatoes. Neotropical Entomology 39 (6) : 991-995.

DAGBENONBAKIN G., SOKPON N., IGUE M. & OUINSAVI C., 2003. Aptitudes des sols et leur répartition au Bénin: état des lieux et perspectives d'aménagement à l'horizon 2025. Etude n° 12. Rapport final. Direction de l'Aménagement du Territoire/Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme/République du Bénin

DE PRINS W. & DE PRINS J., 2001. The occurrence of *Cameraria ohridella* in Belgium (Lepidoptera : Gracillariidae). Jaargang 29 (3) : 81-88.

FASSAKI K., 2004. Proximate composition of bungu (*Ceratotheca sesamoïdes* Endl) Leaves and Seeds : Biokemistri 16(2): 88-99.

GAVIOLI L. A., GRAVENA S., LEAO NETO R. R. & TOZZATI G. 1988. Effect of abamectin, cyflurthrin and fenpropathrin on *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) and *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) and some natural enemies in cotton. Ecossistenaa, 12 : 66-77.

HESSOU D. 1995. Appui à l'intensification et à la production des cultures maraîchères et fruitières. Etude des stratégies à développer sur le plan nutritionnel FAO/TCP/BEN/4553/(A), MDR. Cotonou, Bénin.

JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H., GOERGEN G., SIKIROU R., & TOKO M., 2010. Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria.

LAGZIRI M. & EL AMRANI A. 2009. Effect of a microbial-based acaricidal product on spotted and predatory spider mites. African Crop Science Journal, 17 : 119-123.

RECA (Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger), 2013. Fiche conseil pour la matière active: Abamectine 18 EC (acaricide-insecticide) Famille: avermectines. Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger, note d'information, Niamey, Niger.

SMITH O. B., 1999. Sécurité alimentaire en Agriculture urbaine en Afrique de l'Ouest : une contribution à la sécurité alimentaire et à l'assainissement des villes. International Development Research Center, Ottawa, Canada: 56-58.

SMITH O.B., MOUSTIER P., MOUGEOT L.T.A & FALL A. 2004. Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeu concepts et méthodes. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, CIRAD, Paris, France.

SOTO A., VENZON M., OLIVEIRA R. M., OLIVEIRA H.G. & PALLINI A., 2010. Alternative control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae) on tomato plants grown in greenhouses. Neotrop Entomol., 39(4) : 638-44.

STÄHLER, 2013. Talstar SC: informations techniques. Fiche technique Al Khobar, Arabie Saudi, 3 p.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 99-118, 2015 ISSN 1659 - 5009

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DU« *KPÈTÈ-KPÈTÈ»* UN FERMENT DES BIÈRES TRADITIONNELLES PRODUITES AU BÉNIN.

C. N'TCHA, G. VIEIRA-DALODE***, B. P. AGBOBATINKPO**, A. P. P. KAYODE**, A. D. ADEYEMI**, J. T. C. CODJIA**** & L. BABA-MOUSSA**

**Laboratoire de Biologie et de Typage Moléculaire en Microbiologie; Faculté des Sciences et Techniques/Université d'Abomey-Calavi. Email : laminesaid@yahoo.fr*

***Laboratoire de Valorisation et de Gestion de la Qualité de Bio ingrédients Alimentaires. Faculté des Sciences Agronomiques/ (LaBio), DNSA/FSA, Université d'Abomey-Calavi*

****Laboratoire de Physico-chimie des Aliments Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi*

*****Laboratoire de recherche en Ecologie Animale et Zoogéographie Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi*

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude est d'évaluer les paramètres physico-chimiques et d'isoler les différents groupes de microorganismes contenus dans les ferments « *kpètè-kpètè* »afin de valoriser ces résidus de bières qui constituent de véritables sources de microorganismes probiotiques. Une enquête de terrain a été réalisée auprès de 45 productrices dans les localités méridionales et septentrionales du Bénin. Quarante-cinq (45) échantillons de ferments de type humide ont été collectés. Les analyses Microbiologique et physico-chimique des ferments ont révélés l'existence d'une grande variabilité entre les paramètres considérés à l'exception du pH qui restait le même pour tous les échantillons. Les ferments présentent les caractéristiques moyennes suivantes : pH = 4,03, Acidité Tribale = 0,14 mg/g d'échantillon, Taux de Matière Sèche = 7,31 % et les charges en Log ufc des bactéries lactiques = 6,42, des Levures et Moisissures = 6,2, et des Streptocoques = 3,84. Les bactéries lactiques et les levures et moisissures sont moins présentes dans le ferment humide que dans la bière elle-même (bactéries lactiques = 7,9 ; levures moisissures= 8,5). Une différence significative ($p < 5$ %) de pH, du °Brix et de charge en bactéries lactiques a été observée entre les ferments des différentes zones étudiées. La qualité microbiologique et physico-chimique des ferments est également connue et les ferments sont classifiés selon ces paramètres. La maîtrise des données physico-chimique et microbiologique des ferments offre de nouvelles opportunités pour l'amélioration des technologies et le développement de la production du *kpètè-kpètè.* L'identification des espèces permet un meilleur contrôle de la fermentation des bières traditionnelles béninoises.

Mots clés : ferment, physico-chimie, microorganismes, propriétés probiotiques.

PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF KPÈTÈ-KPÈTÈ" A STARTER OF TRADITIONAL BEER PRODUCED IN BENIN

ABSTRACT

The study aims to carry out the physico-chemical parameters and to isolate different species of microorganisms contained in the starter "*kpètè-kpètè*" to promote these residues beers that are real sources of probiotic microorganisms. A field survey was conducted on 45 producers in the southern and northern parts of Benin. A total of 45 samples of wet starter were collected. Microbiological and physico-chemical analysis show that there is a great variability among the parameters considered, except pH which is relatively the same for all samples. The starter *kpètè-kpètè* has the following average characteristics: pH = 4.03 ; Tribal Acidity = 0.14 mg /g ; Dry Matter=7.31 % ; the load in Logcfu of lactic acid bacteria = 6.42, Yeasts and Moulds = 6.2 ; and Streptococci =3.84. Lactic acid bacteria and yeasts and moulds are less present in the wet ferment than in the beer itself (Lactic acid bacteria = 7, 9; yeasts and moulds = 8, 5). A significant difference ($p < 5\%$) of pH, brix and count of lactic bacteria has been observed between the starter of the different studied zones.

The study identified the different types of yeast and lactic bacteria used to produce the Beninese traditional beer. Microbiological and physico-chemical quality of enzymes is known and the ferments are classified according to these parameters. The control of physico-chemical and microbiological data of starter culture offer a new opportunities for technology upgrading and products development in starter culture production. Identification of micro-organism enable best control of fermentation of traditional beer.

Keywords : starter, traditional beer, physical chemistry, microorganisms, probiotic properties

INTRODUCTION

Les céréales d'importance stratégique pour la sécurité alimentaire en zone tropicale sont le millet, le sorgho, le riz et le maïs (FAO 2012). En Afrique, ces céréales sont transformées en divers produits dont les boissons fermentées. Le sorgho est souvent la céréale la plus utilisée pour la fabrication des boissons fermentées comme les bières opaques (Kühle *et al.*, 2001). Au Bénin, le sorgho occupe le second rang dans la production céréalière du pays après le maïs (FAO/STAT, 2012). Il est plus cultivé au Nord que dans les autres parties du pays (référence). La plus grande partie de la production est assurée par les groupes sociaux Bariba, Yom, Peulh et Lokpa (Missihoun *et al.*, 2012). Le *« tchoukoutou* et le *tchakpalo* »sont des bières traditionnelles principalement produites avec du sorgho et vendues comme aliment de rue (Kayodé *et al*, 2006). En effet, le « tchoukoutou et le tchakpalo », ont des fonctions sociales importantes telles que l'esprit coopératif et restent des boissons ancestrales utilisées largement pour les cérémonies traditionnelles surtout au centre et au nord du pays. La production du *tchoukoutou* est généralement caractérisée par trois phases: le maltage du sorgho, le brassage du malt de sorgho et la fermentation du moût (Kayodé *et al.*, 2006). La fermentation constitue l'étape la plus importante

et présente de nombreux avantages tels que la réduction des risques de développement des microorganismes pathogènes, la dégradation de certains facteurs antinutritionnels (phytates, α-galactosides), le développement des qualités organoleptiques spécifiques par synthèse d'acides organiques et d'arômes (Nout1994 ; Nout & Sarkar, 1999). La fermentation du *tchoukoutou* est assurée par l'ajout d'un ferment obtenu lors d'une production antérieure de la bière. Le ferment traditionnel «*kpètè-kpètè*» (en langue locale *bariba*) serait le plus utilisé pour la fermentation de la bière locale, (Hounhouigan *et al.,* 2007). Ce ferment est dominé par des bactéries et les levures et autres microorganismes non encore identifiés (Kayodé *et al.,* 2006). Les microorganismes impliqués dans la fermentation des bières opaques de certains pays africains ont été investigués (Van der Aa Kühle *et al.*, 2001) ; (Sanni et *al.*, 1993) ; (Sefa-Deheh *et al.*, 1999). Les indices de la qualité de la boisson produite à base de *Saccharomyces cerevisiae* sont comparables au produit issu du ferment traditionnel (Sefa-Deheh *et al.,* 1999). Cependant, les espèces isolées et leur fréquence de distribution varient d'une région à une autre et selon les ingrédients utilisés. Mugula *et al.* (2003) ont identifié les bactéries lactiques telles que *Lactobacillus brevis, Lactobacillus cellobiosus, Lactobacillus fermentum, Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus pentosaceus*) et les levures (*Candida pelliculosa, Candida tropicalis, Issatchenkia orientalis* et *Saccharomyces cerevisiae*) du ferment de *togwa*, une bière locale de la Tanzanie. Peu d'information existe sur la biodiversité des microorganismes fonctionnels contenus dans les ferments des bières traditionnelle du Bénin notamment sur les espèces de bactéries et de levures. Kayodé *et al.* (2012) ont rapporté que le ferment du *tchoukoutou* a une activité probiotique, biologiquement stable et qui peut lutter contre les infections opportunistes induises par les microorganismes pathogènes Les principaux microorganismes probiotiques connus à ce jour sont des bactéries (*Lactobacilles, Bifidobactéries, Propionibactéries, Entérocoques* etc. et certaines levures du genre *Saccharomyces,* (Mercenier *et al.* (2002). Ces différentes études ont été confirmées par les travaux de Blandino *et al*, (2003), qui affirmaient que les bactéries lactiques et levures présentes dans les aliments fermentés à base de céréales sont actuellement utilisées pour la formulation de nouveaux produits probiotiques. Les résidus de *tchoukoutou* constitueraient donc un ingrédient utile dans la formulation de produits probiotiques. Cette formulation de produits probiotiques ne serait possible sans une connaissance bien approfondie de la microflore du ferment et de ces paramètres physico-chimiques.

Les aspects physico-chimiques et microbiologiques sont donc à évaluer car peu de travaux se sont appesanties sur les techniques de productions et la caractérisation du *kpètè-kpètè* alors que ce produit a un grand potentiel en matière de microflore fonctionnelle (Kayodé *et al.*, 2012 ; Houndonougbo *et al.*, 2011). Une meilleure connaissance et un meilleur contrôle des techniques e production de ce produit est capital. La caractérisation des résidus du *tchoukoutou/ tchakpalo* s'impose afin de maîtriser la fermentation des bières locales. L'évaluation des paramètres physico-chimique et microbiologique du « *kpètè-kpètè »* contribue à enrichir le répertoire de la microflore des aliments béninois.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zones d'étude

L'étude a été conduite dans les zones centre et nord du Bénin et précisément dans trois départements : Atacora, Borgou et Collines. Trois villes ont été identifiées par département : Natitingou, Boukoumbé et Tanguiéta dans l'Atacora ; Parakou, Tchaourou et N'Dali dans le Borgou ; Bantè, Dassa et Glazoué dans les Collines (Figure 1)

Collecte des échantillons

Les zones d'étude ont été sectionnées en tenant compte de la grande consommation des bières traditionnelles au Bénin. Au total, quarante-cinq (45) productrices ont été sélectionnées au hasard et quarante-cinq (45) échantillons ont été collectés dans les trois départements parcourus à raison de quinze 15 échantillons par département et cinq(5) par ville (Tableau 1). Deux (2) échantillons de ferment ont été prélevés en surface et en profondeur des bassines ou des jarres auprès de chaque productrice. Les deux (2) échantillons ont été ensuite mélangés et ainsi, 250 ml de ferment ont été receuilli auprès de chaque productrice, dans des sachets STOMACHER, puis gardés dans des glacières contenant des cristaux de glace. Ils ont été transportés au laboratoire puis conservés à 4°C pour des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

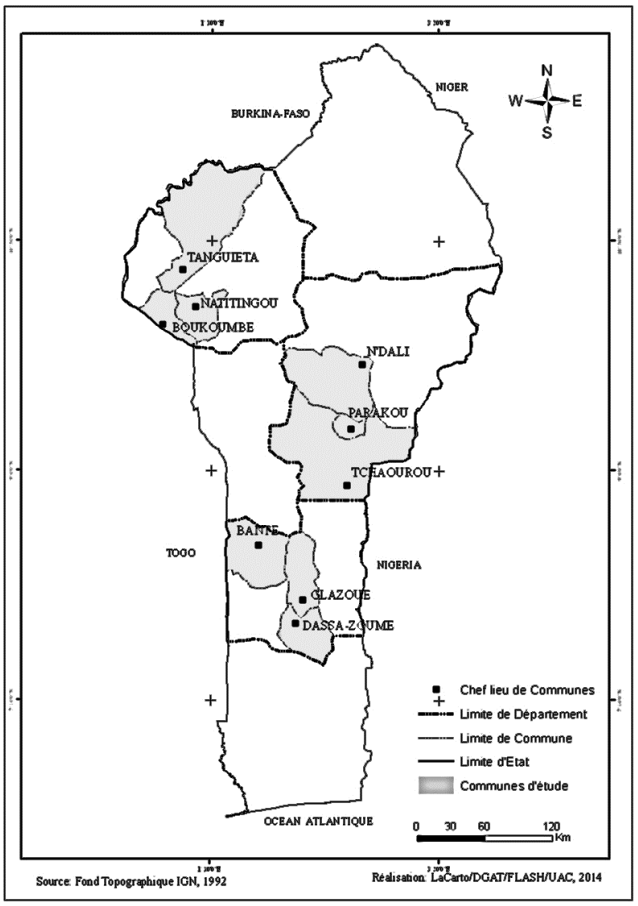

Figure 1. Localisation des villes d'étude sur la carte du Bénin

Tableau 1. Répartition des productrices enquêtées par ville d'étude (N = 45)

Départements	Villes	Effectifs des productrices
Atacora (n = 15)	Natitingou	5
	Boukoumbé	5
	Tanguiéta	5
Borgou (n = 15)	Parakou	5
	Tchaourou	5
	N'dali	5
Collines (n = 15)	Bantè	5
	Dassa	5
	Glazoué	5

Dénombrement et isolement des principaux microorganismes des ferments

Dénombrement des microorganismes

Les principaux groupes de microorganismes dénombrés sont les levures et moisissures, les bactéries lactiques et les entérobactéries. Ces espèces ont été dénombrées respectivement sur les milieux OGA, MRSA, M17 et VRBG avec les méthodes classiques de dénombrement décrites par Nout *et al.* (1989) et Hounhouigan *et al.* (1993).

Isolement des microorganismes

Après le dénombrement des microorganismes, des colonies représentatives ont été isolées puis ensemencées par stries serrés sur milieu PCA et incubés à 37°C pendant 24 heures. On a fait ensuite un repiquage en culture pure de toutes les colonies de types différentes obtenus sur milieu solide Chaque souche a été repiquée dans du bouillon nutritif puis ensemencée par stries serrées sur gélose MRS et M17 pour les bactéries lactiques, sur la gélose OGA pour les levures et moisissure. Les souches pures sont obtenues après trois repiquages successifs.

Caractérisation physico-chimique

La teneur en eau ou en matières sèches (MS), la concentration en sucres exprimée en degré brix (°Brix), le pH et l'acidité titrable (AT) des échantillons collectés ont été déterminés. La teneur en matières sèches des échantillons a été déterminée par séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures, suivi des pesées différentielles suivant la méthode AACC 44-15A (AACC, 1984).

Détermination du Taux de Matières Sèches (TMS)

Le TMS (**a**) des échantillons a été déterminée par séchage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures suivi de pesées différentielles suivant la méthode AACC 44-15A (AACC, 1984).

Il a été calculé suivant la formule ci-après:

$$\mathbf{a}\ (\%) = \frac{P2-P0}{P1} \times 100$$

Avec :

P_0 = Poids vide du creuset

P_1= Poids de l'échantillon frais

P_2= Poids de l'ensemble échantillon séché et creuset

pH et de l'acidité titrable

Le pH et l'acidité titrable ont été déterminés sur chaque échantillon de kpètè-kpètè suivant la méthode de Nout et *al.* (1989). Un pH-mètre portatif (Hanna HI 84 17) a servi à la lecture du pH dans une suspension aqueuse constituée de 10 g d'échantillon et de 20 mL d'eau distillée. Ensuite 70 ml d'eau distillée sont ajoutés au mélange. Après homogénéisation, on procède à la détermination de l'acidité titrable par titration avec du NaOH 0,1N jusqu'à la stabilisation du pH du mélange à 8,2. Les résultats sont exprimés en % d'acide lactique (base sèche). Il est retenu que 1 ml de NaOH à 0,1N neutralise 9 mg d'acide lactique. Le pourcentage d'acide lactique (b.s) a été calculé selon la formule suivante :

$$\%\ d'acide\ lactique\ (b.s) = \frac{V}{M.\mathrm{a}} \times 0{,}9$$

V = Volume de NaOH 0,1 N (en ml)

M = masse de l'échantillon (g)

a = Taux de Matières Sèches de l'échantillon.

Toutes les analyses sur chaque échantillon ont été répétées deux fois et les moyennes des valeurs obtenues ont été considérées.

Le degré Brix

La mesure de la concentration en sucre exprimée en degré Brix a été réalisée à l'aide d'un réfractomètre (Sopelem 9596, France), étalonné avec une solution tampon pH 7. On dépose une goutte d'échantillon humide sur la lentille du réfractomètre et la lecture est faite directement après exposition à la lumière.

Toutes les analyses sur chaque échantillon ont été répétées deux fois et les moyennes des valeurs obtenues ont été considérées.

Analyses statistiques des données

Les variances (ANOVA) ont été analysées avec le logiciel MINITAB 16 Afin de comparer les moyennes relatives aux variables chimiques et microbiologiques et leur corrélation. Le test LSD de regroupement de Fisher a été utilisé pour la structuration des moyennes. L'analyse en composante principale (ACP) de l'ensemble des variables a été faite avec le même logiciel pour structurer les variables en montrer le regroupement des communes, et de les catégoriser. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0{,}05$) ont été considérées comme significatives.

RÉSULTATS

Caractéristiques microbiologiques des ferments

L'analyse des variances a montré l'existence d'une différence significative entre les ferments provenant des différents départements ($p = 0,000 < 0,05$) en termes de charge en bactéries lactiques (Tableau 2). Cependant, aucune différence significative n'existe entre les ferments en matière de charge en levures et moisissures ($p = 0,159 > 0,05$), en entérobactéries ($p = 0,142 > 0,05$) ; Les bactéries lactiques et les levures et moisissures sont dominantes dans le ferment avec des valeurs tel que : (charges en Log UFC/g de bactéries lactiques= 7,73 ± 1,58 ; et charge en levure et moisissure=6,9 ± 1,52. (Tableau 2).

Différents groupes de microorganismes isolés

Après le dénombrement des différents groupes de microorganismes, puis l'isolement des colonies représentant chaque groupes, 209 isolats de bactéries (composé des bactéries lactiques, des streptocoques, des levures et moisissure, des entérobactéries) ont été isolées.

Le Tableau 3 présente la répartition des isolats de chaque groupe de microorganismes. Le nombre d'isolats d'entérobactéries n'a pas été déterminé. Notons que les microorganismes isolés seront caractérisés (phénotypique et génotypique) dans la suite de nos travaux.

Tableau 2. Caractéristiques microbiologiques des ferments (dépôt de tchoukoutou) par département d'étude (données en log UFC/g)

Départements	Bactéries lactiques	Levures et moisissures	Entérobactéries	Streptocoques
Atacora (n=15)	7,73 ± 1,58[a]	6,9 ± 1,52[a]	5,15 ± 2,65[a]	4,49 ± 3,45[a]
Borgou (n=15)	6,27 ± 2,45[b]	6,07 ± 2,23[a]	4,3 ± 2,45[a]	2,846 ± 3,53[a]
Collines (n=15)	5,27 ± 1,57[b]	5,64 ± 1,52[a]	3,3 ± 2,42[a]	4,47 ± 1,59[a]

*Les moyennes en colonne ne partageant aucune lettre sont significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de regroupement de Fisher.

Tableau 3. Répartition des isolats des différents groupes de microorganismes

Groupe de microorganismes	Nombre d'isolats
Bactéries lactiques	148
Streptocoques	69
Levures et moisissures	70
Entérobactéries	ND

ND : Non déterminé

Caractéristiques physicochimiques des ferments

Il existe une différence significative entre le pH moyen (3,59 ± 0,38 - 4,461 ± 0,67) des ferments humides dans les trois départements d'étude, tandis que l'analyse de la variance, sur l'acidité titrable des ferments (0,11 ± 0,03 - 0,16 ± 0,08) indique une égalité des moyennes au seuil de 5 % (Tableau 3). Cependant, globalement les ferments sont caractérisés par une très faible acidité titrable. Le dépôt humide de *tchoukoutou « kpètè-kpètè »* a un taux de matière sèche de 7,4 ± 2,63 et un taux de °Brix (concentration en sucres) de 6,46 ± 2,46 (Tableau 4). Il n'y a aucune différence significative entre les ferments des trois départements en ce qui concerne le taux de matière sèche. La détermination du taux de sucre (degré brix), permet de distinguer deux groupes de ferment au niveau des départements : il s'agit des ferments de l'Atacora et du Borgou qui sont identiques et qui sont significativement différents aux ferments des Collines au seuil de 5 %.

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques des ferments par départements d'étude

Départements	Matièresèche (%)	pH	AciditéTitrable	°Brix
Atacora (n =15)	7,468 ± 2,96[a]	4,461 ± 0,67[a]	0,11 ± 0,03[a]	4,42 ± 1,73[a]
Borgou (n = 15)	6,69 ± 2,30[a]	4,04 ± 0,34[b]	0,14 ± 0,05[a]	4,25 ± 1,90[a]
Collines (n =15)	7,76 ± 2,65[a]	3,59 ± 0,38[c]	0,16 ± 0,08[a]	6,46 ± 2,46[b]

*Les valeurs de la même colonne ayant des lettres différentes présentent une différence significative au seuil de 5%. Acidité Titrable en % d'acide lactique b.s

Corrélation entre les différentes variables étudiées

Le Tableau 5 présente les résultats du test de corrélation de Pearson entre les différentes variables étudiées (le Taux de Matières Sèches, le pH, l'Acidité Titrable, les concentrations en sucre des ferment exprimées en Degré Brix ; les charges en Bactéries Lactiques en levures et Moisissures, en Entérobactéries et en Streptocoques).

L'analyse des résultats montrent que l'augmentation de l'acidité titrable est significativement corrélée à la diminution du pH (Figure 2).

Tableau 5. Matrice de corrélation de Pearson entre les différentes variables

Variables	MS	pH	AT	°Brix	BL	L&M	Entéro	Stepto
MS	1,00							
pH	-0,119	1,00						
AT	-0,146	- 0,665***	1,00					
°Brix	0,715***	- 0,269	-0,103	1,00				
BL	-0,022	0,779***	-0,547***	0,148	1,00			
L&M	0,096	0,352*	-0,248	0,035	0,464***	1,00		
Entéro.	-0,126	0,562***	-0,539***	0,101	0,665***	0,581***	1,00	
Strepto.	0,428**	0,007	0,029	0,275	0,130	0,045	-0,031	1,00

MS : Matière Sèche ; AT : Acidité titrable ; BL : Bactéries Lactiques ; L&M : Levures et Moisissures ; Entéro : Entérobactéries ; Strepto : Streptocoques.

* : Significatif au seuil de 5 % ; ** Significatif au seuil de 1% ; *** : très hautement significatif au seuil de 1‰.

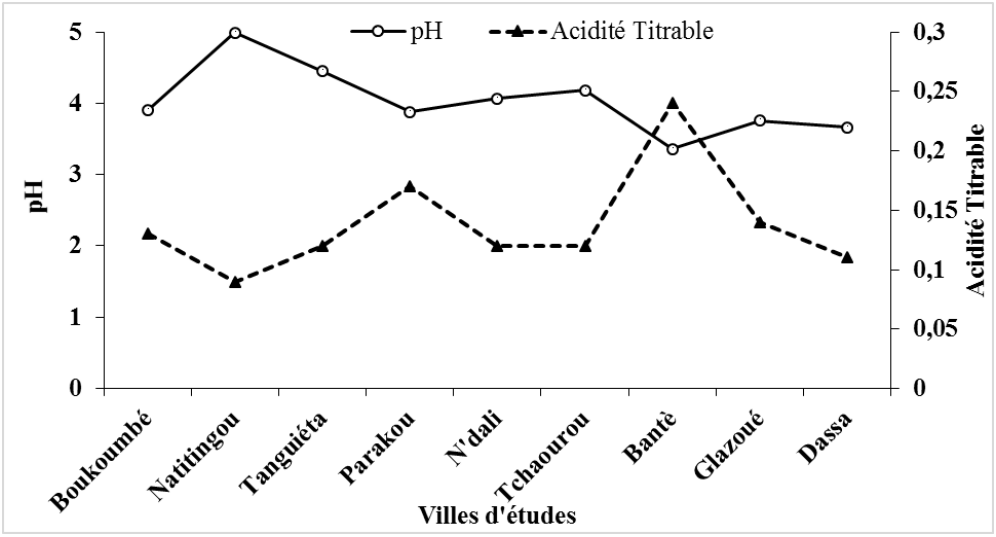

Figure 2. Courbe de Corrélation du pH et l'A.T (Coefficient de corrélation de Pearson = 0,464)

On observe une baisse progressive du pH (4,461 ± 0,67 à 3,59 ± 0,38) des ferments des communes de Boukoumbé, Natitingou, Tanguiéta et Parakou vers les communes de N'dali, Tchaourou, Bantè, Glazoué et Dassa (Figure 1). Le pH (4,03 ± 0,58) fortement corrélé à l'acidité titrable (Coefficient de corrélation = 0,665) devrait donc garantir une certaine sécurité hygiénique des ferments. Mais nous observons la présence des Entérobactéries, corrélée positivement aux charges en bactéries lactiques et levures/moisissures des ferments.

La Figure 3 présente la courbe de corrélation des Bactéries Lactiques et Levures-Moisissures (Coefficient de corrélation de Pearson = 0,464). L'analyse de la courbe montre que, l'évolution des bactéries lactiques s'accompagner du développement des levures et moisissures (Coefficient de corrélation = 0,464***) quel que soit la provenance des ferments.

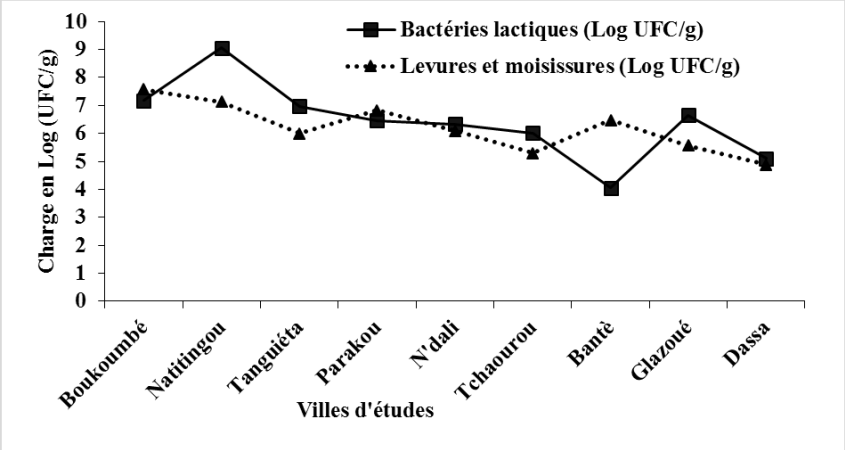

Figure 3. Courbe de corrélation des Bactéries Lactiques et Levures-Moisissures (Coefficient de corrélation de Pearson = 0,464)

Analyse en Composante Principale (ACP)

Valeurs propre et proportion d'information sur les axes

Le Tableau 6 présente les valeurs propres et les proportions d'informations concentrées sur les axes. Trois composantes principales permettent d'expliquer 86,8 % de la variation totale. L'axe 1 permet d'expliquer 49,2 % des informations, l'axe 2 explique 23,4 % des informations et l'axe3 explique 14,2 % des informations de départ. On peut donc considérer les trois axes pour l'interprétation des résultats.

Tableau 6. Valeurs propres et proportion d'informations concentrées sur les axes

Informations sur les axes	Valeur propre	Proportion	Cumulée
Axe1	3,9379	0,492	0,492
Axe 2	1,8701	0,234	0,726
Axe 3	1,1387	0,142	0,868
Axe 4	0,58	0,073	0,941
Axe 5	0,3888	0,049	0,989
Axe 6	0,0633	0,008	0,997
Axe 7	0,0162	0,002	0,999
Axe 8	0,0049	0,001	1

Corrélation entre les composantes principales et les variables initiales

Le Tableau 7 présente les corrélations entre les composantes principales et les variables initiales. L'analyse des résultats montrent que les paramètres, pH, la charge en entérobactéries et en bactéries lactiques(BL) sont corrélés positivement au premier axe (PC1). Le taux de matière sèche (MS) et la concentration en sucre exprimée en °Brix sont corrélés négativement au deuxième axe (PC2) tandis que l'acidité titrable est corrélée positivement au même axe. Les charges en levures et moisissures et en streptocoques sont corrélées positivement au troisième axe (PC3). Tous ces paramètres permettent de classifier les ferments.

Tableau 7. Corrélation entre les composantes principales et les variables initiales

Variables	PC1	PC2	PC3	
MS		-0,311	-0,396	-0,324
pH		0,414	-0,285	-0,059
AT		-0,252	0,615	-0,093
°Brix		-0,354	-0,409	-0,059
BL		0,440	-0,265	-0,238
LM		0,320	0,383	-0,447
Entéro		0,448	0,002	-0,090
Strepto		-0,215	0,005	-0,784

Regroupement des ferments en fonction des similarités

La Figure 4 présente le regroupement des ferments des différentes villes en fonction de leurs similarités par rapport aux caractéristiques physicochimiques et microbiologiques. L'analyse de la figure montre que les ferments des 9 villes sont regroupés en deux grands groupes. Le premier groupe G1 est subdivisé en deux sous-groupes (G1A et G1B). Le sous-groupe G1A est constitué des ferments provenant des villes de Boukoumbé, N'dali, Parakou, Tchaourou. Le deuxième sous-groupe (G1B) est constitué des ferments des villes de Tanguiéta, Bantè, Glazoué, Dassa. Le deuxième groupe (G2) comporte uniquement les ferments de Natitingou. On observe une hétérogénéité au niveau des deux sous-groupes. Seul le dernier groupe est homogène.

Le Tableau 8 présente la description des groupes à partir des paramètres physicochimiques et microbiologiques. L'analyse des résultats montre qu'il existe une différence hautement significative entre la variable matière sèche (MS), très significative entre les charges en bactéries lactiques (BL) et entérobactéries puis significatif entre la variable °Brix. Il n'y a pas de différence significative entre les variables pH, Acidité titrable et les charges en levures et moisissures.

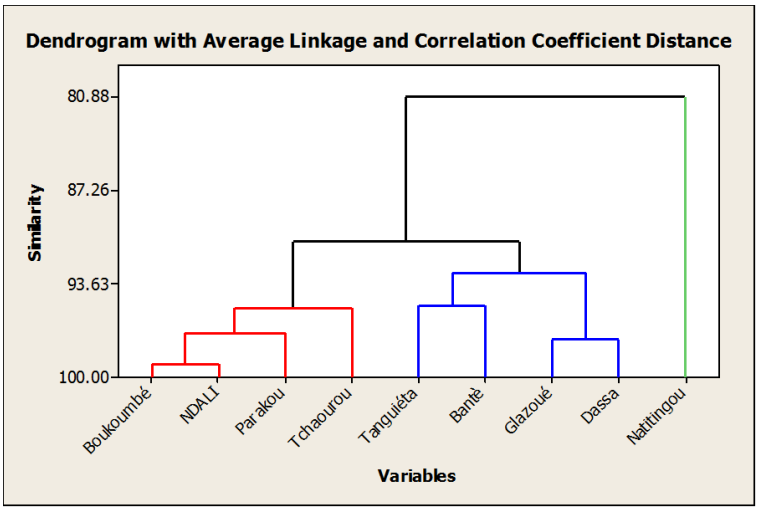

Figure 4. Regroupement des ferments des différentes communes en fonction de leur similarité

Tableau 8. Description des groupes à partir des paramètres physicochimiques et microbiologiques

Paramètres	Groupes			
	G1A	G1B	G2	F
MS	7,0675^{b}	8,1825^{a}	4,75^{c}	3,539***
pH	4,0075^{a}	3,8075^{a}	4,99^{a}	1,219
AT	0,135^{a}	0,1525^{a}	0,09^{a}	0,064
°Brix	4,485^{a}	6,125^{a}	2,94^{b}	3,284*
BL	6,491^{b}	5,725^{c}	9,06^{a}	3,472**
LM	6,45^{a}	5,725^{a}	7,13^{a}	1,449
Entéro	4,645^{b}	3,515^{b}	6,79^{a}	3,565**
Strepto	3,16^{a}	4,6725^{a}	3,44^{a}	1,233

Les mêmes lettres dans une même ligne signifient qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs et différentes lettres signifient qu'il y a de différence significative entre ces valeurs.
* : Significatif au seuil de 5% ; ** Significatif au seuil de 1% ; *** : très hautement significatif au seuil de 1‰.
F : valeur de fisher.

Le groupe G1 est constitué de deux sous-groupes. Ces deux sous-groupes sont différenciés par les paramètres matières sèches et charge en Bactéries lactique. Le groupe G1A est caractérisé par des ferments ayant un taux moyen de matière sèche (7,065) et une charge moyenne en bactéries lactiques(6,491). Le groupe G1B est caractérisé par un taux élevé de matière sèche (8,182) et une charge faible en bactéries lactiques (5,725).

Le groupe G2 est caractérisé par les ferments ayant un taux faible en matière sèche (4,75) et une charge très élevée en bactéries lactiques (9,06) et en entérobactéries (6,79). Les ferments de ce groupe ont une concentration en sucre exprimée en °Brix très faible (2,94).

DISCUSSION

Ce travail est basé sur la caractérisation microbiologiques et physico-chimique du dépôt humide *« kpètè-kpètè* » des bières traditionnelles produites au Bénin. Une grande variabilité existe entre les échantillons de ferment de *tchoukoutou/tchakplo* (coefficients de variation généralement très élevées). L'exception est celui du pH qui est relativement faible (14% environ). Ceci peut s'expliquer par deux facteurs : la variation de la durée des opérations unitaires de transformation au niveau des productrices, le choix des variétés de la matière première, les imperfections technologiques et les traitements faits par les productrices sur le ferment humide influençant ainsi leur caractéristique microbiologique et physicochimique. . En effet, les pratiques varient d'une productrice à une autre et au niveau d'une même productrice, d'une production à l'autre Kayodé *et al.* (2005), l'ont constaté chez trois productrices de malts pour la fabrication de t*choukoutou* au Bénin. Ces résultats confirment également les études de plusieurs auteurs (Greppi et *al.*, 2013 ; Sefa Dedeh *et al.*, 1999 ; Dmuyakor & Ohta, 1991 ; Odunfa *et al.,* 1985,) à travers leurs études réalisées sur les caractéristiques des bières traditionnelles qui ont rapporté que les fréquences de distribution des espèces microbiennes isolées des bières africaines varient suivant les localités et les ingrédients utilisés pour le brassage.

Les charges (en Log UFC/g de ferment) en bactéries lactiques (7,73 ± 1,58) ; levures et moisissures (6,9 ± 1,52) sont dominantes dans le ferment « *kpètè-kpètè* ». Les bactéries lactiques et les levures et moisissures sont donc responsables de la fermentation de *tchoukoutou* (Kayodé *et al.*, 2006). De |même, des études ont montré que les bactéries lactiques et les levures sont des microorganismes généralement dominants dans la plupart des produits fermentés à base de céréales et de manioc en Afrique de l'Ouest (Ekundayo

1969 ; Hounhouigan *et al.*, 1993 ; Lei *et al.*, 1999 ; Oyewole, 2000). Cependant, ces deux microorganismes semblent être faiblement présents dans le ferment que dans la bière *tchoukoutou* (BL : 7,6 à 7,9 $\log_{10}$ ufc, LM : 7.8 à 8,5 $\log_{10}$ ufc selon Kayodé *et al.* (2007). La présence dans le ferment d'autres microorganismes justifie cette faible viabilité des bactéries lactiques et des levures. Par ailleurs, l'évolution des bactéries lactiques semble s'accompagner du développement des levures. Ceci est le résultat d'une association symbiotique entre les levures et les bactéries lactiques. En effet, les bactéries lactiques créent un environnement acide favorable à la prolifération des levures qui produisent à leur tour des vitamines et d'autres composés de croissance pour les bactéries (Steinkraus, 1996). Ces résultats sont conformes à ceux de Maoura *et al.* (2006) qui ont constaté que les concentrations de la flore lactique et levurienne sont pratiquement identiques dans le « *bili-bili* », bière traditionnelle tchadienne

Les valeurs élevées des concentrations en sucre (exprimée en degré Brix) observées dans les certaines villes sont dues à la faible charge en levures et au ralentissement de l'activité bactérienne dans les ferments (condition de pH défavorable). En effet, les sucres sont les nutriments indispensables pour la fermentation alcoolique en brasserie et constituent la source principale d'énergie pour le métabolisme des levures

La faible acidité titrable (pH élevé) observée, de certains ferments serait due à la présence de divers microorganismes qui inhibent l'activité acidophile des bactéries lactiques du ferment.. Cette variation des caractéristiques physico-chimiques du ferment n'est pas observée sur le *chakpalo* en Côte-d'Ivoire. En effet, Aka *et al.* (2008) ont constaté au cours de leur étude portant sur la variabilité des propriétés physico-chimiques et microbiologiques du *chakpalo,* que le pH des moûts sucrés étaient statistiquement les mêmes chez toutes les brasseuses et ne variaient pas d'une production à une autre. Cependant nos résultats révèlent que le ferment «*kpètè-kpètè*» est un produit moins acide que la bière (pH = 3,2 et acidité titrable de 0,5 à 0,8) dont elle est provient. Cette diminution de l'acidité est une conséquence de la dilution du substrat de fermentation, de l'utilisation de l'acide lactique par les levures ou du ralentissement de l'activité bactérienne. Ce résultat corrobore ceux d'autres études, qui ont rapporté qu'une baisse progressive du pH s'accompagne d'une augmentation de l'acidité titrable au cours des fermentations naturelles (Michodjéhoun *et al.*, 2005 ; Dziedzoaze *et al.*, 1996 ; Sulma *et al.*, 1991). Une autre étude, ajoute que c'est une caractéristique de la fermentation des céréales (Efiuvwevwere & Akona ,1995).

Les études réalisées sur la bière traditionnelle *tchoukoutou* par Kayodé *et a*l. (2007), montrent qu'il y a une réduction de la matière sèche dans les ferments par rapport à la bière. En effet le taux de la matière sèche dans le *tchoukoutou* varie de 4,8 à 13,5 quel que soit le procédé utilisé. Cette diminution confirme qu'il y a une utilisation de la matière puis une production d'eau par les bactéries lactiques et les levures au cours des réactions métaboliques. Ce résultat corrobore celui de Hounhouigan *et al.*, (1993) au cours de leur étude réalisée sur la composition physicochimique et microbiologique du *mawè* au Bénin. Ces faibles valeurs de matière sèche sont dues à l'action combinée des bactéries lactiques et des levures ainsi que d'autres microorganismes tels que les Entérobactéries dont le milieu favorise leur croissance. Les ferments sont des produits acides. Plusieurs auteurs (Nout *et al.*, 1989 ; Mensah *et al.*, 1990) affirment que l'acidité des produits fermentés inhibe le développement de la flore indésirable telle que les entérobactéries. Mais certaines espèces d'entérobactéries, supportant une acidité élevée et sont responsables des intoxications alimentaires.

En plus l'analyse en composante principale (ACP) nous permet de classer les ferments et de les regrouper en fonction de leur similarité. Cette analyse nous a permis de classer en deux grands groupes les ferments. Ces résultats confirment ceux des travaux d'Amane *et al.* (2005) qui ont effectué une étude sur la caractérisation physicochimique du *tchakpalo* en Côte d'Ivoire dans plusieurs zones de Yamoussoukro. Ces auteurs ont montrés qu'il y avait une variabilité entre les productions au sein d'une même brasserie et d'une brasserie à une autre. La différence significative observée entre ces deux groupes peut s'expliquer par le fait que les paramètres mesurés varient d'une zone de production à une autre. Ce qui signifie qui signifie que la qualité du ferment *« kpètè-kpètè »* ne pas être généralisée. Il est donc indispensable de définir les paramètres qui permettent de fabriquer des bières et par conséquent des ferments de qualité constante dans le temps et dans l'espace.

CONCLUSION

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques ont permis de comparer les dépôts humides des bières locales *tchoukoutou* selon leur provenance. Les charges en bactéries lactiques, levures et moisissures sont dominantes par rapport aux autres bactéries dans le « *kpètè-kpètè* » ferment du *tchoukoutou/tchakpalo*. Les entérobactéries sont présentes dans les ferments corrélés positivement aux charges en bactéries lactiques et levures/moisissures. Il y a également une diminution remarquable dans le ferment des caractéristiques utiles reconnues à la bière elle-même. La

caractérisation simultanée du *tchoukoutou/tchakpalo* et du ferment « *kpètè-kpètè* ou » peut confirmer la diminution des caractéristiques reconnues à la bière.

Les bactéries lactiques et levures contenues dans le ferment doivent être, identifiées et caractérisées afin de connaitre les différentes espèces de bactéries lactiques, de levures/moisissures et d'Entérobactéries contenus dans les ferments. Il serait donc intéressant d'étudier les propriétés probiotiques de ces bactéries lactiques. Les espèces identifiées pourront être utilisées comme starter pour une fermentation contrôlée des bières traditionnelles du bénin.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement le Programme de Fonds Compétitifs pour la Recherche (PFCR/ UAC/ 2012) de l'université d'Abomey-Calavi pour son soutien financier pour la réalisation de ce travail. Nous remercions également le professeur Guy Apollinaire MENSAH et le Docteur Alice Koubourath IGUE DJINADOU pour l'apport considérable reçu à travers leur formation concernant les outils indispensables pour une bonne rédaction d'un article scientifique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

AACC. 1984. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists 1984, 8th ed St Paul, Minnesota, USA.

AKA S., DJENI N'DÉDÉ T., N'GUESSAN K. F., YAO K.C &DJE K. M. 2008.Variabilité des propriétés physico-chimiques et dénombrement de la flore fermentaire du tchapalo, une bière traditionnelle de sorgho en côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE 04(2) : 274-286.

AMANE.N.D., ASSIDJO N.E., GBONGUE M.A., BOHOUSSOU K., CARDOT P.2005 Agronomie Africaine, 17(2) 143-152.

BLANDINO A., AL-ASEERI M. E., PANDIELLA S. S., CANTERO D.& Webb C. 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. Food Res. Int. 36, 527-543.

DZIEDZOAZE T. N., Ellis W. O &OL DHAM J. H. 1996**.** Effect of cassava varietal differences and fermentation time on the quality of agbelina.*In*: Halm, M., Jakobsen, M. (Eds), traditional fermented food processing in Africa, proceeding of the Third Biennal Seminar on African fermented food, FRI, DANIDA, KVL, July. Accra, Ghana, pp. 17 – 25.

EFIUVWEVWERE B. J. O &AKONA O. 1995**.** The microbiology of kununzaki, a cereal beverage from northern Nigeria, during the fermentation (production) process. World Journal of Microbiology and Biotechnology 11, 491-493.

EKUNDAYO J. A.1969. The production of pito, a nigerian fermented beverage. International Journal of Food Science &Technology, 4 : 217–225.

FAO/STAT. 2012. Base de données FAO, consultée en ligne sur le site www.faostat.org le 13/12/2012

GREPPI A., RANTSIOU K., PADONOU W., HOUNHOUIGAN J., JESPERSEN L., JAKOBSEN M. &COCOLIN L. 2013. Determination of yeast diversity in ogi, mawè, gowé and tchoukoutou by using culture-dependent and -independent methods. Int. J.Of food microbiology.165(2) : 84-88.

GRAJEK W., OLEJNIK A., & SIP A. 2005.Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. ACTA Biochimica. Polonica 52 (3) : 665-671.

HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., NAGO C. M., HOUBEN J. H. & ROMBOUTS F. M., 1993. Composition microbiological and physical attributes of mawè, a fermented maize dough from Benin. Int. J. Food Sci. Technol., 28 : 513-517.

HOUNHOUIGAN, D. J., NOUT, M. J. R., NAGO, C. M. HOUBEN, J. H., HOUBEN J. H. & ROMBOUTS, F.M.1993.Changes in the physico-chemical properties of maize during natural fermentation of mawè.J.CerealSci. 17 : 291-300.

HOUNHOUIGAN M. H. 2007. Evaluation et amélioration de la technologie traditionnelle de production de « kpètè-kpètè », un ferment utilisé pour la fermentation de tchoukoutou. Thèse Ingénieur Agronome, FSA/UAC.

KAYODE A. P. P, DEH D.C, BABA-MOUSSA L. S., KOTCHONI S. O. & HOUNHOUIGAN J. D. 2012. Stabilization and preservation of probiotic properties of the traditional starter of African opaque sorghum beers, in African Journal of Biotechnology, 11(30) : 7725-7730

KAYODÉ A. P. P., HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., & NIEHOF A., 2007. Household production of sorghum beer in Benin : technological and socio-economic aspects, in International Journal of Consumer Studies, 31 : 258-264.

KAYODÉ A. P. P., LINNEMANN A. R., NOUT M. J. R., HOUNHOUIGAN J. D., STOMPH T. J., & SMULDERS M. J. M. 2006.Diversity and food quality properties of farmers' varieties of sorghum from Benin.J Sci Food Agric, 86 :1032–1039.

KAYODÉ A. P. P., ADÉ GBIDI A., LINNEMENT A. R., NOUT M. J. R. & HOUNHOUIGAN D. J. 2005.Quality of farmer's varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin.Ecology of food and Nutrition, 44, 271-294.

KÜHLE A.V., JESPERSEN L., GLOVER R. L, DIAWARA B., & JAKOBSEN M. 2001.Yeast. 18 : 1069-1079

MAOURA N., MBAIGUINAM M., GAILLARDIN C., & POURQUIE J., 2006. Suivi technique, analytique et microbiologique de la bili-bili, bière traditionnelle Tchadienne, Afr. Sci. 02 : 69-82.

MERCENIER A. 1999. Lactic acid bacteria as vaccines. In: Tannock, G. (Ed.), Probiotics: A Critical Review, Horizon Scientific Press, and Norfolk, UK. 113–128.

MISSIHOUN A. A., ADOUKONOU-SAGBADJA H., DAGBA R. A., AHANHANZO C. & AGBANGLA C. 2012.Impacts des pratiques culturales sur l'organisation génétique des sorghos. Journal of Applied Biosciences, 60 : 4394– 4409.

MICHODJÈHOUN-MESTRES L., HOUNHOUIGAN D. J., DOSSOU J. & MESTRES C. 2005. Physical, chemical and microbiological changes during natural fermentation of Gowe, a sprouted or non-sprouted sorghum beverage from West-Africa. Afr J Biotechnol4, 487–496.

MUGULA J. K., NARVHUS J. A, & SORHAUG T. 2003. Use of starter cultures of lactic acid bacteria and yeasts in the preparation of *togwa*, a Tanzanian fermented food. International Journal of Food Microbiology, 83 (3) : 307–318.

NOUT M. J. R. 2009. Rich nutrition from the poorest – Cereal fermentations in Africa and Asia. *In* Food Microbiology, 26 : 685–692.

NOUT M. J. R., HOUNHOUIGAN D. J. & BOEKEL V. T. 2003.Les aliments: Transformation, conservation et qualité CTA. Backhuys publisher's p 263

NOUT M. J. R. & SARKAR P. K. 1999.Lactic acid food fermentation in tropical climates. Antoine Van Leeuwenhoek 76 : 395-401.

NOUT M. J. R. & MOTARJEMI Y. 1997. Assessment of fermentation as a household technology for improving food safety: a joint FAO/WHO workshop. Food Control, 8: 221-226.

NOUT M. J. R. 1994.Fermented foods and food safety. Food research International 27: 291

NOUT M. J. R., ROMBOUTS F. M. & HAVELAAR A.1989.Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic micro-organisms. International Journal of Food Microbiology, 8 : 351-361.

NOUT M. J. R. 1987. Composition of foods: African traditional beers. Laboratory new letter, 8 : 18.

NOUT M. J. R.1992.Upgrading traditional biotechnological processes. In: Applications of Biotechnology to Traditional Fermented Foods. A Report on an Ad Hoc Panel of the Board on Science and Technology for International Development National Academy Press, Washington, D. C., pp. 11-19.

ODUNFA S. A & ADEYELE S. 1985. Microbial changes during traditional production of ogi -baba, a western Africa fermented sorghum gruel. J. cereal Sci., 3 : 173 - 180.

ODUNFA S. A.1985. African fermented foods. In B. J.B. Wood (Ed.), Microbiology of fermented foods.London, UK.167-195.

SANNI A. I. & LONNER C. 1993. Identification of yeast isolated from Nigerian traditional alcoholic beverages. Food Microbiol.,10 : 517-523.

SANNI A. I., ONILUDE A. A., FADAHUNSI I. F. & AFOLABI R. O. 1999. Microbial deterioration of traditional alcoholic beverages in Nigeria. In Food Research International, 32 (3): 163–167

SEFA-DEDEH S., SANNI A. I., TETTEH G. & SAKYI-DWSON E. 1999. Yeasts in the traditional brewing of pito in Ghana. World journal of microbiology and Biotechnology, 15 : 593-597.

STEINKRAUS K. H. 1996. Handbook of Indigenous Fermented Foods, 2nd ed, Marcel Dekker, New York.

SULMA I., LARRY R. S. & KIRLEIS A. 1991. Isolation and characterization of microorganisms associated with the traditional sorghum fermentation for production of Sudanese Kira. J. Appl. Environ. Microbial, 57 : 2529 – 2533.

VAN DER A. A., KÜHLE A., JESPEREN L., GLOVER R. L. K., DIAWARA B. & JAKOBSEN M., 2001. Identification and characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from West African sorghum beer. Yeats, 18 : 1069–1079.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 119-129, 2015 ISSN 1659 - 5009

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PRODUCTION ET L'UTILISATION DE LA FARINE DE MAÏS DÉCORTIQUÉ DU TYPE *GAMBARI-LIFIN* EN AFRIQUE

N. M. F. MONTEIRO, P. HOUSSOU**, N. AKISSOE*, K. A. DJINADOU IGUE***, G. A. MENSAH****

**Laboratoire de Physicochimie des Aliments; Département de Nutrition et Sciences Alimentaires/ FSA/UAC ; République du Bénin. Email : noel.akis@yahoo.fr*

***Programme de Technologie Agricole Alimentaire; République du Bénin*

****Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 B.P. 2359, République du Bénin.*

RÉSUMÉ

Gambari-lifin, farine fine issue du grain de maïs décortiqué-dégermé mais moins connue que la farine ordinaire (*lifin*) du grain entier, ouvre de nouvelles perspectives de valorisation. Toutefois, le procédé et la qualité du produit fini méritent d'être revisités. Bien que son nom indique une origine septentrionale au Bénin, *gambari-lifin* est produit et consommé au Sud-Bénin (Porto-Novo et Cotonou). En dehors des opérations de décorticage-dégermage et de mouture, l'activité de production de *gambari-lifin* est essentiellement assurée par les femmes. Les opérations unitaires comprennent l'humectage, le décorticage/dégermage, le vannage, le trempage-fermentation, la mouture, le séchage au soleil et le tamisage. A l'exception de l'étape de fermentation, le procédé de *gambari-lifin* est identique à celui de la farine de *tuwo, aseda, ugali et mudde* connues en Afrique. En dehors de la pâte, la farine peut être utilisée dans la boulangerie et en pâtisserie. Cependant, le manque de dispositif de séchage adéquat rend non seulement la production pénible mais porte aussi atteinte à la qualité hygénique. L'amélioration du procédé de transformation de *gambari-lifin* doit être envisagée par la mise en place d'un dispositif de séchage plus adéquat.

Mots clés : céréales, farine, décorticage-dégermage, séchage

REVIEW ON THE PRODUCTION AND THE USE OF *THE GAMBARI-LIFIN*IN AFRICA

ABSTRACT

Gambari-lifin produced from dehulled and degermed maize grains, less known than flour made from whole grain "l*ifin*", can be improved in the point of view of the process and product quality. A review on the processing technology and the use of *gambari-lifin* will be helpful for improving this flour and extending its use. Although the name of *gambari-lifin* suggests a northern origin in Benin, *gambari-lifin* is produced and consumed in Southern region of Benin (Porto-Novo and Cotonou). Except for degerming and milling, the processing technology of *gambari-lifin* is mainly undertaken by women. The main unit operations include wetting, hulling/degerming, winnowing, soaking-fermentation, grinding, sun-drying and sieving. Except the fermentation step, the process is similar to that of *tuwo, aseda, ugali and mudde* known in Africa. Besides the dough, *gambari*-flour can be used in baking and pastry. However, the lack of appropriate drying device makes the production painful and affects the hygienic quality. The improvement of the processing method of *gambari-lifin* should be considered through the development of a more suitable drying device for process optimization and for the improvement of the flour's quality.

Keywords : cereal, flour, dehulling-degerming, drying

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

Les céréales, en particulier le maïs (*Zeamays* L.) sont une véritable source de macro et micronutriments dans l'alimentation humaine des pays Africains (Asiedu *et al.,* 1992 ; Sandhu & Singh, 2007). Elles sont utilisées sous formes diversifiées en alimentation humaine, animale et comme matières premières dans les transformations alimentairestels que les pâtes, le couscous, les semoules, les farines, les boissons alcoolisées et non alcoolisées (Nago,1989 ; Nago *et al.,* 1997). Au Bénin, la plupart des produits finis de maïs proviennent essentiellement de cinq produits intermédiaires comprenant *gambari-lifin, ogui, mawé, lifin (*ordinaire ou torréfié*) et le malt* qui sont donc au carrefour de toutes les transformations à base de maïs au Bénin (Hounhouigan *et al.*,1993, Nago *et al.,* 1997 ; Okoruwa, 1997). Au Bénin, les farines de maïs encore appelées *"lifin"* occupent une grande place dans l'alimentation de la population. On distingue ainsi des farines ordinaires (obtenues à partir des grains secs moulus), des farines de grains torréfiés (obtenues à partir des grains ayant subi une cuisson à sec) et des farines de grains décortiqués et dégermés moulus, très légèrement fermentées puis séchées, appelée "*gambari-lifin*". Contrairement au *"lifin*" ordinaire (farine de grains entiers de maïs) qui a fait l'objet de nombreuses études, le *"gambari-lifin*" à notre connaissance a été peu documenté (Adjilé *et al.,* 2015 ; Nago *et al.*, 1997). C'est une farine « évènementielle » ou de première classe, préparée en pâte au cours des grands évènements (cérémonies de mariage, de décès et autres fêtes particulières) (Adjilé *et al.,* 2015 ; Nago *et al.*,1997). La production de *gambari-lifin* dure environ trois jours, avec des opérations unitaires comprenant outre le décorticage-dégermage, deux opérations (trempage et le séchage) qui, à elles seules,durent 48 heures et déterminent la qualité de la farine. Le séchage de *gambari-lifin* se fait à l'air libre au soleil sous la dépendance totale des aléas climatiques (l'ensoleillement), surtout à cause de l'absence du dispositif de séchage adéquat.

Les pâtes issues de la farine de gritz décortiqués et dégermés de céréales sont connues en Afrique sous différentes appellations telles que *gambari-wo, tuwo, Aseda, ugali, mudde*, *tô* etc. (Bello *et al.,* 1990 ; Nago *et al.,* 1997).

Okoruwa (1997) a décrit le procédé de production de la farine de *tuwo,* une farine non fermentée similaire à celle de *gambari-lifin* et consommée sous forme de pâte dans la sous-région de l'Afrique de l'Ouest (Bolade *et al.,* 2002).

Si la plupart de ces pâtes (tô, tuwo, owo) peuvent provenir de toutes céréales, le *gambari-wo* n'est produit qu'à partir du maïs, en particulier du maïs grain blanc.

Au Bénin, les travaux réalisés sur *gambari-lifin* renseignent sur le procédé et l'utilisation de la farine pour la préparation de pâte *gambari-wo* alors que d'autres farines similaires servent à de multiples autres usages, en particulier en pâtisserie, (pain, biscuit) dans la sous-région (Sunday & Tamunosaki, 2003 ; Nasir *et al.,* 2010 ; Sweta *et al.*, 2012). Cette synthèse de travaux réalisés sur la production et l'utilisation de *gambari-lifin* met l'accent sur les origines, le procédé de production et les modes d'utilisation ainsi que les contraintes technologiques. Elle explore également d'autres usages pour la valorisation de cette farine au regard des possibilités offertes par des farines équivalentes.

ORIGINE ET DIFFUSION DE LA TECHNOLOGIE DE GAMBARI-LIFIN AU BÉNIN

Le *gambari-lifin* est une farine de maïs décortiqué-dégermé (Photo 1 a) produite par des femmes qui, pour la plupart, ont acquis la technologie de production par transmission ancestrale. Le g*ambari-lifin* était consommé par des populations du septentrion (peuples du Nord-Bénin, Niger, Mali ; Adjilé *et al.*, 2015) appelées communément les *Gambarinou*. Du fait du brassage interculturel, principalement les mouvements inter ethno-tribaux dans la région, caractérisés par le commerce transfrontalier, cette farine s'est retrouvée au sein de la population *Yoruba* de Porto-Novo, composée de grands commerçants. Ces derniers auraient découvert la farine au cours de leurs divers voyages. Cette farine se rapproche de la farine du *tuwo* qui, quant à elle, est traditionnellement et communément consommée par la communauté Hausa de l'Afrique de l'Ouest (Boladé & Adeyémi, 2012).

Des farines analogues ont été rapportées dans la littérature, en particulier la farine du *ugali (Rwanda et Tanzanie),* la farine de *sima, sembe, nshima ou posho (Afrique du Sud).*

Au Bénin, le g*ambari-lifin* dispose d'un marché potentiel à l'échelle nationale et internationale (Gabon, Nigéria). Il est vendu dans des emballages de récupération en portions de 25 kg, parfois en petites quantités à la demande du client (Adjilé *et al.*, 2015).

Procédé de production de gambari-lifin

La production de*gambari-lifin* est une activité réalisée en grande partie par les femmes (Okoruwa, 1997 ; Adjilé *et al.*, 2015) même si au cours de certaines opérations de décorticage/dégermage et de mouture elles font recours à la main d'œuvre masculine, le meunier en l'occurrence, en prestataires de service. Le procédé de production de *gambari-lifin* comporte

des opérations essentielles que sont l'humectage (aspersion d'eau à la main), le décorticage-dégermage, le vannage, le trempage/fermentation, la mouture, le séchage au soleil et le tamisage (Okoruwa, 1997 ; Boladé *et al.*, 2002 ; Adjilé *et al.,* 2015 ; Figure 1). Ce procédé est comparable à celui du *mawè* jusqu'à l'étape de mouture (Hounhouigan *et al.*, 1993) ou à celui de la farine de *tuwo* à la seule différence que cette dernière n'est pas fermentée (Boladé et *al.*, 2009). Au cours de la production de *gambari-lifin*, les gritz sont trempés pendant environ 24-40 heures à température ambiante (26-30 °C ; Adjilé *et al.,* 2015). Le séchage de la farine humide issue de la mouture des gritz trempés constitue l'étape la plus critique, dépendante de l'ensoleillement et de l'environnement (salubrité des lieux). Durant le séchage, la farine humide est étalée sur des nattes ou des bâches de toiles cirées, puis séchée le jour même de la production afin de lui conserver la blancheur désirée par les consommateurs (Adjilé *et al.,* 2015).

Deux technologies de production de *gambari-lifin* sont recensées à savoir la technologie du mawé séché puis moulu en farine (variante 1) et celle couramment utilisée qui consiste à avoir directement de la farine à partir de la mouture des gritz (variante 2). La variante 1 donne du *gambari-lifin* très fin mais elle apparaît plus longue en opérations et moins populaire ; elle diffère donc par des équipements rudimentaires utilisés et par les opérations mises en œuvre.

Au Bénin, des travaux sur la mécanisation du décorticage et du dégermage du maïs ont été effectués pour l'amélioration de la performance de la décortiqueuse de maïs, essentiellement le prototype Mini-PR (Hounhouigan *et al.,*1999). Cependant, certaines productrices font leur décorticage dans les moulins à maïs en raison du manque de décortiqueuse Engelberg dans leur zone d'activité. Selon les meuniers qui utilisent la machine Engelberg, on obtient des gritz bien propres (Adjilé *et al.,* 2015). Mestres *et al.* (2009) ont montré que l'utilisation du broyeur à marteaux pour le dégermage et du broyeur à meules pour la mouture du maïs permet de produire de la farine de haute qualité organoleptique.

Technologie de transformation et qualité des farines à base de maïs décortiqué-dégermé et de gambari-lifin

La couleur blanche de *gambari-lifin* repose essentiellement sur les opérations de séchage et de tamisage/vannage. En effet, 60 % des productrices estiment que l'étape du tamisage assure l'élimination complète des germes, sons et rendant ainsi la farine plus blanche que la farine de maïs non décortiquée (Adjilé *et al.,* 2015). Selon la même étude, lorsque le *gambari-lifin* est bien

séché, il peut être conservé pendant une période de 4 mois à 1 an (85,7 % des vendeuses enquêtées).

Les travaux antérieurs sur l'influence de la granulométrie de la farine du *tuwo* sur ses propriétés physico-chimiques et les caractéristiques rhéologiques de la pâte ont mis en évidence une différence significative entre les fractions granulométriques, notamment les propriétés de gélification de chaque fraction granulométrique (Boladé *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'influence des types de maïs sur les propriétés texturales de chapati (un des produits alimentaires à base de maïs indien) a également été documentée (Sandhu & Singh, 2007). En outre, des essais d'amélioration de la qualité organoleptique, en particulier texturale de la farine *tuwo,* ont été réalisés par incorporation de la farine de manioc à différents taux (Bolade & Adeyemi, 2012). A cet égard, la formulation de la farine de manioc à 25 % semble la mieux satisfaisante du point de vue de la qualité recherchée par les consommateurs.

Bhattacharya & Bhattacharya (1995) ont rapporté que la pâte obtenue à partir de la cuisson de la farine décortiquée-dégermée a un comportement pseudo plastique. Ce comportement rhéologique est vraisemblablement un problème fondamental en ce sens qu'après le refroidissement, la pâte se rétrograde très vite, avec une diminution de la capacité d'être facilement moulée avec la main lors de la consommation, en particulier après refroidissement et durant le stockage pendant la nuit (Bolade *et al.,* 2002).

Utilisation des farines de maïs décortiqué-dégermé et de gambari-lifin

La plupart des farines dérivées du maïs qu'elles soient fermentées ou non sont utilisées pour la préparation de la pâte (Boladé, 2002 ; Ejiofor, 2004). Le *gambari-lifin* est une farine très utilisée pour la préparation de la pâte servie préférentiellement pendant les cérémonies de grande importance ou de prestige tels que les mariages, les baptêmes et les enterrements (Adjilé *et al.,* 2015).

Des essais ont été entrepris pour favoriser l'utilisation des farines de céréales locales dans la fabrication du pain et dans la pâtisserie (Campos *et al.,* 1978 ; Misra *et al.*, 1991 ; Sunday et *al.*, 2003). C'est le cas du *bros* de maïs, un pain obtenu à partir de la formulation de la farine de maïs décortiqué-dégermé et de la farine de blé (60 % de maïs et 40 % de blé), cuit dans un four de type traditionnel en briques réfractaires en Côte d'Ivoire (Cifad-Inter, 1993). Ce pain apparaît plus lourd que le pain ordinaire, avec une densité variant entre 0,40 et 0,45 contre 0,25-0,30 pour la baguette (Berthelot & Tiékoura, 1990). Sunday *et al.* (2003) ont rapporté que l'incorporation de 2 à 10 % de farine issue des céréales autres que le blé donnait des pains sans modification de

caractéristiques sensorielles. De leur côté, Sweta *et al.* (2012) ont établi que la substitution à 25 % de la farine de blé donnait un pain acceptable sur le plan organoleptique. Nasir *et al.* (2010) ont suggéré un taux d'incorporation compris entre 5 et 15 % pour fabriquer des pains de caractéristiques organoleptiques très acceptables. Arshad *et al.* (2007) ont rapporté que la supplémentation de 15 % de la farine de maïs dégermé avec la farine de blé n'a pas altéré la qualité des biscuits. Des travaux sur l'utilisation de *gambari-lifin* dans la panification et la pâtisserie sont très limités; ce qui ouvre de nouvelles perspectives pour la valorisation de cette farine.

Caractéristiques physico-chimiques et texturale de gambari-lifin

La farine produite à partir du maïs décortiqué-dégermé est caractérisée par une couleur blanche, texture très fine et goût un agréable (Ejiofor, 2004). Adjilé *et al.* (2015) ont observé que les teneurs moyennes en matière sèche, protéines et cendres de *gambari-lifin* sont respectivement de 87,3 % ; 8,23 %; 0,33 %. Ces valeurs sont logiquement inférieures à celles rapportées par Nago et al. (1997) sur les farines de maïs entier *lifin* qui sont respectivement 88,4 % ; 10,3 % et 1,3 %.

Les caractéristiques chimiques de *gambari-lifin et de la farine du tuwo* sont présentées dans le Tableau 1. En ce qui concerne les caractéristiques rhéologiques, Adjilé *et al.* (2015) ont rapporté que le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité du *gambari-lifin* étaient respectivement de 6,4 % et 4,45 % pendant que la viscosité maximale de la farine variait entre 80,4 et 83,4 uRVA et la viscosité finale oscillait entre 104,2 et 113,6 uRVA. Des valeurs observées pour le tuwo de maïs avaient des amplitudes de 97,7-143,6 uRVA et 159,1-167,3 uRVA respectivement pour les viscosités maximale et finale (Boladé *et al.*, 2009).

Tableau 1. Caractéristiques physicochimiques de *gambari-lifin et farine de tuwo*

Farine de maïs décortiqué-dégermé	Matières sèches (%)	Teneur en cendres (%)	Teneur en protéines (%)	Références
Gambari lifin	86,8-87,8	0,34-0,32	8,1 - 8,36	Adjilè *et al.,* 2015
Tuwo	89,9-91,6	0.80–0.97	2.9 -4,0	Boladé *et al.,* 2009

Problèmes relatifs à l'utilisation des farines

Selon Koné (2005), les difficultés et contraintes liées à la transformation de la farine concernent la faible durée de conservation (surtout pour la farine), la granulométrie parfois non conforme aux besoins des consommateurs et en particulier les boulangers; la propreté et le mode de présentation, l'insuffisance de formation et d'information des acteurs sur les techniques modernes de transformation; la difficulté d'emballage des produits (coût, qualité, taille inadaptée, etc.), et le manque d'équipements adaptés. La plupart de ces contraintes sont observées au niveau de *gambari-lifin.*

Le séchage au soleil est une opération critique (Photo 1b) dans le procédé de production de *gambari-lifin* puisque la couleur (la blancheur) et la durée de conservation de la farine en dépendaient (Adjilé *et al.,* 2015). En effet, à cause du manque d'infrastructures et d'équipements appropriés, le séchage a été identifié comme étant l'une des opérations de longues durées durant la transformation de *gambari-lifin*. Le séchage au soleil nécessite de la main-d'œuvre, le temps et exige un grand espace pour étendre le produit (Atul & Nguyen, 2009). Les temps pluvieux ou non ensoleillés constituent l'une des contraintes majeures à la production; ce qui oblige parfois à reporter la production lorsque le temps est menaçant ou encore à prolonger la durée du trempage des gritz lorsque la production est déjà en cours; le cas échéant, les productrices renouvellent l'eau du trempage pour limiter la fermentation (Adjilé *et al.*, 2015).

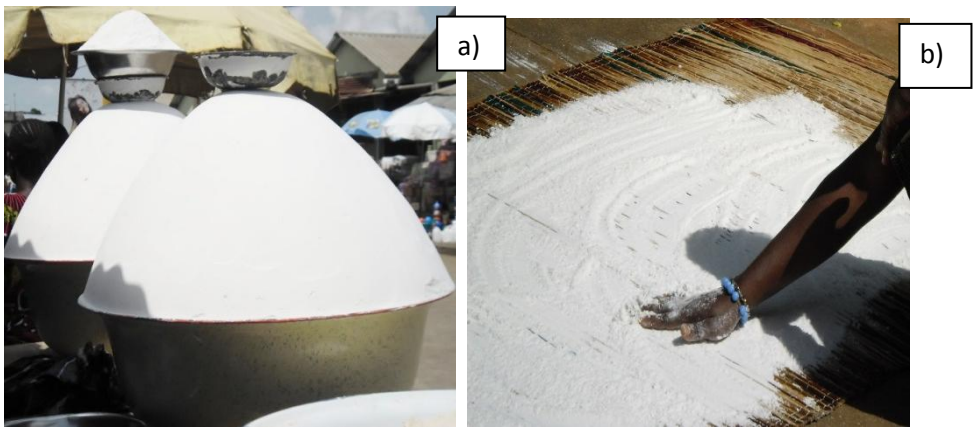

Photo 1. *Gambari-lifin* vendu au marché (a) et
Séchage de la farine humide au soleil (b)

Implications

Lorsque le séchage est mal effectué, le *gambari-lifin* subit des modifications sur le plan organoleptique (changement de couleur, dégagement d'odeur, acidification du goût). Le processus de séchage dans les conditions actuelles comporte beaucoup de risques, notamment la contamination par la poussière, le vent, l'humidité et la perte du produit due aux oiseaux et animaux, etc. En effet, le dispositif de séchage est souvent mal entretenu et peut être source de contamination par les champignons et les moisissures. Certaines transformatrices (celles qui ont les moyens) profitent de la saison sèche pour produire en quantité la farine *gambari-lifin* pour limiter les problèmes liés au séchage en saison pluvieuse.

Ces problèmes limitent la production de *gambari-lifin* et l'extension à d'autres régions du Bénin.

PERSPECTIVES

La technologie de production de *gambari-lifin* est restée traditionnelle au Bénin bien que le procédé ait fait objet d'amélioration au niveau du décorticage-dégermage par l'introduction d'équipements adaptés. L'amélioration des conditions de séchage de *gambari-lifin* doit être envisagée pour permettre l'utilisation potentielle et diversifiée de la farine. De même, les variétés de maïs aptes à la production de *gambari-lifin,* doivent être documentées. La diffusion et le respect d'une norme permettra de valoriser et de promouvoir la farine *gambari-lifin* répondant aux normes de qualité et de marché.

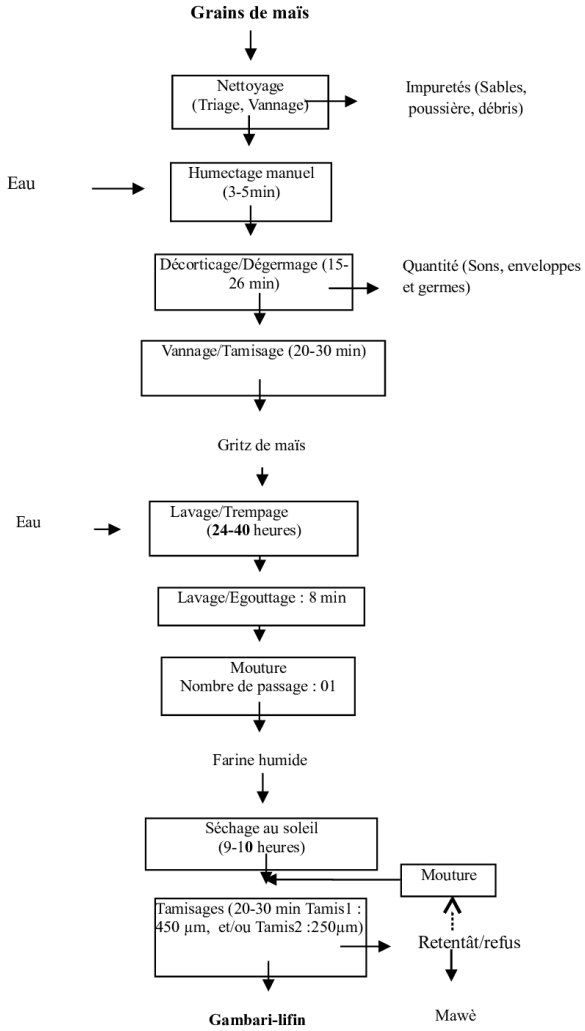

Figure 1. Diagramme technologique de *gambari-lifin*

Source : (Adjilé *et al.,* 2015)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADJILE A. N., HOUSSOU A. P. F., MONTEIRO N., FAINOU M. C., AKISSOE N. H. & TOUKOUROU F. *2015.* Caractérisation du procédé de *gambari-lifin* (farine de maïs décortiqué-dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physicochimique et rhéologique. *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 12.*

ARSHAD M. U., ANJUM F. M. & ZAHOOR T., 2007. Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. *Food Chemistry*, *102*, 123-128.

ASIEDU M., NILSEN R., LIE O. &LIED E., 1992. *Effect of processing (sprounting and /or fermentation) on sorghum and maize:* Proximate composition, minerals and fatty acids. *Food Chemistry*, 46: 351-353.

ATUL S. C. R. & NGUYEN C. V. L. 2009. Solar-energy drying systems : A review. Renewable and Sustainable *Energy Reviews* 13 :1185–1210.

BELLO A. B., ROONEY L. W. & WANISKA R. D., 1990. Factors affecting quality of sorghum tô, a thick porridge. *Cereal Chemistry*, 67 : 20– 25.

BERTHELOT J. & TIEKOURA R. 1990. Mise au point de recettes de *Bros* à dominance de maïs et mil aisément transférables en Afrique noire. INP-ENSAT, 64 p.

BHATTACHARYA S. & BHATTACHARYA S. 1995. Rheology of Cooked Debranned Maize Flour Suspensions. *Journal of* Food *Engineering*, 21 : 91-105.

BOLADE M. K. & ADEYEMI I. A. 2012. Functionality Enhancement of Composite Cassava Flour in the Production of Maize Tuwo (A Non-fermented Maize-Based Food Dumpling). *Food Bioprocess Technology*, 5 :1340–1348.

BOLADE M. K., ADEYEMI I. A. & OGUNSUA A. O. 2009. Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based nonfermented food gel. *International Journal of Food Science and Technology*, 44 : 646–655.

BOLADE M. K., USMAN M. A., RASHEED A. A., BENSON, E. L. & SALIFOU I. 2002. Influence of hydrothermal treatment of maize grains on the quality and acceptability of tuwon masara (traditional maize gel). *Food Chemistry*, 79 : 479–483.

CAMPOS J. E. & EL-DASH A. A. 1978. Effect of addition of full-fat sweet lupine flour on rheological properties of dough and baking quality of bread. *Cereal Chemistry*, 55 : 619–627.

CIFAD-INTER 1993. Projet BROCI. Abidjan, CIFADINTER, 28 p.

EJIOFOR N. E. 2004. Evaluation of Commercial Practice of Maize tuwo Production. BTech Thesis. Akure, Nigeria : Department of Food Science and Technology, Federal University of Technology.

HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., NAGO C. M., HOUBEN J. H. & ROMBOUTS F. M. 1993. Composition and microbiological and physical attributes of mawè, a fermented maize dough from Benin. *InternationalJournal of Food Science and Technology,* 28:513-517.

HOUNHOUIGAN D. J., NOUT M. J. R., NAGO C. M., HOUBEN J. H. & ROMBOUTS F. M. 1999**.** *Use of starter cultures of lactobacilli and yeast in the fermentation of mawè, an african maize product.Tropical Science*. 39 : 220-226.

KONE O. S. 2005. Plan marketing pour les produits issus de la transformation du maïs (brisures, farines et semoules). RADSA http://fsg.afre.msu.edu/promisam2/references /Kone_2005_Marketing_Mais.pdf (07/09/2014).

MESTRES C., DAVO K. & HOUNHOUIGAN J. 2009. Small scale production and storage quality of dry milled degermed maize products for tropical countries. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (2) : 294-302.

MISRA P., USHA M. S. & SINGH S. 1991. Soy-wheat flour blends: chemical, rheological and baking characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 28: 89–91.

NAGO M. C., 1989. *Technologies traditionnelles et alimentation au Bénin : aspects techniques, biochimiques et nutritionnels*. Cotonou, Bénin, Université Nationale du Bénin, 222 p.

NAGO M.C., AKISSOE N., MATENCIO F. & MESTRES C. 1997. End Use Quality of Some African Corn Kernels. Physicochemical Characteristics of Kernels and Their Relationship with the Quality of "Lifin", Traditional Whole Dry-Milled Maize Flour from Benin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (3) : 555–564.

NASIR M., SIDDIQ M., RAVI R., HARTE J. B., DOLAN K. D. & BUTT M. S. 2010. Physical quality characteristics and sensory evaluation of cookies made with added defatted maize germ flou. *Journal of Food Quality,* 33 : 72–84.

OKORUWA A. E., 1997. Utilization and Processing of Maize Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture. IITA Research Guide, No. 35 : 5–16.

SANDHU K. S., SINGH N. & MALHI N. S. 2007. Some properties of corn grains and their flours I : physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. *Food Chemistry*, 101: 938–946.

SUNDAY Y. G. & TAMUNOSAKI A. 2003. Performance of African breadfruit (*Treculia Africana* Decne) seed flour in bread making. In *Plant Foods for Human Nutrition,* 58 : 1–8.

SWETA R., AMARJEET K., BALJIT S. & MINHAS K. S. 2012. Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours. *In Journal of Food Science and Technology*, 49(6) : 786–789.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 131-148, 2015 ISSN 1659 - 5009

MEDICINAL TREE SPECIES IN BENIN (WEST AFRICA) : LITERATURE REVIEW AND PERSPECTIVE RESEARCHES

A. S. YAOITCHA,**, T. D. HOUEHANOU*,***, B. S. C. DAN*, J. G. ADOUNKPE*, M. ARBONNIER**** & M. R. B. HOUINATO**

**Laboratoire d'Ecologie Appliquée/Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi, Email : ayaoitcha@gmail.com*

***Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Cotonou, Bénin*

****Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomiques de Djougou, Université des Sciences, Arts et Techniques de Natitingou, Bénin*

*****CIRAD - Environnements et Sociétés ; Campus International de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France*

ABSTRACT

Several ethnobotanical and ethnopharmacological studies have been carried out on medicinal plants in Benin and other countries sharing the same centers of endemism. A literature review could aid to assess the related data for perspective researches and decision-making for the conservation of those plants. The present work aims to determine the most important medicinal tree species of the study area and those which would be recommended for conservation due to the uses of their sensitive organs for medicinal purposes. Thirty eight (38) published articles were exploited from which about 263 medicinal tree species were recorded. Those medicinal tree species belong to 193 genera and 59 families used in Benin. They are used for 146 medicinal properties categorized into 17 groups, with the highest number of species used for treatment of digestive system diseases, cardiovascular system diseases, skin and cutaneous diseases, and malaria and similarly infectious diseases. Relative importance index has permitted to identify 27 important medicinal tree species among which some are recommended for conservation. This study suggests on the whole that the kind and prevalence of medicinal uses are taken into account in the course of conservation studies of medicinal plants.

Keywords : Medicinal plant, Literature review, Medicinal properties, Conservation, Benin

ESPÈCES LIGNEUSES MÉDICINALES DU BÉNIN (AFRIQUE DE L'OUEST) : REVUE DE LITTERATURE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHES

RÉSUMÉ

Plusieurs études ethnobotaniques et ethnopharmacologiques ont été effectuées sur les plantes médicinales au Bénin et dans les pays voisins. A ce titre, une synthèse bibliographique pourrait aider à évaluer les données disponibles pour orienter les futures recherches et la prise de décision pour la conservation de ces plantes. Le présent travail vise à déterminer les espèces ligneuses médicinales les plus importantes du Bénin et ses pays voisins et celles qui pourraient être recommandées pour la conservation au regard de l'utilisation des parties sensibles de ces plantes pour des fins médicinales. Trente-huit (38) articles publiés ont été exploités et ont permis d'enregistrer environ 263 espèces ligneuses médicinales. Ces espèces médicinales appartiennent à 193 genres et 59 familles utilisées au Bénin. Elles sont utilisées pour 146 besoins médicinaux qui sont catégorisés en 17 groupes, dont les maladies du système digestif, les maladies du système cardiovasculaire, les maladies de peau, le paludisme et les maladies infectieuses associées pour lesquelles un nombre très important d'espèces est sollicité. Indice d'importance relative a permis d'identifier 27 espèces ligneuses médicinales importantes parmi lesquelles certaines ont été recommandées pour la conservation. En général, cette étude suggère que le type et la prévalence des usages médicinaux soient pris en compte dans le cadre des études de conservation des plantes médicinales.

Mots clés : Plante médicinale, Synthèse bibliographique, Usage médicinal, Conservation, Bénin

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

All over the world, plants are given important consideration in pharmacological domain (Bako *et al.*, 2005). Thus, 80 % of the world population depends on plant to treat both human and animal ailments (Cunningham, 1993). Several recent studies reported that ailments such as diabetes, blood pressure, cancer and malaria are treated with plant drugs despite the progress in modern medicine. Likewise, in Africa, various plants and traditional products made from plants are sold on market place and roadsides for various diseases treatment. In Benin, since 1996 pharmacopeia and traditional medicine have been promoted and integrated to the national health system (PNPMT, 2009). Nowadays, traditional medicine has largely contributed to self various ailments treatment in Benin like in other developing countries (Adjakidjè, 2000).

Since the Convention for Biological Diversity (CBD) has firmly acknowledged the role of indigenous knowledge in biodiversity conservation; ethnobotanical researches have received an increasing interest these last decades. Additionally, with the introduction of quantitative approach in ethnobotany, several ethnobotanical and ethnopharmacological studies have been conducted and are providing various features of plant uses. Therefore, this could provide scientists with database on plants and their various uses for critical analysis. Hence there are needs to analyzing available literature in order to address consequent perspective researches.

Tree species constituted of sub-shrub, shrub and tree, are one type of plant that provides a variety of organs such as fruits, flower, leaves, bark, stem, serf and roots. Those organs have various medicinal properties. The high rate of harvesting plant's sensitive organs such as bark, stem, and roots for their medicinal uses can stress out the trees. However, since plant organs have neither the same sensitivity nor the same medicinal importance; medicinal tree species are not at the same risk. Thus, from literature, it may be important to know what medicinal tree species could be overexploited for traditional medicinal uses. The answer to this matter is a real starting point for the development of a rapid tool to assist in decision-making process for the conservation of medicinal plants.

Approximately, 249 medicinal tree species of Benin's flora have been initially reported by Adjanohoun *et al.* (1989). Traditional knowledge on these species required scientifically fine studies for their suitable valorization. Thus, several ethnobotanical and ethnopharmacological studies have been carried out lately in Benin. A great amount of the finding on tree species, are

published in peer-reviewed journal with or without impact factor. Thus, most local ethnobotanical published studies are available and have targeted some tree species such as *Adansonia digitata* (De Caluwé *et al.*, 2009), *Blighia sapida* (Ekué *et al.*, 2010), *Vitex doniana* (Dadjo *et al.*, 2012), *Tamarindus indica* (Fandohan *et al.*, 2010), *Chrysophyllum albidum* (Houessou *et al.*, 2012), *Caesalpinia bonduc* (Assogbadjo *et al.*, 2011), *Khaya senegalensis* (Gaoue & Ticktin, 2009), *Sclerocarya birrea* (Gouwakinnou *et al.*, 2011), *Milicia excelsa* (Ouinsavi *et al.*, 2005), *Parkia biglobosa* (Koura *et al.*, 2011), *Pentadesma butyracea* (Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2011), *Irvingia gabonensis* (Codjia *et al.*, 2007). Additionally, some ethnopharmacological studies reported the list of several tree species for particular medicinal use such as general human diseases (Allabi *et al.*, 2011), malaria (Hermans *et al.*, 2004 ; Yetein *et al.,* 2013), hemorrhages (Klotoé *et al.,* 2012), Ulcer of Buruli (Yemoa *et al.*, 2008), Oral hygiene (Akpona *et al.*, 2009), Female sexual diseases (Deleke-Koko *et al.*, 2011) and animal diseases (Hounzangbé-Adoté, 2001). All these ethnobotanical and ethnopharmacological studies that are available in published literature nowadays could be used to assess various medicinal uses of many tree species. A litterature review is expressed for documenting not only the diversty of medicinal tree species but also the various medicinal properties attributed to each of them. Indeed, this may be helpful to highlight the most important medicinal tree species for which the knowledge concerning their vulnerability is less available in Benin for assisting in decision-making for their conservation.

The Republic of Benin belongs to a large phytogeographical region (Regional endemic sudanian center and guino-congolian/sudanian transition zone) which encompasses other countries according to phytogeographical delimitation of White (1983). Both regions extend from western to central Africa countries. Consequently, tree species studied in Benin can spread from this country to others and vice versa. Thus, associating information available concerning medicinal plants used by communities in Benin and other countries sharing the same centers of endemism could help to develop a network of researchers with multidisciplinary science in the future. Additionally, such literature synthesis will help to contribute efficiently to local and regional development of ethnopharmacological studies. Thus, this work aims to: (i) evaluate the diversity of species and the uses of medicinal trees reported in published articles; (ii) highlight the most important medicinal tree species and discuss their conservation implications.

METHODOLOGY

Literature survey

To better appreciate the diversity of medicinal tree species and the medicinal properties attributed to each of them, a literature review has been conducted on scientific articles related to medicinal tree species. Such literature review has concerned tree species used to treat human and domestic animals' ailments in Benin and other countries sharing the same centers of plant endemism (White, 1983) (Figure 1).

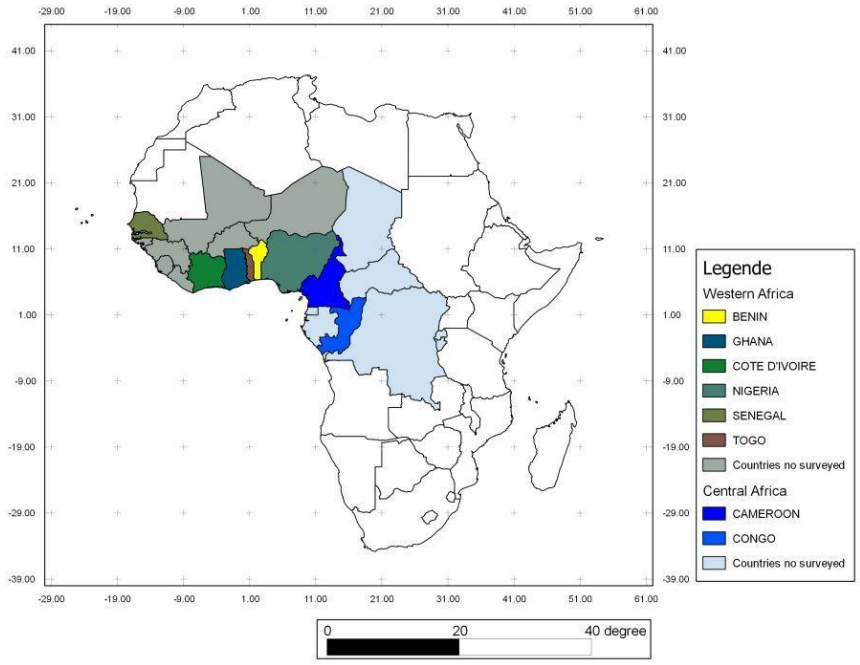

Figure. 1 Countries in western and central Africa concerned by literature review

A total of 38 articles published from 2001 to 2013 were selected. Among them, 19 are from Benin and 19 are from other countries sharing the same centers of endemism such as: Cameroon, Congo, Nigerian, Togo, Ghana, Côte d'Ivoire, and Senegal. The most numerous works were taken from Nigeria (6), Ghana (5) and Cameroon (3). Two studies were found in Togo and only one in other countries. The research papers from Benin were obtained by direct contact with the authors and from the internet while those from other countries were

obtained essentially from the publishers via internet. The main internet sources investigated were www.scolar.google.com and www.academicjournals.org for articles in open access and www.aginternetwork.net for those whose access is limited. The papers were retrieved from November 2012 to May 2013. The papers used were identified online by using the combination of the following keywords: Benin, western Africa, central Africa, medicinal plant, indigenous knowledge, ethnobotany and ethnopharmacology. These keywords were translated and used also in French.

All the 38 selected articles were those presenting information about human and domestic animals' ailments and plant parts used for their treatment. So, published articles that have not respected the required information were not taken into account. Concerning tree species recorded in these articles, their presence in Benin and their synonymous names were checked in analytical flora of Benin (Akoègninou *et al.*, 2006). Thus, the current taxonomic names were mainly used.

Data analysis

To assess the diversity of medicinal tree species, the number of species, genera and families of medicinal plants were considered. The species nomenclature was arranged by family name according to the international guidance (APG II) adopted in analytical flora of Benin (Akoègninou *et al.*, 2006). The medicinal properties attributed to the inventoried tree species were categorized according to the corporal system and type of affections adapted to the World Health Organization classification (WHO, 1999).

To determine the most important medicinal tree species, Relative Importance (RI) (Bennett & Prance, 2000 ; Albuquerque *et al.*, 2007) was used with the following formula:

$$RI = NAC + N\,P$$

Where: NAC = number of ailment categories of a given medicinal tree species (NACS) divided by the total number of ailment categories of the most versatile species (NACVS) ; N P = number of properties attributed to a given tree species (NPS) divided by the total number of properties attributed to the most versatile tree species (NPVS).

RESULTS

Diversity of medicinal trees species of Benin

A total of 263 tree species belonging to 193 genera and 59 families were inventoried from literature review as medicinal tree species in Benin (see Annexe 1). Some of the families were represented by more than 10 species. There are Leguminosae (50), Euphorbiaceae (17), Rubiaceae (17), Combretaceae (16), Apocynaceae (13), Moraceae (13), Anacardiaceae (11). Twenty seven families were represented with two and less than 10 species and twenty five (25) families with one species.

Medicinal properties of medicinal trees

A total of 146 medicinal properties categorized into 17 groups were attributed to all the 263 tree species inventoried (Table 1). Digestive system diseases, cardiovascular system diseases, skin and cutaneous diseases, and malaria and similarly infectious diseases were reported to be treated with the utmost number of tree species.

The most diversified category according to the number of ailments was digestive system diseases, with 23 ailments treated by 84 tree species. This could be explained by the fact that the digestive tract is the main gate of infestation of several diseases. As the humans get ill with what they eat, they have to cure themselves in the same way. Thus, the ailments such as stomachache, dysentery, diarrhea, worms, and diabetes were reported to be treated by a range of tree species (at least 10 plants). The category of malaria and similarly infectious diseases counting 5 ailments (colds, fever, malaria, shiver, and typhoid) was treated by 136 tree species.

All the parts of the inventoried tree species were used for various medicinal purposes. Leaves of tree species come first (67.30 %), followed by the bark (42.21 %) and the roots (39.54 %). The number of medicinal properties attributed to a given plant part varied between 1 and 15.

Table 1 Medicinal properties attributed to tree species

Ailment categories	Diseases and medicinal properties attributed to species	Number of species
Digestive system disease	Hemorrhoids, diabetes, poor digestion, worm, constipation, gastro-intestinal infection, amoebiasis, dyspepsia, stomachache, diarrhea, cholera, dysentery, vomiting , gastritis, anorexia, stomach upset, ulcer, upset liver, purgative, antihelmintic, jaundice.	84
Female sexual diseases	Sterility, ovarian cyst, difficult conception, difficult delivery, improper positioning of a baby in the womb, pregnant woman blood flow, dysmenorrhoea, fibroids, induce menstruation, threatened abortion, strengthen pregnant women, clean uterus, stops vaginal discharge, puerperal fever, anticonception.	42
Male sexual diseases	Erection troubles, aphrodisiac, stimulant, impotence, sexual weakness, hernia, prevention of prostate gland diseases.	38
Cardiovascular system diseases	Anaemia, bilharziosis, hemorrhages, hypertension, blood circulation, heart palpitations.	78
Respiratory system diseases	Cough, tuberculosis, flu, pneumonia, pharyngitis, bronchitis, chest pains, catarrh, phlegms.	28
Eyes diseases	Eye illness, Conjunctivitis, Cataract, Crooked eye problem.	9
Musculo-skeletal diseases	Fractures, rheumatism, Stiff, Coolant, Stiffness, backache, Impaired growth.	28
Skin and cutaneous diseases	Wound, abscess, buttons, itching, burns, dermatitis, eczema, injuries, inflammation, measles, boils, candidiasis, Buruli ulcer, scabies, skin irritation, elephantiasis, oedema, varicella, mycosis, guinea worm.	81
Nervous and mental system diseases	Sleeping sickness, mental problems, madness, rashness, anti-insomnia.	8
Malaria and similarly infectious diseases	Colds, fever, malaria, shiver, typhoid.	136
Sexual Transmissible Diseases	Syphilis, gonorrhoea, gonococci, AIDS, reinforcement of the functions reflexes of the bladder.	21
Sedative/Tonic	Tiredness, toothache, earache, headache, pain, generalized pains, tonic, headache, waist pains, body pain.	41
Lactogenic	Lactation failure	8
Baby system	Subsidence of forehead treatment for babies, infantile treatment	4
Immune and dentition reinforcement	of disease, immune reinforcement and dentition, baby care.	
Poison or venom	Poisoning, bites of scorpion or snake, insect bite, food intoxication.	10
Oral hygiene	Oral infection, Oral hygiene, dental decay.	35
Animal Diseases	Diarrhea, gastrointestinal infection, worm, external parasitosis, dystocy, galactic and reproduction troubles	40

Most important medicinal tree species

According to the relative importance index (RI), the maximum value (1.85) was obtained with *Blighia sapida* whereas the minimum value (0.12) was observed in 97 species. Twenty five percent of the 263 tree species presented the value greater than or equal to 0.42. In fact, there are very few species that presented high value of relative importance index. Thus, 27 species represented ten percent of the 263 tree species that presented the value greater than or equal to 0.79 could be considered as the most important tree species according to their medicinal uses recorded in literature (Table 2). Among those important medicinal tree species, the uses of *Pentadesma butyracea* and *Irvingia gabonensis* were exclusively reported in Benin whereas the uses of *Securidaca longepedunculata* and *Alchornea cordifolia* were exclusively reported in other countries under investigation. The remaining 23 species were used both in Benin and other countries sharing the same centers of endemism in central and western Africa (*Blighia sapida*, *Vitex doniana*, *Morinda lucida*, *Newbouldia laevis*, *Sclerocarya birrea, Garcinia kola*, *Psidium guajava*, *Tamarindus indica*, *Vitellaria paradoxa*, *Senna alata*, *Hymenocardia acida*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Bridelia ferruginea*, *Elaeis guineensis*, *Ceiba pentandra*, *Vernonia amygdalina*, *Chrysophyllum albidum*, *Sarcocephalus latifolius*, *Ficus exasperata*, *Khaya senegalensis*, *Alstonia boonei*, *Rauvolfia vomitoria* and *Adansonia digitata*).

Table 2. List of 27 main medicinal tree species cited in 38 studies in Benin and other countries sharing the same centers of endemism in central and western Africa

Plant species	Local names	Plant parts	NPS	RI	References	
					Benin	Western & Central Africa
Blighia sapida Konig	lisetin (f)	Fr, Lf, Bk, Rt	24	1.85	1	2; 3
Vitex doniana Sweet	Fontin (f)	Fr, Lf, Bk, Rt	24	1.77	4; 5	6
Pentadesma butyracea Sabine	heinon (n)	Fr, Lf, Bk, St, Rt	14	1.58	7	
Morinda lucida Benth.	Houensin (f)	Lf, Bk, St, Rt	17	1.32	8; 9; 10	2; 11; 12; 13; 14; 15
Irvingia gabonensis (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	Aslotin (f)	Lf, Bk, Rt	15	1.32	4; 16	
Newbouldia laevis (P. Beauv.)Seemann ex Bureau	Désréman (f)	Lf, Bk, Rt	15	1.24	17; 9; 18; 4; 10	2; 15; 12; 19; 20; 21
Sclerocarya birrea (A.Rich.) Hochst.	mànyi (ba)	Lf, Bk, St, Rt	15	1.24	22	15
Garcinia kola Heckel	ahowetin (f)	Bk, St, Rt	11	1.15	23; 17	24; 25; 26; 14; 15

Plant species	Local names	Plant parts	NPS	RI	References	
					Benin	Western & Central Africa
Psidium guajava L.	Kekountin (f)	Lf, Bk, St	13	1.08	4; 8; 9;	11; 26; 3; 25; 19; 14; 15; 6
Securidaca longepedunculata Fresen.		Lf, Bk, Rt	13	1.08		15; 19; 13
Tamarindus indica L.	Djêviviman (f)	Fr, Lf, Bk	13	1.08	28; 10	29, 15; 12
Vitellaria paradoxa Gaertn	limutin (f)	Fr, Lf, Bk, St	13	1.08	23; 30; 17	3; 15; 6
Senna alata (L.) Roxb	amasu (f)	Lf, Bk, St, Rt	14	1.04	9	26; 14; 15
Hymenocardia acida Tul.	Sotinve (f)	Lf, Bk, St, Rt	11	1.00	23; 4; 8	15; 19
Zanthoxylum zanthoxyloides (Lam.) Zepernick & Timler	Xètin (f)	Lf, Bk, St, Rt	9	0.99	23, 4; 8; 9	11; 15; 25; 12; 13
Bridelia ferruginea Benth.	Honsu Kokwé (f)	Lf, Bk, St, Rt	10	0.96	23; 4; 8; 18; 17; 10	15; 19
Elaeis guineensis Jacq.	Détin (f)	Fr, Lf, Rt	10	0.96	4, 9; 10	31; 2; 27; 25; 14; 15; 12; 31
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	guédéhunsou (f)	Fr, Lf, Bk, Rt	11	0.92	4, 18	2; 32; 14; 15
Vernonia amygdalina Delile	Aloman (f)	Lf	11	0.92	18; 9; 10; 17	15
Chrysophyllum albidum G.Don	Azonbobwe (f)	Fr, Lf, Bk, Rt	11	0.92	33; 10	14; 15
Sarcocephalus latifolius (Sm.) E.A.Bruce	Codô (f)	Fr, Lf, Bk, St, Rt	10	0.88	23; 4; 30; 18; 8; 10	11; 29, 27; 25; 26; 15; 12; 19; 6
Ficus exasperata Vahl	Ahla (f)	Lf, Rt	8	0.87	8; 18; 17	2; 34; 14; 15; 12
Khaya senegalensis (Desr.) A. Juss.	Caïlcédra (fr)	Fr, Lf, Bk, Rt	8	0.87	4; 8; 10	11; 29; 27; 3; 6; 13
Alstonia boonei De Wild.		Lf, Bk, St, Rt	9	0.84	8	11; 12; 26; 14; 15
Alchornea cordifolia (Schumach. & Thonn.) Müll.Arg.	kamala (f)	Lf, St, Bk	9	0.84		25; 12;14; 15; 19
Rauvolfia vomitoria Afzel.	Lè asu (f)	Lf, St, Rt	9	0.84	18	11; 25; 26; 14; 15; 19; 13
Adansonia digitata L.	Kpassatin (f)	Fr, Lf, Bk, Rt	8	0.79	4; 35; 30	15; 12; 6

Language: ba: bariba; f: fon; fr: francais; n: nago (yoruba).
Part plant: Bk: Bark; Fr: Fruits; Lf: Leaves; Rt: Roots; St=Stem.
NPS: number of medicinal properties; RI: Relative Importance.
References: 1= Ekué *et al.*, 2010; 2= Addo-Fordjour *et al.*, 2008; 3= Etuk and Mohammed 2009; 4= Allabi *et al.*, 2011 ; 5= Dadjo *et al.*, 2012; 6= Offiah *et al.*, 2011; 7= Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2011; 8= Hermans et al., 2004; 9= Hounzangbé-Adoté, 2001; 10= Yetein *et al.*, 2013; 11= Asase and Oppong-Mensah 2009; 12= Koudouvo *et al.*, 2011; 13= Van Andel *et al.*, 2012; 14= Jiofack *et al.*, 2008; 15= Jiofack *et al.*, 2010; 16= Codjia *et al.*, 2007; 17= Yemoa *et al.*, 2008; 18= Klotoé *et al.*, 2013; 19= Makumbelo *et al.*, 2008; 20= Sonibare *et al.*, 2009 ; 21= Joppa *et al.*, 2008; 22= Gouwakinnou et al, 2011; 23= Akpona *et al.*, 2009; 24= Békro *et al.*, 2007; 25= Gbolade 2012; 26= Idu *et al.*, 2010; 27= Asase *et al.*, 2010; 28= Fandohan *et al.*, 2010; 29= Asase *et al.*, 2005; 30= Deleke Koko *et al.*, 2011; 31= Sonibare and Adegunde 2012; 32= Dibong *et al.*, 2011; 33= Houessou *et al.*, 2012; 34= Diop *et al.*, 2012; 35= De Caluwé *et al.*, 2009.

DISCUSSION

Medicinal tree species of Benin

This study had highlighted 263 medicinal tree species belonging to 193 genera and 59 families used to treat 146 human and animal ailments in Benin. The most recorded families were Leguminosae, Euphorbiaceae; Rubiaceae, Combretaceae, Apocynaceae, Moraceae and Anacardiaceae. It is not surprising these families be the most reported in various studies. The plant diversity of the study areas may explain this observation. The Dahomey Gap where these families are the most ecologically dominant (Adomou, 2005) will be the suitable areas of those families. This finding confirms an apparency hypothesis supposing that most ecological available species are mostly used by local people (Gueze *et al.*, 2014 ; Lucena *et al.*, 2007 ; Lucena *et al.*, 2012). For example, Leguminosae, Rubiaceae and Euphorbiaceae families have been seen to be the most used antimalarial species (Koudouvo *et al.*, 2011 ; Yetein *et al.*, 2013).

The inventoried tree species were mostly used for treatment of digestive system diseases, and malaria and similarly infectious diseases. Indeed, several ethnopharmacological studies were conducted on malaria in Benin, with reporting the uses of many tree species (Hermans *et al.*, 2004 ; Asase *et al.*, 2005 ; Asase & Oppong-Mensah, 2009 ; Asase *et al.*, 2010 ; Koudovo *et al.*, 2011 ; Yetein *et al.*, 2013). Other diseases such as colds or fever were often treated with the same species and over 15 tree species were reported by several studies to be used for treatment of typhoid disease (Addo-Fordjour *et al.*, 2008 ; Jiofack *et al.*, 2008 ; Jiofack *et al.*, 2010 ; Idu *et al.*, 2010). Among the digestive system diseases, diabetes disease has been specifically investigated in Nigeria (Etuk & Mohammed, 2009).

In addition to malaria and diabetes, other particular diseases have been subject to ethnopharmacological studies in Benin. They are animal diarrhea (Hounzangbé-Adoté, 2001), man sexual troubles (Békro *et al.*, 2007), Buruli ulcer (Yemoa *et al.*, 2008), Oral hygiene (Akpona *et al.*, 2009), female sexual diseases (Deleke-Koko *et al.*, 2011), hypertension (Gbolade, 2012), hemorrhages (Klotoé *et al.*, 2012). In the light of these important medicinal proprieties, we suggest as the previous authors the screening and the test of particular medicinal proprieties of the most important tree species. Likewise, the anthelmintic properties of some tree species such as *Morinda lucida*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, and *Newbouldia laevis* have been tested in vivo or in vitro (Azando *et al.*, 2011 ; Hounzangbé-Adoté *et al.*, 2005a, 2005b, Olounladé *et al.*, 2012) and screened (Adomi, 2008 ; Joppa *et al.*, 2008 ; Raji *et*

al., 2005). Therefore, these species could be the potential source for production of improved traditional drugs for treatment of animal diseases.

Conservation implications of medicinal trees

At whole, 27 important medicinal tree species were identified, including 9 which had yet been focused for ethnobotanical studies: *Blighia sapida* (Ekué *et al.*, 2010), *Vitex doniana* (Dadjo *et al.*, 2012), *Pentadesma butyracea* (Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2011), *Irvingia gabonensis*, (Codjia *et al.*, 2007), *Sclerocarya birrea* (Gouwakinnou *et al.*, 2011), *Tamarindus indica* (Fandohan *et al.*, 2010), *Chrysophyllum albidum* (Houessou *et al.*, 2012), *Khaya senegalensis* (Gaoue & Ticktin, 2009) and *Adansonia digitata* (De Caluwé *et al.*, 2009). In fact, these studies have contributed to improve understanding of medicinal importance of these tree species in Beninese pharmacopeia. But, concerning some tree species such as *Milicia excelsa* (Ouinsavi *et al.*, 2005), *Parkia biglobosa* (Koura *et al.*, 2011) and *Caesalpinia bonduc* (Assogbadjo *et al.*, 2011), although the detailed ethnobotanical studies targeted them, their medicinal importance remained weak.

Indeed, some of these species are useful for other purposes in addition to medicinal uses. The leaves and fruits of *Parkia biglobosa* are highly used as food while *Milicia excelsa* was appreciated for its wood. As for *Caesalpinia bonduc* basically used for medicinal uses, its medicinal importance is weak even though, their roots are frequently used against sexual weakness, prostate gland diseases and malaria (Hessou *et al.*, 2009 ; Assogbadjo *et al.*, 2011) that are more frequent and prevalent in Africa. Thus, Relative Importance Index (RI) was not effective in highlighting such virtuous species. That is also the case of numerous tree species such as *Pavetta crassipes* and *Opilia amentacea* used for the treatment of Malaria (Hermans *et al.*, 2004) and *Caesalpinia benthamiana* and *Carpolobia lutea* used for the treatment of man sexual troubles (Békro *et al.*, 2007). In sum, quantitative index such as relative importance index (RI) based only on species versatility seems not to be very effective in highlighting some important medicinal plants. This raises the question of the relative importance of the species specialized in the treatment of limited number of diseases. In addition, as well as all diseases do not have the same importance, it would be difficult to identify a given specialized species as an important medicinal plant without prioritizing certain diseases. Then, it may be important to take into account the kind and prevalence of some diseases while reflecting on the conservation need of medicinal plants.

For most of 27 important medicinal tree species, several medicinal properties were attributed to sensitive plant parts such as the roots and the bark. Indeed, harvesting bark and roots or chopping all plant branch can result in the whole plant destruction (Dzerefos & Witkowski, 2001 ; de Oliveira *et al.*, 2007). Djego *et al.* (2011) had also criticized the methods of harvesting plant parts used in traditional medicine in Benin. Among these medicinal tree species, those which roots are sought for numerous diseases (at least 5) were *Pentadesma butyracea*, *Morinda lucida*, *Securidaca longepedunculata, Garcinia kola*, *Bridelia ferruginea*, *Ceiba pentandra*, *Rauvolfia vomitoria*, *Senna alata*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, and *Sarcocephalus latifolius*. In addition, the bark of most of these species was also used for various diseases treatment. Elsewhere, the bark of species such as *Khaya senegalensis,* and *Alstonia boonei* were specially used for various diseases treatment. Given the number of diseases treated by the sensitive part of these species, they are more likely to be overexploited as per the hypothesis by which the more the number of medicinal properties attributed to sensitive organs of a given plant increases, the more its harvesting risk will increase. Indeed, it will be of utmost scientific interest to investigate the relationships between an increase uses of a given plant parts for medicinal purposes and the plant vulnerability to extinction.

Some ethnobotanical studies have revealed the vulnerability of the species such as: *Pentadesma butyracea* (Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2011), and *Khaya senegalensis* (Gaoue & Ticktin, 2009). Such traditional knowledge may be used to recommend these species for conservation. As for other native species such as : *Morinda lucida*, *Securidaca longepedunculata, Garcinia kola*, *Bridelia ferruginea*, *Ceiba pentandra*, *Rauvolfia vomitoria*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, *Alstonia boonei,* and *Sarcocephalus latifolius*, further field researches should be investigated for better conservation plan. Anyhow, the concerned medicinal tree species need more attention for sustainable and suitable uses and conservation.

Therefore, among these medicinal tree species which could be overexploited according to this study, only *Pentadesma butyracea*, *Rauvolfia vomitoria, Garcinia kola,* and *Zanthoxylum zanthoxyloides* have been recognized as threatened species in Benin in line with IUCN Red List (Adomou *et al.*, 2011). The other native species such as *Morinda lucida*, *Ceiba pentandra*, *Alstonia boonei*, *Securidaca longepedunculata,* and *Bridelia ferruginea*, are proposed for further assessment of their extinction risk.

Elsewhere, various plant products of some of these medicinal tree species were sold in many markets in Benin (Djego *et al.*, 2011 ; Van Andel *et al.*,

2012 ; Quiroz *et al.*, 2014). Indeed, Quiroz *et al.* (2014) reported the exportation of important quantities of roots of threatened species such as *Zanthoxylum zanthoxyloides*, and *Rauvolfia vomitoria* and the bark of *Khaya senegalensis* from Benin to Italy and Guadeloupe. The consequence of this trade can be fatal to the survival of tree species which roots or bark are at stake.

In sum, the vulnerability of medicinal tree species in general is not only related to the harvesting methods. Other factors such as agriculture, wildfire, animal feeding, deforestation and urbanization have been counted as having an impact on the availability of plants in the wildlife (Adomou *et al.*, 2007 ; Delvaux *et al.*, 2009 ; Deleke-Koko *et al.*, 2011 ; Djego *et al.*, 2011). With regard to many factors supposed to cause the scarcity of medicinal tree species, it is important to futher investigate on the real causes to better establish the suitable strategies for their conservation.

In addition, some species could be also vulnerable to climate change as the case of *Adansonia digitata, Parkia biglobosa, and Vitellaria paradoxa* (Heubes *et al.*, 2012). Indeed, it would be useful to delineate the ecological niche of the most important tree species and to assess the impact of climate change on their suitable production areas.

CONCLUSION

The present literature review had permitted to record a total of 263 medicinal tree species belonging to 193 genera and 59 families. These tree species were used for about 146 medicinal properties categorized into 17 groups. Digestive system diseases, cardiovascular system diseases, skin and cutaneous diseases, and malaria and similarly infectious diseases were treated with a great number of those tree species. Overall, 27 important medicinal tree species were identified. Some of these tree species such as *Pentadesma butyracea*, *Morinda lucida*, *Securidaca longepedunculata, Garcinia kola*, *Bridelia ferruginea*, *Ceiba pentandra*, *Rauvolfia vomitoria*, *Senna alata*, *Zanthoxylum zanthoxyloides*, and *Sarcocephalus latifolius* were revealed as being worth for conservation due to the use of their sensitive parts such as roots, stem and bark. Given the importance of their medicinal uses, researches for their domestication and screening must be envisioned. Some tree species highly sought for their special effects in treating of some recurrent diseases such as sexual diseases and malaria in Africa, were not found among the list of main medicinal plants. These results show the need to conduct the field investigations which could permit to identify the most

important species based on the most recurrent diseases and propose some of them for conservation.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the West Africa Agricultural Productivity Program (WAAPP) Benin for granting M. Alain Sèakpo Yaoitcha a PhD scholarship to conduct this research. We also thank Dr Guy Apollinaire Mensah, Dr Alex G. Zofffoun and Dr André B. Aboh for their valuable advice.

REFERENCES

ADDO-FORDJOUR P., ANNING A. K., BELFORD E. J. D. & AKONNOR D. 2008. Diversity and conservation of medicinal plants in the Bomaa community of the Brong Ahafo region, Ghana. Journal of Medicinal Plants Research, 2 : 226–233.

ADJAKIDJE V. 2000. Diversité biologique des plantes médicinales au Bénin. Rapport de Mission. Plan stratégique Nationale Biodiversité/MEHU.Cotonou, Bénin.

ADJANOHOUN E. J., ADJAKIDJE V., AHYI M. R. A., AKE ASSI L., AKOEGNINOU A., D'ALMEIA J., APOVO F., BOUKEF K., CHADARE M., CUSSET G., DRAMANE K., EYME J., GASSITA J.N., GBAGUIDI M., GOUDOTE E., GUINKO S., HOUNGNON P., ISSA L., KEITA A., KINIFFO H. V., KONE-BAMBA D., MUSAMPA NSEYYA A., SAADOU M., SODOGANDGI T., DE SOUZA S., TCHABI A., ZINSOU DOSSA C. & ZOHOUN T. 1989. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République Populaire du Bénin. Collection "Médecine traditionnelle et pharmacopée" : Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris.

ADOMI P. O. 2008. Screening of the leaves of three Nigerian medicinal plants for antibacterial activity. African Journal of Biotechnology, 7 : 2540-2542.

ADOMOU A. C. 2005. Plant Vegetation patterns and environmental gradients in Benin. Implications for biogeography and conservation. (PhD Thesis), Wageningen University, Wageningen.

ADOMOU A.C., AGBANI O. P. & SINSIN B. 2011. Plantes. Plants. In: Neuenschwander, P.S., Sinsin, B., Goergen, G. (Eds.), Protection de la nature en Afrique de l'Ouest: Une liste rouge pour le Bénin. Nature Conservationin West Africa: Red List for Benin. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

ADOMOU A. C., AKOÈGNINOU A., SINSIN B., DEFOUCAULT B. & VAN DER MAESEN L. G. J. 2007. Biogeographical analysis of the vegetation in Benin. Acta Botanica Gallica, 154 : 221-233.

AKOÈGNINOU A., VAN DER BURG W. J. & VAN DER MASSEN L.J.G. 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys Publish. Cotonou & Wageningen.

AKPONA H. A., AKPONA J. D. T., AWOKOU S. K., YEMOA A. & DOSSA L. O. S. N. 2009. Inventory, folk classification and pharmacological properties of plant species used as chewing stick in Benin Republic. Journal of Medicinal Plants Research, 3 : 382–389.

ALBUQUERQUE U. P., MEDEIROS P. M., ALMEIDA A. L., MONTEIRO J. M., LINSNETO E. M. F., MELO J. G. & SANTOS J. P. 2007. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. Journal of Ethnopharmacology, 114 : 325–354.

ALLABI A. C., BUSIA K., EKANMIAN V. & BAKIONO F. 2011. The use of medicinal plants in self-care in the Agonlin region of Benin. Journal of Ethnopharmacology, 133 : 234–243.

ASASE A. & OPPONG-MENSAH G. 2009. Traditional antimalarial phytotherapy remedies in herbal markets in southern Ghana. Journal of Ethnopharmacology, 126 : 492–499.

ASASE A., AKWETEY G. A. & ACHEL D. G. 2010. Ethnopharmacological use of herbal remedies for the treatment of malaria in the Dangme West District of Ghana. Journal of Ethnopharmacology, 129 : 367–376.

ASASE A., OTENG-YEBOAH A. A. ODAMTTEN G. T. & SIMMONDS M. S. J. 2005. Ethnobotanical study of some Ghanaian anti-malarial plants. Journal of Ethnopharmacology, 99: 273–279.

ASSOGBADJO A. E., KAKAÏ R.G., ADJALLALA F. H., AZIHOU A. F., VODOUHÊ G. F. KYNDT T. & CODJIA T. J. C. 2011. Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduc* L.) in Benin. Journal of Medicinal Plants Research, 5 : 1549–1557.

AVOCÈVOU-AYISSO C., AVOHOU T. H., OUMOROU M., DOSSOU G. & SINSIN B. 2011. Ethnobotany of Pentadesma butyracea in Benin: A quantitative approach. Ethnobotany Research & Applications, 9 : 151–166.

AZANDO E. V. B., HOUNZANGBÉ-ADOTÉ M. S., OLOUNLADÉ P. A., BRUNET S., FABRE N., VALENTIN A. & HOSTE H. 2011. Involvement of tannins and flavonoids in the in vitro effects of *Newbouldia laevis* and *Zanthoxylum zanthoxyloïdes* extracts on the exsheathment of third-stage infective larvae of gastrointestinal nematodes. Veterinary parasitology, 180 : 292-297.

BAKO S. P., BAKFUR M. J., JOHN I. & BALA E. I. 2005. Ethnomedicinal and phytochemical profile of some savanna plant species in Nigeria. International Journal of Botany, 1 : 147-150.

BÉKRO Y.A., BÉKRO J. A. M., BOUA B. B, TRA BI F. H. & EHILE E. E. 2007. Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiniaceae). Sciences & Nature 4 : 217–225.

BENNETT B. C. & PRANCE G. T. 2000. Introduced plants in the indigenous pharmacopoeia of northern South America. Economic Botany, 54 : 90-102.

CODJIA J. T. C., HOUESSOU G. L., VIHOTOGBE R., PONETTE Q. & LE BOULENGE E. 2007. Ethnobotany and endogenous conservation of *Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte) Baill. in traditional agroforestry systems in benin. African Journal of Indigenous Knowledge Systems, 6 : 196–209.

CUNNINGHAM A. B. 1993. African medicinal plants: Setting priorities at the interface between conservation and primary healthcare. People and Plants Working Paper. UNESCO.

DADJO C., ASSOGBADJO A. E., FANDOHAN B., GLÈLÈ KAKAÏ R., CHAKEREDZA S., HOUEHANOU T.D., VAN DAMME P. & SINSIN B. 2012. Uses and management of black plum (Vitex doniana Sweet) in Southern Benin. Fruits, 67 : 239–248.

DE CALUWÉ E., DE SMEDT S., ASSOGBADJO A. E., SAMSON R., SINSIN B. & VAN DAMME P. 2009. Ethnic differences in use value and use patterns of baobab (*Adansonia digitata* L.) in northern Benin. African Journal of Ecology, 47 : 433-440.

DE OLIVEIRA R. L. C., LINS NETO E. M. F., ARAÚJO E. L. & ALBUQUERQUE U. P. 2007. Conservation priorities and population structure of woody medicinal plants in an area of caatinga vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). Environmental monitoring and assessment, 132 : 189–206.

DELEKE KOKO K. I., DJEGO J., GBENOU J., HOUNZANGBE-ADOTE M. S. & SINSIN B. 2011. Etude phytochimique des principales plantes galactogènes et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains de la Zone cynégétique de la Pendjari. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5 : 618-633.

DELVAUX C., SINSIN B., DARCHAMBEAU F. & VAN DAMME P. 2009. Recovery from bark harvesting of 12 medicinal tree species in Benin, West Africa. Journal of Applied Ecology, 46 : 703-712.

DIBONG S. D., MPONDO MPONDO E., NGOYE A., KWIN M. F. & BETTI J. L. 2011. Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun. Journal of Applied Biosciences, 37 : 2496-2507.

DIOP D., MBAYE M. S., KANE A., SAMBOU B. & NOBA K. 2012. Chorologie, écologie et ethnobotanique de certains Ficus sp. L. (Moraceae) au Sénégal. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 16 : 13-24.

DJEGO J., DJEGO-DJOSSOU S., CAKPO Y., AGNANI P. & SINSIN B. 2011. Evaluation du potentiel ethnobotanique des populations rurales au Sud et au centre du Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5 : 1432-1447.

EKUÉ M. R. M., SINSIN B., EYOG-MATIG O. & FINKELDEY R. 2010. Uses, traditional management, perception of variation and preferences in ackee (*Blighia sapida* K.D. Koenig) fruit traits in Benin: implications for domestication and conservation. Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 6 : 12.

ETUK E. U. & MOHAMMED B. J. 2009. Informant consensus selection method : A reliability assessment on medicinal plants used in north western Nigeria for the treatment of diabetes mellitus. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 3 : 496–500.

FANDOHAN B., ASSOGBADJO A. E., GLELE KAKAI R. L., KYNDT T., DE CALUWE E., CODJIA J. T. C. & SINSIN B 2010. Women's traditional knowlegde, Use Value, and the Contribution of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households cash income in Benin. Economic Botany, 64 : 248-259.

GAOUÉ O. & TICKTIN T. 2009. Fulani Knowledge of the Ecological Impacts of *Khaya senegalensis* (Meliaceae) Foliage Harvest in Benin and Its Implications for Sustainable Harvest. Economic Botany, 63 : 256-270.

GBOLADE A. 2012. Ethnobotanical study of plants used in treating hypertension in Edo State of Nigeria. Journal of Ethnopharmacology 144 : 1–10.

GOUWAKINNOU G. N., LYKKE A. M., ASSOGBADJO A. E. & SINSIN B. 2011. Local knowledge, pattern and diversity of use of *Sclerocarya birrea*. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 7 : 1746-4269.

GUÈZE M., LUZ A. C., PANEQUE-GÁLVEZ J., MACÍA M. J., ORTA-MARTÍNEZ M., PINO J. & REYES-GARCÍA V. 2014. Are Ecologically Important Tree Species the Most Useful ? A Case Study from Indigenous People in the Bolivian Amazon. Economic Botany, 68 : 1–15.

HERMANS M., AKOÈGNINOU A. & VAN DER MAESEN L. J. G. 2004. Medicinal plants used to treat malaria in Southern Benin. Economic Botany, 58 : 239–252.

HESSOU C., GLELE KAKAÏ R., ASSOGBADJO A. E., ODJO T. & SINSIN B. 2009. Test de germination des graines de *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 3 : 310-317.

HEUBES J., HEUBACH K., SCHMIDT M., WITTIG R., ZIZKA G. E., NUPPENAU E. A. & HAHN K. 2012. Impact of Future Climate and Land Use Change on Non-timber Forest Product Provision in Benin, West Africa : Linking Niche-based Modeling with Ecosystem Service Values. Economic botany, 66, 383–397.

HOUESSOU L. G., LOUGBEGNON T. O., GBESSO F. G. H., ANAGONOU L. E. S. & SINSIN B. 2012. Ethno-botanical study of the African star apple (*Chrysophyllum albidum* G. Don) in the Southern Benin (West Africa). Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 8 : 40.

HOUNZANGBE-ADOTE M. S. 2001. L'élevage face à la pharmacopée en médecine vétérinaire au sud du Bénin. Bulletin de la recherche agronomique, 33 : 1-9.

HOUNZANGBE-ADOTE M. S., PAOLINI V., FOURASTE I., MOUTAIROU K. & HOSTE H. 2005a). In vitro effects of four tropical plants on three life-cycle stages of the parasitic nematode, Haemonchus contortus. Research in Veterinary Science, 78 : 155–160.

HOUNZANGBÉ-ADOTÉ M.S., ZINSOU F. E., HOUNPKE V., MOUTAIROU K. & HOSTE H. 2005b). In vivo effects of Fagara leaves on sheep infected with gastrointestinal nemathodes. Tropical Animal Health and Production, 37 : 205-214.

IDU M., ERHABOR J. O. & EFIJUEMUE H. M. 2010. Documentation on Medicinal Plants Sold in Markets in Abeokuta, Nigeria. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 9 : 110–118.

JIOFACK T., FOKUNANG C., GUEDJE N., KEMEUZE V., FONGNZOSSIE E., NKONGMENECK B. A., MAPONGMETSEM P. M. & TSABANG N. 2010. Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon. International Journal of Medicine and Medical Sciences, 2 : 60–79.

JIOFACK T., FOKUNANG C., KEMEUZE V., FONGNZOSSIE E., TSABANG N., NKUINKEU R. & NKONGMENECK B. A. 2008. Ethnobotany and phytopharmacopoea of the South- West ethnoecological region of Cameroon. Journal of Medicinal Plants Research, 2 : 197–206.

JOPPA K. M., VOVOR A., EKLU-GADEGBEKU K., AGBONON A., AKLIKOKOU K. & GBEASSOR. M. 2008. Effet de *Morinda lucida* Benth. (Rubiaceae) et de *Newbouldia leavis* P. Beauv. (Bignoniaceae) sur la falciformation. Médecine Tropicale, 68 : 251-256.

KLOTOE J. R., DOUGNON T. V., KOUDOUVO K., ATEGBO J-M., LOKO F., AKOEGNINOU A., AKLIKOKOU K., DRAMANE K. & GBEASSOR M. 2012. Ethnopharmacological Survey on Antihemorrhagic Medicinal Plants in South of Benin. European Journal of Medicinal Plants, 3 : 40-51.

KOUDOUVO K., KAROU D. S., KOKOU K., ESSIEN K., AKLIKOKOU K., GLITHO I. A., SIMPORE J., SANOGO R., DE SOUZA C. & GBEASSOR M. 2011. An ethnobotanical study of antimalarial plants in Togo Maritime Region. Journal of Ethnopharmacology, 134 : 183–190.

KOURA K., GANGLO J. C., ASSOGBADJO A. E. & AGBANGLA C. 2011. Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. Journal of ethnobiology and ethnomedicine, 7 : 42.

LUCENA R. F. P., ARAÚJO E.L. & ALBUQUERQUE U. P. 2007. Does the local availability of woody caatinga plants (Northeastern Brazil) explain their use value? Economic Botany, 61 : 347–361.

LUCENA R. F. P., MEDEIROS P. M., ARAÚJO E. L., ALVES A. G. C. & ALBUQUERQUE U. P. 2012. The ecological apparency hypothesis and the importance of useful plants in rural communities from Northeastern Brazil: An assessment based on use value. Journal of Environmental Management, 96 : 106–115.

MAKUMBELO E., LUKOKI L., PAULUS J. J. S. J. & LUYINDULA N. 2008. Stratégie de valorisation des espèces ressources des produits non ligneux de la savane des environs de Kinshasa: II. Enquête ethnobotanique (aspects médicinaux). Tropicultura, 26 : 129-134.

OFFIAH N. V., MAKAMA S., ELISHA I.L., MAKOSHI M. S., GOTEP J. G., DAWURUNG C. J., OLADIPO O. O., LOHLUM A. S. & SHAMAKI D. 2011. Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the treatment of animal diarrhoea in Plateau State, Nigeria. BMC Veterinary Research, 7 : 36.

OLOUNLADÉ P. A., AZANDO E. V., HOUNZANGBÉ-ADOTÉ M. S., HA T. B., LEROY E., MOULIS C., FABRE N., MAGNAVAL J.F., HOSTE H. & VALENTIN A. 2012. In vitro anthelmintic activity of the essential oils of *Zanthoxylum zanthoxyloides* and *Newbouldia laevis* against Strongyloides ratti. Parasitology Research, 4 : 1427-1433.

OUINSAVI C., SOKPON N. & BADA O. 2005. Utilization and traditional strategies of in situ conservation of iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) in Benin. Forest Ecology and Management 207 : 341–350.

PNPMT (Programme National de la Pharmacopée et de la Médecine Traditionnelles) 2009. La pharmacopée et la médecine traditionnelles au Bénin : Etat des lieux et perspectives. DPM/MS/Rep. Bénin.

QUIROZ D., TOWNS A., LEGBA S. I., SWIER J., BRIÈRE S., SOSEF M. & VAN ANDEL T. 2014. Quantifying the domestic market in herbal medicine in Benin, West Africa. Journal of Ethnopharmacology, 151 : 1100–1108.

RAJI Y., AKINSOMISOYE O. S. & SALMAN T. M. 2005. Antispermatogenic activity of Morinda lucida extract in male Rats. Asian Journal of Andrology 7 : 405–410.

SONIBARE M.A. & ABEGUNDE R. B. 2012. Ethnobotanical study of medicinal plants used by the Laniba village people in South Western Nigeria. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 6 : 1726–1732.

SONIBARE M. A., MOODY J. O., ADESANYA E. O., MOMORDICA L., SEEM P. B. & OCIMUM L. 2009. Use of medicinal plants for the treatment of measles in Nigeria. Journal of Ethnopharmacology, 122 : 268–272.

VAN ANDEL T., MYREN B. & VAN ONSELEN S. 2012. Ghana's herbal market. Journal of Ethnopharmacology, 140 : 368–378.

WHITE F. 1983. The vegetation of Africa. UNESCO, Paris.

WHO 1999. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10 in Occupational Health: Geneva.

YEMOA A. L., GBENOU J. D., JOHNSON R. C., DJEGO J. G., ZINSOU, C. & MOUDACHIROU M. 2008. Identification et étude phytochimique de plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère de Buruli au Bénin. Ethnopharmacologia, 42 : 48-55.

YETEIN M. H., HOUESSOU L. G., LOUGBEGNON T. O., TEKA O. & TENTE B. 2013. Ethnobotanical study of medicinal plants used for the treatment of malaria in plateau of Allada, Benin (West Africa). Journal of Ethnopharmacology, 146 : 154–163.

Annales des sciences agronomiques 19(2) volume spécial : 149-164, 2015 ISSN 1659 - 5009

LE MAÏS GRAIN ET SES SOUS-PRODUITS EN ALIMENTATION DE VOLAILLE AU BÉNIN : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

M. S. E. GUEDOU, M. F. HOUNDONOUGBO**, C. A. A. M. CHRYSOSTOME** & G. A. MENSAH**

**Institut National des recherches Agricoles du Bénin (INRAB) 01 BP 884 Recette Principale, Cotonou, République du Bénin*

***Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC) 01 BP 526 Cotonou, République Bénin*

RÉSUMÉ

Le maïs *(Zea mays* L.) est la céréale de choix pour l'alimentation des animaux monogastriques, en l'occurrence la volaille. Cette étude a pour objectif de faire une synthèse bibliographique sur l'utilisation du maïs grain et ses sous-produits en aviculture en vue de permettre une meilleure valorisation de ces matières premières dans la formulation des aliments. De la synthèse bibliographique effectuée, il ressort que 13 principales variétés de grain de maïs sont vulgarisées au Bénin dont 3 sont acceptées sur toute l'étendue du territoire. Le grain de maïs a la valeur énergétique la plus élevée et la plus stable au cours de l'année (3.635 - 4.093 Kcal EM/Kg.MS). Il est pauvre en protéines (8 - 11,8 %) et sa teneur en matière grasse est relativement élevée en comparaison aux autres céréales (4,8 % MS). La valeur nutritive des sous-produits de grain de maïs varie en fonction du mode d'alimentation et de la technologie utilisée. Les volailles nourries essentiellement au maïs grain offrent en général une bonne qualité de viande. Toutefois, les produits avicoles issus d'une alimentation à base du grain de maïs contiennent parfois de substances anti-nutritionnelles compte tenu du fait que le maïs est infecté ou infesté. Les conditions de récolte et de stockage, la sensibilité variétale, l'infestation des insectes foreurs expliquent la présence des substances anti-nutritionnelles dans les produits avicoles. Les résultats de cette étude permettront de mettre au point des rations alimentaires efficaces pour volailles, en particulier les poulets.

Mots clés :, Céréales, viande, œuf, Bénin

MAIZE GRAIN AND ITS BY-PRODUCTS IN POULTRY FEEDING IN BENIN: A REVIEW

ABSTRACT

Maize grain (*Zea mays L.)* is the most used cereal in monogastric animals' feeding, especially in poultry. This study aimed to carry out a literature review on the utilization of maize grain and its by-products in the aim to allow a better valorization of these ingredients in poultry feed formulation. From the literature review, it appeared that 13 major varieties of maize grain are disseminated in Benin, and 3 of them are accepted throughout the country. Corn grain has the highest and most stable energy value during the year (3630 and 4093 Kcal ME/Kg dry matter). Its protein content is low (8 - 11.8 %) and its fat content is relatively high compared to other cereals (4.8 % dry matter). The nutritional value of maize grain's by-products varies according to the feeding strategy and the processing technology used. The poultry fed essentially with maize grain generally offer a good quality of meat. However, poultry products from maize grains based diet may contain anti-nutritional factors if the maize is infected or infested. Harvest and storage conditions, varietal susceptibility, borers' infestation are the causes of the appearance of such factors. The results of this study will help to formulate efficient feeds for poultry, especially chicken.

Keywords : Cereal, egg, meat, Benin

Publié en décembre 2015

INTRODUCTION

Avec 70 millions de tonnes produites par an dans le monde, la volaille, dont près de 85 % de poulet, est la seconde viande consommée au monde juste derrière le porc. L'Afrique représente 13 % de la population mondiale et ne fournit que 4 % de la production mondiale de volaille (Huart, 2004). La production mondiale de volaille, après une croissance limitée en 2013, est estimée à 108,7 millions de tonnes en 2014 (FAO, 2014). Au Bénin, la volaille constitue la seconde source de consommation de viande (21 %) après les bovins (58 %) (Fanou, 2006).

L'aviculture regorge de nombreuses potentialités ; mais en Afrique et au Bénin en particulier, elle peine à se développer. D'après Sodjinou (2011), le développement de l'aviculture implique l'amélioration des conditions d'élevage notamment les aspects de la santé et de l'alimentation. En effet, l'alimentation représente 60 à 80 % du coût des inputs en aviculture commerciale (Branckaert *et al.*, 2000). Le renchérissement du coût de l'alimentation est aggravé par la volatilité du prix des matières premières, ce qui fragilise les éleveurs et particulièrement les producteurs d'animaux à cycle court tels que les porcs et les volailles dont l'alimentation est composée de 75 % de céréales (Kambashi *et al.,* 2010*).* Au nombre des céréales utilisées, le maïs occupe une place de choix. En effet, partout dans le monde, le maïs est utilisé comme base de l'alimentation animale surtout en aviculture et existe sous forme de grain et de fourrage (AGPM, 2015). Le maïs grain est destiné à l'alimentation animale dans les pays industrialisés alors qu'il est fortement utilisé en alimentation humaine dans les pays en développement des zones intertropicales. Une synthèse bibliographique des travaux de recherche a été faite sur la filière maïs de 2000 à 2012 au Bénin (Adégbola *et al.*, 2013). Mais, cette étude est surtout orientée vers les systèmes de production, la consommation par les populations humaines et les ruminants, la commercialisation.

L'objectif de l'étude est de faire une synthèse bibliographique sur le maïs grain et ses sous-produits en liaison avec l'aviculture en abordant : la systématique et la botanique, l'aspect variétal, la valeur nutritive, les formes d'utilisation et les technologies de transformation. En effet, une plus large connaissance du maïs grain et ses sous-produits en rapport avec la production de volaille, permettra aux aviculteurs de mieux les valoriser en alimentation avicole au Bénin.

SYSTÉMATIQUE ET BOTANIQUE DU GENRE ZEA

Le maïs appartient au règne végétal, à la classe des Liliopsidées, à l'ordre des cypérales, à la famille des Poacées, à la sous-famille des panicoidées, au genre *Zea* et à l'espèce *Zea mays*. L'origine botanique du maïs, a longtemps été sujette à controverses. C'est une plante qui ne peut se multiplier à l'état naturel sans l'intervention de l'homme c'est ce qui expliquerait son absence à l'état sauvage (Dongmo, 2009).

Le maïs est une céréale de la famille des Poacées. C'est une plante dont la structure botanique comprend les racines (les racines séminales et les racines adventistes), la tige (2-3m de hauteur, 3-4cm de diamètre avec des nœuds et entre nœuds bien définis), l'inflorescence ou fleur (l'inflorescence mâle appelée panicule et l'inflorescence femelle appelée épis). Le fruit (grain) est une caryopse qui se développe en ligne le long de l'épi (Ekobo, 2006)

Variétés de maïs grain

Deux grandes catégories de maïs grain sont à distinguer au Bénin, à savoir : les variétés locales et les variétés améliorées. Une grande variabilité est observée dans la qualité du maïs cultivé au Bénin. Les variétés locales ont des petits grains à tendance farineuse et tendre tandis que les cultivars améliorés ont plutôt des gros grains vitreux et friables (Nago *et al.,* 2001)

Parmi les premières variétés de maïs vulgarisées au Bénin, trois (3) ont été acceptées sur toute l'étendue du territoire (Yallou *et al.,* 2010) compte tenu de leur texture mi-vitreuse et mi-farineuse à savoir: TZPB SR W (cycle de 120 jours), DMR ESR W (cycle de 90 jours) et TZEE SR W (cycle de 75 jours). Des travaux de recherche ont conduit à la mise au point en collaboration avec les agriculteurs d'autres variétés performantes telles que 2000 Syn. EE W (cycle de 75 jours), FAABA/QPM (cycle de 105 jours au Nord) ou HOUINLIN MI (cycle de 105 jours au Sud) et AK 94 DMR ESR Y (cycle de 90 jours). La plupart de ces variétés sont déjà en vulgarisation (Toukourou *et al.,* 2004 ; Badu- Apraku et Yallou, 2009,).

Treize variétés de maïs ont été décrites en fonction de dix critères (Tableau 1) : la durée du cycle végétatif, le nombre de rangées de grains par épi, le nombre de grains par rangée, le type de grains, la texture du grain, la couleur du grain, le poids de 1000 grains, la résistance à la sécheresse, le rendement potentiel en station et le rendement en milieu paysan (Yallou *et al.*, 2010).

Des corrélations positives entre le rendement de grains et les grains par épi

(r = 0.70 ***) ont été obtenues chez dix variétés de maïs (DMR-L-SR-W, SUWAN 1, EV 9043-DMR, TZPB-SR, TZSR-Y, 8321-18, 8535-23, 8644-27, 8644-31 et 8805-4) de 1995 à 1997 à Ibadan, au Nigéria dans la zone forestière (Agbaje *et al.,* 2000).

La calibration et la validation du modèle sur les rendements historiques des variétés améliorées et locales de maïs de la commune de Tanguiéta au Bénin ont permis de déterminer les impacts des différents scénarios constitués suivant les tendances évolutives du climat local. De ces études d'impacts il ressort que les scénarios présentant de réels risques de mauvais rendements pour les variétés de maïs à Tanguiéta sont ceux de hausse des températures et de baisse des pluviométries

(Tidjani & Akponikpe, 2012) .

Des hybrides de maïs adaptés aux conditions de l'Afrique centrale et occidentale ont été mis au point par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) au cours des années 80. Malgré la performance agronomique supérieure des hybrides, les agriculteurs préfèrent encore leurs cultivars traditionnels dans certaines localités parce qu'ils sont dotés des caractéristiques de stockage et de transformation recherchées (Maziya *et al.,* 2000).

VALEUR NUTRITIVE DU MAÏS GRAIN

La composition morphologique de la plante de maïs évolue jusqu'au stade vitreux du grain (35 % de matière sèche dans la plante entière), le grain a alors atteint sa maturité physiologique et représente 40 à 50 % de la matière sèche (MS). Concomitamment, la composition chimique évolue relativement peu après la floraison sauf la teneur en amidon qui augmente au détriment de la teneur en glucides solubles (Demarquilly, 1994).

En l'absence de facteurs limitants (eau, nutriments, lumière), le maïs ou le sorgho ont une bonne efficience en eau car ils produisent 40 kg de MS/mm/ha, tandis que le blé ou le ray-grass ne produisent que 25 kg MS/mm/ha, et la luzerne 20 kg MS/mm/ha. En d'autres termes, le maïs grain et fourrager nécessite moins d'eau pour produire autant de biomasse que la luzerne ou le blé, grâce à leur efficience physiologique d'utilisation de l'eau. Toutefois, en situation de stress hydrique, le maïs perd cette exceptionnelle efficience d'utilisation de l'eau. Comparé aux autres céréales, le maïs grain a la valeur énergétique la plus élevée et la plus stable au cours de l'année (Larbier & Leclercq, 1992)

La valeur d'énergie métabolisable du maïs varie dans de grandes proportions (Lessire *et al.*, 2003). Cette variabilité est due en grande partie à une grande variation des teneurs en lipides totaux (2,67 à 8,37 %). Cet auteur a obtenu des valeurs de l'énergie métabolisable comprises entre 3635 et 4093 kcal/kg de matière sèche. Cowieson (2005) a rapporté que la composition chimique de maïs grain varie substantiellement d'un lot à un autre et induit par conséquent une variation de sa valeur énergétique en alimentation de volaille.

La forte teneur du maïs grain en énergie est due au fait qu'il est riche en amidon (72,5 % de MS) et contient également une forte proportion de sucre représentant (2,4 % de MS) (Larbier & Leclercq, 1992). Pour ces mêmes auteurs, le maïs grain contient une quantité relativement importante de pigments xanthophylles (environ 25 ppm). Les céréales contiennent peu de lipides mais de bonne qualité à cause de la forte proportion des acides gras polyinsaturés (Agnès *et al.,* 2009). Pour le cas particulier du maïs, sa proportion de matières grasses (4,8 % de MS) est relativement élevée (FAO, 1993). Par contre, le taux de protéines du maïs grain (8 % de MS) est faible (Smith, 1992). Pour Ghol (1982), la teneur en protéines du maïs grain est non seulement faible, mais en plus, la moitié de ses protéines est constituée par la zéine. Mieux, le profil des acides aminés du maïs grain est déséquilibré car il y a un excès de leucine et une déficience en lysine et en tryptophane.

La détermination des acides N-terminaux du maïs grain établit une prédominance de la thréonine sur la phénylalanine et un rapport arginine/histidine compris entre 1,1 et 1,2 (Landry, 2014).

Les céréales sont pauvres en sels minéraux (Agnès *et al.*, 2009) ; mieux Larbier & Leclercq (1992) ont établi que le maïs grain est presque dépourvu de sodium (0,01 % de MS) et de calcium (0,01 % de MS). Quant à la teneur en phosphore du maïs grain, bien qu'elle soit élevée, elle se trouve en grande partie piégée sous forme de phosphore phytique. En effet, l'acide phytique forme des complexes stables et indigestibles avec les minéraux surtout les cations (Mg, Zn, Fe, Ca) et ce phénomène réduit fortement la disponibilité des nutriments (Agnès *et al.*, 2009). Dans le même ordre d'idée, d'autres auteurs ont mentionné que le phosphore du maïs est quasi indispensable en raison de l'absence ou du faible taux de phytases endogènes (Ghol, 1982 ; Larbier et Leclercq, 1992). A l'exception du maïs jaune et de certains mils qui contiennent de caroténoïdes actifs, les céréales n'ont pas d'activité vitaminique A. La vitamine C fait également défaut mais le germe est riche en vitamine E. Les vitamines du groupe B sont présentes à l'exception de la

vitamine B_{12} ; cependant le décorticage et le blutage éliminent une bonne partie de ces vitamines (Favier, 1989)

Avec une augmentation de la fertilité du sol en azote, une augmentation du taux de protéines et de lysine a été enregistrée dans le maïs grain des variétés Opaque-2 et Normal (Cromwell *et al.,*1983). L'augmentation du taux de protéine de maïs grain par la fertilisation du sol affecte négativement l'équilibre en acides aminés essentiels des variétés. (Keeney, 1970). Une différence de 26,9 g/kg de MS de protéines et de 0,4 MJ/kg de MS d'énergie métabolisable a été observée, chez les poulets de chair en phase démarrage entre 1 et 3 semaines d'âge, en faveur de la variété locale Gbogboé de maïs grain comparée à la variété améliorée DMR-ESRW.. La teneur en protéines a été de 11,8 % pour la variété locale et 9,1 % pour la variété améliorée. (Houndonougbo *et al.,* 2009).

Le maïs grain présente d'une manière générale, une excellente digestibilité qui. s'explique par la bonne digestibilité de son amidon, la bonne digestibilité de ses protéines, sa faible proportion en cellulose (2,5 % de MS) et l'absence de facteurs antinutritionnels tels que les tanins. Son amidon est le plus digestible chez les oiseaux avec une digestibilité d'environ 98 % (Larbier & Leclercq, 1992)

Les volailles nourries essentiellement au maïs grain offrent une bonne qualité de viande. En effet, du fait de sa composition (présence de carotènes et d'acide linoléique entre autres), le maïs grain possède des spécificités très intéressantes notamment pour l'élevage des poulets sous label et des poules pondeuses. Toutefois, différents travaux de recherche ont montré que les variétés de maïs grain cultivées au Bénin sont infectées par des mycotoxines notamment lors du stockage (Hell *et al.,* 2000, Fandohan *et al.*, 2004 ; Fandohan *et al.,* 2006) alors qu'elles représentent des risques pour la santé humaine et animale (Duval, 2006).

Les fumonisines sont des mycotoxines largement répandues dans le monde et produites par *Fusarium verticillioides* lors de son développement sur le maïs. La teneur maximale de fumonisines recommandée dans les aliments est de 20 mg/kg (seuil fixé au niveau européen). Cette dose est bien tolérée chez la dinde et le canard en croissance mais inacceptable chez le canard en gavage. En cas de contamination à la dose de 20 mg/kg d'aliment le foie se révèle le tissu le plus infecté tandis que dans le muscle, aucun résidu de fumonisines n'est observé (Guerre *et al.,* 2007). L'infestation des insectes foreurs explique à hauteur de 24 % la présence de fumonisines dans le maïs grain et la

sensibilité variétale en explique moins de 20 %. Le taux de fumonisines est multiplié par quatre entre des épis sains et des épis fortement attaqués par la pyrale ou la sésamie. Quant aux facteurs pédoclimatiques, ils expliquent pour près de 50 % les taux des fumonisines et de la zéaralénone à la récolte. Enfin, les facteurs récolte (date et humidité du grain) et la sensibilité variétale expliquent chacun un peu plus de 20 % la présence de la zéaralénone à la récolte. (Froment & Gautier, 2007).

Le maïs grain comme les autres céréales contiennent des NSP, polysaccharides non amylacés (Choct, 1997). Une partie de ces polysaccharides est soluble dans l'eau (Choct, 1997) et seule cette fraction a été longtemps considérée comme anti-nutritionnelle du fait de son pouvoir viscosant. Une deuxième hypothèse de mode d'action anti-nutritionnelle des polysaccharides, liée cette fois-ci à la partie insoluble dans l'eau, a été émise plus tard. En effet, les fibres de la paroi des cellules du grain semblent limiter l'accès des enzymes endogènes aux nutriments réduisant ainsi leur digestion (Maisonnier *et al.*, 2001).

VALEUR NUTRITIVE DES SOUS-PRODUITS DU MAÏS GRAIN

Des sous-produits agro-industriels et agro-alimentaires provenant de la fabrication de produits à base de grains de maïs, existent sur le marché et sont commercialisés pour l'alimentation animale. Les analyses en nutriments des sous-produits sont plus variables que celles des matières premières et doivent être soumises à un contrôle rigoureux de la qualité (Pelletier Grenier & Valiquette, 2009)

Les drêches de blé ou de maïs sont des sources potentielles d'énergie et de protéines susceptibles d'être utilisées dans les aliments des différentes catégories de volailles sans que leurs performances ne soient altérées. Toutefois, leurs caractéristiques nutritives doivent être minutieusement étudiées et être prises en compte pour la formulation des aliments (Cozannet *et al.,* 2010). Les drêches sont disponibles au Bénin, de même que le son du maïs, la rafle et les spaths du maïs.

Les drêches de distillerie de maïs (avec solubles) sont décrites par Pelletier Grenier et Valiquette (2009). Elles proviennent de la fabrication de la bière et de l'éthanol composé de maïs et de levures. Le maïs est fermenté avec des enzymes et de levures pour extraire l'amidon (albumen farineux et corné) du grain. Suite à la fermentation, la majeure partie de l'amidon aura été extraite du grain et il ne restera que les résidus, soit l'enveloppe, le germe, le capuchon et une petite fraction d'amidon. La partie soluble des résidus subit

une évaporation et est ensuite séchée et mélangée à la partie solide des résidus afin de composer les drêches de distillerie. Les drêches de distillerie sont une bonne source de protéine, de matière grasse, de fibres, de minéraux et de vitamines ; toutefois, il faut surveiller les niveaux de toxines. Ce sous-produit est habituellement de couleur jaune doré mais des variations sont possibles selon les usines de fabrication, les sources de maïs et la qualité du produit. Les taux d'incorporation maximums recommandés pour les volailles sont de 5 % pour le poussin, 10 % pour le poulet de chair et de 15 % pour la pondeuse.

Sous la forme humide, les drêches de distillerie de maïs peuvent contenir 50 à 90 % d'eau (Cameron, 2007). Ainsi, un entreposage adéquat suivi d'une reprise rapide s'impose. La forme déshydratée contient moins de 15 % d'eau et son entreposage est facile. Pour le même auteur, le niveau de protéines des drêches de distillerie est élevé (23 à 32 % de protéine brute) et elles peuvent être utilisées comme des sources protéiques. De plus, lors du procédé d'extraction en distillerie, l'ajout de levures apporte des vitamines, des oligoéléments et améliore la digestibilité du phosphore.

Le fin gluten et le gros gluten sont deux autres sous-produits du maïs décrits par Pelletier-Grenier & Valiquette (2009). Le fin gluten provient de la fabrication de l'huile et du sirop du maïs. Il est composé de la fraction protéique du maïs obtenue lors du retrait de l'amidon (albumen farineux) du grain. Ce produit ne contient que le gluten du maïs aussi appelé albumen corné. Malgré son haut contenu en protéines qui le rend avantageux en nutrition avicole, ce sous-produit est déficient en lysine, un acide aminé majeur en nutrition animale. Le fin gluten est très riche en xanthophille, un pigment de couleur jaune. Ainsi, une grande quantité de fin gluten dans une moulée peut affecter la pigmentation des pattes des poulets ou des jaunes d'œufs lesquels prendront une teinte plus jaunâtre. Par contre ce pigment ne nuit en rien aux performances des oiseaux. Les taux d'incorporation maximums recommandés pour les volailles sont de 15 % pour le poussin et de 20 % pour le poulet de chair et la pondeuse.

Le gros gluten provient également de la fabrication de l'huile et du sirop de maïs. A la différence du fin gluten, il est composé d'une partie du gluten (albumen corné), mais dilué avec le son de maïs (l'enveloppe du grain de maïs). L'ajout de son, fait en sorte que ce sous-produit est beaucoup moins riche en protéine que le fin gluten, mais est sept fois plus riche en fibre. Les taux d'incorporation maximums recommandés sont identiques à ceux du fin gluten.

La digestibilité de l'énergie des drêches de blé ou de maïs ou leurs teneurs en énergie métabolisable, peuvent varier avec la couleur maïs, elles sont surtout dépendantes de leur composition chimique et notamment de leur teneur en matières grasses et en parois végétales (Cozannet *et al.,* 2010)

FORMES D'UTILISATION ET TECHNOLOGIES DE TRANSFORMATION DU MAÏS GRAIN EN AVICULTURE

Le maïs est utilisé sous différentes formes : en grains principalement pour les volailles et les porcs, sous forme de fourrage pour les bovins et sous forme d'aliments composés industriels (Bassaler, 2000).

Un poulet au sein d'un groupe est capable de sélectionner un régime globalement équilibré lorsqu'il est confronté à différents aliments d'égale disponibilité dans son environnement (Chrysostome *et al*, 2010, Covasa et Forbes, 1995). L'identification de l'aliment est une capacité acquise par l'apprentissage (Picard, 1997). Il permet à l'animal d'assurer les critères de différenciations sensorielles (forme, couleur, odeur, saveur, propriétés tactiles) et les caractéristiques nutritionnelles des aliments. L'interprétation des choix alimentaires des animaux est souvent confuse. Le « bon » choix pour le poulet n'est pas forcément celui qui lui permet de maximiser sa croissance (Siegel *et al.,* 1997).

Noirot *et al.* (1998) ont rapporté les résultats des travaux de comparaison de trois principaux modes de distribution de deux (2) aliments à savoir : de céréales entières et un aliment complémentaire riche en protéines, chez les poulets de chair. Il s'agit de l'alimentation séparée dans l'espace où les deux aliments sont simultanément présentés au poulet dans deux mangeoires distinctes ; de l'alimentation sous forme de mélange des deux aliments dans la même mangeoire et de l'alimentation séquentielle. Dans ce dernier cas, céréales et aliment complémentaire sont distribués de façon alternée dans le temps. Le but recherché est d'obtenir des vitesses de croissance, efficacité alimentaire et composition corporelle les plus proches possibles de celles de poulets consommant un aliment complet. Les résultats de l'alimentation séparée sont très variables en termes de performances de croissance, de qualité des carcasses et du niveau de consommation de la céréale entière. Le mélange céréale entière plus aliment complémentaire conduit aux mêmes performances de croissance qu'un aliment complet unique. Quant à l'alimentation séquentielle, elle donne des résultats comparables à ceux obtenus avec un aliment complet, mais la durée des séquences de distribution doit être adaptée à l'âge des poulets. Au Bénin, l'utilisation de céréales

entières notamment le maïs sans apport d'aliment complémentaire est répandue en alimentation des volailles traditionnelles.

Les recherches menées sur l'utilisation des céréales entières vont au-delà de la simple mesure des performances de croissance. Elles analysent aussi les effets de l'utilisation des graines entières sur la nutrition, le comportement et la santé animale. Ainsi, en libre choix, la forme de présentation, des deux aliments proposés intervient en plus de leurs caractéristiques nutritionnelles dans la sélection alimentaire chez le poulet. Elle modifie les proportions de céréales (blé ou maïs) et d'aliment complémentaire consommées (Rose *et al.,* 1986 ; Yo *et al.,* 1998). La forme de présentation des céréales influence peu, l'efficacité de sa digestion. La teneur en énergie métabolisable du blé sur des jeunes poulets de chair est la même que le blé soit présenté sous forme de grain entier, de farine ou de granulés. En revanche, s'agissant du maïs, elle est inférieure de 120 kcal/kg de matière sèche pour le maïs grain entier par rapport à la farine ou aux granulés (Barrier-Guillot *et al.,* 1997).

Les poulets en alimentation séparée expriment un comportement alimentaire différent de ceux recevant un aliment complet. En alimentation séparée, les accès aux deux types de mangeoires (maïs et aliment complémentaire) sont plus courts et plus nombreux que ceux consacrés à l'aliment complet. L'accès aux deux aliments n'est pas aléatoire : à 30 jours, les accès aux mangeoires de maïs entier sont deux fois plus nombreux que ceux aux mangeoires d'aliment complémentaire. Le poulet module donc la fréquence d'accès aux deux aliments pour réguler son ingestion énergétique et protéique et il est capable d'identifier l'aliment par la mémorisation de sa localisation dans le lieu de vie (Yo, 1996).

L'aptitude technologique des variétés de maïs est déterminée principalement par les caractéristiques physiques et mécaniques de leurs grains (Nago & Richard, 1997). La technologie de séchage par entrainement d'air chaud dénature les principales familles des protéines du maïs, ce qui entraine la diminution de leur solubilité (Malumba *et al.*, 1998). Par ailleurs, Calet & Lambilly (1960) ont démontré que le grain stocké 24 heures avant le séchage, subit une fermentation et par conséquent, son efficacité pour la croissance est affectée. En effet, l'échauffement du grain entraîne une destruction de principes nutritifs. Par contre, ces mêmes auteurs ont prouvé que la température de l'air qui sert à sécher artificiellement le maïs grain n'influe ni sur sa valeur nutritive ni sur la disponibilité de ses acides aminés lorsque le traitement thermique est appliqué aussitôt après la récolte.

PROBLÈME

Le maïs grain et ses sous-produits sont des matières premières couramment utilisées en alimentation des volailles au Bénin. Mieux, le maïs grain occupe souvent la plus grande proportion dans la formulation et la fabrication des aliments aux volailles dans notre pays. Or, dans la littérature, les connaissances détaillées sur le maïs et ses sous-produits sous plusieurs aspects et en rapport avec l'aviculture font défaut. D'où, la synthèse bibliographique proposée permettra de combler ce vide afin que les avicultures valorisent mieux ces matières premières.

IMPLICATION

La connaissance des variétés de maïs grain et de ses sous-produits doit permettre de faire la promotion de certaines variétés de maïs grain en aviculture en mettant l'accent sur les variétés jaunes de maïs grain. En effet, ces variétés jaunes améliorent la qualité du jaune d'œuf et sont peu consommées par les populations humaines.. Aussi, une meilleure connaissance de la valeur nutritive des sous-produits du maïs grain va inciter à les rendre éventuellement disponibles pour les intégrer dans des formules alimentaires pour une meilleure efficacité des productions de volailles.

AVENIR

Les données recueillies dans cette synthèse bibliographique sont pour la plupart relatives au poulet. Des rations alimentaires à partir de différentes variétés de maïs grain et des sous-produits du maïs grain vont être expérimentées et des formules alimentaires conséquentes vont être recommandées aux aviculteurs pour la production de poulets de chair, de coquelets, des poules pondeuses et des poulets locaux dans le cadre de notre formation doctorale. Ainsi, sur cette base,, les autres espèces aviaires à savoir la dinde, le canard, l'oie, la pintade, le pigeon vont être prises en compte plus tard.

CONCLUSION

Au total, 54 documents sont exploités pour la synthèse des connaissances sur les variétés du maïs grain, la valeur nutritive du maïs grain et de ses sous-produits, les formes d'utilisation et les technologies de transformation du maïs grain en aviculture. Les connaissances recueillies sur les résultats de

recherche permettent d'établir des formules alimentaires à tester chez les volailles dans les conditions du Bénin. Le maïs étant une céréale de choix en alimentation humaine au Bénin, nous suggérons que des recherches soient menées sur le grain de maïs jaune qui améliore la qualité du jaune d'œuf et qui est peu consommé par les populations humaines, afin de booster la production avicole.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADÉGBOLA Y. P. ; DJINADOU A. K. A. ; AHOYO ADJOVI N. R. ; ALLAGBÉ C. M. ; GOTOÉCHAN M. H. ; ADJANOHOUN A. & MENSAH G. A. 2013. Synthèse bibliographique des travaux de recherche effectués sur la filière maïs de 2000 à 2012 au Bénin .Document Technique et d'Information. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin ISBN : 978 – 99919 – 1 - 612 – 5 ; 119 p.

AGBAJE G. O., ABAYOMI Y. A. & AWOLEYE F. 2000. Grain yield potential and associated traits in maize (Zea mays L.) varieties in the forest zone of Nigeria. Ghana Journal of Agricultural Science, 33 : 191-198.

AGNES N., MARIE-PIERRE L. M., MICHEL M., YVES N. & CATHÉRINE J. 2009. Voies nutritionnelles d'économie de phosphore chez le poulet. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 102-109.

ASSOCIATION GÉNÉRALE DES PRODUCTEURS DE MAÏS (AGPM). MAIZ'EUROP'. 2015. Le maïs dans l'alimentation animale, http://www.agpm.com/mais_animal.php

BADU-APRAKU B. & YALLOU C. G. 2009. Registration of Resistant and Drought-Tolerant Tropical Early Maize Populations TZE-W Pop DT STR C and TZE-Y Pop DT STR C. Journal of Plant, 3 (1) : 86-90.

BARRIER-GUILLOT B., METAYER J. P., BOUVAREL I., CAS-TAING J., PICARD M. & ZWICK J. L. 1997. Valeur énergétique du blé et du maïs présentés en grains entiers, en farine et en granulé chez le poulet de chair. Deuxièmes journées de la Recherche Avicole, ITAVI, Paris (FRA), 37-39

BASSALER N. 2000. Le maïs et ses avenirs. Cahier publié par GERPA avec le concours d'Electricité de France, Mission-Perspectives, 47p.

BRANCKAERT R D S, GAVIRIA L, JALLADE J. & SEIDERS R W 2000. Transfer of technology in poultry production in developing countries. *In*: FAO Sustainable Development. Retiré, 25 Juin 2010, de http://www.fao.org/sd/cddirect/cdre0054.htm

CALET C. & DE LAMBILLY H. 1960. Influence du mode de séchage sur la disponibilité des acides amines. Ann Zootech 9: 181-184.

CAMERON J. 2007. Les sous-produits... peut-on en tirer profit ? CEPOQ, Ovin Québec, 5p.

CHOCT M., 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. Feed Milling International, June Issue, 13-26.

CHRYSOSTOME C. A. A. M., HOUNDONOUGBO M. F. & KPOMASSÈ C. C., 2010. Stratégie alimentaire des coquelets en zone tropicale : Ration complète comparée au système cafétaria. Livestock Research for Rural Development,

http://www.lrrd.org/lrrd22/11/chri22211.htm

COVASA M. & FORBES J. M. 1995. Application of diet selection by poultry with particular reference to whole cereals. World Poult. Sci. J., 51: 149-165.

COWIESON A. J. 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers.

Animal Feed Science and Technology 119 : 293-305.

COZANNET P., LESSIRE M., LMETAYER J. P., GADY C., PRIMOT Y., GERAERT P. A., LE TOUTOU L., SKIBA F. & NOBLET J. 2010. Valeur nutritive des drêches de blé et de maïs pour les volailles. Institut National de la Recherche Agronomique. Productions Animales, 5 (23) : 405-414.

CROMWELL G. L., BITZER M. J., STAHLY T. S. & JOHNSON T. H. 1983. Effects of soil nitrogen fertility on the protein and lysine content and nutritional value of normal and opaque-2 corn. Journal of Animal Science, 57(6) :1345-1351.

DEMARQUILLY C. 1994. Facterurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage INRA Prod Anim; 7 3 : 177-189.

DONGMO J. C. 2009. Performances des hybrides variétaux et top-cross de maïs (*zea mays l.)* sur sols acides de la zone forestière humide du Cameroun Université de Yaoundé, Extrait Mémoire DESS, 3p.

DUVAL B. & FOURNIER A. 2006. Moisissures dans le maïs : gare aux toxines ! www.lecourriersud.com

EKOBO C. E. 2006. Biodiversité et Gestion durable des Ressources Génétiques du maïs au Cameroun, 12p.

FANDOHAN P., GNONLONFIN B., HELL K., MARASAS W. F. O. & WINGFIELD M. J. 2004. Natural occurrence of Fusarium and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. International Journal of Food Microbiology, 99 : 173-183.

FANDOHAN P., GNONLONFIN B., HELL K., MARASAS W. F. O. & WINGFIELD M. J. 2006. Impact of indigenous storage systems and insect infestation on the contamination of maize with fumonisins. African Journal of Biotechnology, 5 : 446-452

FANOU U. 2006. Revue du secteur avicole. Division de la Production et de la Santé Animales de la FAO. Centre d'Urgence pour les Maladies Animales Transfrontalières. Unité de Socio-Économie, Production et Biodiversité, 44p.

FAVIER J. C., 1989. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations : 285-297. *In* : AUPELF-UREF (eds.).Céréales en régions chaudes. John Libbey Eurotext. Paris.

FROMENT A. & GAUTIER P. 2007. Évaluation des risques agro-climatiques DON, Zéaralénone et Fumonisines en maïs. Progrès et perspectives de la recherche sur les mycotoxines de Fusarium dans les céréales; INRA UR 1264 «Mycologie et Sécurité des Aliments » (MycSA) ; Arcachon, France, http://www.symposcience.org/exl-php/articles

GHOL B. 1982 Les aliments du bétail sous les tropiques : Données sommaires et valeurs nutritives, Rome : FAO, 543 p.

GUERRE P., TARDIEU D., BAILLY J.-D., ; BENARD G., SKIBA F., METAYER J-P., GROSJEAN F., AUVERGNE A. & BABILE R. 2007. Nouvelles données sur le devenir et les effets des fumonisines chez la volaille. Progrès et perspectives de la recherche sur les mycotoxines de Fusarium dans les céréales. INRA UR 1264 « Mycologie et Sécurité des Aliments » (MycSA) ; Arcachon, France, http://www.symposcience.org/exl-php/articles.

HELL K., CARDWEL K. F., SETAMOU M. & POEHLING H. M. 2000. The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agro ecological zones of Benin, West Africa. Journal of Stored Product Research, 36 : 365-382.

HOUNDONOUGBO M. F., CHWALIBOG A. & CHRYSOSTOME C. A. A. M. 2009. Is the nutritional value of grains in broiler chickens' diets affected by environmental factors of soybean (*Glycine max*) growing and the variety of maize (*Zea maize*) in Benin? Livestock Research for Rural Development, 21(2). http://www.lrrd.org/lrrd21/2/houn21022.htm.

HUART A. 2004. La production de la volaille dans le monde et en Afrique. Eco Congo, Agriculture, 3 p.

KAMBASHI M. B., BOUDRY C., PICRON P., MULAN D., KIATOKO H., THEWIS. A. & BINDELLE J. 2010. La valorisation des aliments non conventionnels dans les systèmes d'élevage porcin en RDC, ORBI, info:eu-repo/semantics/conference.

KEENEY D. R. 1970. Protein and amino acid composition of maize grain as influenced by variety and fertility Journal of the Science of Food and Agriculture 21(4) :182-184.

LANDRY J. 2014. La zéine du grain de maïs : Préparation et caractérisation http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9084(79)80211-4.

LARBIER M. & LECLERCQ B.1992. Nutrition et alimentation des volailles. Paris INRA.-355 p.

LESSIRE M., HALLOUIS J. M., BARRIER-GUILLOT B., ORLANDO D., CHAMPION M. & FEMINAS N. 2003. Prédiction de la valeur énergétique métabolisable du maïs chez le coq adulte. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, www.heliospir.net/.../8eme_heliospir_Femenias.pdf.

MAISONNIER S., GOMEZ J. & CARRE B. 2001. Nutrient digestibility and intestinal viscosities in broiler chickens fed on wheat diets, as compared to maize diets with added guar gum. *British Poultry Science, 42, 102-110.* http://prodinra.inra.fr/record/61239

MALUMBA K. P., DEROANNE C., MASIMANGO T. & BERA F. 1998. Influence du séchage par entraînement d'air chaud sur l'aptitude au fractionnement par voie humide du maïs. *In* M., Sakho & J., Crouzet (eds.).Transformation, Conservation et Qualité des Aliments: Nouvelle Approche de Lutte contre la Pauvreté. Paris, France.

MAZIYA-DIXON B. B., KING J. G. & OKORUWA A. E. 2000 Physical, Chemical, and Water Absorption Characteristics of Tropical Maize Hybrids. African Crop Science Journal, ISSN : 1021-9730, Vol 8 N° 4

NAGO C. M. & RICHARD H. 1997. La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Benin : Détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage ; relations avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés Travaux Universitaires Thèse d'Etat, 262 p.

NAGO M., HOUNHOUIGAN J., AKISSOË N. & DAVRIEUX F. 2001. Qualité comparée des grains de maïs Béninois issu des écotypes locaux et des cultivars améliorés: Mise au point de tests rapides de sélection. Actes de l'atelier scientifique, 1 : 187-194.

NOIROT V., BOUVAREL I., BARRIER-GUILLOT B., CASTAING J., ZWICK J. L.& PICARD M. 1998. Céréales entières pour les poulets de chair : le retour ? INRA Prod. Anim., 11 (5), 349-357

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO).1993. Livestock and improvement of pasture, feed and forage. Comité de l'agriculture, 12e session, Rome, Italie. 19 p.

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE. (FAO) 2014. Perspectives relatives aux développements du secteur mondial de la volaille .Afrique de l'Ouest, Afrique Australe, Volaille.

http://www.fao.org/docrep/019/I3751E/I3751E.pdf

PELLETIER-GRENIER M. & VALIQUETTE K. 2009. Des ingrédients alternatifs, POURQUOI PAS ? AGRI-NOUVELLES : 30-35.

PICARD M. 1997. Broiler behaviour and nutritional conditions. European Symposium on Poultry Nutrition, WPSA Danish Branch, Copenhagen (DK), 11 : 175-180.

ROSE S. P., BURNETT A. & ELMAJEED R. A. 1986. Factors affecting the diet selection of choice feed broilers. Br. Poult. Sci., 27, 215-224.

SIEGEL P. B., PICARD M., NIR I., DUNNINGTON E. A., WILLEMSEN M. H. A. & WILLIAMS P. E. V. 1997. Responses of meat-type chickens to choice feeding of diets differing in protein and energy from hatch to market weight. Poult. Sci., 76, 1183-1192.

SMITH A. J. 1992. L'élevage de la volaille. G-P. Maisonneuve et Larose et A.C.C.T, (les Techniciens de l'Agriculture Moderne). CTA-vol1, 13-110 ; vol2 :294-296

SODJINOU E. 2011. Poultry-Based Intervention as Tool for Poverty Reduction and Gender Empowerment: Empirical Evidence from Benin. PhD thesis. Institute of Food and Resource Economics. Faculty of Life Sciences. University of Copenhagen, 239 p.

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 : 425-441

TOUKOUROU A. M., ADEGBOLA P. Y., YALLOU C. G. & GBÈHOUNOU G. 2004. Évaluation des variétés améliorées de maïs EVDT 97 STR C1 et TZEE-W SR (variété extra précoce) dans les zones infestées par Striga hermonthica au Sud-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 45 : 36-46.

YALLOU C. G., AIHOU K., ADJANOHOUN A., BACO M. N., SANNI O. A. & AMADOU L. 2010. Répertoire des Variétés de Maïs (*Zea mays* L.) Vulgarisées au Bénin. Document. Technique d'Information et de vulgarisation. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Dépôt légal N° 4920 du 03 Décembre 2010, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-368-4-0, 19p.

YO T. 1996. Adaptation comportementale au choix alimentaire du poulet de chair et de la poule pondeuse (*Gallus domesticus*) en milieu tropical. Thèse Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes (FRA), 265 p.

YO T.,SIEGEL P., FAURE J. M..& PICARD M. 1998. Self selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate: adaptation when exposed to choice feeding at different ages. Poult. Sci., 77, 502-508.

Tableau 1. Principales variétés de maïs vulgarisées au Bénin

Variétés	Cycle Végétatif (j)	Nombre de rangées de grains par épi	Nombre de grains par rangée	Type du Grain	Texture du grain	Couleur du grain	Poids de 1000 grains (g)	Résistance à la sécheresse	Rendement potentiel en station (t/ha)	Rendement en milieu paysan (t/ha)
DMR ESR W	90	14	33	Mi denté	Mi farineux mi vitreux	Blanche	1100	Assez bonne	4	2,5 à 3,5
DMR ESR W/QPM	90	14	36	Mi denté	Farineuse	Blanche	900	Passable	4	2,5 à 3
EV DT 97 STR W	90	14	36	Denté	Mi farineuse mi vitreuse	Blanche	1150	Assez bonne	4	2,5 à 3,5
TZ EE SR W	75	12	33	Corné	Vitreuse	Blanche	800	Bonne	3	1,5 à 2
2000 Syn. EE W	75	14	35	Corné	Vitreuse	Blanche	1040	Bonne	3,5	2 à 3
OBATAMPA	105	16	16	Denté	Mi Farineuse mi-vitreuse	Blanche	1250	Passable	4 à 5	3 à 4
TZPB SR W	120	16	43	Corné	Vitreuse	Blanche	1300	Passable	4 à 5	3 à 4
AK 94 DMR ESR Y	90	14	33	Mi-denté	Mi farineuse mi vitreuse	Jaune	900	Passable	4	2,5 à 3
DT SR-W Co	105	14	36	Corné	Vitreuse - farineuse	Blanche	930	Très Tolérante	4 à 5	3 à 3,5
I W D C2 Syn. F2	105	14	38	Denté	Mi-farineuse mi-vitreuse	Blanche	910	Très tolérante	4 à 5	3 à 3,5
TZE Composite 3 DT	90	12	34	Corné	Vitreuse	Blanche	770	Très tolérante	3 à 4	2 à 3
Bag TZE Composite 3 x 4	90	14	34	Corné	Vitreuse	Blanche	980	Très tolérante	3 à 4,5	2,5 à 3,5
ACROSS TZL $COMP_4C_4F_2$	120	16	43	Denté	Mi vitreuse mi farineux	Blanche	1200	Passable	4 à 5	3 à 4

Source : Répertoire des Variétés de Maïs (Zea mays L.) Vulgarisées au Bénin (YALLOU et al., 2010)
Le rendement en milieu paysan est obtenu avec 200 kg/ha NPK comme engrais de fond et 50 kg/ha d'urée comme engrais d'appoint

Instructions aux auteurs

Le contenu éditorial

Les Annales des sciences agronomiques publient les articles originaux et des notes techniques dans divers domaines des sciences et techniques agricole, biologique, écologique, biochimique, biotechnologique, géologique, pédologique, agro-alimentaire ; de la nutrition humaine et animale ; de l'environnement, de la biodiversité, de l'économie et de la sociologie rurale. La priorité est donnée aux articles issus de démarches scientifiques valides comprenant une méthodologie rigoureuse de recherche.

Les manuscrits doivent être inédits et n'ayant pas été soumis pour publication, ni publiés dans d'autres revues. Ils peuvent être rédigés en français ou en anglais. Dans tous les cas, lorsque l'article est écrit dans langue, un résumé avec traduction du titre est produit dans la seconde langue.

Les articles soumis pour publication seront examinés par le Comité de lecture des Annales des sciences agronomiques. La décision finale d'acceptation ou de rejet de l'article est prise par le Comité de publication de la revue.

La soumission des manuscrits

Les manuscrits sont à adresser au rédacteur en chef de la revue. Ils peuvent être envoyés soit,

*Par email, en fichier attaché sous format Word à gdjego@yahoo.fr avec copie à osylvanus@gmail.com.

Par courrier postal en version papier et électronique sur CDRom à l'adresse :

Annales des Sciences Agronomiques

FSA/UAC, 01 BP 526 Cotonou, République du Bénin

Les normes de présentation du manuscrit

Une préférence sera accordée aux articles courts bien synthétisés de 10 à 15 pages, mais la revue peut admettre pour des articles de fond, des textes de 20 pages au plus.

1 - Le manuscrit,

- **le texte en fichier Word (.doc ou .rtf), police Century, de taille 11, interligne simple, format de papier (220 x 165) mm**.

- les tableaux en fichier Word (.doc ou .rtf) avec titre en haut

- les figures en fichier Excel (.xls) ou image (jpeg, tiff, png etc) en noir et blanc ou en nuances de gris, avec titre en bas

- les photos et cartes en fichier image (.(jpeg, tiff, png etc) de meilleure qualité (en noir et blanc ou en nuances de gris) à une résolution minimum de 400 dpi pour être lisibles au format A5 (16,5 x 22 cm), format de sortie de la revue.

2. Les manuscrits seront subdivisés en diverses parties sur des pages séparées.

a) Page 1, le titre.

Cette page doit indiquer clairement :

* le titre de l'article (20 mots au maximum) : objet, taxon s'il y en a avec les noms scientifiques sans auteur (s) :

* le titre abrégé (10 mots au maximum) :

* les noms des auteurs de l'article précédés de leurs prénoms ou de la première lettre de leurs prénoms,

* les adresses des auteurs et d'autres renseignements utiles.

b) Page 2, le résumé

Un bref résumé (max. 250 mots) 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. Quatre (4) ou Cinq (5) mots clés suivront chaque résumé.

c) Le corps du texte

Le texte doit être dans un langage simple et compréhensible. On utilisera le Système International pour les symboles. Les abréviations internationales sont acceptées (FAO, DDT, etc.). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira un nom scientifique dans le texte. Les formules et équations seront éditées avec l'éditeur de Word ou tout autre outil logiciel approprié. L'emplacement des figures et tableaux devra être clairement indiqué. **Les notes infra-paginales ne sont pas acceptées.**

Les manuscrits seront structurés de la manière suivante :

-Introduction : assez précise, concise, justifiant la problématique posée au regard des faits

d'observation et des travaux scientifiques les plus récents et plus pertinents. Les objectifs de l'étude doivent être clairement énoncés.

-Matériel et méthodes : les méthodes de collectes et de traitement des données en fonction des objectifs ou hypothèses devront être clairement indiquées et référenciées.

-Résultats : Les principaux résultats devront être soutenus au besoin par des figures (photos, cartes) ou des tableaux assez pertinents et illustratifs.

-Discussion : Une interprétation des résultats devra être soutenue par des références récentes et pertinentes (en majorité de sources scientifiquement crédibles : articles, mémoires, thèses, livres, …) en vue d'une mise en évidence de leur contribution à l'avancée de la science ou au développement.

-Conclusion : doit répondre clairement à la question de recherche posée.

-Remerciements (si nécessaire)

-Références bibliographiques.

d) Les 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 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 la liste des références bibliographiques, les noms d'auteurs seront rangés par ordre alphabétique. Selon les ouvrages, les références bibliographiques seront présentées de la manière suivante :

* Pour les revues

- ADJANOHOUN E. 1962. Etude phytosociologique des savanes de la basse Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). Vegetatio 11 : 1-38.

- GRÖNBLAD R., PROWSE G. A. & SCOTT A. M. 1958. Sudanese Desmids. Acta Bot. Fenn. 58 : 1-82.

- THOMASSON K. 1965. Notes on algal vegetation of lake Kariba. Nova Acta R. Soc.Sc. Upsal., ser. 4, 19(1) : 1-31.

- POCHE R. M. 1974a. Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest)) in West Africa. J. Applied Ecology, 11 : 963-968.

- POCHE R. M. 1974b. Ecology of the African elephant (*Loxodonta a. 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 physiologique 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 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.

NB : Un article qui ne répond pas aux conditions de forme ne sera pas examiné quand au fond.