

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N° 1

Trimestriel (janvier-février-mars)
Driemaandelijks (januari-februari-maart)
Trimestral (enero-febrero-marzo)
Quarterly (January-February-March)



Troupeaux de moutons et de bovins sur le plateau des Batéké en RDC

Crédit: G. Mergeai

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever : J. Bogaert
Avenue Louise 231
1050 Bruxelles/Brussel
Belgique/België

Avec les soutiens
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM), www.kaowarsom.be;
d'École régionale post-universitaire d'aménagement et de gestion intégrés des forêts
et territoires tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; et de la Région de Bruxelles
Capitale

Met de steunen van
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW),
www.kaowarsom.be, van École régionale post-universitaire d'aménagement et de
gestion intégrés des forêts et territoires tropicaux (ERAIFT), www.eraift-rdc.cd; en
van het Brusselse Gewest



EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

Tropicultura: Outlook for 2015

Tropicultura : Horizon 2015

Tropicultura: Horizon 2015

Tropicultura : Horizonte 2015

G. Mergeai

1

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Variabilité morphologique et agronomique des écotypes d'oignon (*Allium cepa* L.) identifiés par les producteurs du NigerMorfologische en agronomische variabiliteit van de ui (*Allium cepa* L.) ecotypes geïdentificeerd door Nigerese producentenVariabilidad morfológica y agronómica de los ecotipos de cebolla (*Allium cepa* L.) identificados por los productores de Niger

R. Abdou, M. Malice, Y. Bakasso, M. Saadou & J.-P. Baudoin

3

Effets de doses variées du tourteau de *Jatropha curcas* sur la productivité du mil (variété HKP) en condition pluviale en Afrique de l'OuestEffect van verschillende dosissen van *Jatropha curcas* oliekoek op de productiviteit van gierst (variëteit HKP) in de regen condities van westelijk AfrikaEfectos de varias dosis de torta de *Jatropha curcas* sobre la productividad del mijo (variedad HKP) en condición de secano en África del oeste

M. Traore, H.B. Nacro, W.K. Doamba, R. Tabo & A. Nikiema

19

Rationalité économique et objectifs de gestion de la production de cobayes (*Cavia porcellus* L.) en zones tropicalesEconomische rationaliteit en management doelstellingen van de productie van cavia's (*Cavia porcellus* L.) in tropische gebiedenRacionalidad Económica y objetivos del manejo de la producción de cuyes (*Cavia porcellus* L.) en las zonas tropicales

G. Ndébi, A.T. Niba & H.F. Defang

26

Etudes de quelques paramètres de croissance et de valeur nutritive des variétés d'escargot *Archachatina marginata* (Swainson) élevées en milieu naturelStudies van enkele groei - en voedingsparameters van *Archachatina marginata* (swainson) slak variëteiten gekweekt in een natuurlijke omgevingEstudios de algunos parámetros de crecimiento y de valor nutritivo de variedades de caracol *Archachatina marginata* (Swainson) elevados en medio natura

E.J.P. Kouadio, K.H. Konan, K. Brou, S. Dabonné, A.E. Dué & L.P. Kouamé

38

Supplémentation de feuilles de palmier (*Elaeis guineensis*) traitées à la vapeur à des agneaux en MalaisieBijvoeding van lammeren in Maleisië met stoombehandelde bladeren van oliepalm (*Elaeis guineensis*)Suplementación con hojas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) cocido al vapor para corderos en Malasia

K. Bengaly

46

Distribution de la bactériose du cotonnier au Bénin et sensibilité des variétés locales à ses attaques

Distributie van de bacteriose van de katoenplant in Benin en gevoeligheid van lokale variëteiten aan de aanslagen van de ziekte

Distribución de la bacteriosis del algodón en Benin y la susceptibilidad de las variedades locales a sus ataques

V.A. Zinsou, L.A.C. Afouda, A. Hougni & S.S. Affomassè & E. Sèkloka

55

BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA

63

The opinions expressed, and the form adopted are the sole responsibility of the author(s) concerned

Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs

De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)

Las opiniones emitidas y la forma utilizada son de la exclusiva responsabilidad de sus autores

Tropicultura: Horizon 2015

Chers lecteurs,

Comme il vous l'a été annoncé dans de précédents éditoriaux, l'arrêt brutal du soutien financier de la coopération belge nous a contraints à chercher des solutions alternatives pour assurer la continuation des activités de Tropicultura. Nous avons été obligés ainsi de demander aux auteurs une contribution de 200 euros pour chaque article accepté pour publication. Cet arrêt nous a également obligés de supprimer l'envoi de la version papier et de privilégier la version électronique. L'utilisation du site de Tropicultura et de la DOAJ vous permet à présent de consulter tous les articles publiés dans Tropicultura depuis 1983.

L'année 2015 s'ouvre sur des perspectives plus favorables. La convention de coopération qui lie l'Académie Royale des Sciences d'Outremer (ARSOM) et Agri-Overseas depuis 2007 a été reconduite pour une durée indéterminée, signe de la confiance de cette illustre institution par rapport à la qualité des travaux publiés dans notre revue. Une autre bonne nouvelle concerne la signature d'une convention de partenariat de trois ans entre Agri-Overseas et l'Ecole Régionale post-universitaire d'Aménagement et de Gestion intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux (ERAIFT).

L'ERAIFT est soutenue par l'UNESCO et est basée sur le Campus de l'Université de Kinshasa en République Démocratique du Congo. Elle forme des étudiants en DESS (Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées) et soutient des doctorants provenant de 23 pays africains, surtout francophones. Vous aurez prochainement l'opportunité de lire dans les résultats des recherches menées par les membres du corps académique et les étudiants de cette institution dans des numéros spéciaux de Tropicultura consacrés à des thématiques relevant de ses domaines de compétence.

Afin de sensibiliser les jeunes chercheurs travaillant sur des sujets relatifs au développement rural et à la gestion durable de l'environnement au Sud, un «Tropicultura day» devrait être organisé d'ici fin 2015 en collaboration avec l'ARSOM. Cette manifestation permettra à tous ceux qui sont actifs dans ces domaines d'exposer les résultats de leurs recherches.

Je ne peux terminer ce bref éditorial sans remercier chaleureusement le Professeur Jozef Vercruysse pour tout ce qu'il a fait pour Tropicultura durant les vingt-quatre dernières années. Durant toute cette période, il a assuré avec un dévouement sans faille la fonction de président d'Agri-Overseas, mettant au service de notre association son énergie proverbiale et son sens aigu des relations humaines. Il nous quitte pour exercer pendant plusieurs années de hautes fonctions académiques en dehors de la Belgique.

Le nouveau président est le professeur Jan Bogaert, de l'Université de Liège / Gembloux Agro-Bio Tech. Il est très actif outremer depuis de nombreuses années dans le cadre de projets de recherche et d'enseignements. Nous le remercions ici vivement d'avoir accepté d'assumer la succession du Professeur Vercruysse.

Je vous souhaite à tous une bonne lecture du présent numéro. N'hésitez surtout pas à nous envoyer vos manuscrits afin d'échanger le fruit de vos activités avec d'autres acteurs du développement rural et de la gestion durable de l'environnement au Sud.

Guy Mergeai

Rédacteur en chef

Tropicultura: Outlook for 2015

Dear readers,

As announced in previous editorials, the sudden withdrawal of financial support from the Coopération Belge has compelled us to look for alternative solutions, so that Tropicultura can continue its activities. We therefore have no choice but to ask authors for a contribution of 200 Euros for each article that is accepted for publication. This withdrawal of support has also forced us to stop sending out paper copies and concentrate on the electronic version. By visiting the Tropicultura and DOAJ websites, you can now consult all articles published in Tropicultura since 1983.

The outlook for 2015 looks more positive. The cooperation agreement, which has existed between the Royal Academy for Overseas Sciences (ARSOM) and Agri-Overseas since 2007, has been renewed for an indefinite period, which demonstrates the confidence of this prestigious institution in the quality of the articles published in our magazine. The signature of a 3-year partnership agreement convention between Agri-Overseas and ERAIFT (regional post-university school for integrated development and management of tropical forests) was another piece of good news.

ERAIFT is supported by UNESCO and based at the University of Kinshasa in the Democratic Republic of the Congo. It trains students for the DESS (specialist postgraduate diploma) and supports doctorate students from 23 African countries, most of which are French-speaking. Very soon, you will be able to read about the findings of research conducted by members of the academic body and students at this institution in special editions of Tropicultura, which were devoted to its specialist topics.

In order to raise awareness among young researchers working in areas linked to rural development and sustainable environment management in the southern hemisphere, a "Tropicultura Day" will be organised before the end of 2015, in partnership with ARSOM. This event will enable everyone working in these fields to share the outcomes of their research.

It would be remiss of me to conclude this brief editorial without thanking Professor Jozef Vercruysse warmly for all that he has done for Tropicultura over the last twenty-four years. Throughout this period, he was fully committed to his role as president of Agri-Overseas, so that our association could benefit from his legendary energy and keen understanding of human relationships. He is leaving us, in order to take up high-ranking academic positions outside of Belgium over the next few years.

The new president is Professor Jan Bogaert from the University of Liège / Gembloux Agro-Bio Tech. He has been very active in overseas research and educational projects for many years. We would like to thank him for agreeing to take up the baton from Professor Vercruysse.

We hope you will all enjoy reading this edition. Above all, do not hesitate to send us your manuscripts, in order to share the fruits of your labour with other contributors to rural development and sustainable environment management in the southern hemisphere.

Guy Mergeai
Editor-in-chief

Variabilité morphologique et agronomique des écotypes d'oignon (*Allium cepa* L.) identifiés par les producteurs du Niger

R. Abdou^{1,2*}, M. Malice¹, Y. Bakasso², M. Saadou³ & J.-P. Baudoin¹

Keywords: Onion- *Allium cepa* L.- Morphological variability- Landraces- Niger

Résumé

La diversité morphologique et agronomique de seize écotypes d'oignon collectés au Niger a été analysée à l'aide des descripteurs établis par Bioversity International. L'expérimentation a été conduite dans les localités de Madaoua et Saga-Gorou, selon un dispositif en blocs aléatoires complets à quatre répétitions. Les analyses univariées et multivariées ont révélé une variabilité morphologique et agronomique des écotypes évalués. La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) et l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) sur neuf caractères quantitatifs ont montré une structuration de cette diversité en trois groupes basée sur la longueur et le diamètre des feuilles ainsi que sur le poids des bulbes. L'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) à partir des caractères morphologiques qualitatifs montre que les écotypes d'oignon du Niger sont structurés en cinq groupes. Les variables qualitatives les plus distinctives entre les écotypes d'oignon sont la couleur des feuilles, la forme et la couleur des bulbes et l'uniformité de la forme et de la couleur des bulbes. Cette étude ne nous a pas permis d'établir des corrélations entre les groupes composés à partir des caractères qualitatifs et ceux formés à partir des caractères quantitatifs. La distance génétique la plus grande est observée entre les écotypes les plus éloignés géographiquement.

Introduction

Plante bisannuelle, l'oignon (*Allium cepa* L.) a besoin de deux saisons pour produire des graines. La première saison, il produit un bulbe comestible de forme et couleur variables suivant la variété. La deuxième année, après repos et plantation, le bulbe grossit et éclate en plusieurs bulbes qui donnent

Summary

Morphological and Agronomic Variability of Onion (*Allium cepa* L.) Landraces Identified by Niger Producers

The morphological and agronomical diversity of sixteen onion ecotypes collected in Niger were analyzed using the descriptors established by Bioversity International. The experimentation was conducted in Madaoua and Saga-Gorou localities, according to a randomized complete block design with four repetitions. The Hierarchical Ascendant Classification (HAC) and Factorial Discriminant Analysis (FDA) on nine quantitative traits point out a structuration of this diversity in three groups based on leaves length and diameter, and on bulbs weight. The Multiple Correspondence Analysis (MCA) based on qualitative morphological characters showed that Niger onion ecotypes are structured into five groups. The most distinctive qualitative variables between ecotypes are leaf color, bulb shape and color, uniformity of bulb shape and color. No correlation is found between the groups obtained from qualitative characters and the groups obtained from quantitative traits. The largest genetic distance is observed between the most geographically distant ecotypes.

une ou plusieurs tiges fructifères (6). L'oignon appartient à la famille des Alliaceae et au genre *Allium*. La caractéristique principale de cette famille est la présence d'un bulbe formé par le renflement plus ou moins important de la base des feuilles (11). Jones et Mann (14) ont subdivisé cette espèce en trois groupes horticoles: commun, proliferum et

¹Université de Liège, Gembloux Agro-Bio-Tech, Unité Phytotechnie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

²Université A.M. de Niamey, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Niamey, Niger.

³Université de Maradi et Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni, Niamey/Niger.

*Auteur correspondant: Email: abdourabiou@yahoo.fr.

Reçu le 27.08.2013 et accepté pour publication le 30.01.2014

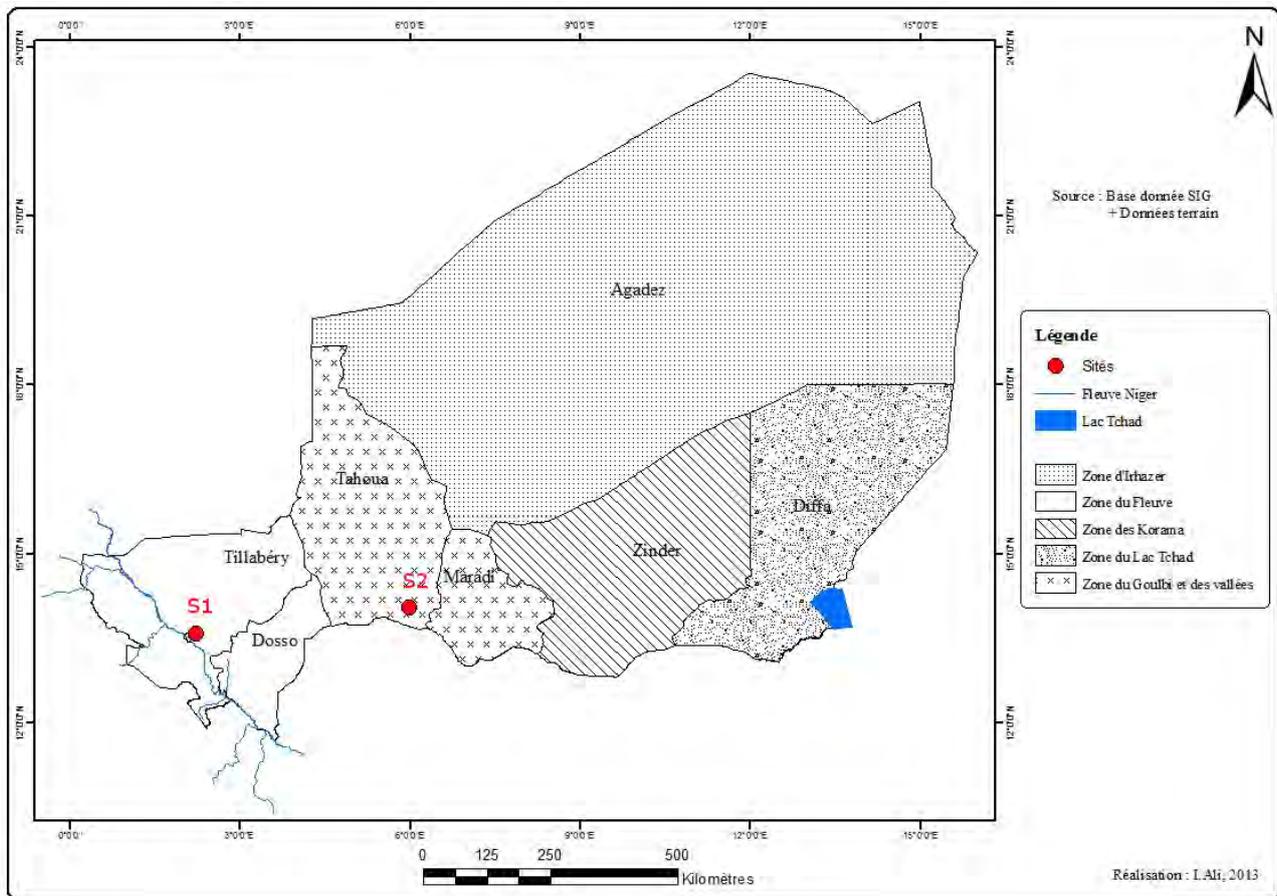
aggregatum. Ce dernier groupe est constitué des échalotes qui se multiplient le plus souvent végétativement. Les échalotes possèdent un bulbe souterrain semblable à celui de l'oignon, mais plus petit et divisé comme celui de l'ail.

Classée au deuxième rang mondial après les tomates sur la liste des légumes cultivés, l'oignon fait l'objet d'une production croissante depuis une vingtaine d'années dans divers pays d'Afrique subsaharienne. Cette croissance correspond au développement du maraîchage de saison sèche, à une stratégie de rattrapage des mauvaises campagnes agricoles de saison des pluies et à une diversification des sources de revenu (2). En Afrique de l'ouest, l'oignon occupe le 2e rang des légumes les plus cultivés après la tomate avec une production de près de 2 millions de tonnes/an (9). Au Niger, l'oignon constitue la plus importante des cultures maraîchères. Avec une production totale estimée à 447.000 tonnes, le Niger est le premier exportateur d'oignon d'Afrique de l'Ouest (4). La variété Violet de Galmi est la plus importante, mais plusieurs autres écotypes sont aussi présents. La diversité génétique de l'espèce est le plus souvent représentée par des variétés améliorées, des variétés paysannes et des écotypes (19, 20). Le terme variété améliorée signifie que la variété a fait l'objet d'amélioration par des centres publics ou privés de sélection végétale (12). Selon Leland (15), l'écotype est une population qui présente des formes particulièrement adaptées à un milieu bien déterminé. Les variétés paysannes ou encore variétés populations sont des variétés sélectionnées par les communautés rurales (12). De ce fait, les écotypes sont des variétés paysannes adaptées à un milieu bien déterminé, et se réfère toujours à une écologie spécifique. Toutefois, dans le cadre de cette étude, le terme écotype désigne une variété paysanne.

Au cours du temps, les producteurs d'oignons du Niger ont sélectionné et préservé, dans des zones de production isolées, les types d'oignon qui répondent à leurs besoins et qui se sont très bien adaptés aux différents écosystèmes. Au Niger, la collecte, la conservation et l'utilisation des ressources génétiques de l'oignon est une activité récente. Les premières collectes dans ce pays ont

été effectuées en 1960 par l'Institut Français de Recherche en Agronomie Tropicale (IRAT), avec une série de collectes d'écotypes locaux dans les régions du fleuve, le long de la Maggia au Nord et dans la vallée du Goulbi de Maradi. La collection de l'IRAT comporte aussi des accessions importées des Etats-Unis d'Amérique, des Pays-Bas, du Japon, d'Israël, de France et d'Australie (20). A partir de 1975, de nouvelles prospections ont été réalisées par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), dans toutes les régions du pays. D'après Ricroh et al. (22) et Demol et al. (8), les ressources phytogénétiques, incluant les écotypes, les variétés paysannes et améliorées ainsi que les espèces apparentées sont essentielles pour les futurs besoins en sélection comme réservoirs de potentialités agronomiques. Cependant, ces ressources sont menacées de disparition en raison de pratiques agronomiques privilégiant des variétés importées plus productives, et le plus souvent génétiquement uniformes. Currah (3) explique les problèmes liés à la conservation des ressources génétiques de l'oignon principalement par l'insuffisance de descripteurs adéquats pour une documentation précise et par le manque d'une politique de conservation à l'échelon national pour valoriser ces écotypes et variétés paysannes. La gestion des ressources phytogénétiques implique une caractérisation agronomique, morphologique, physiologique et génétique des individus conservés (7). Une évaluation de dix écotypes, portant sur six caractères morphologiques et agronomiques, a montré l'existence d'une variabilité chez les oignons du Niger. En considérant les caractéristiques de production, forme, coloration et conservation des bulbes, les variétés et écotypes se structurent en trois groupes agro-morphologiques (20). Le présent travail analyse, sur base de plusieurs descripteurs qualitatifs et quantitatifs définis par l'IPGRI (13), la diversité d'un large échantillonnage d'écotypes d'oignon provenant de toutes les régions du Niger. Les résultats obtenus seront discutés en tenant compte de la nature des caractères analysés ainsi que des paramètres de la diversité et de la différenciation génétique des écotypes d'oignon du Niger.

Figure 1
Localisation des zones de cultures irriguées et des sites d'étude.



S1: Localisation du site de Madaoua situé au centre sud du Niger dans la zone de la vallée de Maggia

S2: Localisation du site de Saga-Gorou situé à l'extrême ouest du pays dans la zone du Fleuve Niger

Tableau 1

Liste nominative des écotypes, leurs coordonnées géographiques et leurs caractéristiques principales.

Ecotypes	Sigles	Longitude	Latitude	Caractéristiques données par les producteurs
Blanc de Gotheye	(BGt)	1,568447	13,85876	Très précoce, bulbes blancs de petit calibre
Violet de Say	(VSy)	2,17721	13,38381	Précoce, bulbes violets de forme allongée
Violet d'Ayorou	(VAy)	1,568447	13,85876	Bulbes de couleur violette foncée
Rouge de Gaya	(RGy)	3,44804	11,88426	Bulbes rouges de forme sphérique
Blanc de Soukougoutan	(BSk)	3,885299	14,19044	Tardive, bulbes blancs de gros calibre, feuilles large
Violet de Galmi	(VGI)	5,675682	13,96691	Précoce, bulbes violets qui se conservent bien
Blanc de Galmi	(BGI)	5,675682	13,96691	Précoce, bulbes blancs
El Nigeria	(ENg)	7,137901	13,4075	Bulbes violets foncées qui se conservent mal
Blanc de Soumarana	(BSm)	7,113909	13,44949	Bulbes blancs à plusieurs lobes
Violet de Soumarana	(VSm)	6,906192	13,42274	Bulbes violets à plusieurs lobes
El Guidimouni	(EGu)	9,513376	13,69139	Tardive, bulbes jaunes de gros calibre
El Tassaou	(ETs)	8,483426	13,50093	Bulbes blancs de forme conique
El Gamdou	(EGm)	9,112533	13,61295	Bulbes violets de forme conique
Irin Rani	(IRn)	12,61224	13,31769	Bulbes violets de forme sphérique
El Agadez	(EAz)	8,102301	17,26782	Bulbe violets foncés de calibre moyen
Violet de Galmi*	(VTC)			Précoce, bulbes de couleur violette foncée

Violet de Galmi* : Semences produites et conditionnées par Technisem.

Matériel et méthodes

Zones d'étude

Au Niger, la culture de l'oignon se pratique autour des points d'eau de surface, notamment des mares temporaires ou permanentes et le long du Fleuve. La figure 1 montre la localisation des différentes zones de culture et les localités de Madaoua et Saga-Gorou où les expérimentations ont été conduites. Pendant la campagne de cultures maraîchères 2010-2011, un premier site d'expérimentation a été installé à Madaoua. Cette localité est la principale zone de production de l'oignon au Niger, située au centre-sud du pays dans la zone de la vallée de Maggia. Le choix de ce premier site se justifie par les conditions environnementales optimales pour assurer une expression des caractères agro-morphologiques des écotypes d'oignon: le climat semi-aride et les sols hydromorphes associés à des sols ferrugineux, bien drainés et de bonne structure sont appropriés à la production de l'oignon (10). Durant la campagne 2011-2012, le dispositif mis en place à Madaoua a été dupliqué à Saga-Gorou, à l'extrême ouest du pays dans la zone du fleuve, à une vingtaine de kilomètres de Niamey. Le site de Saga-Gorou présente un climat de type semi-aride et les sols des cuvettes sont des gleysols hydromorphes à texture argileuse particulièrement aptes à la riziculture et aux cultures maraîchères (16).

Matériel végétal

Le matériel testé se compose de 15 écotypes collectés auprès des producteurs d'oignon du Niger et d'une variété améliorée dont les semences proviennent du centre semencier français Technisem. Au Niger, les graines sont multipliées dans des petites parcelles par des producteurs pour leurs propres usages. Des graines de l'oignon ont été échantillonnées dans la parcelle d'un seul producteur par écotype sur 12 sites de production repartis à l'est du pays dans la vallée du fleuve Niger, au centre-ouest dans la zone des vallées Ader-Doutchi-Maggia et Goulbi, au centre-est du pays dans la zone des vallées de Korama, à l'extrême est dans la vallée du Lac Tchad, et au Nord dans la vallée d'Irhazer. Dans la plupart des sites, un seul écotype a été collecté, sauf dans deux sites où deux écotypes ont été échantillonnés.

Trente ombelles ont été récoltées par parcelle et réunies en un seul échantillon. Les graines ont été extraites manuellement et stockés dans le congélateur à -20°C . Le tableau 1 donne la liste nominative des écotypes, accompagnée de leurs coordonnées géographiques de provenance, et des caractéristiques obtenues des producteurs; ces écotypes sont comparés avec la variété améliorée Violet de Galmi utilisée comme témoin.

Dispositif expérimental

Les graines ont été semées en pépinière le 2 octobre 2010 pour le site de Madaoua et le 7 octobre 2011 pour le site de Saga-Gorou, avec 10 g de semences sur 1 m² de planche pour chaque écotype. Au bout de 50 jours, les jeunes plantes saines et robustes de 15-20 cm de haut sont repiquées dans la parcelle aux écartements de 20 x 20 cm, soit un total de 48 plantes d'un même écotype par parcelle. Le dispositif expérimental adopté est celui des blocs aléatoires complets avec 4 répétitions et 16 traitements, soit un écotype par traitement. Les parcelles élémentaires ont 2,5 m² de superficie. Deux blocs consécutifs étaient séparés par une allée de 0,5 m; tandis que deux parcelles consécutives étaient distantes de 0,30 m. En pépinière, on a effectué un épandage de 2 kg/m² de matière organique décomposée et un apport de 10 g/m² d'engrais minéral NPK 15-15-15 avant le semis, puis l'urée a été apportée à 25 jours après le semis à raison de 5 g/m². Au champ, on a apporté 2 kg/m² de matière organique décomposée et 20 g/m² d'engrais minéral NPK 15-15-15 avant le repiquage, et 20 g/m² d'urée un mois après le repiquage. Avant les semis en pépinière et les repiquages au champ, les sols étaient désinfectés avec le Thioral, un mélange d'insecticide (matière active: Lindane 20%), et de fongicides (matière active: Thirame 20%) en respectant la dose de 250 g/ha pour le traitement. En pépinière et au champ, les traitements phytosanitaires ont été effectués à la fréquence d'une fois par mois avec un insecticide à large spectre, le Pyricol 480 EC (matière active: chlorpyrifos-éthyl), à la dose d'un litre par hectare. L'irrigation était de type gravitaire et se faisait trois fois par semaine en pépinière et deux fois par semaine en culture au champ.

Tableau 2

Caractères morphologiques et agronomiques utilisés pour l'analyse de la variabilité entre et à l'intérieur des écotypes.

Caractères étudiés	Etats et codes associés
	Caractères morphologiques et qualitatifs
Couleur des feuilles	Vert clair (CFE 1), Vert (CFE 2) Vert foncé (CFE 3)
Forme des bulbes matures	Aplatie (FBL1), Allongée (FBL 2), Sphérique (FBL 3), Forme sphérique divisé (FBL 4), Cône renversé (FBL 5), Conique (FBL 6)
Couleur des bulbes matures	Violet clair (CBL 1), Violet (CBL 2), Violet foncé (CBL 3), Blanc (CBL 4), Rouge (CBL 5)
Disposition et nombre de lobes par bulbe	Unilobé (NBL 1), Plusieurs lobes séparés (NBL 2), Plusieurs lobes non séparés (NBL 3)
Calibre des bulbes	Petit (CAB 1), Moyen (CAB 2), Gros (CAB 3)
Uniformité de forme des bulbes matures	Uniforme (UFB 1), Peu variable (UFB 2), Variable (UFB 3), Très variable (UFB 4)
Uniformité de couleur des bulbes matures	Uniforme (UFC 1), Peu variable (UFC 2), Variable (UFC 3), Très variable (UFC 4)
Densité foliaire des plantes	Faible (AFE 1), Moyenne (AFE 2), Forte (AFE 3), Très forte (AFE 4)
	Caractères morphologiques et quantitatifs au lieu de Caractères morphologiques et qualitatifs
Hauteur de la plante	HPI (cm)
Nombre des feuilles par plante	NF
Longueur maximale des feuilles	LF (cm)
Diamètre maximal des feuilles	DF (mm)
Biomasse aérienne fraîche	PF (g)
Biomasse aérienne sèche	PFS (g)
Poids des bulbes	PB (g)
Longueur des bulbes	LB (mm)
Diamètre des bulbes	DB (mm)
	Caractères agronomiques et qualitatifs au lieu de Caractères morphologiques et qualitatifs
Taux de floraison en première année	Pas de fleur (HFR 1), Faible (HFR 2), Moyen (HFR 3), Intense (HFR 4)
Précocité de maturité des bulbes	Très précoce (PRE 1), Précoce (PRE 2), Tardive (PRE 3)

Tableau adapté de IPGRI (2001)

Méthodes de collecte des données

Les données morphologiques et agronomiques ont été collectées sur les 16 accessions, sur base d'une liste de dix-neuf descripteurs, dont neuf caractères quantitatifs et dix caractères qualitatifs, des espèces du genre *Allium* établis par l'IPGRI (13). Ces descripteurs ont cependant été légèrement modifiés et adaptés aux conditions de cette étude. Le tableau 2 donne la liste des caractères morphologiques et agronomiques utilisés pour l'analyse de la variabilité entre et à l'intérieur des écotypes. Une attention particulière a été portée sur le taux de floraison en première année. La floraison de première année est considérée comme un défaut agronomique (5). La précocité de maturité des bulbes est appréciée par le pourcentage de plantes couchées 100 jours après le repiquage (JAR), en se basant sur l'étude de Silué et al. (21). Pour tous ces descripteurs et pour chacune des 16 accessions testées, 20 plantes d'oignon ont été échantillonnées au hasard dans les différentes parcelles des blocs à 110 JAR, soit un total de 320 plantes. Toutes ces données

morphologiques et agronomiques ont servi à identifier le nombre de morphotypes pour tous les écotypes analysés. Un morphotype peut être défini comme un groupe d'individus présentant des propriétés morphologiques et agronomiques identiques (17).

Analyses statistiques

Pour chacun des neuf caractères quantitatifs étudiés, nous avons procédé à une comparaison des moyennes par l'analyse de la variance (ANOVA), avec les logiciels Minitab 16 et Statistical Software. Lorsqu'une différence significative est observée entre écotypes pour un caractère donné, l'ANOVA est complétée par le test de groupement des moyennes selon la méthode de Tukey qui permet d'identifier les écotypes qui diffèrent significativement des autres (18). Une première analyse de variance à deux facteurs croisés fixes s'est intéressée aux facteurs écotypes et sites d'expérimentation ainsi qu'à leur interaction. Une seconde série d'analyse de variance à un facteur a

Tableau 3
Valeurs moyennes et coefficients de variation des paramètres quantitatifs des écotypes testés.

Écotype	HPns		LF***		DF***		NF***		PF***		PFS***		PB***		DB***		LB***	
	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV	Moy	CV
BGI	55,40a	19,33	40,80bcde	14	15,30bcd	16,61	14,20bcde	29,28	125,70bcd	15,4	10,66abcd	22,62	109,80abcd	35,71	55,30cd	19,92	54,50cde	11,61
BGt	58,05a	22,36	37,00e	18,91	9,700e	12,1	22,40a	54,89	103,30bcd	43,91	9,76bcd	36,59	104,60cd	25,61	53,60d	12,01	61,40abcde	10,79
BSK	56,20a	22,94	41,70bcde	13,92	17,75b	10,95	17,70abcde	32,95	139,10abc	40,32	11,20abc	27,3	159,15a	24,05	70,20a	12,38	63,70abcd	15,07
BSm	51,15a	27,55	37,40de	17,36	14,80cd	12,51	16,50abcde	33,05	94,85cd	33,52	8,39cd	33,67	96,65d	29,64	59,20bcd	13,65	56,00de	15,5
EAZ	62,85a	26,38	43,80abcd	15,42	17,15bc	14,31	15,65bcde	35,32	155,45ab	34,63	13,26ab	36,86	120,45abcd	36,68	61,50abcd	18,74	68,60ab	19
EGm	60,95a	20,43	48,80a	14,86	21,00a	21,41	20,85ab	27,59	191,30a	44,08	14,44a	28,46	154,10ab	35,13	63,55abcd	17,44	67,45abc	15,42
EGu	51,75a	15,79	39,95bcde	15,65	13,85d	23,22	12,35e	21,22	69,45d	31,13	6,57d	38,78	50,80e	43,54	41,45e	21,14	51,40e	15,27
ENG	60,10a	19,57	44,10abc	12,78	16,50bcd	23,96	15,00bcde	28,69	137,15bc	35,41	10,69abc	27,96	111,50bcd	32,57	59,95abcd	16,18	58,55bcde	10,29
ETs	57,10a	17,85	46,10ab	13,15	17,95b	12,97	15,00bcde	16,04	129,85bc	29,77	10,85abc	22,58	116,95abcd	24,23	60,00abcd	14,24	65,00abcd	15,43
IRn	58,40a	16,7	43,85abcd	8,57	17,50bc	10,57	20,45abc	26,19	151,05ab	19,23	13,00ab	21,55	143,65abc	24,86	61,45abcd	15,15	68,15ab	17,32
RGY	57,80a	26,82	41,15bcde	15,25	16,65bcd	13,81	16,35abcde	30,05	145,35abc	32,27	12,17abc	33,46	127,90abcd	29,33	61,45abcd	15,9	62,75abcd	10,08
VAY	59,30a	25,33	40,95bcde	12,59	16,05bcd	13,02	14,65cde	22,18	133,60bc	33,49	10,60bcd	33,67	129,50abcd	33,41	58,90bcd	16,98	60,25abcde	11,91
VGI	62,15a	21,98	44,55abc	12,02	16,05bcd	11,34	14,50cde	24,97	122,40bcd	32,21	10,42bcd	27,17	150,75ab	39,16	69,00ab	20,41	65,45abcd	17,34
VSm	53,85a	12,14	41,15bcde	11,59	16,20bcd	12,92	20,35abcd	37,43	136,65bc	47,81	11,30abc	35,32	145,60abc	25,03	67,25abc	10,26	65,75abcd	15,67
VSy	52,50a	33,66	38,85cde	16,39	16,45bcd	15,84	17,05abcde	32,15	130,50bc	40,82	11,41abc	42,02	135,25abcd	37,6	61,80abcd	15,6	69,15ab	22,72
VTc	55,95a	10,88	43,20abcde	12,72	15,30bcd	16,71	14,25de	33,45	121,80bcd	37,43	9,69bcd	33,41	131,55abcd	33,67	66,10abc	11,43	70,85a	15,03
F	1,59		5,47		16,45		4,99		6,23		5,75		8,81		9,96		5,96	
P	0,076		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales avec la méthode de Tukey. ns: non significatif à 5%; **: significatif à 5%; ***: significatif à 5%.

HP: hauteur de la plante (cm), LF: longueur des feuilles (cm), DF: diamètre des feuilles (mm), NF: nombre des feuilles, DB: poids de la biomasse aérienne fraîche, PFS: poids de la biomasse aérienne sèche, PB: poids des bulbes, PF: diamètre des bulbes (mm), LB: longueur des bulbes (mm).

Écotypes : BGI: Blanc de Galmi, BSm: Blanc de Soumarana, BGt: Blanc de Gotheye, BSk: Blanc de Soukoukoutan, EAZ: El Agadez, EGm: El Gamdou, ENG: El Nigeria, EGy: El Guidimouni, ETs: El Tassaou, VGI: Violet de Galmi, VAY: Violet d'Ayorou, VSy: Violet de Say, VSm: Violet de Soumarana, RGY: Rouge de Gaya et IRn: Irin rani.

été effectuée pour étudier le comportement des écotypes en fonction des sites. Les données des caractères quantitatifs ont, par la suite, été soumises à une Analyse en Composantes Principales (ACP), suivie d'une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) par la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with arithmetic Average) ainsi que d'une Analyse Factorielle Discriminante (AFD). Pour cette dernière analyse, à travers le test de Wilks' Lambda, nous avons cherché à extraire des neuf variables quantitatives initiales un groupe de variables apportant une information suffisante pour la discrimination entre les groupes définis. Les logiciels Minitab 16 et XLSTAT version d'évaluation ont été utilisés pour réaliser l'ACP et la CHA. Les données des caractères morphologiques et agronomiques qualitatifs, codés en données ordinales, ont été soumises à l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) et au calcul de la distance de Gower afin d'estimer les distances génétiques entre et à l'intérieur des écotypes testés, à l'aide du logiciel SAS version 9.2 for Windows. Pour rappel, l'indice de Gower est un coefficient permettant de mesurer la distance génétique entre deux écotypes ou entre deux individus, que les données soient dichotomiques, quantitatives ou qualitatives (18). Il varie de 0 lorsque les relevés sont identiques, à 1 lorsque les deux relevés sont différents.

Résultats

Analyse de la diversité des caractères morphologiques quantitatifs

L'interaction «écotype x site», traduisant un effet écotype et un effet site, est significatif pour tous les caractères quantitatifs analysés, sauf pour les variables hauteur de la plante (HP), Biomasse aérienne sèche (PFS) et diamètre des bulbes. Les analyses de la variance des caractères quantitatifs des écotypes testés sont regroupées dans le tableau 3. On observe pour chaque caractère, à l'exception de la hauteur des plantes, une différence hautement significative entre les différents écotypes ($P < 0,001$). Les valeurs du coefficient de variation indiquent une forte variation entre les individus d'un même

écotype pour tous les caractères des feuilles et des bulbes, ce qui souligne l'hétérogénéité des écotypes locaux. À l'inverse, on observe une faible variation de la hauteur des plantes, de la longueur et du diamètre des feuilles entre les individus de la variété améliorée Violet de Galmi (VTC) dont les semences proviennent du centre semencier français Technisem. Les individus des écotypes Blanc de Gotheye (BGT) et El Guidimouni (EGu) présentent les plus faibles valeurs de la longueur, du diamètre, et du poids des feuilles ainsi que du poids, de la longueur et du diamètre des bulbes. Cependant l'écotype Blanc de Gotheye possède le nombre le plus important de feuilles, contrairement à El Guidimouni qui produit peu de feuilles. Les écotypes El Gamdou (EGm), El Tassaou (ETs) et Irin Rani (IRn) présentent des individus à caractères végétatifs très développés avec des valeurs intermédiaires pour le poids des bulbes. Les valeurs les plus élevées du poids, de la longueur et du diamètre des bulbes se retrouvent dans les écotypes Blanc de Soukougoutan (BSk), Violet de Galmi (VGI) et Violet de Soumarana (VSm). Le tableau 4 donne le récapitulatif l'analyse de variance à un facteur pour étudier le comportement des écotypes en fonction des sites. En général, les variables quantitatives des feuilles et des bulbes se sont mieux développées au niveau du site de Madaoua (S1).

Le dendrogramme réalisé à partir des moyennes de neuf caractères quantitatifs mesurés dans les deux sites par la méthode UPGMA a permis d'identifier trois groupes de diversité agro-morphologique et l'écotype El Guidimouni (Egu) (Figure 2). Ces groupes se distinguent par la valeur $r=0,987$ du coefficient de similarité. Le tableau 5 donne les principales caractéristiques des différents groupes formés par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). L'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) sur l'ensemble des neuf variables quantitatives, à travers le test Wilks' Lambda, révèle une différence significative entre les 3 groupes sur la base de toutes les variables considérées, à l'exception de la variable NF (nombre de feuilles) (Prob.=0,165). Sur base des valeurs élevées du coefficient F de Fisher et du coefficient de détermination R^2 , les variables

LF (longueur feuille), DF (diamètre maximal des feuilles), PF (poids de la biomasse aérienne fraîche), PFS (poids biomasse aérienne sèche) et PB (poids des bulbes) sont les plus discriminantes (Tableau 5).

Par l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD), nous

avons cherché à extraire des neuf variables quantitatives un groupe de variables apportant une information suffisante pour la discrimination entre les trois groupes définis par l'analyse de la diversité à partir de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Les corrélations entre les variables

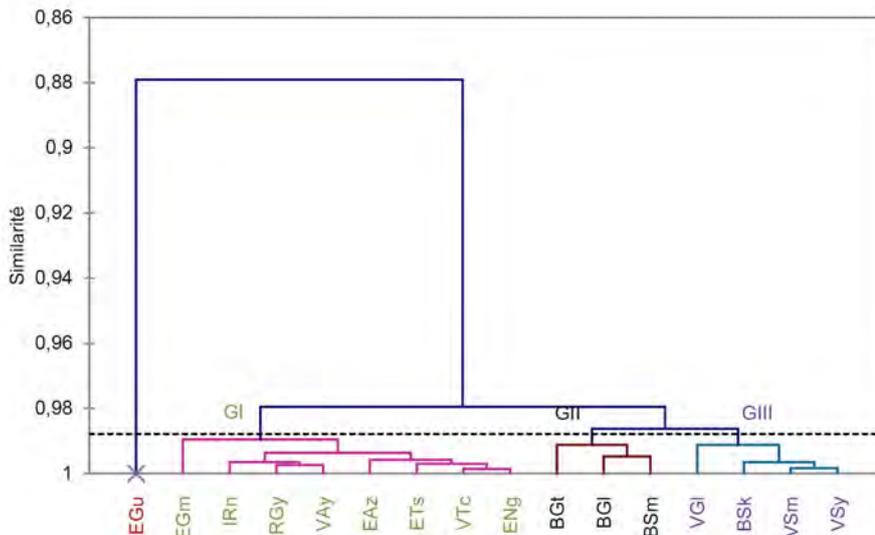
Tableau 4
Résultats des ANOVA des variables par écotype en fonction des sites.

Ecotype	Site	Variables quantitatives								
		HP	LF	DF	NF	PF	PFS	PB	DB	LB
BGl	S1	57,5a	44,6a	16,3a	16,1a	132,8a	11,9a	109,7a	58,5a	52,7a
	S2	55,4a	40,8a	15,3a	14,2a	125,7a	10,6a	109,8a	55,3a	54,5a
BGt	S1	55,9a	40,9a	9,9a	32,6a	142,1a	11,4a	114,6a	52,9a	59,8a
	S2	60,2a	33,1b	9,5a	12,2b	64,5b	8,0b	94,6a	54,3b	63,0a
BSk	S1	52,0a	38,2a	17,0a	20,4a	167,7a	11,8a	151,2a	67,2a	63,6a
	S2	60,4a	45,2b	18,5a	15,0b	110,5b	10,5a	167,1a	73,2a	63,8a
BSm	S1	48,5a	33,4a	14,8a	18,4a	93,8a	7,9a	93,8a	54,6a	55,5a
	S2	53,8a	41,4b	14,8a	14,6a	95,9a	8,8a	99,5a	63,8b	56,5a
EAz	S1	52,1a	40,6a	18,3a	17,9a	155,3a	12,8a	109,2a	55,2a	68,8a
	S2	73,6b	47,0b	16,0b	13,4a	155,6a	13,7a	131,7a	67,8b	68,4a
EGm	S1	61,4a	45,6a	23,0a	25,1a	246,6a	16,7a	124,2a	58,7a	68,7a
	S2	60,5a	52,0b	19,0b	16,6b	136,0b	12,1b	184,0b	68,4b	66,2a
EGu	S1	47,5a	37,6a	16,7a	12,1a	67,0a	6,6a	51,6a	40,8a	55,3a
	S2	56,0b	42,3a	11,0a	12,6b	71,9a	6,5a	50,0a	42,1a	47,5b
ENg	S1	59,4a	42,2a	19,0a	16,8a	159,2a	11,4a	120,6a	60,4a	60,6a
	S2	60,8a	46,0a	14,0b	13,2a	115,1b	9,9a	102,4a	59,5a	56,5a
ETs	S1	53,4a	43,2a	18,4a	16,5a	142,2a	11,2a	124,6a	60,7a	68,5a
	S2	60,8a	49,0b	17,5a	13,5b	117,5a	10,4a	109,3a	59,3a	61,5a
IRn	S1	52,9a	41,7a	17,2a	22,7a	149,9a	14,1a	141,1a	59,4a	73,1a
	S2	63,9b	46,0b	17,8a	18,2a	152,2a	11,8a	146,2a	63,5a	63,2a
RGy	S1	52,9a	38,9a	16,6a	18,4a	167,8a	11,9a	121,9a	56,3a	64,0a
	S2	62,7a	43,4a	16,7a	14,3a	122,9b	12,3a	133,9a	66,6b	61,5a
VAy	S1	58,0a	40,7a	15,8a	15,4a	156,2a	11,0a	116,0a	54,3a	57,2a
	S2	60,6a	41,2a	16,3a	13,9a	111,0b	10,1a	143,0a	63,5b	63,3a
VGl	S1	56,8a	43,5a	16,2a	15,8a	142,7a	10,5a	138,3a	61,7a	69,1a
	S2	67,5a	45,6a	15,9a	13,2a	102,1b	10,2a	163,2a	76,3b	61,8a
VTc	S1	54,2a	43,0a	17,5a	16,5a	146,6a	11,4a	156,8a	63,3a	74,7a
	S2	57,7a	43,4a	13,1b	12,0b	97,0b	7,9b	106,3b	68,9a	67,0b
VSy	S1	49,6a	39,7a	17,9a	20,9a	145,5a	10,7a	157,5a	61,9a	75,2a
	S2	55,4a	38,0a	15,0b	13,2b	115,5a	12,0a	113,0b	61,7a	63,1a
VSm	S1	51,3a	38,3a	17,4a	25,2a	158,7a	12,2a	161,8a	65,8a	71,6a
	S2	56,4a	44b	15b	15,5b	114,6a	10,3a	129,4b	68,7a	59,9b
Total S1		53,7a	40,5a	17,0a	19,6a	149,4a	11,4a	125,5a	58,2a	65,7a
Total S2		60,3b	43,6b	15,3b	14,1b	113,0b	10,3b	123,9a	63,3b	61,1b

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales avec la méthode de Tukey.

Figure 2

Dendrogramme issu de la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) des écotypes d'oignon du Niger.



GI= groupe 1; GII= groupe 2;
GIII = groupe 3
Ecotypes : BGI: Blanc de Galmi, BSm: Blanc de Soumarana, BGt: Blanc de Gotheye, BSk: Blanc de Soukougoutane, EAz: El Agadez, EGm: El Gamdou, ENg: El Nigeria, EGu: El Guidimouni, ETs: El Tassaou, VGI: Violet de Galmi, VAY: Violet d'Ayorou, VSy: Violet de Say, VSm: Violet de Soumarana, RGy: Rouge de Gaya et IRn: Irin rani

Figure 3

Représentation des différents groupes dans le plan factoriel discriminant formé par les axes canoniques 1 et 2.

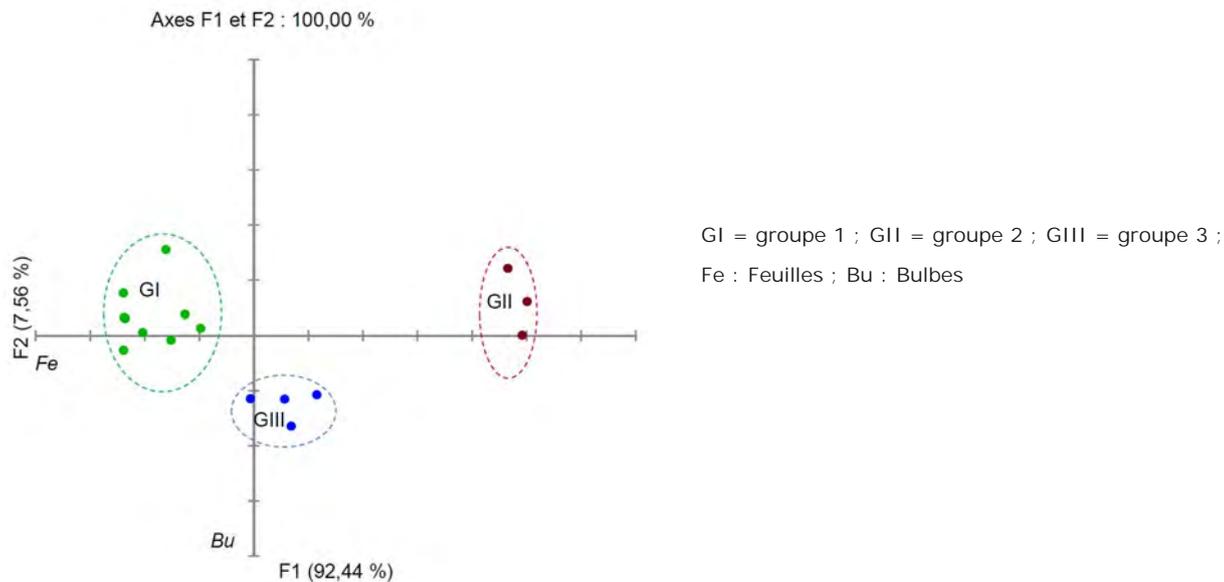


Tableau 5

Caractéristiques principales des différents groupes formés par la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA).

Variable	GI	GII	GIII	R ²	F	Prob	*
HP***	59,05 a	54,08 b	56,175 ab	0,558	5,142	0,023	HP: hauteur de la plante (cm),
LF***	43,99 a	38,78 b	41,563 ab	0,5	6,499	0,011	LF: longueur des feuilles (cm),
DF***	17,26 a	13,41 b	16,613 ab	0,498	6,553	0,011	DF: diamètre des feuilles (mm),
NF***	16,52 a	16,36 a	17,400 a	0,758	2,075	0,165	NF: nombre des feuilles,
PF***	145,69a	98,33 b	132,16 ab	0,43	8,628	0,004	PF: poids de la biomasse aérienne fraîche,
PFS***	11,83 a	8,84 b	11,083 ab	0,501	6,482	0,011	PFS: poids de la biomasse aérienne sèche,
PB***	129,45a	90,46 b	147,69 a	0,367	11,218	0,001	PB: poids des bulbes,
DB***	61,61 a	52,38 b	67,063 a	0,501	6,466	0,011	DB: diamètre des bulbes (mm),
LB***	65,20 a	55,82 b	66,013 a	0,595	4,429	0,034	LB: longueur des bulbes (mm).
Statistique de Wilks' Lambda				10. (ddl=18)	0,004		

quantitatives et les axes discriminants sont présentées dans le tableau 6. Les caractères fortement corrélés au premier axe, expliquant 92,44% de la variabilité totale, sont la longueur et le diamètre des feuilles, ainsi que le poids de la biomasse aérienne, lesquels discriminent fortement les écotypes testés (Figure 3).

Cet axe 1 sépare deux groupes: GI et GII, situés respectivement du côté négatif et positif de l'axe. Le groupe GI comprend des écotypes El Gamdou (EGm), Irin Rani (IRn), Rouge de Gaya (RGy), Violet Ayorou (VAy), El Agadez (EAz), El Tassaou (ETs), El Nigeria (ENg) et la variété améliorée Violet de Galmi (VTc), dont les plantes sont caractérisées par de plus grandes valeurs pour les caractères quantitatifs des feuilles, et le groupe II (GII) comprend les écotypes Blanc de Gotheye (BGt), Blanc de Galmi (BGl), Blanc de Soumarana (BSm) et El Guidimouni (EGu), caractérisés par des individus présentant des valeurs faibles pour le poids des bulbes et les caractères quantitatifs des feuilles. L'axe 2 ne cumule que 7,56% de la diversité totale. Cet axe distingue les écotypes du groupe III (GIII) qui sont caractérisés par de plus grandes moyennes du poids de la longueur et du diamètre des bulbes, par rapport aux écotypes du groupe I avec des bulbes de taille intermédiaire et le groupe II avec des

bulbes de petite taille. Ce groupe III est composé des écotypes Violet de Galmi (VGI), Blanc de Soukougoutan (BSk), Violet de Soumarana (VSm) et Violet de Say (Vsy).

Analyse de la diversité des caractères morphologiques qualitatifs

Selon l'analyse des correspondances multiples des caractères morphologiques qualitatifs, codés en données ordinales, les deux premiers axes expliquent 29,24% de la variabilité, avec respectivement 17,76% et 11,48% pour l'axe 1 et 2. Les corrélations entre les deux axes et les variables morphologiques qualitatives des écotypes testés sont indiquées dans le tableau 7. Les caractères fortement corrélés au premier axe ($r > 0,6$) sont la couleur verte claire des feuilles (CFE1), les bulbes à forme sphérique et divisés comme celui des échalotes (FBL4), la très forte densité foliaire (AFE4), les bulbes à maturité très précoce (PRE1), les bulbes unilobés (NLB1), l'uniformité de la couleur et de la forme des bulbes (UCB1 et UFB1). Parmi ces caractères, seul le caractère "bulbes unilobés (NLB1)" est négativement corrélé à l'axe 1. Les variables corrélées positivement à l'axe 2 sont la maturité très tardive des bulbes (PRE4), la forme de cône renversé ou obconique ou "High top" des bulbes (FBL5), et la forme variable des bulbes (UFB4). Les variables corrélées négativement à l'axe 2 sont la couleur verte foncée des feuilles (CFE3), la couleur rouge des bulbes (CBL5) et un taux de floraison élevé en première année. La figure 4 permet de distinguer 5 groupes dans le plan des deux premières composantes principales (Axe 1 et Axe 2). L'axe 1 distingue les individus du groupe 1 (G1) et ceux du groupe 5 (G5), situé respectivement du côté positif et négatif de l'axe.

Les individus de l'écotype Blanc de Gotheye, formant le groupe 1, se caractérisent par des feuilles de couleur verte claire (CEF1), des bulbes à forme sphérique et divisés (FBL4), l'uniformité de couleur et de forme des bulbes (UCB1 et UFB1), des bulbes de couleur blanche (CBL 4) et de petit calibre mais à maturité très précoce (PRE1). Les individus du groupe 5 sont composés de plantes caractérisées par des feuilles vertes (CFE2) et des couleurs et des

Tableau 6

Corrélations entre variables quantitatives et axes discriminants.

	Axe 1	Axe 2
HP	-0,633	0,27
LF	-0,717*	0,047
DF	-0,652*	-0,353
NF	0,26	-0,494
PF	-0,708*	-0,34
PFS	-0,625*	-0,408
PB	-0,574	-0,658*
DB	-0,537	-0,55
LB	-0,461	-0,524

* : Valeurs significatives.

HP: hauteur de la plante (cm), LF: longueur des feuilles (cm), DF: diamètre des feuilles (mm), NF: nombre des feuilles, PF: poids de la biomasse aérienne fraîche, PFS: poids de la biomasse aérienne sèche, PB: poids des bulbes, DB: diamètre des bulbes (mm), LB: longueur des bulbes (mm).

Tableau 7

Valeurs propres et contribution des caractères aux axes 1 et 2 à partir de l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM).

Composante	Axe 1	Axe 2	
Valeurs propres	6,9864	4,589	AFE4: Très forte densité foliaire, AFR4: Floraison élevée
Contributions à la variance (%)	17,76	11,48	en première année, CFE1: Couleur verte claire des
Pourcentage cumulé (%)	17,76	29,24	feuilles, CFE3: Couleur verte foncée des feuilles, CBL5:
Les variables définissant les axes et leurs valeurs propres			Couleur rouge des bulbes, FBL3: Forme sphérique des
	CFE1(+0,8755)	CFE3(-0,6537)	bulbes, FBL4: Bulbes à forme sphérique et divisés, FBL5:
	FBL4(+0,8034)	CBL5(-0,4397)	Forme "High top" des bulbes, NLB1: Bulbes unilobés,
	AFE4(+0,7396)	AFR4(-0,4381)	PRE1: Bulbes à maturité très précoce, PRE4: Bulbes à
	PRE1(+0,6374)	PRE3(+0,2596)	maturité très tardive, UCB1: Uniformité de la couleur des
	UCB1(+0,6332)	FBL3 (-0,2098)	bulbes et UFB1:
	UFB1(+0,4943)	FBL5(+0,1605)	Uniformité de la forme des bulbes, UFB4: Forme variable
	NLB1(-0,4702)	UFB4(+0,1573)	des bulbes.

Tableau 8

Distances de Gower entre écotypes et entre individus d'un même écotype.

		Distance moyenne de Gower entre écotypes															Entre individus d'un même écotype				
		BGI	BGt	BSk	BSm	EAz	EGm	EGu	ENg	ETs	IRn	RGy	VAY	VGI	VSy	VSm	VTc	Moy	Ecar	Min	Max
		G5	G1	G5	G5	G5	G5	G2	G4	G5	G5	G3	G5	G5	G5	G5	G5				
BGI	G5	0,18																0,18	0,09	0	0,40
BGt	G1	0,7	0,1															0,10	0,06	0	0,30
BSk	G5	0,31	0,6	0,16														0,16	0,09	0	0,35
BSm	G5	0,17	0,67	0,3	0,17													0,17	0,09	0	0,45
EAz	G5	0,33	0,71	0,35	0,35	0,22												0,22	0,09	0	0,47
EGm	G5	0,27	0,74	0,38	0,28	0,41	0,23											0,23	0,09	0	0,45
EGu	G2	0,41	0,8	0,49	0,43	0,38	0,39	0,18										0,18	0,09	0	0,35
ENg	G4	0,52	0,59	0,54	0,53	0,49	0,63	0,7	0,08									0,08	0,06	0	0,20
ETs	G5	0,29	0,71	0,39	0,3	0,38	0,3	0,49	0,56	0,2								0,20	0,09	0	0,35
IRn	G5	0,3	0,69	0,27	0,31	0,28	0,36	0,46	0,41	0,33	0,15							0,15	0,08	0	0,40
RGy	G3	0,54	0,58	0,46	0,55	0,54	0,64	0,73	0,27	0,58	0,5	0,12						0,12	0,08	0	0,30
VAY	G5	0,33	0,68	0,34	0,34	0,3	0,42	0,5	0,4	0,34	0,31	0,42	0,17					0,17	0,10	0	0,45
VGI	G5	0,29	0,69	0,27	0,31	0,3	0,36	0,43	0,54	0,34	0,3	0,51	0,27	0,22				0,22	0,09	0	0,40
VSy	G5	0,37	0,72	0,44	0,38	0,35	0,45	0,52	0,54	0,36	0,43	0,53	0,28	0,38	0,23			0,23	0,09	0	0,43
VSm	G5	0,31	0,66	0,34	0,31	0,27	0,38	0,48	0,44	0,28	0,25	0,51	0,26	0,3	0,38	0,2		0,20	0,09	0	0,40
VTc	G5	0,38	0,68	0,32	0,41	0,33	0,38	0,43	0,43	0,46	0,26	0,48	0,37	0,33	0,5	0,35	0,16	0,16	0,09	0	0,40

Écotypes: BGI: Blanc de Galmi, BSm: Blanc de Soumarana, BGt: Blanc de Gotheye, BSk: Blanc de Soukougoutan, EAz: El Agadez, EGm: El Gamdou, ENg: El Nigeria, EGu: El Guidimouni, ETs: El Tassaou, VGI: Violet de Galmi, VAY: Violet d'Ayorou, VSy: Violet de Say, VSm: Violet de Soumarana, RGy: Rouge de Gaya et IRn: Irin rani.

UFB1: Uniformité de la forme des bulbes, UFB4: Forme variable des bulbes.

Écotypes: BGI: Blanc de Galmi, BSm: Blanc de Soumarana, BGt: Blanc de Gotheye, BSk: Blanc de Sokougoutan, EAz: El Agadez, EGm: El Gamdou, ENg: El Nigeria, EGu: El Guidimouni, ETs: El Tassaou, VGI: Violet de Galmi, VAY: Violet d'Ayorou, VSy: Violet de Say, VSm: Violet de Soumarana, RGy: Rouge de Gaya et IRn: Irin rani.

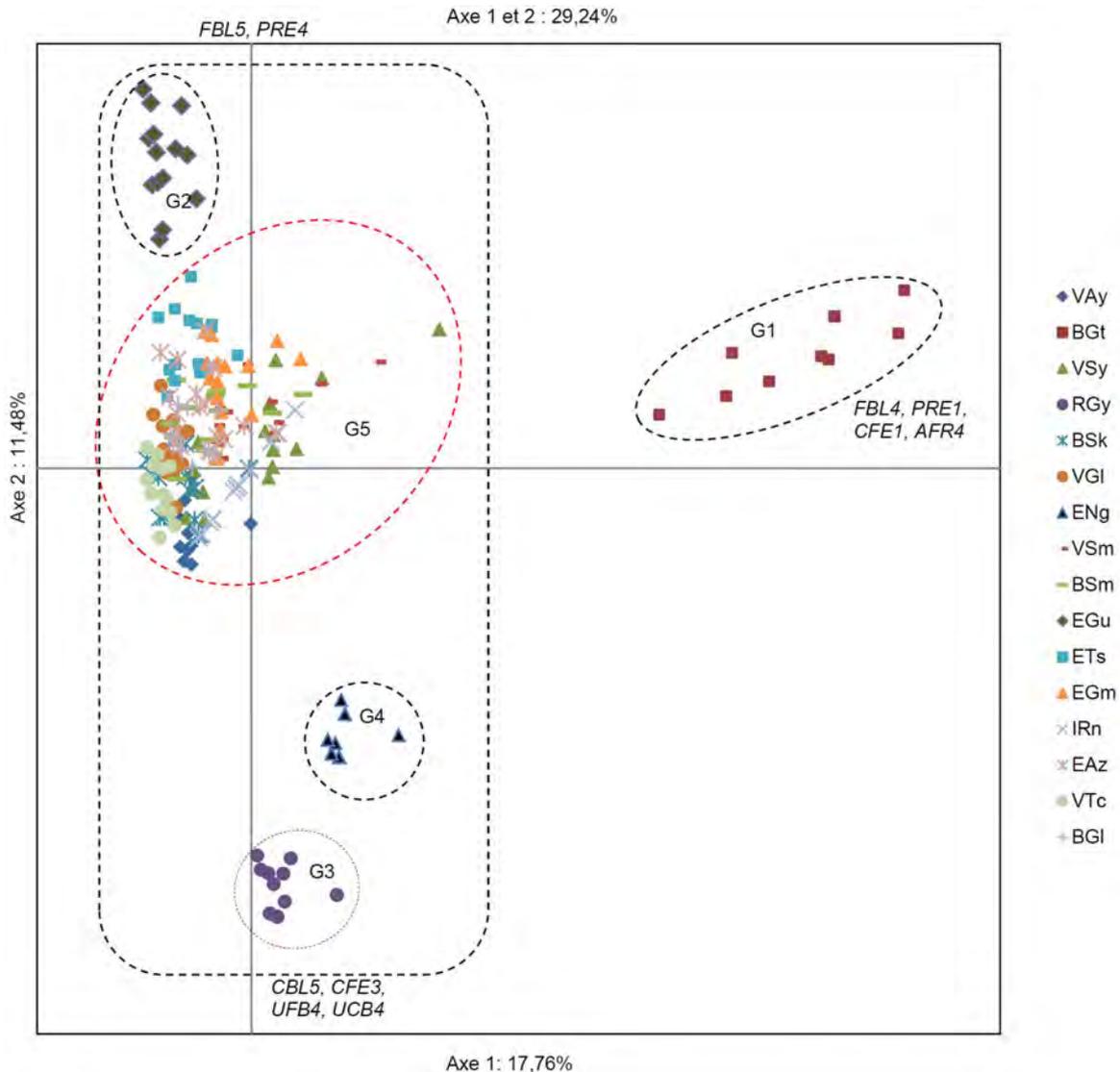
Moy: Moyenne, Ecar: Ecart type, Min: Minimum et Max: Maximum.

formes variables des bulbes (UCB3 et UFB3). Les individus de l'écotype El Guidimouni qui forme le groupe 2 (G2) occupent la partie positive de l'axe 2, ce qui correspond à des individus possédant des bulbes de forme "High top" (FBL 5), une variabilité dans la couleur et la forme des bulbes (UCB4 et UFB4) et à maturité très tardive (PRE4). Sur le côté

négatif de l'axe 2 apparaissent le groupe 3 (G3) composé par des individus de l'écotypes Rouge de Gaya (RGy) et le groupe 4 (G4) formé par des individus de l'écotype El Nigeria. Les individus de ces groupes G3 et G4 sont représentés par des plantes caractérisées par des feuilles de couleur

Figure 4

Analyse des Correspondances Multiples (ACM) sur l'ensemble des écotypes réalisée sur base des données morphologiques qualitatives.



G1 = groupe 1 ; G2 = groupe 2 ; G3 = groupe 3 ; G4 = groupe 4 ; G5 = groupe 5

Écotypes

BGI : Blanc de Galmi, BSm : Blanc de Soumarana, BGt : Blanc de Gotheye, BSk : Blanc de Soukoukoutane, EAz : El Agadez, EGm : El Gamdou, ENg : El Nigeria, EGu : El Guidimouni, ETs : El Tassaou, VGI : Violet de Galmi, VAY : Violet d'Ayorou, VSy : Violet de Say, VSm : Violet de Soumarana, RGy : Rouge de Gaya et IRn : Irin rani

Codes associés aux états des variables qualitatives utilisées

AFR4 : Floraison très importante la première année, CBL5 : Couleur rouge des bulbes, CFE1 : Couleur verte claire des feuilles, CFE3 : Couleur verte foncée des feuilles, FBL4 : Forme divisé des bulbes, FBL5 : Forme de cône renversé des bulbes, PRE1 : bulbification très précoce, PRE4 : bulbification très tardive, UFB4 : Forme très variable des bulbes, UCB4 : Couleur très variable des bulbes.

Tableau 9

Nombre d'individus identiques pour les variables de forme associées à la couleur des bulbes et de morphotypes pour les écotypes analysés.

Écotypes	Nombre d'individus identiques pour les variables de forme et couleur des bulbes par morphotype															Nombre total d'individus	Nombre de Morphotypes								
	Plate					Allongée				Sphérique				Echalote				High top				Conique			
	VC	V	VF	B	R	VC	V	VF	B	VC	V	VF	B	R	VF			B	VC	V	VF	B	V	VF	B
BGt															20									20	1
BGI		2					2				4	2	10											20	5
BSk	1	1	4					3	3				8											20	6
BSm	2		3					1	1	2	1	9			1									20	8
EAz			3				3					12	2											20	4
ENg			4									16												20	2
RGy				2									1	17										20	3
VAy		3	2				2				4	9												20	5
VGI		5	3				2				5	4	1											20	6
VSay		1	2				5	3	1		3	4	1											20	6
VSm			6					1			3	7	1		2									20	6
VTc			3				2				1	14												20	4
IRn							4					10					1	1			4			20	5
ETs		2						2		1	1	1						1	4	2		6		20	9
EGu						2	2	2	1		1					1	5	4	2					20	9
EGm	1	1								1	1	1				3	2		8		2			20	9
Sous Total	3	15	24	7	2	2	11	14	10	5	24	82	35	17	2	21	1	8	7	4	12	6	8	320	
Total			51				37				163			23			20			26				320	
Pourcentage			15,94				11,56				50,94			7,19			6,25			8,13				100	

Écotypes: BGI: Blanc de Galmi, BSm: Blanc de Soumarana, BGt: Blanc de Gotheye, BSk: Blanc de Soukougoutan, EAz: El Agadez, EGm: El Gamdou, ENg: El Nigeria, EGu: El Guidimouni, ETs: El Tassaou, VGI: Violet de Galmi, VAY: Violet d'Ayorou, VSY: Violet de Say, VSm: Violet de Soumarana, RGy: Rouge de Gaya et IRn: Irin rani.

VC: Violet clair, V: Violet, VF: Violet foncé, R: Rouge, B: Blanc.

verte foncée (CFE3) et par un taux de floraison élevé en première année (AFR4), mais les individus du groupe 3 ont des bulbes de couleur rouge (CBL5) et ceux du groupe 4 ont des bulbes de couleur violette foncée (CBL3). Il est important de noter que quatre groupes (G1, G2, G3 et G4) correspondent chacun à un écotype, alors que le groupe 5 (G5) regroupe tous les autres écotypes. Les distances moyennes de Gower entre les écotypes testés, et les distances minimales, moyennes et maximales de Gower à l'intérieur des écotypes testés, sont indiquées dans le tableau 8. On trouve la plus grande valeur de la distance de Gower (0,80) entre les écotypes Blanc de Gotheye et El Guidimouni; la plus petite valeur (0,17) de cette distance est trouvée entre les écotypes Blanc de Galmi et Blanc de Soumarana.

A l'intérieur des écotypes, la distance moyenne entre individus par écotype testé varie de 0,08 à 0,23. Les valeurs minimales de la distance de Gower entre individus ont été trouvées chez les écotypes El Nigeria (ENg=0,08±0,06), Blanc de

Gotheye (BGt=0,10±0,06), Rouge de Gaya (RGy=0,09±0,09) et les valeurs maximales entre individus chez les écotypes El Gamdou (EGm=0,23±0,09), Violet de Say (VSY=0,23±0,09), Violet de Galmi (VGI=0,22±0,09), El Tassaou (ETs=0,20±0,1). La valeur maximale de 0,90 caractérise la distance séparant deux individus appartenant aux deux écotypes distincts: Blanc de Gotheye (BGt) et El Gamdou (EGm). Toutefois le test de Mantel montre une faible corrélation (R=0,12) entre distance morphologique et distance géographique qui n'est pas statistiquement significative (P=0,21). La valeur minimale de 0 correspond à des individus d'un même écotype présentant des caractéristiques morphologiques identiques. Le tableau 9 indique le nombre de morphotypes par écotype sur base des caractères qualitatifs de forme et de couleur des bulbes matures. Le nombre maximum de 9 morphotypes est obtenu chez les écotypes El Gamdou (EGm), El Guidimouni (EGu), El Tassaou (ETs). Le nombre le plus faible est obtenu chez les

écotypes Blanc de Gotheye (BGt) avec un seul morphotype, El Nigeria (ENg) avec deux morphotypes, Rouge de Gaya (RGy) avec 3 morphotypes.

Discussion

L'ensemble des analyses portant sur les caractères quantitatifs et qualitatifs a permis d'identifier une importante variabilité agro-morphologique entre les écotypes d'oignon du Niger à partir de la précocité de bulbification, le calibre et le poids des bulbes, la taille et le poids des feuilles. Les écotypes collectés dans la zone de Korama et du Lac Tchad sont caractérisés par une bulbification tardive et des valeurs plus élevées pour les caractères quantitatifs de la partie aérienne de la plante. L'écotype Blanc de Gotheye de la zone du fleuve est caractérisé par des bulbes divisés et de petit calibre mais à maturité très précoce. Les écotypes originaires de la zone du Goulbi et de la vallées de Maggia sont précoces avec des bulbe de forme sphérique. Des résultats similaires basés sur plusieurs caractères morphologiques et agronomiques ont été mis en évidence au niveau d'écotypes d'oignon collectés au Niger (21) et en Afrique de l'ouest (24). Nos résultats de caractérisation des écotypes d'oignon du Niger montrent que les caractères morphologiques qualitatifs les plus distinctifs sont la couleur des feuilles, la forme et la couleur des bulbes. Cette variabilité de couleur et forme des bulbes chez les écotypes d'oignon du Niger en particulier mais aussi chez d'autres écotypes de l'Afrique tropicale en général a été observée par Boukary et al. (1), Currah (3), De Lannoy (6) et Ricroch et al. (22). Dans le cadre de cette étude, la structuration de la diversité génétique aboutit à classer en groupes homogènes les écotypes d'oignon selon les caractères morphologiques et agronomiques, et à déterminer les relations que ces groupes entretiennent entre eux. La structuration de la diversité génétique des écotypes d'oignon n'a pas permis de définir une organisation spatiale de la diversité à partir des caractères morphologiques et agronomiques. Cependant, certains caractères ont été identifiés uniquement dans certaines zones de production. C'est le cas du caractère de bulbes divisés comme celui des échalotes observé uniquement dans la zone du fleuve. C'est aussi le

cas des bulbes de couleur jaune avec une forme cônica et obcônica qui se retrouvent uniquement dans la zone des Korama. Le test de Mantel indique que la corrélation entre les données géographiques et les données morphologiques n'est pas significative. Toutefois, les plus grandes valeurs de la distance de Gower ont été trouvées entre l'écotype de la zone de Fleuve: Blanc de Gotheye et ceux de la zone du Lac Tchad: El Guidimouni et El Gamdou. Nous pouvons en conclure que les écotypes les plus éloignés géographiquement sont également ceux qui présentent la plus grande distance génétique entre eux. En effet, Currah (3), Moumouni (19) et Ricroch et al. (22) ont montré que les facteurs de l'environnement, tels que la longueur du jour, l'humidité et la température entraînent des effets variables sur le développement végétatif et physiologique de l'oignon.

Les tableaux 8 et 9 montrent l'existence d'une grande variabilité morphologique à l'intérieur des écotypes étudiés. Les coefficients de variation élevés observés pour les caractères morphologiques quantitatifs et l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) réalisée sur base des données morphologiques qualitatives, confirment cette importante variabilité à l'intérieur des écotypes. Cette forte ségrégation qui a rendu difficile la description des écotypes testés, a été observée par Rouamba et Ricroch (24) sur les variétés et écotypes d'oignon d'Afrique de l'ouest, et pourrait résulter de flux gènes. Au Niger, les flux de gènes sont principalement expliqués par les échanges de semences entre producteurs et la pollinisation croisée des écotypes d'oignons cultivés dans des champs contigus, et pourraient constituer une menace pour la stabilité génétique des écotypes.

Conclusion

Une importante variabilité génétique est observée entre et l'intérieur des écotypes d'oignon du Niger, et les caractères morphologiques et agronomiques les plus distinctives sont le poids des bulbes, la longueur et le diamètre des feuilles, la précocité de la maturité des bulbes, la couleur des feuilles, la forme et la couleur des bulbes, l'uniformité de la forme et de la couleur des bulbes. Cette diversité génétique de l'oignon pourrait être conservée efficacement à travers un programme de

conservation ex situ, mais aussi un programme de conservation in situ à la ferme pour éviter ou limiter la menace de disparition des écotypes. Cette étude montre aussi l'adaptation au milieu local des écotypes d'oignon du Niger, et que les producteurs du Niger exercent une sélection des bulbes sur la base leur couleur et forme, en particulier chez les écotypes Blanc de Gotheye, Blanc de Soukoukoutan, Rouge de Gaya, El Nigeria, Irin rani, El Tassaou, El Gamdou et El Guidimouni. Une attention particulière doit être accordée à chacune des cinq zones de production qui couvrent toute la diversité des oignons cultivés au Niger, afin d'assurer le maintien de celle-ci. Il est donc utile de combiner conservation in situ dans ces cinq zones et

conservation ex situ. Ces modes in situ et ex situ de conservation doivent impliquer la caractérisation et l'évaluation de tous les écotypes maintenus dans ces sites. Ces données couvriront notamment les caractéristiques de rendement (poids des bulbes), le taux de matière sèche des bulbes, la précocité de maturité, la conservation, le goût, l'uniformité de forme et couleur des bulbes. Les résultats de ces évaluations permettront de choisir des génotypes parentaux complémentaires entre eux et de lancer ainsi un programme de sélection variétale décentralisée dans les diverses zones de production de l'oignon au Niger.

References bibliographiques

- Boukary H., Hoaugui A., Barage M., Adam T., Roumba A., & Saadou M., 2013. Evaluation agromorphologique des variétés et/ou écotypes locaux d'oignon du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6, 6, 3098-3106.
- Cathala M., Woin N. & Essang T., 2003, L'oignon, une production en plein essor en Afrique sahélo soudanienne: le cas du Nord Cameroun, *Cah. Agric.*, 12, 4, 261-266.
- Currah L., 2002, Onions in the Tropics: Cultivars and Country Reports. In : Rabinowitch H.D. and Currah L., eds. *Allium Crop Sci.: Recent adv.*, CABI Publ., Wallingford, Oxon, UK, New York, NY, USA, 379-408.
- D'Alessandro S. & Soumah A., 2008, Évaluation sous-régionale de la chaîne de valeurs oignon /échalote en Afrique de l'Ouest. Bethesda, MD: projet ATP, Abt Associates Inc., 58p.
- De Bon H., 1987, Développement de l'oignon (*Allium cepa* L.) en zone tropicale. Etude particulière de la variété Violet de Galmi, Thèse de docteur-ingénieur Fort-de-France : CIRAD-IRAT, 179 p.
- De Lannoy G., 2001, Oignon *Allium cepa* L. In: Raemaekers R.H., eds. *Agric. en Afrique Tropic.*, DGCI, Bruxelles, Belgique, 518-526.
- Demarly Y. & Sibi M., 1989, Amélioration des plantes et biotechnologies. John Libbey, Paris, 151p.
- Demol J., Baudoin J.-P., Louant B.-P., Marechal R., Mergeai G. & Otoul E., 2002, Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique, 582 p.
- FAOSTAT, 2013, Base de données statistiques agricoles FAO, <http://faostat.fao.org/> 10/05/2013.
- Fauquet F. & Morel A., 2006, Résilience des communautés rurales face à la crise écologique et foncière du Sahel : L'exemple de la vallée d'Arewa (Niger central), *Cairn*, 217, 1, 77-89.
- Fritsch R.M. & Friesen N., 2002, Evolution, domestication and taxonomy. In : Rabinowitch H.D. & Currah L., eds., *Allium Crop Science: Recent Adv.*, CABI Publ., Wallingford, UK, New York, NY, USA, 5-30.
- Grandval F., 2011, Quelques définitions clés pour aborder ce dossier «semences», *Grain de sel*, 52-53, 39-40.
- IPGRI, ECP/GR, AVRDC, 2001, Descriptors for *Allium* (*Allium* spp.), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks (ECP/GR), Asian Veg. Res. Dev. Center, Taiwan, 43p.
- Jones H.A. & Mann L.K., 1963, Onions and Their Allies. New York: Interscience Publishers.
- Leland R.H., 1987, Manuel pour la sélection du

- sorgho. (2^e éd.). Andhra Pradesh, Inde : ICRISAT.
16. Mahamane L., Mahamane S & Nonguierma A., 2005, Détermination du degré d'aridité bioclimatique de sept localités du département de Tillabéri (sud-ouest du Niger) : classement en zones bioclimatiques, *Sécheresse*, 16, 2, 107-114.
 17. Malice M., Martin N., Pissard A., Rojas-Beltran J.A., Gandarillas A., Bertin P. & Baudoin J-P. , 2007, A preliminary study of the genetic diversity of Bolivian oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) varieties maintained in situ and ex situ through the utilization of ISSR molecular markers, *Genet. Resourc. Crop Evol.* 54, 685–690.
 18. Mohammadi S. A. & Prasanna B. M., 2003, Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants-Salient Statistical Tools and Considerations, *Crop Sci.*, 43, 4 1235-1248.
 19. Moumouni A. D., 2006. Les effets de la réappropriation de la culture du Violet de Galmi par les producteurs d'oignon de la région de Tahoua – NIGER, sur la dynamique du territoire local, l'organisation sociale et économique, thèse Université de Toulouse - Le Mirail, 281 p.
 20. Nabos J., 1976. L'amélioration de l'oignon (*Allium cepa* L.) au Niger, *Agron. Tropic.*, 31, 4, IRAT Paris, 387- 397.
 21. Silué S., Fondio L., Coulibaly M.Y. & Magein H., 2003, Sélection de variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) adaptées au nord de la Côte d'Ivoire, *Tropicultura*, 21, 3, 129-134.
 22. Ricroch A., Rouamba A. & Sarr A., 1996. Valorisation de la production de l'oignon en Afrique de l'Ouest par la gestion dynamique de ses ressources génétiques. *Acta Botanic. Gallica*, 143, 2-3, 101-106.
 23. Rouamba A., Ricroch A., Sandmeir M. & Sarr A., 1994, Evaluation of genetic resources of onion (*Allium cepa* L.) from west Africa, *Acta Hort.*, 358, 173-179
 24. Rouamba A. & Ricroch A., 1996, Cartographie des *Allium cepa* L. en Afrique de l'Ouest, *Sci. Technol.*, 22, 27-37.

R. Abdou, Nigerien, Doctorant, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio-Tech, Unité Phytotechnie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

M. Malice, Belge, Doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio-Tech, Unité Phytotechnie tropicale et Horticulture, Gembloux, Belgique.

Y. Bakasso, Nigerien, Doctorat d'état, Enseignant chercheur, Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Niamey, Niger.

M. Saadou, Nigerien, Doctorat d'état, Enseignant chercheur, Recteur de l'Université de Maradi, Université de Maradi et Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.

J.-P. Baudoin, Belge, Doctorat d'état, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio-Tech, Chef de l'Unité de Phytotechnie tropicale et d'Horticulture, Gembloux, Belgique.

Effets de doses variées du tourteau de *Jatropha curcas* sur la productivité du mil (variété HKP) en condition pluviale en Afrique de l'Ouest

M. Traore^{1*}, H.B. Nacro¹, W. F. Doamba¹, R. Tabo² & A. Nikiema³

Key words: Oilcake of *Jatropha curcas*- NPK (15,15,15)- Millet (HKP)- Grain and straw yields- Number of tillers- Niger

Résumé

Une étude concernant le potentiel de valorisation agronomique du tourteau de *Jatropha curcas* en agriculture pluviale a été menée au cours des campagnes agricoles 2009 et 2010 dans la station expérimentale de l'ICRISAT à Sadoré/Niger. Les objectifs de cette recherche étaient de mesurer les variations de la production de graines et de paille du mil (variété HKP) sur des parcelles amendées à chaque début de campagne agricole avec trois doses de tourteau de *J. curcas* (2,5 t.ha⁻¹, 5 t.ha⁻¹, 10 t.ha⁻¹) en comparaison avec la dose recommandée de 60 kg.ha⁻¹ d'engrais NPK (15-15-15). Le dispositif expérimental était constitué de blocs complètement randomisés. Les paramètres observés au cours des deux campagnes de production concernaient les rendements en grains et en paille, et le nombre d'épis arrivant à maturité. Ils ont permis de calculer l'efficacité des différentes doses de tourteau de *J. curcas*. Les résultats des deux campagnes de production ont montré que les rendements en grains et en paille étaient plus élevés pour le traitement J_10t, suivis des traitements J_5t et J_2,5t. La même tendance était observée pour le nombre de tiges. Le traitement J_2,5t est celui qui a montré la plus grande efficacité.

Summary

Effect of Soil Amendment with Various Doses of *Jatropha curcas* Oilcake on Millet (HKP) Productivity under Rainfed Conditions in West Africa

Investigations on agronomic valorization of *Jatropha curcas* oilcake on millet (HKP variety) planted in rainfed conditions were conducted in 2009 and 2010 at the research station of ICRISAT at Sadoré/Niger. The study was aimed at determining variation of straw and grain yield of millet (HKP variety) under various doses of oilcake of *J. curcas* (2.5 t.ha⁻¹, 5 t.ha⁻¹, 10 t.ha⁻¹) in comparison with 60 kg.ha⁻¹ NPK (15-15-15). Fertiliser application was done at the beginning of each production campaign. The experimental design was completely randomized blocs including four treatments with four replicates for each treatment. During the two production campaigns, data collected concerned: straw and grain yield, and the number of fructified tillers per area unit. The efficient dose of application of *J. curcas* oilcake was determined from these parameters. The results of the two production campaigns showed higher grain and straw yield in plots J_10t followed by J_5t and treatment J_2.5t had the lowest grain and straw yields. The same trend was recorded for the number of tillers. The application of 2.5 tons/ha of *J. curcas* oilcake was found to be the most efficient treatment.

Introduction

Des études anciennes et pertinentes ont montré que la dégradation des sols et les faibles rendements agricoles qui en découlent dans la plupart des pays en Afrique sub-saharienne sont dus en grande partie à la faible utilisation des fertilisants minéraux et/ou organiques (16). Malgré l'évidence du problème, et les propositions de solutions apportées

par la recherche en matière de gestion de la fertilité des sols afin d'accroître les rendements agricoles en agriculture de subsistance (3), les petits producteurs agricoles en Afrique sub-saharienne ont du mal à appliquer les doses de fertilisants recommandées. Selon Kelly (14) la dose moyenne d'application des engrais dans les pays soudano-sahélien n'est que de 4 kg.ha⁻¹, alors que les doses

¹Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

² Forum for Agricultural Research in Africa (FARA), 12 Anmeda Street, Roman Ridge, Accra, Ghana.

³FAO (Rome), Viale Valentino Mazzolla, 00142 Roma, Italy.

*Auteur correspondant: E-mail: iribatraore@yahoo.com

Reçu le 27.06.2012 et accepté pour publication le 18.03.2013.

habituellement recommandées dépassent les 50 kg.ha⁻¹. Par conséquent, la productivité céréalière reste faible, entraînant ainsi les paysans dans un cycle infernal de pauvreté et d'insécurité alimentaire.

Au Niger, le mil est la principale culture et les doses de fertilisants recommandées pour sa production sont de 100 ou 60 kg.ha⁻¹ de NPK (15, 15, 15) selon que l'application est faite à la volée ou par la méthode de la microdose (2, 15). Concernant l'apport de fertilisants organiques, la recommandation est de 5 tonnes.ha⁻¹ en fumure de fond. Ces doses d'engrais minéraux sont difficilement applicables par les petits producteurs agricoles à cause de leur faible niveau de revenus, du coût élevé des intrants ainsi que leur indisponibilité physique (14). La production des fertilisants organiques est limitée du fait de la baisse de la production primaire de biomasse qui restreint la charge en ruminants et la possibilité de produire du compost.

Face à cette situation, l'exploration de nouvelles sources de fertilisants surtout à base de sous-produits non utilisables à d'autres fins pourrait être une solution pour améliorer à moindre coût la fertilité des sols en Afrique soudano-sahélienne. Parmi les sous-produits agricoles, le tourteau de *J. curcas* présente un intérêt particulier dans la mesure où sa toxicité rend impropre sa consommation par le bétail (4, 10). La teneur en éléments nutritifs majeurs (NPK) et le taux de minéralisation du tourteau de *J. curcas* ont été testés au laboratoire (1), et son potentiel fertilisant a été évalué sur le mil au Mali (12). De ces travaux, il ressort que *J. curcas* a une bonne teneur en NPK, un bon taux de minéralisation et permet une amélioration du rendement en grains du mil. Cependant, très peu d'informations sont disponibles concernant la dose optimale de tourteau à appliquer sur le mil. La présente étude vise à mesurer les variations de la production de biomasse (grains et paille) du mil sur des parcelles amendées avec trois doses de tourteau de *J. curcas* en comparaison avec la dose de NPK (15,15,15) recommandée d'une part, et d'autre part à déterminer la dose de tourteau de *J. curcas* la plus

rentable en agriculture pluviale sur des sols sableux très pauvres.

Matériels et méthodes

Description du site et dispositif expérimental

L'essai a été conduit en conditions d'agriculture pluviale durant les campagnes agricoles (Juin-Octobre) 2009 et en 2010 à la station expérimentale de l'ICRISAT à Sadoré (13°15'W, 2°18'E; 240 mètres d'altitude) au Niger. Les sols y sont du type Luvic Arenosols (9). En 2009 et en 2010, les pluviosités enregistrées étaient respectivement de 515,6 mm et 687,3 mm.

Les fertilisants testés étaient le tourteau frais obtenu après pressage des amandes de *J. curcas*, récoltées à Bérégadougou (Burkina Faso) et le NPK (15, 15, 15). Les différentes doses de tourteau de *J. curcas* ont été appliquées chaque année de manière homogène sur une profondeur d'environ 10 cm sur toute la surface de la parcelle deux semaines avant le semis. Quant au NPK (15, 15, 15), il a été appliqué à raison de 6 g de NPK/poquet au moment du semis. Le dispositif expérimental était constitué de quatre blocs complètement randomisés; chaque bloc correspondant à une répétition. A l'intérieur de chaque bloc se trouvaient quatre parcelles élémentaires de 104 m² (13 m x 8 m). De façon aléatoire, chaque parcelle élémentaire a reçu au début de chaque campagne de culture une des doses suivantes de tourteau de *J. curcas* (2,82% N; 0,77% P et 1,82% K): 10 tonnes, 5 tonnes et 2,5 tonnes par hectare, correspondant respectivement aux traitements: J_10t; J_5t et J_2,5t), ou 60 kg/ha de NPK (15, 15, 15). Le matériel végétal testé était la variété de mil HKP.

Opérations culturales et collecte des données sur les paramètres agronomiques La préparation du lit de semis a consisté en un labour superficiel du sol (profondeur de labour inférieure à 10 cm). La densité de semis était de 1 m x 1 m; chaque parcelle élémentaire comptait huit lignes. Les différentes mesures ont été effectuées uniquement sur les quatre lignes centrales de chaque parcelle élémentaire, les autres lignes servant de bordure.

Les paramètres mesurés sur la surface utile de chaque parcelle (24 m²) au cours de l'essai

concernent le poids des tiges et des grains séchés au soleil pendant une semaine (température moyenne de $38,64 \pm 0,63$ °C en 2009 et, de $37 \pm 1,16$ °C en 2010) ainsi que le nombre d'épis.

Détermination de la dose efficace de tourteau de *J. curcas*

La dose optimale de *J. curcas* a été déterminée selon les formules I et II:

$$\beta g = \frac{(Pg_{Tn})}{D\alpha} \quad [I] \quad \beta p = \frac{(Pp_{Tn})}{D\alpha} \quad [II]$$

PgTn et PpTn sont respectivement les poids des grains et les poids pailles produits sur les traitements J_2,5t, J_5t et J_10t ; D = Dose de tourteau de *J. curcas*.

Analyse des données

Le logiciel GenStat Twelfth Edition a été utilisé pour l'analyse des données. Les données ont été traitées selon la méthode standard d'analyse de la variance et la séparation des moyennes a été faite par le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%.

Résultats

Production de paille et rendements en grains

Le tableau 1 présente la production de paille, le rendement grains et les indices de récolte du mil au cours des campagnes agricoles 2009 et 2010.

Production de paille et rendement en grains

Au cours de la campagne agricole 2009, les parcelles fertilisées avec 10 t.ha^{-1} de tourteau de *J. curcas* produisent le plus de paille ($33,2 \text{ t.ha}^{-1}$). Elles sont suivies des parcelles J_5t et J_2,5t. Les parcelles fertilisées à l'engrais minéral [60 kg/ha de NPK (15, 15, 15)] ont produit le moins de paille. Cependant, seules les parcelles fertilisées avec 10 tonnes de tourteau de *J. curcas* ont eu une production de paille significativement plus élevée que celles des autres traitements. Au cours de la campagne agricole 2010, la même tendance a été observée mais avec cette fois, les parcelles du traitement NPK_60 kg ont produit significativement moins de paille que les autres. Aucune différence significative n'a été observée entre les parcelles J_5t et J_2,5t même si la production de paille dans les parcelles J_5t apparaît plus élevée que celle des

parcelles J_2,5t. Pour la campagne agricole 2010, la production de paille dans les parcelles J_10t a encore été significativement plus élevée que dans toutes les autres parcelles.

Comparativement aux parcelles fertilisées avec le NPK, en 2009, l'application du tourteau de *J. curcas* a induit une augmentation du rendement en grains de 75,71%; 39,52% et 16,67% respectivement dans les parcelles J_10t; J_5t et J_2,5t. Seules les doses 10 t.ha^{-1} et 5 t.ha^{-1} ont entraîné une augmentation significative du rendement en grains ($p=0,008$). En 2010, ni le type d'engrais, ni la dose de fertilisants appliqués n'ont entraîné une variation significative des rendements en grains. Néanmoins les rendements les plus élevés ont été observés dans les parcelles amendées avec 10 t.ha^{-1} de tourteau de *J. curcas*, suivies des parcelles ayant reçu 5 t.ha^{-1} et des parcelles fertilisées avec le NPK. Le plus faible rendement en grains a été observé dans les parcelles amendées avec $2,5 \text{ t.ha}^{-1}$ de tourteau de *J. curcas*.

Indice de récolte

En 2009, les indices de récolte ont variés de 11,5% à 13,90% dans les parcelles fertilisées avec le tourteau de *J. curcas* tandis que dans les parcelles recevant le NPK il était de 16,54% (Tableau 1). La même tendance était observée en 2010 avec des valeurs plus faibles dans les parcelles ayant reçu le *J. curcas* comme fertilisant alors que dans les parcelles fertilisées avec le NPK une hausse de l'indice de récolte a été observée (20,38%).

Effet de l'application des fertilisants sur le nombre d'épis

Le tableau 2 montre une variation significative du nombre d'épis par hectare entre les traitements pour la campagne agricole 2009 ($p=0,03$). En effet, en 2009, le nombre moyen d'épis des parcelles J_10t était de 17,28% et 31,51% plus élevé que les parcelles J_5t et J_2,5t respectivement. Concernant le nombre moyen d'épis des parcelles NPK_60 kg, il était de 34,76% inférieur à celui des parcelles J_10t.

En 2010, les mêmes tendances ont été observées toutefois, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les traitements ($p=0,61$).

Tableau 1

Variation des rendements en grains et en paille au cours des campagnes agricoles 2009 et 2010.

Traitements	Campagne agricole 2009			Campagne agricole 2010		
	Rendement paille (t.ha ⁻¹)	Rendement grain (t.ha ⁻¹)	Indice de récolte (%)	Rendement paille (t.ha ⁻¹)	Rendement grain (t.ha ⁻¹)	Indice de récolte
J_10t	33,24 ^b ± 7,34	3,69 ^b ± 0,23	11,11	57,63 ^b ± 15,59	5,28 ^a ± 0,65	9,17
J_5t	21,91 ^a ± 4,67	2,93 ^{ab} ± 0,6	13,9	47,38 ^{ab} ± 18,91	5,09 ^a ± 1,41	10,74
J_2,5t	18,92 ^a ± 8,42	2,45 ^a ± 0,96	12,96	42,69 ^{ab} ± 16,47	4,07 ^a ± 0,79	9,46
NPK_60 kg	12,68 ^a ± 1,76	2,10 ^a ± 0,35	16,54	23,50 ^a ± 4,85	4,79 ^a ± 0,48	20,38
CV(%)	25	18,1	-	30,6	11,6	-
l.s.d	8,68	0,81	-	20,96	0,91	-

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Tableau 2

Variation du nombre moyen d'épis et du pourcentage des épis avortés (sans grains) à l'hectare.

Traitements	Campagne 2009		Campagne 2010	
	Nombre moyen des épis	% des épis avortés	Nombre moyen des épis	% des épis avortés
J_10t	121979 ^a ± 29373	23,71 ± 5,00	198750 ^a ± 29333	40,01 ± 9,53
J_5t	101146 ^{ab} ± 84801	29,85 ± 6,34	190000 ^a ± 36856	31,42 ± 5,33
J_2,5t	83542 ^a ± 1603	34,77 ± 17,70	186250 ^a ± 69177	33,01 ± 16,04
NPK_60 kg	79583 ^a ± 17321	32,80 ± 18,63	155000 ^a ± 27386	33,34 ± 7,58
p	0,03	-	0,61	-
Cv (%)	18,3	-	26,3	-

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Tableau 3

Détermination de la dose efficiente de tourteau de J. curcas.

Traitements	β_p (2009)	β_p (2010)	β_g (2009)	β_g (2010)
J_10t	3,32	5,76	0,369	0,528
J_5t	4,38	9,48	0,586	1,018
J_2,5t	7,56	17,08	0,98	1,628

Détermination de la dose efficiente de tourteau de J. curcas

Le tableau 3 montre que le ratio β_g et β_p représentant respectivement les quantités de grains et de paille produits par unité de poids de tourteau de J. curcas baisse avec l'augmentation de la dose.

Discussions

Les résultats montrent que comparativement à l'apport de NPK (60 kg/ha), l'application du tourteau de J. curcas a amélioré significativement la production de paille et le rendement en grains du mil, en particulier quand la dose d'application du tourteau est d'au moins 5 tonnes/ha (Tableau 1). En effet, des augmentations de la production de grains de l'ordre de 17% à 76% et de paille de

l'ordre de 32 à 63% dues à l'application du tourteau de J. curcas à des doses variant de 2,5 à 10 t/ha ont été enregistrées. Ces augmentations s'expliqueraient d'une part par la teneur en NPK du tourteau de J. curcas (N 2,82 g.kg⁻¹; P 0,77 g.kg⁻¹ et K 1,82 g.kg⁻¹); et d'autre part par sa teneur en matières organiques qui aurait amélioré les propriétés biologique et physique du sol. En effet, bien que l'application de 60 kg/ha NPK (15, 15, 15) soit la dose recommandée, les nutriments dans le NPK (15, 15, 15) se trouvent sous la forme minérale et sont vite lessivés du fait de la nature torrentielle des pluies et de la texture sableuse des sols du site d'expérimentation (96,7% sable; 2,2% argile et 1,6% limon). Dans le tourteau de J. curcas, en plus de la présence des éléments majeurs (N, P et K), la

matière organique qu'il contient permet une augmentation de la CEC et de la rétention en eau du sol, ce qui est un paramètre essentiel pour les sols à texture sableuse (17). Ces résultats corroborent ceux obtenus par Fatondji et al. (7) avec des fertilisants organiques dans des conditions similaires. D'autres auteurs, Gubitz et al. (11) ont montré qu'au vu de la teneur du tourteau de *J. curcas* en N, P et K, il pouvait remplacer les engrais chimiques couramment utilisés. Ces résultats sont également en concordance avec ceux obtenus au Mali où l'application de 5 t.ha⁻¹ de *J. curcas* a donné des rendements nettement supérieurs à ceux dus à l'apport d'engrais minéral (100 kg.ha⁻¹ nitrate d'ammonium + 50 kg.ha⁻¹ d'urée) (12). En 2010, l'application de tourteau de *J. curcas* quelle que soit la dose n'a pas induit une augmentation significative de la production de grains malgré une augmentation significative de la production de paille dans les parcelles fertilisées avec le tourteau de *J. curcas*. Cela pourrait s'expliquer par la forte variabilité de la production des grains à l'intérieur des parcelles ayant reçu le même traitement (l.s.d=0,91). Aussi l'analyse de variance a montré que la part de variation de rendement en grains non liée aux traitements était de 3,59 et 7,44 respectivement en 2009 et 2010. Le fort taux d'épis avortés en 2010 pourrait aussi expliquer ces résultats inattendus. L'avortement des épis a aussi eu pour conséquence la faible valeur des indices de récolte avec des valeurs extrêmes dans les parcelles J_10t (9,17%) pour de la campagne 2010 (Tableau 2). Une explication probable est que les applications de tourteau aux doses les plus élevées se sont traduites par une augmentation très importante de la masse végétative et qu'au moment de l'épiaison il y a eu une période de stress hydrique qui a fait avorter ces derniers car les besoins en eau pour les tiges et les feuilles étaient très élevés. Bien que l'influence du type de fertilisant ne soit pas significatif, la tendance du taux d'avortement des épis était élevé dans les parcelles fertilisées avec le tourteau de *J. curcas* probablement parce que l'épiaison y est intervenue deux semaines plus tôt. Cela aurait exacerbé la pression des ravageurs tels que les insectes et les oiseaux (Tableau 2). L'absence de différence significative entre les

rendements en grains pourrait aussi s'expliquer par l'arrière-effet du tourteau appliqué en 2009, à cause de sa lente minéralisation dans le sol. En effet, les éléments nutritifs contenus dans le tourteau de *J. curcas* le sont sous forme de matière organique. Suite à sa minéralisation, celle-ci, met progressivement à la disposition des plants de mil les éléments nutritifs qu'elle contient. L'hypothèse de l'arrière effet du tourteau de *J. curcas* sur les paramètres du mil se confirme par l'évolution de l'efficacité interne du tourteau de *J. curcas* en fonction de la dose d'application (Tableau 3). En effet, l'augmentation de la dose d'application du tourteau de *J. curcas* s'est traduite par une diminution de son efficacité interne. Ce qui veut dire qu'au-delà de 2,5 t/ha, le surplus de tourteau de *J. curcas* serait stocké dans le sol pour la campagne agricole avenir. Ce qui n'est pas le cas pour le NPK (15, 15, 15) où l'arrière-effet est très vite annulé par l'érosion ou la lixiviation. De ce point de vue, on peut donc imaginer un apport fort de tourteaux (5 t/ha) en première année, puis une forte réduction de la dose dès la 2^{ème} campagne (2,5 t/ha), ou un apport de (10 t/ha) tous les 3 ans. Le nombre d'épis/ha⁻¹ donne des informations sur l'impact des fertilisants testés sur le tallage qui est un paramètre déterminant de la productivité du mil dans les conditions du Sahel. Le nombre moyen de talles dans les parcelles fertilisées avec différentes doses le tourteau de *J. curcas* (Tableau 2) est 6,6 - 6,2 fois plus que celui rapporté par ICRISAT (13). Il s'en est suivi une augmentation de la production de paille dans les parcelles fertilisées avec *J. curcas* donnant des valeurs extrêmes en 2010: 57,6 t/ha, 47,4 t/ha et 42,7 t/ha respectivement dans les traitements J_10t, J_5t et J_2,5t. Comparativement NPK_60 kg, le nombre élevé de talles dans les parcelles amendées par le tourteau de *J. curcas* s'expliquerait par la méthode de mise à la disposition des nutriments aux plants de mil. En effet, en plus de l'amélioration des paramètres physiques du sol signalée précédemment, le tourteau de *Jatropha* agit comme un pool de nutriments qui est progressivement minéralisé et mis à la disposition des plants de mil tout le long de leur phase végétative. Aussi, à cause de la matière organique qu'il contient, le tourteau de *J. curcas*

retiendrait plus d'eau que le NPK (15, 15, 15) entraînant une meilleure conservation de l'humidité dans les parcelles fertilisées avec le tourteau de *J. curcas* et par conséquent, une meilleure utilisation de l'eau de pluie par les plants. Les études de Fatondji et al. (8) et de Esse et al. (6) ont également mis en exergue l'amélioration des rendements en paille et en grains du mil sous fertilisation organique à cause de la mise à la disposition progressive des nutriments aux plants. Dans notre étude l'amélioration de la production de graines et de paille s'est traduite par une augmentation du nombre de talles par poquet de semis au niveau des parcelles fertilisées avec le tourteau de *J. curcas*. Dans les conditions du Sahel où les mauvais rendements sont souvent imputables aux poches de sécheresse, un fertilisant qui optimise la mise à la disposition de l'eau de pluie aux plants en plus des nutriments qu'il apporte aura un impact plus significatif sur la productivité. Le tourteau de *J. curcas* agirait sur le mil en améliorant le tallage et par conséquent le nombre d'épis/ha⁻¹. Du fait du taux d'avortement très élevé observé au niveau des épis, l'augmentation du nombre d'épis par ha ne se traduit pas par une augmentation sensible du rendement en grains. Le problème est qu'en conditions d'incertitude pluviométrique et de faible niveau global de pluviosité comme c'est le cas en région sahélienne, une augmentation importante de la biomasse aérienne pendant la phase végétative risque de se traduire par une perte importante de rendement au moment de la formation et de la maturation des graines car l'eau disponible dans le sol a été consommée par la biomasse végétative et n'est pas suffisante pour assurer la production d'une quantité aussi importante de grains. Cependant, une augmentation importante de la production de paille peut par contre être intéressante pour l'alimentation du bétail en saison sèche.

Conclusion

Comparativement à l'apport de NPK, l'application du tourteau de *J. curcas* a amélioré de façon significative les rendements en paille et en grains du mil ainsi que le nombre de talles. L'augmentation du nombre de talles s'est traduite par une diminution

de l'indice de récolte au niveau des parcelles recevant le tourteau de *J. curcas*. La diminution du poids de grains porté par les épis pourrait s'expliquer en partie à cause de la pression des ravageurs. Une autre explication serait l'augmentation de l'avortement des grains suite au stress hydrique accru subi en fin de cycle cultural du fait de l'augmentation sensible de la production de paille induite par les fertilisants appliqués. Néanmoins, ceci représente une amélioration de l'offre fourragère pour les animaux ou une disponibilité plus grande de matière pour le compostage. Le ratio β qui représente l'efficacité interne du tourteau de *J. curcas* était plus élevé dans les parcelles J_2,5t en 2009 comme en 2010; cette efficacité interne a décliné avec l'augmentation de la dose appliquée. Au stade actuel de notre investigation, l'apport de 2,5 t.ha⁻¹ de tourteaux de *J. curcas* est la plus efficace. Dans le contexte où l'étude a été conduite, le tourteau de *J. curcas* représente une opportunité pour les petits producteurs agricoles car c'est un sous-produit qui pourrait être utilisé comme fertilisant afin de réduire les coûts de production. Cependant, des investigations sur des doses d'application inférieures à 2,5 t.ha⁻¹ sont nécessaires pour déterminer la dose optimale d'application du tourteau de *J. curcas*. Compte tenu de l'épiaison précoce constatée dans les parcelles recevant le tourteau de *J. curcas*, des mesures de lutte contre les ravageurs devraient être associées à l'application du tourteau de *J. curcas* pour diminuer le taux d'avortement des épis afin d'améliorer le rendement grains.

Remerciements

Nous remercions H. Ousmane et I. Maikano tous deux techniciens à l'ICRISAT - Niamey pour leur soutien quotidien lors de la collecte des données. Nos remerciements vont à l'endroit de l'ICRISAT – Niamey et l'Université Polytechnique de Bobo pour les facilités matérielles et administratives dont nous avons bénéficiés dans le cadre de la réalisation de cette étude. Nous tenons à remercier "the global change SysTem for Analysis, Research and Training (START)" pour avoir entièrement financé cette étude dans le cadre du African Climate Change Fellowship Programme.

References bibliographiques

1. Ali N., Kurchania A.K. & Bebel S., 2010, Biomethanisation of *Jatropha curcas* defatted waste, *J. Eng. Technol. Res.*, 2, 3, 38-43.
2. Bationo A. & Mokwunye A.U., 1991, Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience in the Sahel, *Fert. Res.*, 29, 95-115.
3. Bationo A., Kihara J., Vanlauwe B., Waswa B. & Kimetu J., 2007, Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-systems, *Agric. Syst.*, 94, 13-25.
4. Becker K. & Makkar H.P.S., 1998, Toxic effects of phorbol esters in carp (*Cyprinus carpio* L.), *Vet. Human Toxicol.*, 40, 82-86.
5. Brouwer J. & Bouma J., 1997, Soil and crop growth variability in the Sahel: highlights of research (1990-1995) at ICRISAT Sahelian Centre. Information Bulletin 49. ICRISAT, Patancheru, Andhra Pradesh, India.
6. Esse P.C., Buerkert A., Hiernaux P. & Assa A., 2001, Decomposition of and nutrient release from ruminant manure on acid sandy soils in the Sahelian zone of Niger, West Africa, *Agric. Ecosyst. Environ.*, 83, 1-2, 55-63.
7. Fatondji D., Martius C., Biélers C.L., Vlek P.L.G., Bationo A. & Gerard B., 2006, Effect of planting technique and amendment type on pearl millet yield, nutrient uptake, and water use on degraded land in Niger, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 76, 203-217.
8. Fatondji D., Martius C., Zougmore R., Vlek P.L.G., Biélers C.L. & Koala S., 2009, Decomposition of amendment and nutrient release under the *zai* technique in the Sahel, *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 85, 3, 225-239.
9. Food and Agriculture Organization (FAO), 2006, World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. Pp. 105 - 120.
10. Goel G., Makkar H.P.S., Francis G. & Becker K., 2007, Phorbol Esters: Structure, biological activity, and toxicity in animals, *Int. J. of Toxicol.*, 26, 279-288. <http://dx.doi.org/10.1080/10915810701464641>
11. Gubitza G.M., Mittelbach M. & Trabi M., 1999, Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L., *Bioresour. Technol.*, 67, 1, 73-82.
12. Henning R., Samake F. & Thiero I., 1995, The nutrient value of *Jatropha* meal. Bamako, Mali. Projet Pourghere DNHE-GTZ.
13. International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics (ICRISAT), 1999, Fiches techniques. ICRISAT, BP 12404, Niamey, 2 p.
14. Kelly V., 2006, Factors affecting demand for fertilizers in sub Saharan Africa. Agriculture and Rural Development, Discussion paper 23 p.
15. Muehlig-versen B., Buerkert A. & Bationo A., 2003, Phosphorus placement on acid Arenosols of the west African Sahel, *Expl. Agric.*, 39, 307-325
16. Smaling E.M.A., Nandwa S.M. & Janssen B.H., 1997, Soil in Africa is at Stake in: Replenishing soil fertility in Africa SSSA Special Publication Number 51. Soil Science society of America American Society of Agronomy Madison, Wisconsin, USA. Pp. 63 -77.
17. Traore M., Nacro H.B., Tabo R., Nikiema A. & Ousmane H., 2012, Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6,2, 808-819, April 2012. France, 203.

M. Traore, Burkinabé, PhD, Enseignant Chercheur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

H.B. Nacro, Burkinabé, PhD, Maître de Conférence, Vice-président de l'Université Polytechnique de Bobo. Directeur du Laboratoire d'Etude de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

W.F. Doamba, Burkinabé, Doctorante, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural, Laboratoire d'Etude de Recherche sur la Fertilité des sols (LERF), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

R. Tabo, Tchadien, PhD, Directeur adjoint, Forum for Agricultural Research in Africa (FARA), Accra, Ghana.

A. Nikiema, Burkinabé, PhD, Forestry Officer FAO, Roma, Italy.

Rationalité économique et objectifs de gestion de la production de cobayes (*Cavia porcellus* L.) en zones tropicales

G. Ndébi^{1*}, A.T. Niba¹ & H.F. Defang¹

Keywords: Reproduction- Productivity index- Litter- Weaning- Guinea pig- Cameroon

Résumé

Cent quatre-vingt-dix-sept couples de mesures concernant les poids de la mère et de la nichée à chaque sevrage des petits à trois semaines ont été utilisés pour évaluer la productivité économique du cobaye élevé en claustration en zone tropicale entre février 2012 et mars 2013 à la Ferme d'Application et de Recherches de l'Université de Dschang. Un modèle économétrique de régression linéaire a été développé pour estimer l'incidence des principaux facteurs de variabilité de l'indice de productivité pondérale relative à chaque sevrage d'une nichée par femelle reproductrice. Les principaux résultats révèlent que la productivité économique du cobaye en zone tropicale, d'un niveau déjà appréciable, peut être améliorée davantage par la prise compte de ses principaux facteurs de variabilité. L'analyse met, ainsi, en évidence l'importance relative du poids de la femelle reproductrice, de la taille de la portée et du poids total des jeunes au sevrage dont les effets sur l'indice de productivité pondérale relative du cobaye ont été significatifs. Cependant, en reliant productivité économique et poids de la femelle reproductrice, l'étude aboutit à une irrationalité dans la gestion du troupeau de reproduction et permet de conclure que la baisse de productivité observée chez le cobaye est surtout imputable à l'engraissement de la mère.

Summary

Economic Rationality and Production Management Goals of Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.) in Tropical Zones

The economic productivity of guinea pig in tropical environment was assessed from one hundred and ninety-seven pairs of measures related to reproductive female and weaning weights per litter reared in-door at the Research and Experimental Farm of the University of Dschang between February 2012 and March 2013. An econometric model of linear regression was developed to take into account the main factors affecting the relative weight productivity index at the weaning age of each gestating female. The main results reveal that the economic productivity of guinea pigs in tropical zone, already of a substantial level, could be even more improved by taking into account the main factors of variability. The analysis thus put into evidence that the relative importance of female reproductive weight; the litter size, and the total weight of the kids at weaning are factors having significant effects on the relative weight productivity index of the guinea pig. However, in linking the female weight to economic productivity, the study led to an irrational management of the reproductive herd and put in evidence that the decrease in productivity observed in guinea pig is mostly attributable to the fattening of the female.

¹Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Dschang, Cameroun.

*Auteur correspondant: E-mail: ndebigeorges@yahoo.fr

Reçu le 5.03.2012 et accepté pour publication le 10.06.2014.

Introduction

L'Afrique souffre de pauvreté, de malnutrition et d'autres maux sociaux connexes en particulier dans le monde rural où le manque de capitaux et d'expériences nécessaires s'opposent à une production intensive de protéines animales. Les faibles possibilités d'accumulation monétaire des ménages ne permettent pas de répondre aux exigences des espèces animales traditionnellement élevées. Face à cette situation et compte tenu du déficit protéique grandissant, le mini-élevage, trop souvent délaissé, doit être envisagé. Le développement à des fins économiques et sur des bases techniques rationnelles de la production des rongeurs tels que le cobaye (*Cavia porcellus* L.), l'aulacode (*Thryonomis* sp.), le crycétome (*Crycetomys* sp.), etc., devrait constituer une possibilité dans cette optique.

L'élevage du cobaye en particulier, semble plus indiqué compte tenu de ses multiples usages. En effet, cet herbivore monogastrique de petite taille, peut contribuer directement ou indirectement, au progrès de la médecine humaine, à la lutte contre la pauvreté et la malnutrition, à la réduction ou suppression des importations des farines de viande pour l'alimentation du bétail et à la rentabilisation de la cuniculture comme antigène (20). De fait, l'intérêt majeur du cobaye réside dans sa prolificité et sa vitesse de croissance élevées, son alimentation peu coûteuse, ses besoins en capitaux et en main d'œuvre faibles (3, 8). En outre, sa viande maigre est très riche en énergie et de haute valeur protéique (7, 14). Son utilisation optimale comme source de protéines et de revenus, exige donc un accroissement de sa production et de sa productivité qui passe nécessairement par l'amélioration des stratégies d'élevage d'une part et, de meilleures méthodes rationnelles de gestion de la production d'autre part. En outre, l'élevage de cobayes dans les petites exploitations latino américaine a été démontré comme étant le plus rentable comparé à celui du porc ou de volailles (9). Toutefois, l'un des problèmes les plus controversés de l'heure en matière de production demeure celui de la rationalité dans la gestion économique du troupeau qui, par principe, suppose l'existence

d'objectifs bien déterminés (2).

La présente étude tente d'explorer les possibilités de développement de la production du cobaye en vue du renforcement des capacités de l'élevage à satisfaire une demande de plus en croissante en protéines animales. Elle a donc pour objet d'évaluer la productivité économique du cobaye et d'estimer l'incidence des principaux facteurs de variabilité sur l'indice de productivité pondérale relative. Dès lors, la précision de la relation qui lie productivité pondérale et productivité numérique dépend des facteurs intrinsèques que sont le poids de la mère et le poids total des jeunes sevrés.

Matériels et méthodes

L'étude a été réalisée entre février 2012 et mars 2013 à la Ferme d'Application et de Recherches (F.A.R) de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang. Localisée entre 7° LN et 18-20° LE et dominée par un climat soudano-guinéen modifié par l'altitude variant de 1500 à 2000 m, la F.A.R connaît une température qui oscille entre 16-22 °C et une humidité relative supérieure à 60%. La pluviométrie annuelle, de l'ordre de 1800-2000 mm, est répartie en une seule saison (mars-novembre).

Au total, 197 couples de mesures (poids de la mère et poids total de la nichée à chaque sevrage) enregistrés au cours d'un suivi de 68 reproducteurs issus de race locale camerounaise, ont été utilisés pour évaluer la productivité économique du cobaye élevé en claustration. Les animaux utilisés pour l'essai étaient reproduits à la F.A.R à partir des géniteurs achetés dans les villages environnants. Agés de 3 à 4 mois environ et de 400 – 500 g de poids moyen, ces animaux étaient répartis au hasard en trois lots comparables de 22 sujets/1,5 m² dont 20 femelles et 2 mâles délimités par les contreplaqués avec une litière en copeau de bois renouvelable toutes les semaines. Chaque loge disposait de 3 mangeoires, un abreuvoir une ampoule de 100 watts pour l'éclairage et le chauffage. Les animaux étaient nourris au fourrage (*Trypsacum laxum*) supplémenté d'un aliment concentré acheté sur le marché local, composé du maïs (53%), son de blé (21%), tourteau de soja (7%), tourteau de coton (7%), farine de poisson

(6%), poudre d'os (1%), sel (3%) et CMAV (2%), en proportion de 7/1 et distribués à raison de 6 g/100 kg de poids. La vitamine C dans l'eau de boisson servie ad libitum sous forme de comprimé de CAC1000 achetée en pharmacie à raison de 180 mg/3 litres. Les femelles étaient soumises aux accouplements contrôlés, isolement chaque fois la femelle de la mise bas au sevrage, à partir de l'âge de 4 mois et les jeunes sevrés à 3 semaines d'âge. Dès la naissance, les jeunes cobayes étaient identifiés ainsi que leur mère avec une boucle d'oreille en aluminium numérotée et les pesées effectuées à chaque sevrage à l'aide d'un peson digital Ohaus port-O-Gram BCj-770-N de sensibilité 0,1 g.

L'indice de productivité pondérale relative a été choisi comme critère de rationalité utilisé dans la gestion économique d'un troupeau (1, 2, 11).

Les éléments-clés qui conditionnent les résultats d'une exploitation, tel que le revenu du travail, requièrent du temps et des moyens d'évaluation plus complexes dans le cadre de ce travail. Les effets sur les performances zootechniques du cobaye peuvent être directement liés au poids de la mère et celui des jeunes, à la taille de la portée, au nombre et à l'intervalle de mise-bas et indirectement liés au système de production et à l'environnement.

Les données, ainsi collectées, ont été analysées suivant une méthode d'analyse de la variance par les Moindres Carrés Ordinaires (M.C.O) adapté aux cas des dispositifs expérimentaux à effectifs déséquilibrés selon un modèle à effets fixés (22) avec cinq facteurs de variabilité de la productivité économique du cobaye. Les critères de performance zootechnique du cobaye tels que le poids de la mère et celui de la nichée au sevrage, la taille de la portée, le numéro et l'intervalle de mise-bas ont été retenus afin d'apprécier leurs influences sur la qualité des relations calculées. La séparation des moyennes faite à l'aide du test de Duncan à 95%. Le modèle de régression linéaire est dès lors défini ainsi qu'il suit:

$$IPPR_{ij} = \mu + \beta_1 PM_{ij} + \beta_2 PTS_{ij} + \beta_3 TP_{ij} + \beta_4 NMB_{ij} + \beta_5 IMB_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Avec pour variable dépendante, l'IPPR ou Indice de Productivité pondérale Relative qui est égal au

rapport du poids total de la nichée ou jeunes sevrés par portée sur le poids de la mère à chaque sevrage et, comme variables explicatives: PM= variable muette relative au poids de la mère ou femelle reproductrice au sevrage (1= <500; 2= 500-550; 3= 550-600; 4= 600-650; 5= 650-700; 6=>700 g); PTS= variable muette relative au poids total des jeunes sevrés par portée (1= >200; 2= 200-250; 3= 250-300; 4= 300-350; 5= 350-400; 6= >400 g). TP ou taille de la portée ou type de naissance (1= simple ; 2= double ; 3= triple). NMB= variable muette relative au numéro de mise-bas (1= 1^{ère}; 2= 2^{ème}; 3= 3^{ème} mise-bas). IMB= variable muette relative à l'intervalle de mise-bas (1= 60-70; 2= 71-80; 3= 81-90; 4= > 90 jours). μ = moyenne générale ajustée (pour des effectifs équilibrés). ϵ_{ij} = terme d'erreur ou perturbations; i= 1, 2,..., 60 (mères ou femelles reproductrices) et j= 1 à 6 (nombre de mise-bas). D'autres facteurs d'influence sur la productivité du cobaye tels que le poids à la naissance, le taux de survie, la saison de production, la qualité du fourrage, etc., bien qu'ayant une importance certaine, n'ont pas été pris en compte dans cette étude car, non, significativement corrélées avec l'indice de productivité pondérale relative. L'hypothèse sous-jacente à la présente spécification est qu'une variation de l'indice de productivité pondérale relative devra se traduire par des coefficients qui sont de signes à priori définis ainsi qu'il suit: $\beta_2, \beta_3, \beta_4$ doivent être de signe positif car, on suppose qu'il existe une corrélation positive entre poids total au sevrage, numéro de mise-bas et taille de la portée. Ce dernier élément exerçant avec le poids total des jeunes sevrés, un effet multiplicateur sur la productivité pondérale relative. β_1 et β_5 , quant à eux, sont supposés être de signe négatif car par définition, l'indice de productivité pondérale relative est inversement proportionnel au poids de la mère et, l'augmentation de l'intervalle de mise bas réduit la productivité numérique d'une mère.

Après collecte et codification, l'analyse des données s'est faite à l'aide d'un logiciel statistique "Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows", version 17.0 au degré de significativité 10%.

Résultats

Le tableau 1 présente une description des caractéristiques de la distribution statistique de l'indice de productivité pondérale relative en fonction des variables utilisées dans cette étude. De l'analyse des résultats obtenus, il ressort que, à âge sensiblement égal, le nombre de mises-bas enregistrés diminue graduellement et en sens inverse du poids des femelles reproductrices, allant de 35 à 3% respectivement des plus légères aux plus lourdes. Il en est de même pour l'indice de productivité pondérale relative dont les valeurs les plus élevées ont été enregistrées chez les femelles pesant moins de 550 g, indiquant que le poids corporel d'une femelle reproductrice est un facteur limitant de sa productivité. Indifféremment du poids des mères, le nombre d'observations ou naissances enregistrés a été également en relation inverse avec le poids total de la nichée sevrée, contrairement à l'indice de productivité pondérale relative avec des écarts types plutôt inférieurs à la moyenne de l'échantillon.

Lorsqu'on tient compte du type de naissance, les mêmes résultats indiquent que, avec près de 52% du total, les naissances simples ont été les plus nombreuses, suivies des gémellaires (47,7%) et enfin, de très loin, par les triples (0,5%) enregistrées qu'une seule fois au cours de l'essai. Indifféremment du poids des mères, l'IPPR, quant à lui, est resté en relation directe avec le type de naissance.

L'observation du numéro de mise-bas, quant à elle, a révélé l'importance (95%) des quatre premières mises-bas, comparées aux deux dernières pour l'indice de productivité pondérale relative du cobaye. Il reste à noter que l'indice de productivité pondérale relative en fonction du numéro de mise-bas, bien que croissante, montre une évolution en dents de scie dont les creux représentent des périodes de récupération chez la femelle reproductrice. La valeur la plus élevée ($p < 0,05$) de l'IPPR est obtenue à la sixième mise-bas parmi les reproductrices les plus légères, comparée aux autres mises-bas où il n'a pas été observé de différence significative.

En ce qui concerne l'intervalle entre mise-bas, les

résultats du même tableau présentent une évolution en dents de scie et de même sens tant pour le nombre d'observations que pour l'indice de productivité pondérale relative, évolution uniquement retracée par la courbe de l'indice de productivité pondérale relative (Figure 3). Ces résultats révèlent également que l'intervalle moyen entre mise-bas supérieur à 90 jours a donné un IPPR plus faible ($P < 0,05$), comparé à ceux situés en deçà de cet intervalle. Cependant, les performances relativement plus élevées de l'IPPR ont été obtenues surtout à 81-90 jours avec un écart type plutôt supérieur à la moyenne de l'échantillon. Par contre, le plus grand nombre d'observations (33%) a été enregistré à 60-70 jours d'intervalle entre mises-bas.

Au regard du poids total des jeunes sevrés par portée, les résultats de ce tableau montrent que pendant que le nombre d'observations décroît considérablement, l'IPPR croît significativement avec le poids des nichées au sevrage. Les nichées en deçà et au delà de 200-400 g ont montré des différences significatives, comparées aux autres où les valeurs de l'IPPR se montrent comparables ($P > 0,05$) entre elles.

Une évaluation économique a permis d'apprécier le niveau d'influence des différentes variables sur l'indice de productivité pondérale relative du cobaye en zone tropicale (Tableau 2).

Au regard des résultats issus de ce test statistique, il ressort que trois des cinq variables explicatives seulement ont été significativement corrélées avec l'indice de productivité pondérale relative: le poids de la mère, le poids total de la nichée au sevrage et la taille de la portée. Il n'a pas été observé de différences significatives pour l'intervalle et le numéro de mise-bas. Force est de reconnaître que l'indice de productivité pondérale relative du cobaye est fortement expliqué par les variations accidentelles, indiquant que certaines variables explicatives, surtout liés aux facteurs génétiques et environnementaux telle que la saison de production, n'ont pas été prises en compte. Ces variations traduisent parfois les difficultés à saisir tous les paramètres concourant à l'estimation de la productivité économique du troupeau. Bien que

Tableau 1

Description des caractéristiques de la distribution statistique de l'indice de productivité pondérale relative en fonction du poids moyen des mères et des variables d'influence.

Variables d'influence		Poids moyen de la mère (en grammes)						Moyenne
Taille de la portée	Numéro	≤ 500	500-550	550-600	600-650	650-700	≥ 700	
		1	0,41 ± 0,2 (38)	0,32 ± 0,2 (30)	0,30 ± 0,1 (19)	0,31 ± 0,1 (8)	0,26 ± 0,0 (3)	0,27 ± 0,12 (4)
	2	0,50 ± 0,2 (31)	0,49 ± 0,2 (34)	0,38 ± 0,2 (15)	0,42 ± 0,1 (8)	0,46 ± 0,1 (4)	0,40 ± 0,12 (2)	0,47 ± 0,2 (94)
	3	0,00 (0)	0,69 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,69 ± 0,0 (1)
	1 ^{ère}							
	2 ^{ème}	0,42 ± 0,2 (17)	0,34 ± 0,1 (17)	0,22 ± 0,0 (2)	0,00	0,38 ± 0,0 (1)	0,00	0,37 ± 0,1 (37)
	3 ^{ème}	0,51 ± 0,2 (15)	0,46 ± 0,2 (17)	0,33 ± 0,2 (17)	0,46 ± 0,1 (5)	0,54 ± 0,0 (1)	0,30 ± 0,11 (3)	0,43 ± 0,2 (58)
	4 ^{ème}	0,39 ± 0,2 (14)	0,38 ± 0,1 (12)	0,32 ± 0,1 (5)	0,38 ± 0,1 (5)	0,28 ± 0,0 (2)	0,23 ± 0,11 (2)	0,36 ± 0,1 (40)
	5 ^{ème}	0,46 ± 0,2 (19)	0,46 ± 0,2 (17)	0,37 ± 0,1 (10)	0,27 ± 0,0 (3)	0,32 ± 0,1 (3)	0,48 ± 0,00 (1)	0,42 ± 0,2 (53)
	6 ^{ème}	0,44 ± 0,2 (3)	0,62 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,25 ± 0,1 (2)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,41 ± 0,2 (6)
Numéro de mise-bas	6 ^{ème}	0,74 ± 0,0 (1)	0,53 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,29 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,52 ± 0,2 (3)
	60-70	0,43 ± 0,2 (22)	0,46 ± 0,1 (23)	0,36 ± 0,2 (9)	0,36 ± 0,1 (4)	0,32 ± 0,1 (4)	0,27 ± 0,11 (3)	0,41 ± 0,2 (65)
	71-80	0,44 ± 0,2 (18)	0,35 ± 0,1 (10)	0,37 ± 0,1 (7)	0,29 ± 0,0 (1)	0,28 ± 0,0 (1)	0,48 ± 0,00 (1)	0,40 ± 0,1 (38)
	81-90	0,51 ± 0,2 (16)	0,42 ± 0,2 (15)	0,32 ± 0,1 (10)	0,36 ± 0,1 (10)	0,46 ± 0,1 (2)	0,00 (0)	0,42 ± 0,2 (53)
	> 90	0,42 ± 0,2 (13)	0,39 ± 0,2 (17)	0,28 ± 0,1 (8)	0,45 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,28 ± 0,13 (2)	0,37 ± 0,1 (41)
	< 200	0,32 ± 0,1 (40)	0,29 ± 0,1 (36)	0,27 ± 0,1 (24)	0,27 ± 0,0 (8)	0,26 ± 0,0 (4)	0,17 ± 0,02 (2)	0,29 ± 0,1 (114)
	200-250	0,47 ± 0,2 (8)	0,43 ± 0,0 (13)	0,37 ± 0,0 (4)	0,36 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,36 ± 0,00 (1)	0,43 ± 0,1 (27)
	250-300	0,60 ± 0,0 (7)	0,53 ± 0,0 (5)	0,48 ± 0,0 (3)	0,46 ± 0,0 (5)	0,42 ± 0,0 (2)	0,34 ± 0,04 (2)	0,50 ± 0,1 (24)
	300-350	0,62 ± 0,2 (9)	0,62 ± 0,0 (9)	0,56 ± 0,01 (2)	0,51 ± 0,0 (2)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,60 ± 0,2 (22)
	350-400	0,76 ± 0,0 (4)	0,69 ± 0,0 (1)	0,79 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,48 ± 0,00 (1)	0,68 ± 0,1 (7)
	> 400	0,96 ± 0,0 (1)	0,83 ± 0,00 (1)	0,00 (0)	0,00 (0)	0,54 ± 0,0 (1)	0,00 (0)	0,86 ± 0,1 (3)
	Moyenne	0,45 ± 0,2	0,42 ± 0,2	0,34 ± 0,1	0,36 ± 0,1	0,36 ± 0,1	0,31 ± 0,1	0,40 ± 0,2
Observations	(69)	(65)	(34)	(16)	(7)	(6)	(197)	
%	35	33	17,3	8,1	3,6	3,0	100	

Entre parenthèses, le nombre d'observations ou de nichées sevrées

Tableau 2
Coefficients du modèle de régression multiple en fonction du poids moyen des mères.

Variables	Poids de la mère						
	Moyenne	≤ 500	500-550	550-600	600-650	650-700	≥ 700
Constante	23,2*	29,5*	21,5*	14,2 ^{NS}	22,9**	26,0 ^{NS}	33,0 ^{NS}
	-6,8	-4,9	-3,7	-2,2	-3,6	-0,6	-3,5
Numéro mise-base (NMB)	0,2 ^{NS}	2,0 ^{NS}	0,4 ^{NS}	41,0 ^{NS}	-0,6 ^{NS}	-1,4 ^{NS}	-6,4 ^{NS}
	-0,2	-1,3	-0,3	-2,5	0,6	0,2	1,7
Intervalle entre mise Bas (IMB)	-0,5 ^{NS}	-0,1 ^{NS}	-0,2 ^{NS}	-1,8 ^{NS}	-0,3 ^{NS}	-0,6 ^{NS}	-2,2 ^{NS}
	0,6	0,2	0,2	1,3	0,4	0,1	1,4
Taille de la portée (TP)	0,8*	9,0 ^{NS}	9,0***	6,1 ^{NS}	0,6 ^{NS}	1,8 ^{NS}	7,0 ^{NS}
	-4,1	-2,6	-2,8	-1,7	-0,3	-1,4	-1
Poids total des Jeunes au sevrage (PTS)	13,4*	14,0*	16,0*	11,6*	8,3*	14,0 ^{NS}	11,5 ^{NS}
	-18,6	-11,6	-10,9	-8,1	-8,2	-2,6	-6,6
Poids de la mère (PM)	-27,0*	0	0	0	0	0	0
	4,4	0	0	0	0	0	0
Nombre observations (N)	197	69	65	34	16	7	6
Coefficient régression (R)	0,84	0,83	0,85	0,87	0,97	0,93	0,99
Test de fichier (F)	89,59	34,73	39,77	22,47	42,99	3,35	11,64
Signification de F	0	0	0	0	0	0	0
Durbin Watson test (DW)	1,69	1,92	1,89	2,07	2,36	2,56	2,56

Notes : Entre parenthèses, les statistiques du test de student calculées en utilisant l'erreur normale standard.

*, **, *** = significatif à 1, 5 et 10% respectivement ; ns = non significatif

Figure 1

Evolution de l'IPPR en fonction du poids moyen des mères (PM).

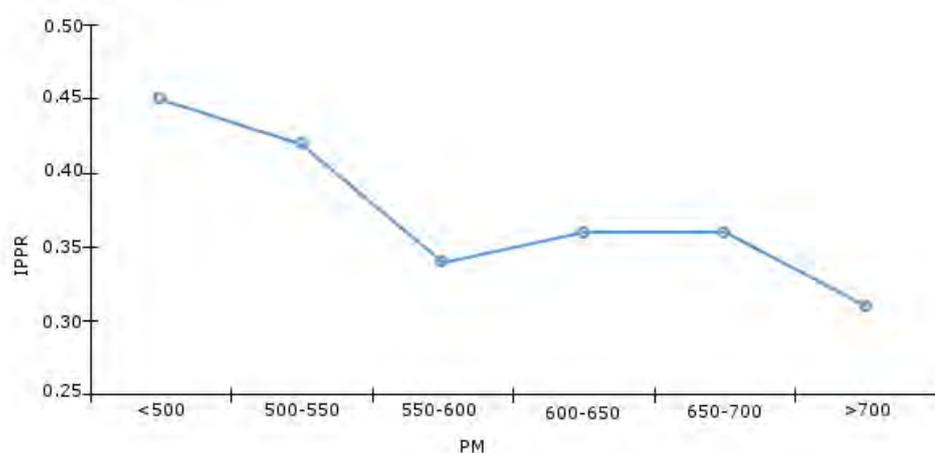


Figure 2

Evolution de l'IPPR en fonction de la taille de la portée (TP).

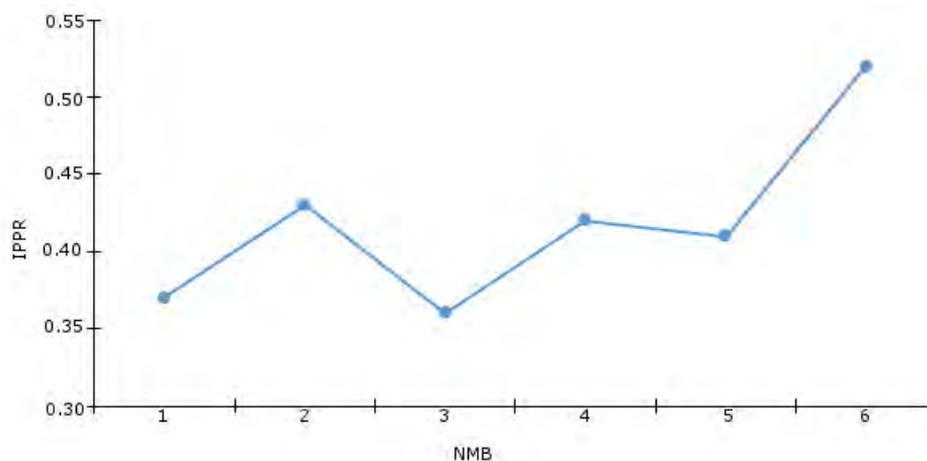


Figure 3

Evolution de l'IPPR en fonction du numéro de mise bas (NMB).

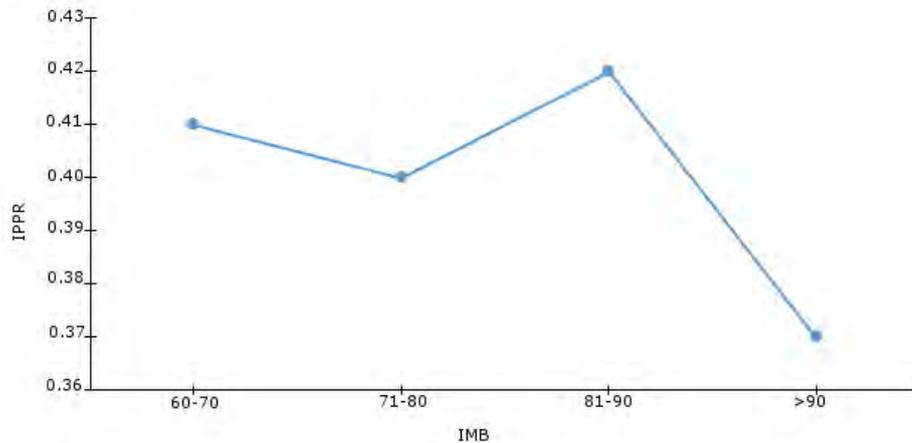
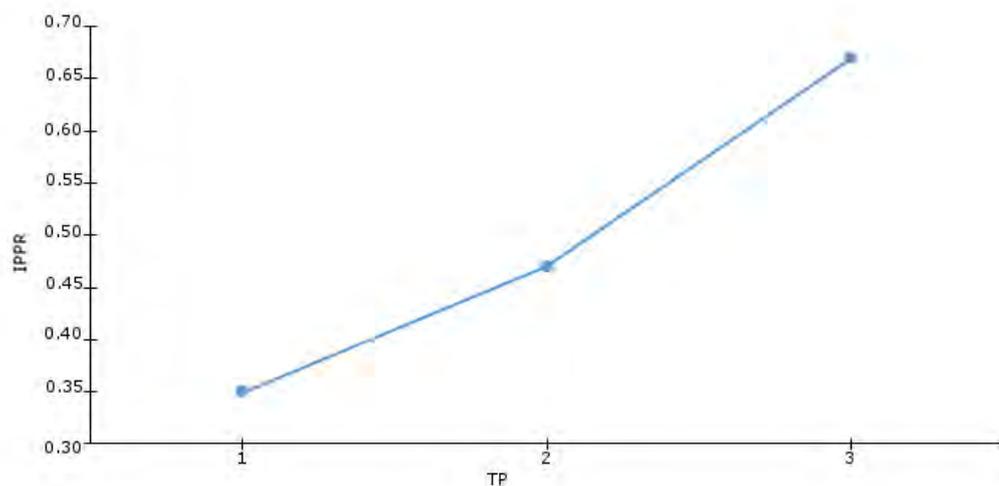


Figure 4

Evolution de l'IPPR en fonction de l'intervalle moyen entre mise-bas (IMB).



suggérant l'introduction d'autres variables explicatives dans l'équation tels que la saison et l'environnement de production, l'âge moyen des reproductrices à chaque mise-bas, le modèle explique néanmoins 70% environ de la variabilité totale au niveau de significativité de 10%. En outre, l'existence d'une forte dispersion des résultats individuels serait peut-être due au faible nombre d'observations ou à la grande variabilité des performances zootechniques du cobaye enregistrée au cours de cette étude. Il reste à signaler que toutes ces variables ont été exprimées sous leur forme linéaire.

Discussion

Cinq hypothèses concernant à l'évaluation économique de la productivité du cobaye en zone tropicale ont été examinées dans le contexte du modèle économétrique de régression linéaire. La vérification de ces hypothèses révèle des effets certains des différents facteurs sur la variabilité de l'indice de productivité pondérale relative du cobaye.

Effets moyens du poids de la mère sur la productivité économique du cobaye

Le coefficient d'interaction entre le poids des reproductrices et le niveau de l'indice de productivité pondérale relative, dans l'ensemble, est

significatif et de signe approprié, indiquant que, toute augmentation de 1% du poids de la mère, se traduit par une diminution d'environ 0,03% de sa productivité, toutes choses restant égales par ailleurs. Cependant, l'analyse des résultats du test de Duncan a montré trois sous-ensembles homogènes présentant des différences significatives entre les mères dont le poids moyen est inférieur ou égal à 500 g et celles situées au delà qui restent, cependant, comparables entre elles ($p > 0,05$). Toutefois, les meilleures performances enregistrées ici, bien qu'inférieures à celles obtenues ailleurs sur les races améliorées et élevées en station (15, 18, 21), ont été obtenues avec les femelles dont le poids moyen ne dépassait pas les 550 g (Figure 1). Ce qui a laissé croire que le poids chez la femelle reproductrice constitue un handicap majeur à l'augmentation de la productivité économique du cobaye de race locale élevée dans les conditions de l'étude. Toutefois, la sélection à partir du poids corporel à 3 semaines contribue à l'augmentation de la taille de la portée (21). En effet, certains auteurs rapportent que l'indice de productivité pondérale relative annuel du cobaye de race améliorée élevé en station peut atteindre 6-10 fois le poids de la femelle (4, 13, 24). Les explications qu'on pourrait apporter à ces faibles valeurs de l'IPPR tiennent peut-être à certains paramètres zootechniques contenus dans les développements qui suivent.

Effets du poids total des jeunes au sevrage sur la productivité économique du cobaye

Le coefficient d'interaction entre le poids total de la nichée au sevrage et l'indice de productivité pondérale relative du cobaye a été significatif et de signe approprié. Ainsi, tout accroissement du poids total des jeunes sevrés par portée de 1%, entraîne un effet multiplicateur d'environ 0,13% sur la productivité de la femelle. Cette productivité a été très significative chez les mères dont le poids moyen était inférieur ou égal à 650 g et non significatif au-delà de cette valeur,

confirmant ainsi l'hypothèse selon laquelle plus le poids de la femelle est élevé plus l'IPPR est faible, toutes choses restant égales par ailleurs (20). En effet, l'évolution pondérale du cobaye jusqu'au sevrage est un phénomène important puisqu'il détermine sa productivité ultérieure (6, 11, 15). Ainsi, la sélection des femelles reproductrices à partir de l'évolution du poids de la naissance au sevrage pourrait aider à augmenter leur productivité. Il a été démontré par ailleurs que le poids du jeune cobaye, normalement sevré à trois semaines, est généralement supérieur au double à la naissance (2, 19). En outre, le poids à la naissance et au sevrage sont des caractères héréditaires liés à la croissance et varient selon l'ordre et l'importance de la nichée (15, 17). Par conséquent, d'autres possibilités d'amélioration de l'IPPR par le biais de la sélection sont à explorer.

Effets moyens de la taille de la portée ou type de naissance sur la productivité économique du cobaye

Le coefficient d'interaction entre la taille de la portée et la productivité économique du cobaye est significatif et de signe approprié, indiquant que tout accroissement de 1% de la taille de la portée induit une augmentation de 0,76% de la productivité économique du cobaye. Cependant, l'analyse comparative entre les différents types de naissances réalisée à l'aide du test de Duncan ne laisse apparaître aucune différence significative entre les différents types de naissance pour l'indice de productivité pondérale relative. Cependant, lorsqu'on tient compte du poids de la mère, le type de naissance triple, enregistré parmi les femelles pesant entre 500 et 550 g, a donné un IPPR relativement plus grand mais, sans toutefois accroître, de façon remarquable, la productivité du cobaye (Figure 2). Toutefois, la taille de la portée au sevrage de 2 petits est indiquée comme variabilité optimale de la productivité économique du cobaye, ce qui va en droite ligne avec des résultats trouvés ailleurs (5, 14, 18, 21). Cependant, il a été démontré qu'il existe une corrélation positive entre les poids corporels aux différents âges, les gains de poids et la taille de la portée chez le cobaye. Aussi, la sélection à partir du

poids corporel à 13 semaines contribue à l'augmentation de la taille de la portée jusqu'à 8 petits et que la durée de sevrage ne modifie pas profondément la taille de la portée ainsi que l'état physiologique de l'animal (19, 23).

Effet du numéro de mise bas sur la productivité économique du cobaye

Le coefficient d'interaction entre le numéro de mise-bas et la productivité économique du cobaye, bien que non significatif dans l'ensemble, a été de signe contraire, indiquant que tout accroissement du nombre de mise-bas de 1% se traduit par une baisse de l'indice de productivité pondérale relative de 0,1‰. Cependant, on note une évolution en dents de scie de l'indice de productivité pondérale relative, les pics représentés par les mises bas paires et, les creux, par celles impaires. Néanmoins, le test de Duncan montre également que l'indice de productivité pondérale relative le plus élevé ($p < 0,05$) a été enregistré à la sixième mise-bas parmi les femelles les plus légères (Figure 3). D'après les travaux de certains auteurs (3, 8, 12), le recours à l'œstrus post-partum permet d'augmenter le nombre de gestations dont l'ordre et l'importance constituent des facteurs de variabilité du poids des jeunes à la naissance. Il faut, cependant, noter que les mises-bas non sevrées, bien que d'une importance certaine dans les performances de reproduction du cobaye, non pas été prises en compte dans cette étude expliquant peut être ainsi l'hétérogénéité du nombre d'observations enregistrées.

Effets de l'intervalle entre mise bas sur la productivité économique du cobaye

Le coefficient de l'interaction entre l'intervalle de mise-bas et productivité économique du cobaye, bien que non significatif dans l'ensemble, a été de signe approprié, indiquant qu'une diminution de 1% de l'intervalle entre mise-bas induit un effet multiplicateur de 0,02% sur la productivité du cobaye. La courbe de l'IPPR en fonction de l'intervalle entre mise-bas (Figure 4) a montré une évolution en dents de scie pouvant être attribuée à l'alternance des périodes de reproduction. En effet, l'intervalle entre mises-bas comprend la durée de

sevrage, de parturition plus le temps de repos de la femelle reproductrice. D'après certaines études, pour une productivité plus accrue de la femelle, la durée de sevrage doit être de 10-14 jours minimum (6, 10). D'après les mêmes auteurs, l'accouplement libre des cobayes permet d'accroître la productivité numérique en réduisant davantage l'intervalle entre mises-bas mais présente, cependant, un certain nombre d'inconvénients telles que l'augmentation des taux de consanguinité et de mortalités avec, comme effet d'entraînement, une diminution de la productivité des femelles suite à leur épuisement (9, 11, 20).

En définitive, l'indice de productivité pondérale relative et le taux de charge ou d'exploitation particulièrement élevés que permet cette espèce animale, sont autant d'indicateurs de sa supériorité par rapport aux ovins, caprins, porcins et volailles élevés de manière traditionnelle, donnant ainsi une justification économique à cette activité (8, 12). Les meilleures performances de productivité, en termes d'indice de productivité pondérale relative et du nombre du nombre de mises bas, du cobaye de race locale élevé en claustration, bien qu'inférieures à celles enregistrées ailleurs sur les races améliorées élevées en station (2, 14), ont été obtenues avec des mères pesant moins de 550 g et aux intervalles entre mises-bas de 60-70 et 81-90 jours, recommandés dans plusieurs travaux de recherche (6, 10). L'analyse des coefficients d'interaction avec la productivité économique du cobaye a montré des effets attendus, à l'exception du numéro de mise bas, confirmant ainsi les résultats trouvés ailleurs (8).

Conclusion et suggestions

Cette étude avait pour but d'explorer les possibilités d'amélioration de la productivité économique du cobaye de race locale élevé en claustration. Les résultats obtenus ont montré que la productivité économique de cette espèce animale est relativement importante mais, peut être améliorée davantage et répondre efficacement aux exigences en protéines et farine de viande pour l'alimentation humaine et animale et, par effet d'entraînement, réduire la pauvreté et la malnutrition. Par contre, en

reliant ressources et emplois, l'étude a abouti à une irrationalité économique dans la gestion du troupeau notamment, la mauvaise utilisation des femelles reproductrices dont l'engraissement entrave l'amélioration de sa productivité économique. Cependant, la précision de la relation qui lie productivité numérique et productivité pondérale du cobaye a révélé que, outre les contraintes majeures liées à l'élevage du cobaye, le poids de la mère constitue une variable de base pour une productivité plus accrue du cobaye de race locale. Partant, la gestion rationnelle du troupeau pourrait consister, non seulement à opérer une sélection optimale possible de reproducteurs mais aussi, à constituer des lots de poids moyen inférieur ou égal à 550 g pouvant être gérés de façon économique. Mais, force est de reconnaître qu'une évaluation complète de la situation sociale et économique en zone tropicale, sans disposer des données fondamentales nécessaires sur les ressources disponibles et sur la productivité réelle et potentielle du cobaye reste encore difficile pour pouvoir élaborer des politiques et programmes de développement de l'élevage de cette espèce animale.

Il nous semble par conséquent, que des études plus approfondies pouvant permettre de tirer de meilleures conclusions sur le développement de cet élevage devraient porter, entre autre, sur la caractérisation technico-économique des élevages et les performances reproductives et d'adaptation des types génétiques plus performants.

Remerciements

Nous devons une reconnaissance particulière au projet cobaye de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université Dschang pour son soutien moral à la réalisation de ce travail. A tous ces étudiants de Productions Animales, nous exprimons toute notre gratitude pour leur participation active à la conduite de cet essai. Enfin, nous ne saurions terminer cette rubrique sans adresser nos sincères remerciements au Secrétariat de rédaction de Tropicultura pour son dévouement à la publication de cet article.

Références bibliographiques

1. Bublot G., 1974, Economie de la production agricole. Vander. 436 p.
2. Cicogna M., Castrovilli C., Rigoni M. & Crepaldi P., 1994, Effects of different breeding and mating systems on the productivity of guinea pig, a mini livestock raised for meat production in the tropics, *Rev. Agric. Subtrop. Trop.*, 88, 1, 129-144.
3. Cicogna M., 1995, Enquêtes sur l'élevage de cobayes *Cavia porcellus* L., *Bull. Bedim.*, 5, 1, 15-16.
4. Cicogna M., 2000, Les cobayes : guide technique d'élevage. N°4 sur les cobayes. *Bull. Bedim*, 8 p.
5. Dillard E.U., Vacearo R. Lazaro J. & Robenson O.W., 1972, Phenotypic and genetic parameters in guinea pigs, *J. Anim. Sci.*, 34, 193-195.
6. Fonteh F.A., Niba A.T., Kudi A.C., Tchoumboue J. & Awah_Ndukum J., 2005, Influence of weaning age on the growth performance and survival of weaned guinea pigs, *Livestock Res. Rural Dev.*, 17, 2, 1-4.
7. Hardouin J., Demey F. & Fransolet M.F., 1991, Le cobaye *Cavia porcellus* L., animal de boucherie en pays tropicaux, *Ann. Gembloux*, 97, 69-80.
8. Hardouin J., Stiévenart C., 1991, Le mini-élevage dans les pays tropicaux. CTA-ACP-CEE. 34 p.
9. Huss D.L. & Rocea G., 1982, Small animals for small farms: the guinea pig and the hypothetical development centre. *FAO Reg. Office Latin. Amer. Santiago. Chili.*
10. Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H. & Thebault R.G., 1997, The rabbit husbandry: health and production. *FAO, Anim. Prod. Hlth, Series n°21. ISSN 10109021.*
11. Lukefahr S.D. & Goldman M., 1985, A technical assessment of production and economic aspects of small-scale rabbit farming in Cameroon, *Jour. Appl. Rabbit Res.*, 8, 126-135.
12. Manjeli Y., Tchoumboue J., Njwe R.M. & Tegua A., 1998, Guinea pig production under traditional management, *Trop. Anim. Hlth. Reprod.*, 30, 115-122.
13. Michel C.L. & Bonnet X., 2012, Influence of body condition on reproductive output in the guinea pig, *J. Exp. Zool.*, 317, 24-31.
14. Ngou Ngoupayou J.D., 1992, Guinea pig (*Cavia porcellus* L.) raising for meat production. Research on feeding and monitoring of raising guinea pig in villages in Cameroon. In: *Micro livestock Philipines. November 1992.*
15. Ngou Ngoupayou J.D., Kouonmeric J., Fotso Tagny J.M., Cicogna M., Castrovilli C., Rigoni M. & Hardouin J., 1998, Development opportunities for the guinea pig in sub-Saharan Africa: the case of Cameroon (in French), *Wild Anim. Rev.*, 83, 2, 20-28.
16. Ngou Ngoupayou N.J.D., Kouonmeric J. & Fotso Tagny J.M., 1994, Le cobaye comme animal de boucherie au Cameroun, *Tropicultura*, 12, 4, 157-161.
17. Niba A.T., Djoukam J., Tegua A., Kudi A.C. & Loe J.O., 2004, Influence of level of cottonseed cake in the diet on the feed intake, growth performance and carcass characteristics of guinea pig in Cameroon. *Tropicultura*, 22, 1, 32-39.
18. Niba A.T., Kudi A.C., Fonteh F. & Tchoumboue J., 2008, Influence of birth weight and litter size on the growth performance of guinea pigs under intensive management, *Sci. Agron. Dev.*, 4, 1, 13-20.
19. Niba A.T., Manjeli Y., Fonteh A.F., Kudi A.C., Tchoumboue J. & Manga E., 2009, Effects of weaning age on the reproductive performance of adult female guinea pig, *Sci. Agron. Dev.*, 5, 1, 31-40.
20. Nuwanyakpa M., Lukefahr S.D., Gudahi D. & Ngon Ngoupayou J., 1997, The current and future prospects of guinea pig production under small holder conditions in West Africa: 2. Cameroon case. *Livestock Res. Rural Dev.*, Nov., 9, 5, 11 p.
21. Quijandra B., Zaldivar L.C. & Robinson O.W., 1983, selection in guinea pig. 1, estimation of phenotypic and genetic parameters for litter size and body weight. *Jour. Anim. Sci.*, 56, 814-819. Thomas M. Little and Jackson F. Hills, 1975: *Statistical methods in agricultural research*. 2nd ed. Univ. California. 167 p.
22. S.A.S user's guide: Statistics. Cary. North Carolina. USA. SAS Institute Inc.
23. Tchoumboue J., Niba A.T. & Kenfack A., 2001, Comparative studies on the influence of supplementation with two legumes (*Arachis glabrata* and *Desmodium intortum*) on the reproductive and growth performance of guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) in Africa, *Bull. Anim. Hlth. Prod.*, 49, 79-83.
24. Thomas M. Little & Jackson F.H., 1975, *Statistical methods in agricultural research*. 2nd éd. Univers. California. 167.

G. Ndébi, camerounais, M.Sc, Chercheur, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P 222 Dschang-Cameroun,

A.T. Niba, camerounais, PhD, Chargé de cours, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P 222 Dschang-Cameroun

H.F. Defang, camerounais, PhD, Chargé de cours, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P 222 Dschang-Cameroun

Etudes de quelques paramètres de croissance et de valeur nutritive des variétés d'escargot *Archachatina marginata* (Swainson) élevées en milieu naturel

E.J.P. Kouadio*, K.H. Konan¹, K. Brou², S. Dabonné¹, A.E. Dué¹ & L.P. Kouamé¹

Keywords: *Archachatina marginata*- Banco forest- Live and body weight- Calcium and protein contents- Ivory Coast

Résumé

Des naissains d'escargots âgés d'environ deux mois issus d'un élevage hors-sol de deux variétés d'*Archachatina marginata* ont été introduits dans la forêt du Banco au sein de l'Université Nangui Abrogoua afin d'analyser quelques paramètres de croissance et de valeurs nutritives après 24 mois. Il ressort de cette analyse que 12% des escargots *A. marginata* de la variété à chair noire ont atteint une longueur de coquille de 12,5 cm avec des moyennes de poids vif et de poids de chair estimées respectivement à 218,19 et 44,57 g. Quant à la variété à chair blanche, 3% seulement ont atteint une longueur de coquille de 12,5 cm avec un poids vif moyen de 231,18 g et un poids de chair moyen de 50,96 g, les plus petits escargots étant les plus nombreux avec un pourcentage de 22%, un poids vif moyen de 128,5 g et un poids de chair moyen de 30,2 g. Cette étude a ainsi révélé que les escargots *A. marginata* élevés dans ce milieu naturel présentent les mêmes atouts de croissance que ceux qui vivent dans leur milieu naturel d'origine. Par ailleurs, l'étude de paramètres de valeurs nutritives a indiqué que les chairs des deux variétés de *A. marginata* ont le même taux de cendres d'environ 9,8 % avec des taux de calcium importants de $17,38 \pm 0,37$ et $20,34 \pm 2,94\%$ respectivement pour la variété à chair noire et celle à chair blanche. Quant à leurs coquilles, elles présentent des taux de cendres identiques d'environ 95% avec des taux de calcium respectifs de $35,34 \pm 2,65$ et $25,54 \pm 7,14$ %. Les taux de protéines des chairs sont estimés à environ 62% pour les deux variétés.

Summary

Studies of some Parameters of Growth and Nutritive Values of Snail *Archachatina marginata* (Swainson) bred in Natural Environment

Approximately two months old juvenile snails of from black and white body varieties *Archachatina marginata* obtained from indoor rearing were introduced in Banco forest of Nangui Abogoua University in order to study some growth and nutritive values parameters after 24 months. The result obtained showed that 12% of black body snails exhibited average shell length of 12.5 cm with 218.19 and 44.57 average live weight respectively. Concerning white body snails, only 3% exhibited average shell length of 12.5 cm with 231.1 and 50.96 g of average live and body weight respectively. Numbers of these white body snails were small with percentage of 22%, and average live and body weight of 128.5 and 30.2 g, respectively. This result suggests that snail *A. marginata* under breeding in this natural medium showed good performance of growth comparable to those from the original natural medium. Moreover, the study of nutritive value parameters revealed that body of both varieties of *A. marginata* had the similar ash content of 9.8% with important calcium contents of 17.38 ± 0.37 and $20.34 \pm 2.94\%$ for black and white body varieties, respectively. The shell ash content of both snail varieties showed identical value of 95% with calcium contents of 35.34 ± 2.65 and 25.54 ± 7.14 % for black and white body varieties, respectively. Their body protein content was estimated at approximately 62%.

¹ Université Nangui Abrogoua (Ex Université d'Abobo-Adjamé), Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

² Université Nangui Abrogoua (Ex Université d'Abobo-Adjamé), Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: E-mail: nkouadiop@yahoo.fr

Reçu le 21.03.2013 et accepté pour publication le 30.09.2013

Introduction

La chair de l'escargot géant africain constitue une importante source de protéines animales pour une partie des populations africaines, singulièrement les populations d'Afrique Occidentale. Il est démontré que la chair de l'escargot, un produit de «cueillette» est une denrée alimentaire très prisée en Afrique Occidentale (18). Mais aujourd'hui, la déforestation drastique est devenue un facteur limitant pour l'obtention de ces escargots par le simple ramassage ou «cueillette». Ainsi, la tendance actuelle est de passer de cette cueillette à un mode de production (4, 18). Le mode de production qui a particulièrement intéressé les chercheurs est l'élevage. Beaucoup de travaux se sont intéressés à la production des escargots par élevage. Une grande partie de ces travaux a généralement concerné l'influence des régimes alimentaires sur les performances biologiques des escargots et sur la valeur nutritive de leur chair (4, 10, 16, 23). D'autres travaux ont porté sur l'influence de la densité animale ou du substrat d'élevage sur la croissance et la reproduction des escargots (15, 17). Au cours de ces travaux, les auteurs suscités ont pratiqué généralement des élevages avec enclos au sol, sous bâtiment ou hors-sol. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à deux variétés de l'escargot *A. marginata*: une variété à chair noire et l'autre à chair blanche qui sont toutes importées du Nigeria. *A. marginata* constitue l'espèce d'escargot de choix dans ce pays. Mais, alors que la variété à chair noire est très consommée, celle à chair blanche ne l'est pas pour des raisons culturelles (19). Nous avons introduit des naissains issus d'un élevage hors-sol de ces deux variétés d'*A. marginata* dans la forêt du Banco, forêt à climat tropical humide, au sein de l'Université Nangui Abrogoua à Abidjan (Côte d'Ivoire) et suivi quelques paramètres de croissance et la composition chimique de leur chair et leur coquille après 24 mois.

Matériel

Les escargots utilisés dans ce travail appartiennent à l'espèce *A. marginata*. L'étude a porté sur deux variétés de cette espèce qui sont la variété à chair blanche et celle à chair noire. Ils sont nés au centre

d'achatiniculture de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), de reproducteurs importés des forêts tropicales du Nigeria. Leur poids vif moyen est d'environ 5 g pour une longueur de coquille moyenne d'environ 2,9 cm.

Méthodes

Conditions d'élevage

Des jeunes escargots âgés d'environ deux mois provenant de la ferme d'expérimentation ont été jetés à plusieurs endroits dans la forêt du Banco au sein de l'université Nangui Abrogoua. C'est une forêt classée qui contient plusieurs espèces végétales et animales avec une pluviométrie importante (2000 mm de pluie par an), une humidité relative de l'air d'environ 86% et une température moyenne de 26 °C. Après 24 mois, nous avons procédé au ramassage ou cueillette des escargots en faisant un lot pour la variété à chair noire et un autre lot pour celle à chair blanche. Ces deux lots ont servi à faire l'étude.

Préparation des échantillons et détermination du poids vif, du poids de la chair et de la longueur de la coquille

Les longueurs des coquilles des escargots de chaque lot sont mesurées à l'aide d'un pied à coulisse. Dans chaque lot, les escargots sont regroupés en fonction des longueurs de coquille. Le pourcentage de chaque groupe est calculé par rapport au nombre d'escargots dans chaque lot. Ensuite, la chair de chaque escargot vivant préalablement pesé à l'aide d'une balance de précision de marque ACCULAB (Satorius Group, Germany), est débarrassée de la coquille à l'aide d'une spatule. Cette chair est débarrassée de l'hépatopancréas à l'aide d'un couteau inoxydable et pesée à son tour. Le poids vif moyen et le poids moyen de la chair sont calculés pour chaque groupe de chacun des deux lots. Les chairs et les coquilles sont par la suite découpées en petits morceaux qui sont séchés à l'étuve de marque MEMMERT (West Germany) à 40 °C pendant 168 heures (1 semaine). Ces morceaux de chair et de coquille sont broyés à l'aide d'un broyeur de type IKA (Germany/Deutschland). Le broyat obtenu est tamisé à l'aide d'un tamis de maille 1,5 mm.

Détermination du taux de cendres et de minéraux

Le taux de cendres a été déterminé à partir de 5 g de chacun des échantillons préparés précédemment selon la méthode AOAC (1). Quant au taux de chaque élément minéral, il est déterminé à partir de 0,1 g selon la même méthode en utilisant un spectrophotomètre d'absorption atomique.

Détermination du taux de protéines, de matière grasse et de glucides totaux

Le taux de protéines a été déterminé selon la méthode de Kjeldahl (6) à partir de 0,1 g de chaque échantillon. Le taux de matière grasse a été estimé grâce à la méthode d'extraction au Soxhlet (5) à partir de 5 g d'échantillon. Enfin, le taux de glucides totaux a été également déterminé selon AFNOR (5) à partir de 10 g d'échantillon.

Analyses statistiques

Les écarts type qui rendent compte de la dispersion des mesures autour des valeurs moyennes ont été calculés. La comparaison des moyennes a été réalisée selon le test de Student (20).

Résultats

Paramètres de croissance

L'analyse du tableau 1 montre que dans le lot d'escargots *A. marginata* de la variété à chair noire récoltés après 24 mois dans la forêt du Banco, 12% ont atteint une longueur de coquille de 2,5 cm avec des moyennes de poids vif et de poids de chair estimées respectivement à 218,19 et 44,57 g. Les plus petits escargots de ce lot ont une longueur de coquille de 9,4 cm avec un poids vif moyen de 96,12 g et un poids de chair moyen de 27,14 g. Par ailleurs, le pourcentage le plus important de ce lot est celui des escargots ayant une longueur de coquille 12,4 cm; un poids vif moyen de 212,88 g et un poids de chair de 43,28 g. Concernant le lot des escargots *A. marginata* de la variété à chair blanche, le tableau 1 indique que 3% seulement ont atteint une longueur de coquille de 12,5 cm avec un poids vif moyen de 231,18 g et un poids de chair moyen de 50,96 g. Les plus petits escargots sont les plus nombreux avec un

pourcentage de 22%, un poids vif moyen de 128,5 g et un poids de chair moyen de 30,2 g.

Paramètres biochimiques

Taux de cendres et de minéraux des chairs et des coquilles.

Le tableau 2 indique un taux de cendres identique pour les chairs des deux variétés d'*A. marginata*. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les taux de cendres de la chair d'*A. marginata* de la variété à chair noire et celle à chair blanche selon le test de Student au risque de 5%. Concernant les minéraux, le calcium est le plus représenté dans la chair des deux variétés d'escargot avec 17% pour la chair noire et 20% pour la chair blanche (Tableau 2). Les éléments comme le phosphore, le potassium, le magnésium et le sodium sont présents dans les deux chairs dans des proportions intéressantes. D'autres éléments comme le fer et le zinc existent dans les deux chairs en des taux faibles.

Concernant les coquilles de ces variétés d'*A. marginata*, le tableau 2 indique qu'elles ont des taux de cendres significativement identiques estimés à environ 95%. Les taux de calcium sont respectivement de 35 et 25% pour la coquille de la variété à chair noire et pour celle à chair blanche. Le phosphore, le fer, le sodium, le magnésium et le potassium existent dans les types de coquille en des proportions plus ou moins importantes pendant que le nickel, le cobalt, le zinc, le cuivre et le manganèse sont totalement inexistantes.

Taux de protéines, de matière grasse et de glucides totaux

Le tableau 3 indique que les chairs des deux variétés d'*A. marginata* sont très riches en protéines avec $62,66 \pm 0,10$ % pour la chair noire et $62,53 \pm 0,03$ % pour la chair blanche. L'analyse statistique montre que ces deux valeurs ne sont pas significativement différentes. De plus, nos résultats ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre la teneur de matière grasse, de glucides totaux et le pourcentage d'humidité des différentes variétés étudiées.

Tableau 1

Quelques paramètres de croissance des escargots *A. marginata* de la variété à chair noire et à chair blanche en élevage dans la forêt du Banco.

Longueur de la coquille (cm)		Poids vif (g)		Poids de la chair (g)		Pourcentage (%)	
Variété à chair noire	Variété à chair blanche	Variété à chair noire	Variété à chair blanche	Variété à chair noire	Variété à chair blanche	Variété à chair noire	Variété à chair blanche
9,4	9,8	96,12±3,06 ^a	128,50±2,11 ^a	27,14±0,12 ^a	30,20±0,97 ^a	7	22
10,4	10	128,52±4,13 ^b	135,40±1,08 ^b	27,73±0,25 ^b	31,80±1,01 ^a	14	8
10,8	10,1	138,42±4,03 ^c	137,29±1,63 ^c	29,53±1,32 ^c	38,84±1,57 ^b	7	11
11,1	10,4	150,80±3,24 ^d	150,30±2,53 ^d	32,61±1,79 ^d	33,50±1,33 ^c	16	14
11,2	10,5	156,84±2,07 ^e	146,91±2,21 ^e	34,75±1,02 ^d	32,94±1,26 ^c	10	12
11,4	10,8	164,77±4,22 ^f	182,75±3,21 ^f	41,85±0,99 ^e	39,88±1,32 ^d	15	17
12,4	11,1	212,88±4,96 ^g	170,36±3,06 ^g	43,28±1,13 ^{ef}	39,92±0,77 ^d	19	13
12,5	12,8	218,19±2,17 ^g	230,18±2,66 ^h	44,57±0,85 ^f	50,96±1,88 ^e	12	3

NB: Les colonnes indexées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au test de Student ($P < 0,05$)

Tableau 2

Taux de cendres et de minéraux des chairs et des coquilles des escargots *A. marginata* des variétés à chair noire et à chair blanche en élevage dans la forêt du Banco.

Minéraux (%)	Chair		Coquille	
	Variété à chair noire	Variété à chair blanche	Variété à chair noire	Variété à chair blanche
Cendres	9,86±0,01 ^a	9,83±0,10 ^a	95±0,30 ^a	95±0,27 ^a
Calcium	17,38±0,37 ^a	20,34±2,94 ^b	35,34±2,65 ^a	25,54±7,14 ^b
Phosphore	17,03±0,01 ^a	12,29±0,10 ^b	8,03±0,40 ^a	5,29±0,23 ^b
Potassium	10,68±0,15 ^a	10,71±0,13 ^a	0,02±0,03 ^a	0,01±0,01 ^a
Magnésium	5,56±0,13 ^a	5,93±1,10 ^a	0,01±0,01 ^a	0,02±0,09 ^b
Sodium	2,90±0,18 ^a	3,09±1,11 ^a	0,37±0,16 ^a	0,35±0,00 ^a
Fer	0,09±0,00 ^a	0,09±0,11 ^a	0,06±0,00 ^a	0,04±0,01 ^a
Zinc	0,08±0,00 ^a	0,08±0,00 ^a	traces	traces
Cuivre	0,05±0,01 ^a	0,05±0,00 ^a	traces	traces
Manganèse	0,03±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a	traces	traces
Nickel	0,01±0,02 ^a	0,01±0,00 ^b	traces	traces
Cobalt	traces	traces	traces	traces

NB: Les lignes indexées de la même lettre au niveau de chaque échantillon (chair ou coquille) ne sont pas statistiquement différentes au test de Student ($P < 0,05$)

Tableau 3

Taux de protéines, de matières grasses, de glucides totaux et d'humidité des chairs des escargots *A. marginata* des variétés à chair noire et à chair blanche en élevage dans la forêt du Banco.

Taux	Variété à chair noire	Variété à chair blanche
protéines (%)	62,66±0,10 ^a	62,53±0,03 ^a
Matière grasse (%)	2,98±0,18 ^a	2,85±0,11 ^a
Glucides totaux (%)	4,29±0,01 ^a	4,33±0,02 ^a
Humidité (%)	7,89±0,02 ^a	7,83±0,04 ^a

NB: Les lignes indexées de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au test de Student ($P < 0,05$)

Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les escargots *A. marginata* élevés en milieu naturel dans la forêt du Banco présentent les mêmes atouts de croissance que ceux qui vivent dans leur milieu naturel d'origine. En effet, l'analyse des paramètres

de croissance observés a révélé qu'un bon nombre de variétés d'escargot à chair noire et à chair blanche récoltés dans cette forêt après deux ans ont présenté des poids vifs et des longueurs de coquille plus ou moins proches de ceux d'un escargot *A. marginata* adulte (8). Par ailleurs, ces résultats

semblent indiquer que ce type d'élevage donne une meilleure performance de croissance que les élevages classiques dits hors-sol ou sous bâtiment. En effet, des travaux sur les escargots de la même espèce en élevage en cage et nourris par différents régimes alimentaires (4), ont montré qu'en six mois, le meilleur régime n'a donné qu'un poids vif de $24,57 \pm 3,5$ g et une longueur de coquille de $4,96 \pm 0,04$ cm alors que les paramètres initiaux étaient respectivement de $10,55 \pm 2,5$ g et $3,80 \pm 0,04$ cm. Par contre, certains auteurs, dans les mêmes conditions d'élevage, ont pu obtenir un poids vif de $40,4 \pm 1,5$ g et une longueur de coquille de $5,7 \pm 0,3$ cm en 70 jours avec un régime alimentaire contenant 25% de protéines brutes pour des paramètres initiaux de $5,1 \pm 0,1$ g et $2,9 \pm 0,1$ cm (10). Ainsi, le taux de protéines des régimes alimentaires des escargots semble fondamental. Avec cette remarquable croissance des escargots *A. marginata* dans la forêt du Banco, on peut aisément penser que ceux-ci ont pu trouver dans cette forêt la quantité de protéines idéale. Par ailleurs, selon d'autres auteurs (9), les jeunes escargots du genre *Archachatina* sont assez résistants, contrairement à ceux du genre *Achatina* qui sont très fragiles. Cette relative résistance des jeunes escargots introduits dans la forêt du Banco pourrait avoir contribué considérablement à ces résultats intéressants concernant le pourcentage important d'escargots qui ont atteint le stade adulte avec ces paramètres de croissance observés au cours de ce de travail. Selon plusieurs travaux (16, 22), les escargots sont végétariens en milieu naturel. Ils se nourrissent essentiellement de fruits, de fleurs, de feuilles ainsi que de bois mort de nombreuses plantes sauvages ou cultivées souvent en état de décomposition. Or, bien que ces variétés d'*A. marginata* en expérimentation dans ce travail soient importées et introduites dans la forêt du Banco qui constitue ici le milieu d'élevage, on pourrait considérer ce nouveau milieu comme un milieu naturel car la forêt du Banco est une forêt tropicale humide très riche en espèces végétales et animales et dont l'humidité, la température et la disparition de l'éclairement naturel peuvent être favorables aux activités biologiques et physiologiques de l'escargot.

D'ailleurs, ces trois facteurs interfèrent pour déclencher l'activité de l'escargot qui est préférentiellement nocturne (22). Des travaux de Kouassi et al. (16) ont montré que les aliments composés, c'est-à-dire riches à la fois, en énergie, en protéines, minéraux et vitamines offrent une meilleure croissance aux escargots. On pense que dans ce nouveau milieu naturel, les escargots ont trouvé cet aliment composé grâce aux nombreuses espèces végétales qui y existent. Cet aliment pourrait être riche en calcium qui est l'élément fondamental pour l'élaboration de la coquille (7) car la forêt du Banco constitue déjà un milieu naturel de vie pour les escargots locaux comme *Achatina fulica*. En effet, les milieux naturels de vie des escargots ont un sol calcaire (14). Concernant l'analyse minérale des chairs des deux variétés d'escargot, il ressort de l'observation des résultats que le taux de cendres est le même pour les deux variétés (9,8%) selon le test de Student et l'élément minéral le plus important dans ces deux chairs est le calcium. Ce taux de cendres est largement supérieur à ceux déterminés chez la même espèce d'escargot nourris à différentes sources d'azote (4). Les résultats obtenus indiquent des taux variant de 1,16 à 1,12. Par ailleurs, ce taux est supérieur à ceux obtenus chez *Achatina achatina* (7,8) et *Achatina fulica* (7,8%) (2, 3). Concernant particulièrement le calcium, son taux est plus important dans la variété à chair blanche (20,34 %) que celle à chair noire (17,38%). Ces taux de calcium des chairs de ces variétés d'*A. marginata* sont nettement plus importants que ceux estimés dans les chairs des escargots de la même espèce nourris par différentes sources d'azote. La quantité de calcium est estimée dans ces différentes chairs entre 46,75 et 941,75 mg/100 g de matière sèche (4). De façon générale, le potassium, le magnésium et le sodium existent en des taux plus ou moins importants et statistiquement identiques pour chaque minéral d'une variété à l'autre. Quand au taux de phosphore, il est plus important chez la variété à chair noire que celle à chair blanche. Tous ces minéraux suscités ont également été trouvés dans la chair de l'escargot *Helix pomatia* récolté dans le sud de la Turquie (20) en des proportions

importantes. Concernant précisément le fer, le taux est très faible dans les chairs des deux variétés contrairement aux chairs d'*A. marginata* nourris par différentes sources d'azote dans lesquelles le fer est le minéral le plus important (4).

Par ailleurs, l'analyse minérale des coquilles de ces variétés de *A. marginata* élevées dans la forêt du Banco montre que celles-ci sont constituées essentiellement de minéraux comme l'atteste les taux de cendre statistiquement identiques (autour de 95%). Le calcium est le minéral dominant avec un taux plus élevé chez la variété à chair noire que celle à chair blanche. Ce résultat est en accord avec d'autres travaux (11), qui ont montré que le calcium et le minéral essentiel dans la confection de la coquille de l'escargot. D'ailleurs, des taux de calcium presque similaires à celui de la variété à chair noire ont été trouvés dans les coquilles d'*Archachatina ventricosa* (36,84%), *Achatina achatina* (36,13%) et *Achatina fulica* (36,86%) (2, 3). Ainsi, les coquilles de la variété à chair noire qui semblent relativement riches en minéraux peuvent être utilisées comme complément en minéraux dans l'alimentation animale. Dans cette optique, des travaux ont montré que les coquilles d'escargot constituent une source efficace de minéraux dans l'alimentation des poules pondeuses (12). Enfin, en ce qui concerne les taux des deux chairs en protéines, matière grasse, glucides totaux et humidité, les valeurs sont statistiquement identiques pour chaque taux d'une variété à l'autre selon le test de Student. Le taux de protéines (62%) est proche des ceux estimés dans les chairs des escargots de la même espèce nourris par des régimes contenant différentes quantités de protéines (10). Ces taux varient en fonction du régime entre 56,4 et 72,1%. Ce taux de protéines est également plus ou moins proche de ceux des chairs de *Achatina achatina* (65%), *Archachatina ventricosa* (69,6%) et *Achatina fulica* (72%) (2, 3). D'ailleurs, des auteurs ont indiqué que le taux de protéines de la chair de l'escargot géant africain est supérieur à 40% (7). Par contre, ce taux est très largement supérieur à celui de la chair de *Helix promatia* qui est de 18% (20). Quant aux taux de matière grasse, il est sensiblement identique à ceux

estimés) dans les chairs de la même espèce qui se situent entre 1,32 et 1,40% (4) et dans les chairs de plusieurs espèces d'escargots collectés au Nigeria (13). Par ailleurs, ce taux de matière grasse est supérieur à celui de l'escargot *Helix promatia* qui est de 0,49% (19). Au regard de ces résultats obtenus, l'élevage des deux variétés de *A. marginata* en milieu naturel constitué par la forêt du Banco semble donner des bons résultats. L'inconvénient majeur de ce type d'élevage est qu'il échappe au contrôle rigoureux de l'homme. Mais il a l'avantage de bénéficier d'un environnement qui est l'environnement naturel des escargots et de nécessiter peu de moyens humains et économiques.

Conclusion

Au terme de ce travail portant sur l'analyse de quelques paramètres de croissance et de valeur nutritive de l'escargot *A. marginata* en élevage en milieu naturel dans la forêt du Banco, nous pouvons retenir que cette forêt constitue un milieu favorable à une bonne croissance pondérale et coquillière de cet escargot. En outre, l'analyse de la composition des chairs et même des coquilles de deux variétés de cet escargot a montré que les deux variétés sont identiques et constituent une excellente source de protéines et de minéraux. Ainsi, les considérations culturelles qui sont à l'origine du rejet de la variété à chair blanche n'ont aucun fondement scientifique. En tout état de cause, la vulgarisation de ce type d'élevage en forêt classée et partiellement contrôlé par l'homme pourrait constituer un moyen de production de ces escargots.

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements au Professeur A. Otchoumon du Laboratoire de Biologie et de Cytologie Animales de l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Nature (Université Nangui Abrogoua, Abidjan), responsable du centre d'achaticulture, pour sa contribution à la réalisation de ce travail.

Références bibliographiques

1. A.O.A.C., 1985, Official Method of Analysis. 3ème édition. Association of Agricultural Chemists, Washington D.C. 40 P.
2. Aboua F., 1990, Chemical composition of *Achatina fulica*, *Tropicultura*, 8, 3, 121-122.
3. Aboua F., 1995, Proximate analysis and mineral content of two giant African snails consumed in the Ivory Coast. *Trop. Sci.*, 35, 220-222.
4. Ademolu K.O., Idowu A.B., Mafiana C.F. & Osinowo O.A., 2004, Performance, proximate and mineral analyses of African giant land snail (*Archachatina marginata*) fed different nitrogen sources. *Afr. J. Biotechnol.*, 3, 412-417.
5. AFNOR, 1991, Association Française de Normalisation. Recueil des normes françaises des céréales et des produits céréaliers. 3ème édition. 422 p.
6. BIPEA, 1976, Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques. Recueil de méthodes d'analyse des communautés européennes 110 p.
7. Bonnet J.C., Aupinel & Vrillon J.L., 1990, L'escargot *Helix aspersa*: biologie - élevage. INRA Editeur, Paris & ISBN: 2-7380-0247-1, 124 p.
8. Brescia F., Chardonnet R., Garine W. M. & Jori F., 2002, Les élevages non conventionnels, Mémento de l'Agronome, CIRAD-GRET Ministère des Affaires Etrangères, Paris, 1691pp.
9. Codjla J.T.C. & Noumonvi R.C.G., 2002, Guide technique d'élevage N°2 sur les escargots géants. J. Hardouin, B.E.D.I.M., FUSAGx, 5030 Gembloux, 8 p.
10. Ejidike B.N., 2004, Growth performance and nutrient utilization of African giant land snail (*Archachatina marginata*) hatchlings fed different protein diets. *Food. Agric. Environ.*, 2, 160-162.
11. Hardouin J., Stievenart C. & Codjla J.T.C., 1995, «L'achaticulture». *W.A.R.*, 83, 29-39.
12. Houndonougbo M.F., Chrysostome C.A.A.M., Odoulami R.C. & Codjla J.T.C., 2012, Snail shell as an efficient mineral feedstuff for layer hens: Effects and optimum rate. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #162. Retrieved March 15, 2013, from: <http://www.lrrd.org/lrrd24/9/houn24162.htm>.
13. Imevbore E., 1990, Carcass evaluation and nutritive value of some popular edible molluscs in Nigeria. *Nahrung*, 34, 549-553.
14. Johannessen L.E. & Solhoy T., 2001, Effects of experimental increased calcium levels in the litter on terrestrial snail populations. *Pedobiologia*, 45, 234-242.
15. Karamoko M., Memel J-D., Kouassi K.D. & Otchoumou A., 2011, Influence de la densité animale sur la croissance et la reproduction de l'escargot *Limicolaria flammea* (Müller) en conditions d'élevage. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 27, 393-406.
16. Kouassi K. D., Otchoumou A. & Dosso H., 2007a, Effets de l'alimentation sur les performances biologiques chez l'escargot géant africain: *Archachatina ventricosa* (Gould 1850) en élevage hors-sol. *Livestock Res. Rural Dev.*, 19, 16-20.
17. Kouassi K.D., Otchoumou A. & Dosso H., 2007b, Les escargots comestibles de Côte d'Ivoire: influence de substrats d'élevage sur les paramètres de croissance d'*Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol, *Tropicultura*, 25, 16-20.
18. Koudande O.D. & Ehouinson M., 1995, Influence of feeding on the production of *Archachatina* sp., *FAO*, 83, 60-63.
19. Owen D.F. & Reid J.C., 1986, The white snails in Africa: the significance of man in the maintenance of a striking polymorphism, *OIKOS*, 46, 267-269.
20. Özogul Y., Özogul F. & Olgunoglu A. I., 2005, Fatty acid profile and mineral content of the wild snail (*Helix pomatia*) from the region of the south of the Turkey, *Eur. Food Res. Technol.*, 221, 547-549.
21. Schwarts D., Lazar P. & Papoz L., 1985, *Statistique médicale et biologique*. 5ème édition. Flammarion Médecine Science 215 P.
22. Zongo D., 1994, L'élevage des escargots, une source insoupçonnée de protéines de hautes valeurs nutritionnelles. Fiche technique N°2 ENSA/LACENA, 5-9.
23. Zongo D., Coulibaly M., Diambra O.H. & Adjiri E., 1990, Note sur l'élevage de l'escargot géant africain *Achatina achatina*, *Nat. Faune*, 6, 32-44

E. J. P. Kouadio, Ivoirien, PhD, Maître de conférences (CAMES), Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

K.H. Konan, Ivoirien, PhD., Assistant, Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

K. Brou, Ivoirien, PhD., Maître de conférences (CAMES), Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

S. Dabonné, Ivoirien, PhD., Maître de conférences (CAMES) Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

A.E. Dué, Ivoirien, PhD., Maître de conférences (CAMES), Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

L.P. Kouamé, Ivoirien, PhD., Professeur Titulaire (CAMES), Université Nangui Abrogoua, Directeur du Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologie des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Supplémentation de feuilles de palmier à huile (*Elaeis guineensis*) traitées à la vapeur à des agneaux en Malaisie

K. Bengaly

Keywords: Cassava foliage- Lambs- Nitrogen balance- Oil palm fronds- Supplementation- Malaysia

Résumé

L'effet de rations alimentaires à base de feuilles de palmier à huile (FPH) traitées à la vapeur puis complémentées avec une quantité optimale d'urée (16 g/kg) et du fourrage de manioc (la tige plus les feuilles, TFM) sur le bilan azoté a été évalué chez des agneaux. Le TFM broyé puis conditionné en boulettes était offert à 9 agneaux dont le poids vif moyen variait entre 15 et 20 kg selon trois traitements correspondant à des proportions de: 0% (ration TFM0), 20% (ration TFM20) et 40% (ration TFM40) de la quantité de matière sèche (MS) de FPH. Les animaux étaient répartis dans un dispositif en blocs complètement randomisés. Le niveau de complémentation avec TFM a eu un effet positif ($P < 0,01$) sur l'ingestion de la MS, de la matière organique (MO) et des fibres traitées au détergent neutre ou «neutral detergent fibre» (fibres NDF). La digestibilité de MS et de MO a également été positivement affectée ($P < 0,01$) par la complémentation. Mais aucun effet n'a été observé ($P > 0,05$) sur la digestibilité des fibres NDF. Un bilan azoté positif n'a été observé que chez les agneaux soumis au niveau de complémentation le plus élevé (TFM40). Les paramètres digestifs mesurés (pH, azote ammoniacal, acides gras volatiles) n'ont donné aucune indication d'un effet dépressif quelconque d'une des rations sur la digestion ruménale des FPHs. Il a été conclu que des rations composées de FPH traitées à la vapeur et complémentées avec de l'urée (à raison de 16 g/kg) et des quantités modestes de TFM aggloméré (par exemple 200 g/kg MS) seront bien ingérées par des agneaux sans aucun effet dépressif sur l'ingestion de la ration de base. Cette complémentation permet d'améliorer le bilan azoté et les performances pondérales des animaux.

Summary

Supplementation of Steam-processed Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Fronds for Lambs in Malaysia

The effect of supplementation of steam-treated oil palm fronds (SOPF) at an optimum rate of urea inclusion (16 g/kg) together with graded levels of pelleted cassava foliage (PCF) on nitrogen balance in lambs was investigated. The PCF was fed in amounts equivalent to 0% (PCF0), 20% (PCF20) or 40% (PCF40) of dry matter (DM) intake of steam-treated oil palm fronds to 9 lambs in a completely randomized block design. The level of PCF supplementation had a positive effect ($P < 0.01$) on intake of DM, organic matter (OM) and of neutral detergent fiber (NDF). The digestibility for DM and OM were positively affected ($P < 0.01$) by PCF supplementation, but NDF digestibility was not affected ($P > 0.05$). Nitrogen balance was only positive when the lambs received the highest level of PCF supplementation (PCF40). Results of rumen metabolites (pH, ammonia-nitrogen and volatile fatty acids) did not indicate any depressive effect on microbial digestion of SOPF. It was concluded that SOPF supplemented with adequate amount of urea (i.e. 16 g/kg) and small quantities of PCF (e.g. 200 g/kg DM) would significantly increase total DM intake without any depressive effect on intake of basal SOPF. The supplementation improved nitrogen balance and live weight gains of the animals.

¹ Department of Animal Science, University Putra Malaysia, Serdang, Selangor, Malaysia.

Auteur correspondant: E-mail: konis6@gmail.com.

Reçu le 12.03.2013 et accepté pour la publication le 24.02.2014

Introduction

La Malaisie, premier pays exportateur d'huile de palme produit annuellement environ 24, 4 millions de tonnes de MS de feuilles de palmier à huile (FPH) sur ses 2,5 millions d'hectares de plantation (6). A cause du manque de pâturages naturels, dû en grande partie aux vastes plantations de cacao, de palmier à huile et d'ananas, il a été suggéré de valoriser les feuilles de palmier dans l'alimentation des ruminants (9). Toutefois, la teneur relativement élevée en constituants pariétaux (60 à 70%) et la faible teneur en azote (N) [(5% protéines brutes (PB))] limitent l'utilisation effective des FPH par les microorganismes du rumen et donc par l'animal (9). La valorisation de cette biomasse importante de FPH dans l'alimentation des ruminants est d'une importance capitale pour le développement d'une véritable industrie animale en Malaisie car, la production locale ne couvre actuellement que 20% des besoins en viande bovine, 6% en viande ovine et 5% en lait (21). Mais ces valeurs sont en nette régression à cause d'une demande en forte expansion. Le traitement à la vapeur permet d'accroître la dégradabilité in sacco des FPH dans le rumen de 40% (4). De plus, aucun problème de palatabilité n'a été observé lorsque les FPH traitées à 20 kg/cm² pendant 20 minutes ont été apportées à des moutons ou à des bovins (3). Malgré l'amélioration du potentiel de digestibilité (donc la densité énergétique) des FPH par le traitement à la vapeur, l'apport d'une source de protéine s'avère nécessaire pour stimuler l'appétit et améliorer les performances zootechniques d'animaux nourris à base de ce fourrage. Mais l'apport de concentrés achetés dans le commerce comme compléments au matériel traité à la vapeur serait difficile à justifier sur le plan économique, car il augmenterait les coûts. Par ailleurs, il a été démontré que le fourrage de manioc (la tige plus les feuilles, TFM) qui est largement disponible dans beaucoup de régions tropicales, constitue une excellente source de protéines (20).

Le TFM est relativement riche en constituants pariétaux, par conséquent, son apport en complément à une ration de base constituée de fourrage grossier augmenterait la teneur de la

ration entière en ces composés, difficiles à dégrader par les microorganismes du rumen. Ce phénomène peut limiter l'ingestibilité et la digestibilité de la ration entière avec comme corollaire une augmentation de l'excrétion azotée dans les urines ou dans les fèces, dépendant de la vitesse de dégradation du complément dans le rumen. Bonsi et al. (5), ont montré que les compléments de fourrages qui sont facilement ou rapidement dégradables dans le rumen, comme le fourrage de *Sesbania sesban*, tendent à favoriser l'excrétion urinaire, tandis que ceux qui sont lentement dégradables (comme *Leucaena leucocephala*) tendent à favoriser l'excrétion fécale d'azote. Le fourrage de manioc a une dégradabilité dans le rumen assez élevée, de l'ordre de 80% (3), en admettant un taux de sortie des particules alimentaires hors du rumen de 2% par heure.

L'objectif de cet essai était d'évaluer l'effet de rations composées de feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur puis enrichies à l'urée et complémentées avec des proportions croissantes de fourrage de manioc sur la rétention azotée chez des agneaux.

Matériels et méthodes

Rations, animaux et dispositif expérimental

L'essai s'est déroulé à la station de l'Université Putra Malaysia (UPM) où la température oscillait entre 24 et 32°C et l'humidité relative entre 61 et 94%. Des feuilles de palmier (âgé de 20 ans environ) nouvellement collectées ont été hachées, pré-séchées au soleil puis traitées à la vapeur à une pression de 10 kg/cm² pendant 20 minutes à l'aide d'un autoclave (HITACHIZOSEN CO, LTD, Japan), d'une capacité de 200 L et une température préétablie à 214 °C (3). Les feuilles ainsi traitées ont été mélangées à des ingrédients issus du commerce comme, la mélasse de canne (3%), le phosphate dicalcique (1%), l'urée (1,6%) et le sulfate de sodium anhydre à raison de 0,13 g/g d'urée (7). Ce mélange qui constituait ainsi la ration de base, était apporté soit seul (ration TFM0), soit complémenté avec du fourrage de manioc aggloméré à raison de 20 (ration TFM20) ou 40% (ration TFM40), en supposant un niveau minimal

d'ingestion de 600 g de MS/jour. Ces proportions du fourrage de manioc ont été retenues sur la base du seuil de 30 à 40% généralement recommandé pour les légumineuses fourragères cultivées (11, 18). Après récolte, le fourrage de manioc était haché, séché au soleil puis conditionné en boulettes. Ces 3 rations ont été apportées à 9 agneaux mâles entiers de race Dorset x Malin issus du troupeau ovin de la ferme expérimentale de UPM et dont le poids vif moyen était compris entre 15 et 20 kg. Le suivi sanitaire des animaux (vaccination et déparasitage) était assuré par une équipe de la Faculté de Médecine Vétérinaire de UPM. Les agneaux étaient logés dans des boxes individuels sous un hangar en tôle galvanisée pendant la période d'adaptation aux rations expérimentales, puis ils ont été transférés dans des cages de digestibilité pendant la période de mesures. Ils ont été répartis au hasard entre les 3 traitements selon un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés avec les périodes expérimentales considérées comme des blocs et l'essai s'est déroulé en 2 périodes. Les animaux ont été répartis de nouveau au hasard entre les rations au début de la deuxième période de façon à ce qu'aucun animal n'ait reçu deux fois la même ration. Ainsi, trois animaux ont reçu la même ration dans chacune des 2 périodes expérimentales, donnant alors 6 observations par traitement. Chaque période expérimentale comprenait une période de 14 jours d'adaptation aux régimes alimentaires et une autre période de 7 jours pour la collecte des données.

Mesures

Les rations journalières étaient offertes deux fois par jour à 8.00 et à 16.00 heure. La ration de base était offerte ad libitum après consommation du complément. La ration journalière était calculée de manière à obtenir une quantité de refus égale à 20% de la quantité offerte. Les animaux avaient accès à l'eau de boisson. A partir du 15^{ème} jour, des échantillons de fèces (10%) et d'urine (5%) ont été collectés puis conservés à -4 °C avant d'être analysés. Un échantillon de jus de rumen a également été mécaniquement prélevé à l'aide d'un tube directement introduit dans le rumen à travers

l'œsophage au 22^{ème} jour de la période expérimentale à 2, 4 et 6 heures après la ration du matin, et le pH immédiatement mesuré (Orion Model 701 digital pH meter, Cambridge, USA). Les animaux étaient pesés au début et à la fin de chaque période expérimentale.

Analyses chimiques

Les analyses chimiques des échantillons d'aliments et de fèces ont porté sur la matière sèche (MS), la matière organique (MO) selon les procédures de l'Association of Official Analytical Chemists (2). Les constituants pariétaux (fibres): neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) et acid detergent lignin (ADL) ont été déterminés selon les méthodes de Van Soest et al. (19). L'azote (N) total a été déterminé sur les échantillons d'aliments, de fèces et d'urine et du jus de rumen selon la méthode Kjeldahl. Les AGVs ont été déterminés par la chromatographie liquide en phase gazeuse (10).

Analyses statistiques

Les données ont été statistiquement analysées selon un dispositif en blocs complets randomisés (17), avec la somme des carrés du modèle répartie entre l'effet période et les effets linéaire et quadratique du niveau d'apport du fourrage de manioc dans la ration (17). Pour ce qui concerne le pH, N-NH₃ et les AGVs, les données ont été analysées selon un dispositif split-plot.

Résultats

Composition chimique

La composition chimique des feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur et des feuilles de manioc est reportée au tableau 1.

Le fourrage de manioc (TFM) contenait environ 5 fois plus de PB que les feuilles de palmier, mais ces dernières contenaient plus de composés pariétaux comme les hémicelluloses et la lignine.

Ingestion et digestibilité

Les résultats sur l'ingestion volontaire et la digestibilité apparente des rations sont rapportés au tableau 2. L'augmentation du niveau d'apport de TFM a entraîné un accroissement linéaire ($P < 0,01$) de la quantité totale ingérée de MS, MO et NDF.

Tableau 1

Composition chimique (%MS) de feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur et du fourrage de manioc.

	Feuilles de Palmier traitées	Fourrage de Manioc
Matière sèche (MS)	94, 9	93, 2
Protéines brutes (PB)	4, 2	22, 9
Fibres traitées au détergent neutre (NDF)	60, 9	46, 0
Fibres traitées au détergent et à l'acide (ADF)	58, 1	37, 7
Résidu après traitement de l'ADF à l'acide (Lignine)	10, 0	2, 6
Hemicellulose [#]	2, 8	8, 3
Cellulose*	48, 1	35, 1

[#]Hemicellulose = NDF – ADF ; *Cellulose = ADF - Lignine

Tableau 2

Ingestion volontaire et digestibilité apparente de feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur et complétées avec des proportions croissantes de fourrage de manioc chez des agneaux.

	Ration ¹			ET ²
	TFM0	TFM20	TFM40	
Ingestion volontaire (g/jour)				
Ration totale-MS ³	580,8 ^b	735,8 ^a	815,3 ^a	52,57
Feuilles de palmier-MS ³	580,8 ^b	601,7 ^a	565,3 ^a	60, 87
Ration totale-MO ³	501,5 ^b	636,3 ^a	706,2 ^a	46, 05
Ration totale-NDF ³	359,7 ^c	447,7 ^b	789,2 ^a	31, 67
Digestibilité (%)				
MS	42,1 ^b	45,2 ^a	45,3 ^a	1,35
MO	41,9 ^b	45,9 ^a	46,2 ^a	1,4
Fibre traitée au détergent neutre (NDF)	37,9 ^a	39,9 ^a	41,1 ^a	1,64
EM ingérée (MJ/kg ^{0,75}) ⁴	0,36	0,495	0,553	
Gain de poids (g/jour)	-14,8 ^c	25,9 ^b	61,6 ^a	23,68

¹Rations: TFM0, 0% de manioc; TFM20, 20% de manioc; TFM40, 40% de manioc. ²ET: écart-type de la différence entre les traitements. ³MS, matière sèche; MO, matière organique ; NDF, neutral detergent fibre. ⁴EM, énergie métabolisable ingérée calculée comme suit : EM= MODI (matière organique digestible ingérée) (kg) x 15,6 (ARC, 1980. a,b,cLes valeurs d'une même ligne portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Tableau 3

Bilan azoté chez des agneaux nourris à base de feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur et complémentées avec des proportions croissantes de fourrage de manioc.

	Ration ¹			ET ²
	TFM0	TFM20	TFM40	
Quantité d'azote (N) ingérée (g/jour)	8,7 ^c	14,6 ^b	18,5 ^a	
Quantité de N excrétée dans les fèces (g/jour)	5,1 ^c	6,9 ^b	8,8 ^a	0,64
Quantité de N excrétée dans les urines (g/jour)	6,9 ^b	8,0 ^a	9,5 ^a	0,8
Rétention azotée (g/jour)	-3,3 ^b	-0,4 ^a	0,2 ^a	0,7
Digestibilité apparente de N (%)	41,3 ^b	52,6 ^a	53,0 ^a	1,55

¹Rations : TFM0, 0% de manioc ; TFM20, 20% de manioc ; TFM40, 40% de manioc. ²ET : écart-type de la différence entre les traitements. a,b,c Les valeurs d'une même ligne portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

L'ingestion est restée stable après le premier niveau d'apport de TFM, c'est-à-dire 20%. L'ingestion moyenne de MS de la ration de base a tendu à légèrement baisser ($P > 0,05$) lorsque TFM était au niveau d'apport le plus élevé (40%) dans la ration, indiquant alors une tendance à la substitution de la ration de base par le complément. Tout comme l'ingestion, la digestibilité apparente aussi a augmenté de façon linéaire (MS, $P < 0,05$; OM, $P < 0,01$) avec l'augmentation du niveau de complémentation. Cependant l'apport de TFM n'a pas affecté de façon significative ($P > 0,05$) la digestibilité de certains constituants pariétaux comme NDF.

Bilan azoté

Les résultats du bilan azoté sont présentés au tableau 3. D'une façon générale, l'apport du fourrage de manioc a entraîné une augmentation significative de l'ingestion ($P < 0,001$), l'excrétion fécale ($P < 0,01$) et l'excrétion urinaire ($P < 0,05$) de N. L'azote fécal était plus important chez les animaux soumis à la ration TFM40 que chez ceux recevant TFM20, tandis que l'azote urinaire n'a pas varié entre ces mêmes rations. La rétention azotée était plus importante ($P < 0,001$) chez les animaux recevant les compléments (TFM20 et TFM40) que chez ceux recevant la ration témoin (TFM0). Malgré la différence non significative ($P > 0,05$) observée entre TFM20 et TFM40, le bilan azoté n'était positif que lorsque les animaux recevaient la ration TFM40.

Paramètres digestifs du rumen

Aucune différence significative ($P > 0,05$) n'a été observée entre les rations pour tous ces paramètres. Les valeurs moyennes du pH ont varié de 7,52 pour la ration TFM0; à 7,63 pour la TFM20 et à 7,63 pour TFM40. La valeur maximale de N-ammoniacal (112 mg/l de jus de rumen) était obtenue chez les animaux recevant la ration TFM20, la valeur minimale (79 mg/l) avec la ration TFM40 et la valeur intermédiaire (90 mg/l) était obtenue dans le rumen des animaux recevant la ration témoin. La concentration totale des AGVs dans le jus du rumen a varié de 82,4 mmol/l avec la ration TFM40, à 98 mmol/l avec TFM0 et à 103,6 mmol/l avec TFM20. Les proportions des principaux AGVs pris individuellement étaient en moyenne de 70% pour l'acétate; 13,5% pour le propionate et 9,2% pour le butyrate.

Discussion

Effet du fourrage de manioc sur l'ingestion, la digestibilité et le gain de poids des animaux

Le niveau optimal de complémentation d'une ressource fourragère pauvre avec un autre fourrage de meilleure qualité devrait maintenir, voire augmenter l'ingestion de la ration de base au lieu d'accroître le taux de substitution de cette dernière par le complément. Ce phénomène de substitution a été très souvent observé chez des animaux recevant des compléments de fourrage de

légumineuses ayant différentes vitesses de dégradation dans le rumen (5, 8). L'ingestion des feuilles de palmier traitées à la vapeur n'a pas été déprimée de façon significative quel que soit le niveau de complémentation (tableau 2). Les animaux recevant les rations TFM20 et TFM40 ont consommé par jour plus de constituants pariétaux (NDF) comparés à ceux soumis au régime témoin (TFM0). A l'exception de NDF, la digestibilité des autres composés (MS et MO) s'est améliorée grâce à l'apport du fourrage de manioc. Par contre, Sharma et al. (13) a observé une légère dépression de l'ingestion et une réduction significative de la digestibilité chez des moutons adultes recevant des rations en boulettes comprenant du foin de luzerne et 45% de copeaux de bois traités à la vapeur, mais la digestibilité de la cellulose brute n'était pas affectée. L'hypothèse avancée par les auteurs est que ces différences sont probablement dues à l'effet de remplissage du rumen et une vitesse de renouvellement assez lente du contenu du rumen. Il est possible que cela soit aussi dû à la forme de présentation de l'aliment (boulette). Dans notre étude les feuilles de palmier traitées à la vapeur n'étaient pas transformées en boulettes. L'effet positif, bien que non significatif du fourrage de manioc sur la digestibilité de NDF serait en faveur de l'hypothèse d'une synergie déclenchée non seulement par la présence de composés pariétaux dans ce fourrage, comme la cellulose et les hémicelluloses facilement dégradables (14), mais également par un apport azoté plus important dans le rumen.

Les besoins d'entretien en énergie métabolisable pour des agneaux alimentés à l'auge sont : 0,414 MJ/kg^{0,75} (1). En convertissant (1) la matière organique digestible ingérée (MODI) en énergie métabolisable (EM) : MODI (kg) x 15,6 l'examen des données du tableau 2 montre que les besoins d'entretien des agneaux étaient couverts par la complémentation avec le fourrage de manioc. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par McMeniman et al. (8) chez des moutons recevant de la paille de riz complétement avec l'urée et 250 g/jour de fanes d'une légumineuse (niébé, pois d'angole, arachide ou luzerne). Par contre, à part une augmentation de l'ingestion totale de la ration,

Smith et al. (16) n'ont pas obtenu de résultats satisfaisants sur des moutons nourris de paille de maïs complétement par des fanes d'une légumineuse.

Puisque le traitement à la vapeur a augmenté la dégradabilité des feuilles de palmier dans le rumen (4), on peut s'attendre à une plus grande vitesse d'évacuation des particules alimentaires hors du rumen. Ce phénomène est habituellement observé avec les fourrages pauvres traités à l'ammoniac ou à la soude caustique, et c'est probablement une des raisons pour lesquelles la complémentation de certains fourrages grossiers non-traités avec des fanes de légumineuses n'engendre pas toujours les effets escomptés à part une augmentation de l'ingestion totale de la ration.

Le seul apport de l'urée aux feuilles de palmier traitées n'était pas suffisant pour maintenir le poids des animaux à cause de la faible digestibilité de cette ration. Mais l'apport de quantités modestes de fourrage de manioc a permis d'améliorer l'ingestion et la digestibilité. Toutefois, une période expérimentale beaucoup plus longue permettrait de se prononcer sur ces résultats. Le maximum de gain de poids (62 g/jour) obtenu dans cette étude est légèrement supérieur au résultat de 58 g/jour enregistré par Silva et al. (16) sur des moutons nourris de paille traitée à l'ammoniac puis complétement soit avec de la farine de poisson, soit avec des pulpes de betterave sucrière.

Effet du fourrage de manioc sur le bilan azoté

Les agneaux soumis à la ration TFM0 ont excrété dans les urines et dans les fèces des quantités de N équivalant respectivement à environ 80 et 60% des quantités journalières ingérées (Tableau 3). Pendant que l'excrétion fécale de N était plus importante avec la ration TFM40 qu'avec la ration TFM20, la différence pour l'azote urinaire n'était pas grande, et le bilan azoté n'était positif que lorsque les animaux recevaient le niveau supérieur de complémentation. Apparemment, comme l'on pouvait s'y attendre, les agneaux recevant la ration témoin (TFM0) et dans une moindre mesure ceux soumis au premier niveau de complémentation ne pouvaient pas suffisamment maintenir un équilibre

azoté par manque de protéines alimentaires digestibles dans l'intestin (PDI) entraînant plus de pertes endogènes. Une hypothèse testée à travers cet essai était que même si le traitement à la vapeur rendait disponible de l'énergie dans les feuilles de palmier à huile pour les microbes du rumen, cette énergie ne suffirait pas pour une utilisation maximale de N apporté par l'urée alimentaire, provoquant alors des pertes inévitables d'azote urinaire. Par conséquent, il fallait des apports additionnels d'énergie et de protéines non dégradables dans le rumen pour compenser ces pertes et optimiser l'équilibre ruminal et par la suite les performances pondérales des animaux. Ces résultats ont montré que le bilan azoté positif et les performances pondérales des animaux recevant la ration TFM40 ne pouvaient pas être simplement attribués à une ingestion plus importante d'énergie, mais s'expliqueraient aussi par un apport de protéines digestibles dans l'intestin comme déjà signalé plus haut. A cet effet, il convient de signaler que le fourrage de manioc a été distribué en boulettes, en supposant que les besoins des microorganismes du rumen en N soluble seraient couverts par l'urée et qu'il se justifiait de limiter la dégradation du fourrage de manioc dans le rumen grâce aux boulettes (qui pourraient avoir une vitesse de passage plus rapide dans le rumen) afin d'augmenter l'apport en protéines alimentaires digestibles dans l'intestin (7, 11). Il est également possible que le fourrage de manioc, en plus de l'azote, ait apporté de la cellulose et de l'hémicellulose facilement dégradables pouvant servir de sources d'énergie fermentescible favorable à l'activité des microorganismes du rumen.

Effet du fourrage de manioc sur les paramètres digestifs du rumen

Les résultats obtenus n'indiquent pas de différences majeures entre les rations qui auraient pu affecter la digestion microbienne des feuilles de palmier à huile dans le rumen. Les proportions individuelles des AGVs sont normales pour des résidus de culture traités avec des composés chimiques: alcalins ou acides (11). La concentration moyenne en N-ammoniacal mesuré dans notre étude (90 mg/l de

jus de rumen) est inférieure à la valeur de 100 mg/l recommandée par Preston et Leng (11) pour des rations à base de fourrages grossiers. Bien que non significatifs, les résultats pour l'N-ammoniacal donnaient des valeurs numériquement inférieures chez les animaux recevant la ration TFM40 à celles obtenues chez les animaux sur les rations TFM0 et TFM20 et cela à toutes les périodes de collecte du jus de rumen. Cela s'explique probablement par le fait que l'azote de l'urée alimentaire était à une concentration plus importante dans le rumen des animaux recevant les rations TFM0 et TFM20. L'urée est très vite hydrolysée en ammoniac par les microbes du rumen contrairement aux protéines du fourrage de manioc, et du fait de la faible quantité d'énergie apporté par ces rations en comparaison avec la ration TFM40, on pourrait s'attendre à une faible captation de N-ammoniacal par les microbes du rumen chez les animaux nourris de TFM0 ou TFM20.

Ces résultats sur les paramètres digestifs du rumen doivent cependant être interprétés avec quelques réserves. En effet, lors de la collecte du jus de rumen sur certains animaux, il n'a pas été possible d'éviter que celui-ci se mélange avec la salive.

Conclusion

On peut conclure que l'apport de petites quantités de fourrage de manioc sous forme de granulés (par exemple 20%) avant d'offrir la ration de base peut améliorer la valeur alimentaire des feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur. Le fourrage de manioc est une source de protéines digestibles dans l'intestin, mais l'importance de l'excrétion fécale d'azote dépendrait du degré de couverture des besoins des microorganismes du rumen en azote soluble. Il fallait probablement tester beaucoup plus de niveaux d'apport du fourrage de manioc (jusqu'à 5 niveaux par exemple au lieu de 3) afin de dégager un niveau optimal de complémentation des feuilles de palmier à huile traitées à la vapeur.

Remerciements

L' auteur voudrait remercier le Ministère de Science, Technologie et Environnement de la Malaisie pour avoir financé cette étude, l'Institut Malaysien de Recherche et de Développement Agricole pour l'appui et la mise à sa disposition l'équipement pour le traitement des feuilles de palmier à huile, et l'Université Putra de Malaisie pour avoir facilité et supervisé cette étude.

Références bibliographiques

1. Agricultural Research Council (ARC), 1984, The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Supplement N^o. 1. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, Farnham Royal, UK, 351pp.
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990, Official Methods of Analysis, 15th Edition. Washington, DC.
3. Bengaly K., 2002, Enhancing the utilization of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by steam treatment and nitrogen supplementation in ruminants. PhD thesis. Univeristi Putra Malaysia. 115 pp.
4. Bengaly K., Liang J.B., Jelani Z. A., HO Y.W. & ONG H. K., 2004, Optimization of steam treatment as a method to increase in situ degradability of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond. *Livestock Research for Rural Development*, 16,3: <http://www.utafoundation.org/lrrd163/beng1603.htm>
5. Bonsi M.I. K., Osuji P.O., Nsahlai I.V. & Tuah A.K., 1994, Graded levels of *Sesbania sesban* and *Leucaena ceucocephala* as supplements to teff straw given to Ethiopian Menz sheep,. *Animal Prod.*, 59, 235-244.
6. Islam M., 1999, Nutritional evaluation and utilization of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond as feed for ruminants. PhD thesis. Universiti Putra, Malaysia. 260 pp.
7. McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D & Morgan C.A., 1995, *Animal Nutrition*. Longman Scientific and Technical. 5th Edition. 607pp.
8. McMeniman N. P., Elliot R. & Ash A. J., 1988, Supplementation of rice straw with crop by-products. I. Legume straw supplementation, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 19, 43-43.
9. Oshio S., Abu Hassan O.A., Takigawa A., Mohd Jaafard Abe A., Dahlan I. & Nakanishi N., 1990, Processing and utilization of oil palm by-products for ruminants. MARDI-TARC / JIRCAS Collaborative Study.
10. Preston T.R., 1995, Gas liquid chromatography of volatile fatty acids in ruminal fluid. Tropical animal feeding. A manual for research workers. FAO Animal Production and Health Paper 126. p 207-209.
11. Preston T.R. & Leng R.A., 1987, Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Subtropics. Armidale, Penambul Books. 245 pp.
12. SAS, 1989, User's Guide Release 6.03. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Institute.
13. Sharma H.R., Forsberg N.E. & Guenter W., 1979, The nutritive value of pressured-steamed aspen (*Populus tremuloides*) for mature sheep, *Can. J. Anim. Sci.*, 59, 303-312.
14. Silva A.T. & Ørskov E.R., 1988, Fibre degradation in the rumens of animals receiving hay, untreated or ammonia-treated straw, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 19, 277-287.
15. Silva A.T., Greenhalgh J.F.D. & Ørskov E.R., 1989, Influence of ammonia treatment and supplementation on the intake, digestibility and weight gain of sheep and cattle on barley straw diets, *Anim. Prod.*, 48, 95-108.
16. Smith T., Manyuchi B. & Mikayiri S., 1990, Legume supplementation of maize stover. In: *Utilization of Research Results on Forage and Agricultural By-product Materials as Animal Feed Resources in Africa*.

-
- Proceedings of the Joint Workshop held in Lilongwe, Malawi, 5-9 December 1988. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia. p 303-320.
17. Steel R.G.D. & Torrie J.H., 1980, Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach. New York: McGraw-Hill. 481 pp.
18. Topps J.H., 1995, Forage legumes as supplements to poor quality diets in the semi-arid tropics, in: R.J. Wallace & A. Lahlou-Kassi (Editors), Proceedings of a Workshop held in Addis Ababa, Ethiopia, 13-18 March 1995. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. p 183-190.
19. Van Soest P.J., Robertson J.B. & Lewis B.A., 1991, Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.
20. Wanapat M., Pimpa O., Petlum A. & Boontao U., 1997, Cassava hay: A new strategic feed for ruminants during the dry season. *Livestock Research for Rural Development*, 9,2: <http://www.lrrd.org/lrrd9/2/metha92.htm>
21. Wan Zahari M., Abu Hassan O., Wong H.K. & Liang J.B., 2003, Utilization of oil palm frond-based diets for beef and dairy production in Malaysia. *Asian-Aust. J. Anim.Sci.*, 16, 4, 625-634.
-

K. Bengaly, Malien, Doctorat, Coordinateur du Centre d'Expertise et de Recherche Appliquée pour le Développement (CERAD) de l'Université de Ségou, Mali.

Distribution de la bactériose du cotonnier au Bénin et sensibilité des variétés locales à ses attaques

V.A. Zinsou^{1*}, L.A.C. Afouda¹, A. Hougni² & S.S. Affomassè¹ & E. Sèkloka¹

Keywords: Bacterial blight- Cotton- Incidence- Severity- Benin

Résumé

Pour améliorer la production de coton au Bénin, la recherche agronomique développe continuellement de nouvelles variétés résistantes aux bioagresseurs (maladies et ravageurs) et adaptées à la diversité des conditions de culture locales. C'est dans ce cadre que des prospections ont été conduites en 2012 dans les bassins cotonniers du Bénin, prenant en compte 44 sites répartis dans 16 communes, afin de détecter les attaques de bactériose. Deux sites en moyenne ont été prospectés par commune et sur chaque site 30 et 10 plants ont respectivement été inspectés au hasard sur deux diagonales du champ pour déterminer l'incidence et la sévérité de la maladie. Les résultats ont montré que la bactériose est présente sur 41 des 44 sites. Les plus fortes incidences (89,3%) et sévérités (62,6%) moyennes ont été observées dans la zone Alibori-Atacora avec les valeurs d'incidence maximale dans les communes de Banikoara et de Kandi (100%). La zone Plateau-Couffo a enregistré la faible incidence avec une valeur nulle à Kétou. Parallèlement au travail de prospection, un essai de sensibilité de 7 variétés de cotonnier vis-à-vis de trois souches de bactériose sélectionnées pour leur virulence a également été installé en serre à la ferme expérimentale de la faculté d'agronomie en août 2012. Le criblage des variétés a été réalisé selon un dispositif de split plot avec comme facteur principal l'isolat et comme facteur secondaire la variété. Une différence de réaction a été observée entre les isolats et les variétés indiquant l'existence de races du pathogène et de gènes de résistance à celui-ci.

Summary

Distribution of Cotton Bacterial Blight in Benin and Susceptibility of Local Varieties to its Attacks

In order to improve the production of cotton in Benin, Agricultural Research is continually developing varieties resistant to pests and diseases and adapted to the diversity of the local growing conditions. In this framework, surveys were conducted in 2012 in all cotton areas of Benin on 44 sites of 16 districts to detect bacterial blight strains. At least two sites were surveyed per district and on each site 30 and 10 plants were inspected randomly along the two diagonals of a cotton field, respectively for the incidence and severity. The results showed that cotton bacterial blight was present in 41 of 44 sites. The highest means for incidence (89.3%) and severity (62.6%) were observed in Alibori-Atacora area with the maximum incidence in the district of Banikoara and Kandi (100%). The Plateau-Couffo area recorded the lowest incidence with a null value at Ketou. In parallel with the achievement of the survey, a trial on susceptibility of seven varieties of cotton against three bacterial blight isolates selected for their virulence has been carried out under greenhouse conditions at the experimental farm of the faculty of agronomy in august 2012. The screening of varieties has been realized in a split plot design with isolate as principal factor and variety as secondary factor. Differential reactions were observed between isolates and varieties which may indicate the existence of races of the pathogen and resistance genes to it.

¹ Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP123 Parakou, Bénin.

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, CRA-CF/INRAB, 01 BP 715 Cotonou, Bénin.

* Auteur correspondant: E-mail: valerien.zinsou@fa-up.bj, valzinsou@gmail.com

Reçu le 16.04.2014 et accepté pour publication le 14.07.2014

Introduction

La bactériose du cotonnier causée par *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* (Xam) qui apparaît dans toutes les zones de production du coton à travers le monde (12) est parmi l'une des maladies dévastatrices du cotonnier (*Gossypium hirsutum*). Ses symptômes incluent des taches foliaires anguleuses, des lésions translucides, le noircissement des tiges et des apex et des brûlures foliaires (24). Les pertes en fibre dues à la maladie se situent entre 5 et 35% (12). Au champ on peut enregistrer une perte allant de 20% à 77% lorsque l'infection survient au début du cycle cultural. Elles sont parfois favorisées par les insectes qui lors des piqûres laissent des points d'entrée pour la bactérie. La bactériose favorise la perte de vigueur du plant de cotonnier, mais les problèmes les plus importants sont l'avortement des fleurs et la chute de la branche fructifère (7).

Les pertes liées à la bactériose ne sont pas bien connues en Afrique. Le traitement chimique des semences, les techniques culturales améliorées et les programmes de sélections extensives ont été combinés pour contrôler la maladie (4, 5), conduisant à la mise au point de nombreuses variétés résistantes (2). La spécificité des races existe au sein du Xam et les interactions entre les races du pathogène et les génotypes du cotonnier suivent le modèle conventionnel gène pour gène (10). Grâce au test réalisé sur un groupe de lignées de cotonnier, Xam peut être divisé en 18 races (14) et plus d'une race a été trouvée dans la plupart des pays (12). Une souche très virulente de Xam, la race 20, est apparue en Afrique en 1988, et surmonte les gènes majeurs résistants à la bactériose (B2, B4, B7, Bin, BN et B2B3) et infecte tous les cultivars commerciaux incluant Mebane 101-102B (6, 8). Bien que la souche virulente a été reportée 20 ans plus tôt et a été prévalent créant plus de difficulté dans la sélection des variétés résistantes (1), des actions pathogéniques spécifiques sont encore inconnues (13). Avec l'apparition de nouvelles races, des études ont été menées au Burkina Faso, au Tchad, au Soudan et au Nigéria pour détecter des souches de Xam capables d'attaquer les variétés possédant les gènes de résistance B2-B3 ou B91-B101 (8, 11, 16, 20). Au Bénin, bien qu'aucune étude n'ait été réalisée sur l'existence de race causant de symptômes sur les variétés différentielles, le coton produit n'est pas

loin du Nigéria qui a une frontière commune et où 7 races de Xam ont été trouvées.

Au Bénin, aucune information à notre connaissance n'existe sur les gènes de résistances connus dans les variétés de cotonnier utilisées au Bénin. De 2003 à ce jour, une quinzaine de lignées issues du programme de sélection du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres de l'Institut National de la Recherche Agricole du Bénin (CRA-CF/INRAB), sont fixées et comparées au témoin H279-1, type variétal particulièrement bien adapté aux conditions pluviales de culture au Bénin (21). Quatre de ces lignées, E 956-2, H 769-5, K 768-3 et H 782-3, (à raison d'une variété par zone cotonnière) se sont révélés meilleurs du fait de leur rendement au champ, de leur rendement fibre à l'égrenage et du coût de la fibre sur le marché international. Mais en absence de toute intervention, la perte de résistance de la variété vulgarisée H279-1 à la bactériose pourrait devenir un problème important. Il urge donc de diagnostiquer la maladie dans les diverses zones de production cotonnière du pays afin de prendre des mesures adéquates prévenant ainsi les dommages de Xam sur le cotonnier, qui peuvent aller jusqu'à la destruction complète du plant, compromettant ainsi toute la production nationale. De plus, le besoin de rechercher des variétés spécifiques et plus adaptées aux conditions des différents milieux et les races au sein des isolats de Xam se fait sentir. La prise en compte de la sensibilité du cotonnier à la bactériose s'avère indispensable.

La présente étude se propose de détecter la bactériose dans les bassins cotonniers du Bénin et d'évaluer la sensibilité de variétés du cotonnier à la bactériose.

Matériel et méthode

Deux études ont été menées : une prospection visant à quantifier l'importance des attaques de bactériose dans les principales zones cotonnières du Bénin et un essai de criblage de variétés de cotonnier avec trois souches de bactérioses sélectionnées pour leur virulence.

Etude de la pression de la bactériose dans les principales zones cotonnières du Bénin
Sites de prospection

Des prospections ont été effectuées dans 44 champs répartis dans 16 communes des zones de production

cotonnière durant la période végétative du cotonnier au Bénin en Août 2012. Les communes ont été choisies sur la base de leur potentiel de production dans les bassins cotonniers du Bénin (Zone Alibori-Atacora : Banikoara, Kandi, Ségbana, Gogounou, Kouandé, Péhunco, Tanguiéta et Cobly ; Zone Borgou-Donga : Bembèrèkè, Sinendé, Djougou et N'Dali ; Zone Collines : Glazoué et Savalou ; Zone Zou-Plateau-Couffo : Djidja et Kétou). Deux à trois champs ont été sélectionnés par commune. Les champs d'environ 1 ha et distant d'environ 5 à 10 km ont été sélectionnés.

Isolats bactériens et préparation de l'inoculum

Trois échantillons de feuilles présentant les symptômes caractéristiques de la bactériose du cotonnier et provenant de 3 différentes zones de production (Niarou/Sinendé, Gogounou et Kpakpazoumè/Glazoué) ont été prélevés sur des plantes présentant des symptômes de fortes attaques de bactériose et conservés sous presse dans des papiers journaux. Les échantillons prélevés de la partie incluant les tissus malades et sains ont été découpés, et environ 2 mm² de surface de feuille de chaque échantillon sont rincés à l'eau stérile puis broyés dans 1ml de 0,01M solution de sulfate de magnésium. Le filtrat de l'homogénat a été ensuite dilué 6 fois à 1/10 puis 100 µl de la dernière dilution ont été étalés dans une boîte de Pétri, avec 5 répétitions, sur milieu de culture gélosé amendé de levure et de glucose (levure 10 g/l, glucose 10g/l, peptone 10 g/l, agar 15 g/l). Les boîtes ont été ensuite incubées à 30 °C pendant 48 à 72 heures. Les colonies isolées de *X. axonopodis* pv. *malvacearum* après purification ont été ensuite soumises au test de Gram puis utilisées pour une inoculation artificielle.

Les inocula bactériens ont été préparés en cultivant les 3 isolats à 30 °C pendant 48 h sur milieu puis ensuite suspendus dans la solution de sulfate de magnésium pour obtenir une suspension aqueuse de cellules (OD₆₀₀= 0.2, 108 CFU/ml). Les suspensions sont ensuite infiltrées à l'aide d'une pompe dans des feuilles des variétés de 3 semaines d'âge sous une serre à 21,4-28,5 °C et 67-96% d'humidité relative.

Collecte des données

Pour évaluer l'incidence 30 plantes ont été respectivement choisies au hasard sur les deux lignes diagonales de chaque champ. Sur chaque plante on a noté visuellement la présence ou l'absence de la maladie en se basant sur les symptômes caractéristiques (taches anguleuses, huileuses, nervures attaquées, etc). Pour apprécier la sévérité au sein des parcelles élémentaires de la serre, 10 plants ont été observés au hasard sur les deux diagonales de chaque champ. L'évaluation de la sévérité a débuté 7 jours après l'inoculation en serre sur 8 plants et 4 fois à l'intervalle de 7 jours selon la nature et la distribution des symptômes sur la face inférieure des feuilles et suivant l'échelle de notation élaborée par Yehouessi (23) et cité par Ouédraogo (19).

Les valeurs de la sévérité de la bactériose à chaque date d'évaluation ont été utilisées pour calculer la surface sous la courbe d'évolution de la sévérité (AUSPC, Area Under Severity Progress Curve) suivant la formule [I] (24, 25):

$$AUSPC = \sum i. [(S_i + S_{(i-1)})x(t_i - t_{(i-1)})]/2 \quad [I]$$

S_i = moyenne de la sévérité à la date t_i et t_i correspond aux différentes dates d'évaluation (7, 14, 21, 28).

Afin d'établir la distribution de la bactériose du cotonnier dans les aires de production cotonnière sur une carte, une classification des sites prospectés a été faite à partir des données d'incidences et de sévérités moyennes. Ainsi les sites ont été regroupés en quatre classes pour chacun des paramètres: incidence (1: 0-15%, 2: 15-35%, 3: 35-55%, 4: >55%) et sévérité (1: 0-1,1; 2: 1,1-2; 3: 2-4; 4: 4-5). Les coordonnées géographiques et l'altitude de chaque champ ont été enregistrées à l'aide d'un appareil GPS de type Garmin.

Analyse des données

Les données ont été enregistrées avec le tableur Excel (2007). Celles obtenues après la prospection ont été transformées par la formule [II]:

$$P' = \arcsin \sqrt{P} \quad [II]$$

pour avoir une normalisation des données et la stabilisation des variances.

Essai de criblage de sept variétés de cotonnier avec trois souches de bactériose

Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est composé des variétés suivantes:

- H279-1: variété conventionnelle locale vulgarisée et traitée selon le programme de traitement vulgarisé en milieu paysan au Bénin.
 E956-2 : variété recommandée pour la zone Alibori et Atacora
 E944-2 : variété locale
 H769-5 : variété recommandée pour la zone Borgou et Donga
 H782-3 : variété recommandée pour la zone Zou Plateau et Couffo
 I875-3 : variété locale
 K768-3 : variété recommandée pour la zone Collines

Dispositif expérimental

L'essai de criblage des variétés a été implanté en août 2012 selon un dispositif en split plot, avec comme facteur principal l'isolat et facteur secondaire la variété, avec 4 répétitions et installé sous serre à 21,4-28,5°C et 67-96% d'humidité relative. Chaque parcelle élémentaire comporte 4 pots de 1,5dm³ avec des écartements de semis de 0,30 m entre lignes et 0,40 m entre les poquets. Le terreau utilisé a été stérilisé à 65°C pendant 72h. Les semences ont été délintées à l'acide sulfurique. Le démariage a été réalisé à deux plants par pot. Chaque pot a reçu une fumure minérale à raison de 3g de NPKSB (Azote, Potassium, Potassium, Soufre, Bore) trois semaines après semis. L'inoculation des plants par les 3 isolats a été effectuée à l'aide d'une pompe infiltrant 5 semaines après semis. Aucun produit insecticide n'a été utilisé dans la serre.

Analyse des données

L'analyse de variance a été effectuée suivant la procédure du modèle linéaire générale (GLM) de SAS version 7 sur les valeurs d'incidence et de sévérité transformées. Le test de Student-Newmann-Keuls (SNK) a été ensuite utilisé pour séparer les moyennes au seuil de 5% ($p = 0,05$).

Résultats

Incidence et sévérité de la bactériose du cotonnier dans les zones de production du coton au Bénin

La bactériose du cotonnier était présente sur 41 des 44 sites prospectés dans les bassins cotonniers du Bénin. La distribution des valeurs d'incidence et de sévérité est présentée dans la figure 1. Les plus fortes incidences moyennes (89,3%) ont été observées dans la zone Alibori-Atacora, suivie de la zone Borgou-Donga (72,2%) puis de la zone Collines (31,8%). La zone Zou-Plateau-Couffo a enregistré la plus faible incidence (10,3%) (Tableau 1). L'incidence dans la commune de Kétou est nulle alors que dans les communes de Banikoara et de Kandi, elle est maximale (100%) (Tableau 2). Comme l'incidence, les plus fortes valeurs de sévérité moyennes ont été enregistrées dans la zone Alibori-Atacora (62,6%), suivie de la zone Borgou-Donga (48,8%) puis la zone Collines (8,1%). La zone Plateau-Couffo a enregistré la faible sévérité (2,5%). La sévérité dans les communes de Banikoara, Kandi, Gogounou et Djougou est élevée. De plus, dans les communes où les valeurs d'altitude sont supérieures de fortes valeurs d'incidences et de sévérités ont été enregistrées. Aussi, une corrélation positivement significative ($P < 0,01$) entre l'altitude et l'incidence (0,63); l'incidence et la sévérité (0,78) et entre l'altitude et la sévérité (0,53) a été notée.

Sensibilité de sept variétés du cotonnier à l'infection par *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*

Les 7 variétés de cotonniers testés ont révélé une sensibilité à la bactériose avec des réactions différentes aux 3 isolats (Tableau 3). Les isolats ont montré des niveaux de symptômes différents sur les variétés testées. Alors que l'isolat UP-GO-S2 est très virulent sur les 7 variétés, l'isolat UP-SN-S2 est aussi très virulent sur la variété K768-3 mais est moins virulent sur les variétés H782-3, E944-2 et I875-3 qui ont donné des valeurs élevées avec l'isolat UP-GO-S2. L'isolat UP-GL-S3 a montré une virulence similaire à l'isolat UP-GO-S2 sur les variétés K768-3 et E956-2 mais s'est révélé moins virulent sur la variété H279-1. Comparant les isolats UP-GL-S₃ et UP-SN-S₂, les variétés E956-2, E944-2, I875-3 et H782-3 sont plus sensibles à l'isolat UP-

Tableau 1

Incidence et sévérité moyennes de la bactériose dans les bassins cotonniers du Bénin.

Zones	Incidence (%)	Sévérité (%)
Alibori-Atacora	89,3±16,0a	62,6±30,5 ² a
Borgou-Donga	72,2±22,6b	48,8±33,8b
Collines	31,8±7,0c	8,1±15,8c
Zou-Plateau-Couffo	10,3±16,4d	2,5±9,3d
F	850,9	363,1
P	<.0001	<.0001

Les valeurs d'incidence et de sévérité sont significativement différentes au seuil de 5% Z=erreur standard.

Tableau 2

Incidence et Sévérité moyenne de la bactériose à différentes altitudes dans 16 communes de production cotonnière.

Communes	Zone cotonnière	Incidence (%)	Sévérité (%)	Altitude (m)
Banikoara	Alibori-Atacora	100±0,0 ² a	79,4±11,3 ² a	292±8,6
Kandi	Alibori-Atacora	100±0,0a	79,6±18,1a	288,2±22,7
Segbana	Alibori-Atacora	96,5±4,1c	66,0±25,6bc	302±29,5
Gogounou	Alibori-Atacora	98,6±1,8b	74,3±25,5ba	318,3±15,5
Pehunco	Alibori-Atacora	79,6±11,0g	46,3±31,0e	362,6±36,2
Tanguiéta	Alibori-Atacora	89,3±4,7e	58,5±31,4dc	240±2
Cobly	Alibori-Atacora	61,6±21,9i	37,0±34,1f	213,6±26,8
Kouandé	Alibori-Atacora	70,0±0,0h	33,0±27,6f	407±26,0
Bembèrèkè	Borgou-Donga	75,0±25,2f	55,2±37,8de	345±11
Sinendé	Borgou-Donga	51,0±9,4j	32,7±32,5f	342±9,3
Djougou	Borgou-Donga	96,0±0,0d	71,4±19,1ba	461±25,0
N'dali	Borgou-Donga	89,5±3,5e	55,4±25,9de	330±16
Glazoué	Collines	35,3±6,6k	11,2±20,2g	185,6±11,7
Savalou	Collines	28,3±5,5l	5,0±8,9hg	179,3±14,8
Djidja	Zou-Plateau-Couffo	20,6±18,0m	5,1±12,7hg	130,3±19,0
Kétou	Zou-Plateau-Couffo	0,0±0,0n	0,0±0,0h	75,3±7,1
F		939,8	118,8	
p		<.0001	<.0001	

Les valeurs d'incidence et de sévérité avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% Z=erreurs standards

Tableau 3

Sévérité (AUSPC) de sept (7) variétés de cotonnier à l'infection par trois (3) isolats de Xam.

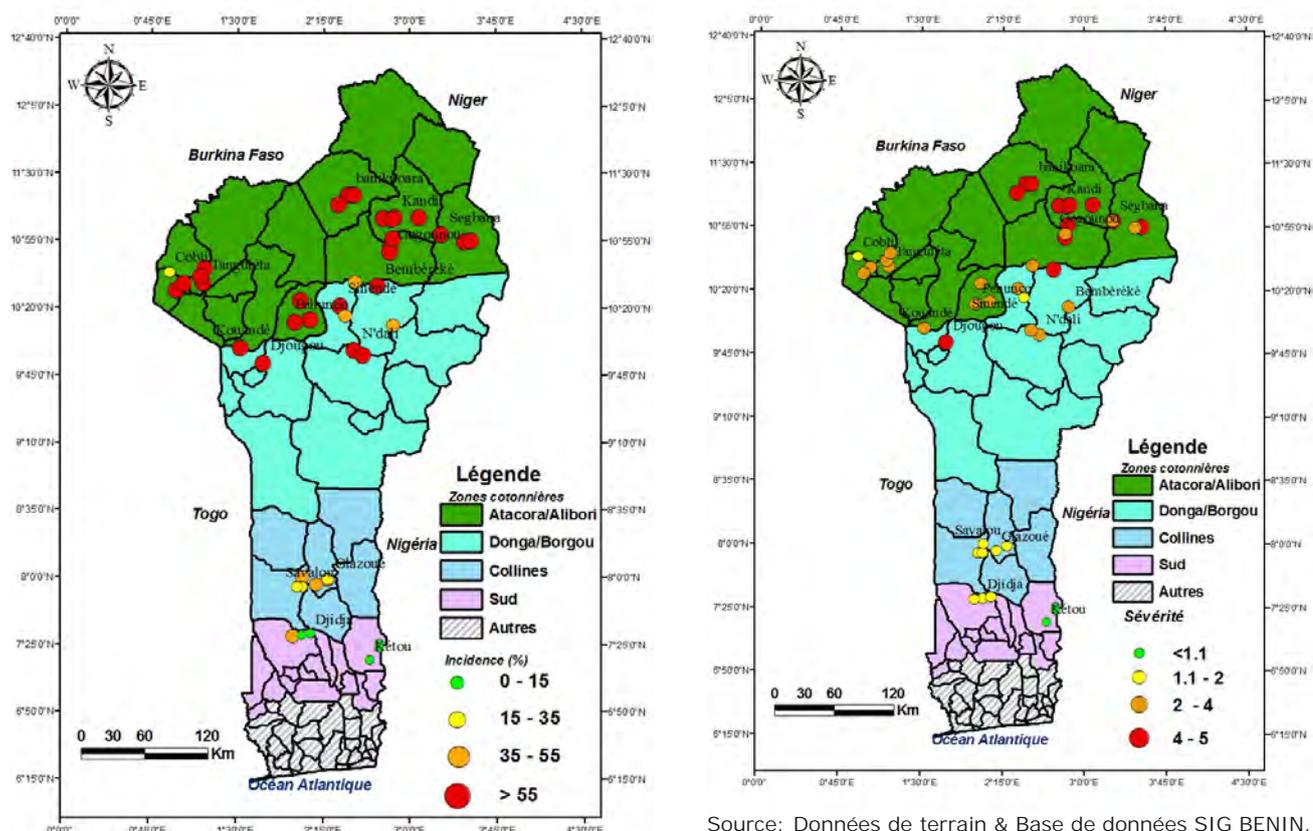
Variétés	Isolats		
	UP-GO-S ₂	UP-GL-S ₃	UP-SN-S ₂
K768-3	34,5±2,8b	31,5±1,5ab	34,5±1,5a
E956-2	33,0±1,7b	33,0±2,1ab	23,2±1,8cd
H769-5	37,5±1,5b	29,2±2,2bc	30,0±1,7b
I875-3	36,0±0,0b	31,5±1,4ab	22,5±1,9d
H279-1	34,5±1,5b	21,7±0,7d	24,0±3,2cd
E944-2	36,0±0,0b	30,0±2,1b	19,5±1,5e
H782-3	42,0±0,0a	33,7±3,3a	26,2±0,7c
F	3,8	3,6	6,9
P	0,01	0,012	0,0004

Les valeurs AUSPC avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

UP : Université de Parakou ; GO : Gogounou ; GL : Glazoué ; SN : Sinendé ; S₂: site2 ; S₃: site3

Figure 1

Cartes de distribution de l'incidence et de la sévérité de Xam dans les bassins cotonniers du Bénin en 2012.



Source: Données de terrain & Base de données SIG BENIN.

Source: Données de terrain & Base de données SIG BENIN.

GL-S₃ qu'à UP-SN-S₂ alors qu'une réaction contraire a été notée avec les variétés H279-1, K768-3 et H769-5.

Discussion

L'ampleur des valeurs moyennes d'incidence jusqu'à 89,3% et de sévérité jusqu'à 62,6% montre que la bactériose du cotonnier pourrait devenir une importante maladie du cotonnier au Bénin. Les analyses ont révélé un gradient nord-sud en ce qui concerne son incidence et sa sévérité. Les conditions météorologiques y ont été certainement favorables au développement de la bactérie (température 21,4-34,5°C, hygrométrie 60-96% ; pluviométrie 967 mm). *Xanthomonas* est un genre dont le développement exige de fortes conditions d'humidité, avec une température comprise entre 30-33°C (13). Cette condition est bien caractéristique de la zone Nord. La différence d'altitude entre le nord et le sud peut expliquer ce gradient. En effet l'altitude élevée prédispose la plante aux maladies (3). La sévérité de la bactériose enregistrée au Nord Bénin peut s'expliquer par le

fait que le Nord produit régulièrement le cotonnier sur de vastes étendus sans une rotation culturale appropriée et sans destruction immédiate des restes de récolte.

La différence de réaction observée entre les isolats et les variétés étudiées indique l'existence de races et de gènes de résistance. Bien que les réactions ne soient pas très claires, la nécessité d'effectuer d'autres études avec plus d'isolats provenant de différentes zones agroécologiques et un groupe différentiel de cotonniers s'avère indispensable. Les recommandations aux sélectionneurs et aux producteurs de coton dépendent fortement de la résistance des variétés aux races. Par exemple la variété E944-2 est très sensible à l'isolat UP-GO-S₂, mais est la plus résistante des variétés avec l'isolat UP-SN-S₂. Ainsi une réaction différentielle a été observée et mérite d'être analysée dans d'autres études. La différence de virulence observée entre les isolats peut s'expliquer par l'existence et de l'émergence dans les champs, des souches naturelles de *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* pouvant contourner toutes les sources

de résistance dont les associations de gènes majeurs confirment le problème de la bactériose (12). La virulence du genre *Xanthomonas* peut s'expliquer par la synthèse des substances biologiques comme l'acide indolacétique, les bactériocines et de la cytokinine (17). La variation de la sensibilité observée au sein des variétés peut s'expliquer par les caractéristiques génétiques de chaque variété et de l'existence de races de Xam. Aussi les interactions spécifiques entre isolat et variété pourraient expliquer cette différence de sensibilité entre variété (16).

Conclusion

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent que la bactériose du cotonnier est bien présente au Bénin et les grandes valeurs incidence et de sévérité sont obtenues au Nord Bénin. La sévérité de la maladie dépend des conditions de culture et de l'environnement dans chaque zone.

La collection de plus d'isolats provenant de zones agroécologiques différentes est nécessaire et l'identification de races et la réaction à un grand nombre de variétés à des isolats ou des races doit être envisagée. Ainsi, l'application de méthode de lutte intégrée incluant l'utilisation de semences délimitées indemnes de Xam est recommandée.

Remerciements:

Les auteurs remercient le Conseil Scientifique de l'Université de Parakou et l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin pour le financement de la présente étude.

References bibliographiques

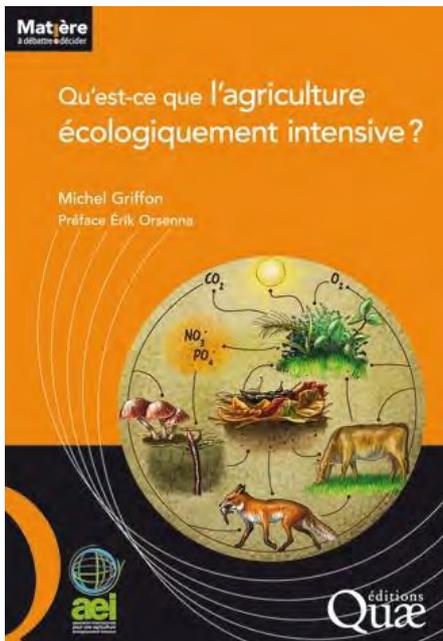
1. Akello B. & Hillocks R.J., 2002, Distribution and Races of *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum* on Cotton (*Gossypium hirsutum*) in Uganda, *J. Phytopathol.*, 150, 65–69.
2. Bird L.S., Brinkerhoff L.A. & Davis R.G., 1981, Bacterial blight, In *Compendium of Cotton Diseases*, ed, Watkins G.M., pp. 25– 28, St. Paul MN, APS Press.
3. Boisson C., 1984, Mise au point phytopathologique: anthracnose du caféier, O.R.S.T.O.M, fond documentaire 16152, Cote B p 281.
4. Brinkerhoff L.A., 1970, Variation in *Xanthomonas malvacearum* and its relation to control, *Annual Rev. Phytopathol.*, 8, 85–110.
5. Brinkerhoff L.A., Verhalen L.M., Johnson W.M., Essenberg M. & Richardson P.E., 1984, Development of immunity to bacterial blight of cotton and its implications for other diseases, *Plant Dis.*, 68, 168– 73.
6. Chakrabarty P.K., Duan Y.P. & Gabriel D.W., 1997, Cloning and characterization of a member of the *Xanthomonas avr/pth* gene family that evades all commercially utilized cotton R genes in the United States, *Phytopathol.*, 87, 1160–67.
7. El-Nur E., 1970, Bacterial blight of cotton, In: *Cotton growth in the gezira environment*, eds, M.A. Siddig & Hughes L., pp. 179-188, Sudan Agricultural Research Corporation.
8. Follin J.C., Girardot B., Mangano V. & Benetez R., 1988, Nouveaux résultats sur le déterminisme génétique de la résistance foliaire totale du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) à la bactériose *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (Smith) Dye, races 18 et 20, *Coton et Fibre Trop.*, 43, 167-175.
9. Follin J.C., 1990, Communications sur la bactériose, Réunion des sélectionneurs IRCT. 30 juillet - 4 août 1990, 14 p.
10. Gabriel D.W., Burges A. & Lazo G.R, 1968, Gene for gene interaction of fives cloned avirulence genes from *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*. *Proceedings National Academy Sciences, USA*, 83, 6415-6419.
11. Guibordeau P. & Yehouessi M.T., 1982, Réaction différentielle de la variété J 193 (*G. hirsutum*) après infection artificielle au champ avec deux inoculum d'origines différentes, *Coton et Fibre Trop.*, 37, 2, 225.
12. Hillocks R.J., 1992, Bacterial blight, In *Cotton*

- diseases, ed. RJ Hillocks, pp. 39-85, Wallingford, UK: CAB international Redwood press, Melksham.
13. Huang X., Zhai J., Luo Y. & Rudolph K., 2008, Identification of a highly virulent strain of *Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*, Eur. J. Plant Pathol., 122, 461- 469.
 14. Hunter R.E., Brinkerhoff L.A. & Bird L.S., 1968, The development of a set of upland cotton lines for differentiating races of *Xanthomonas malvacearum*. Phytopathol., 58, 830-832.
 15. Innes N.L. & Brown S.J., 1974, Genetical and environmental variation for resistance to bacterial blight of upland cotton, Heredity, 32, 53-72.
 16. Jaruwat T., 2008, RpfF gene of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* involved in the regulation of virulence factor production and epiphytic fitness of bacterial pustule pathogen on soybean leaves, Plant Pathol., 10-14.
 17. Jeger M.J. & Viljanen-Rollinson S.L.H., 2001, The use of the area under the disease progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars, Theor. Appl. Gen., 102, 32-40.
 18. Kranz J., 1988, Measuring plant disease, In: Experimental techniques in plant disease epidemiology, Kranz J. & Rotem J., Eds., Springer, Berlin, ISBN: 978-0-387-18128-8, 35-50.
 19. Ouédraogo S.L., Sanfo D., Somda I. & Tiemtore B.C., 2009, Analyse de l'influence du fonds génétique, des conditions climatiques et du mode de protection phytosanitaire sur l'expression de la bactériose chez différentes variétés de cotonnier au Burkina Faso, Tropicultura, 27, 31-34.
 20. Poswal M.A.T., 1988, Races of *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* (Smith) Dye, the causal organism of bacterial blight of cotton, in Nigeria, J. Phytopathol., 123, 6-11.
 21. Sekloka E., Lançon J., Goze E., Hau B., Lewicki S. & Thomas G., 2008, Breeding new cotton varieties to fit the diversity of cropping conditions in Africa—Effect of plant architecture, earliness and effective flowering time on late-planted cotton Productivity, Exp. Agric., 44, 197-207.
 22. Shaner G. & Finney R.E., 1977, The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat, Phytopathol., 67, 1051-1056.
 23. Yehouessi M.T., 1988, Protocole de cotation bactériose campagne 1987/1988. S.R.C.F.J. Station de N'Taria B.P. 28. Koutiala, cellule génétique, 3 p.
 24. Zinsou V., Wydra K., Ahohouendo B. & Hau B., 2005, Genotype environment interactions in symptom development and yield of cassava bacterial blight infections, Eur. J. Plant Pathol., 111, 217-233.
 25. Zomorodian A., & Rudolph K., 1993, *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum*: cause of bacterial blight of cotton, In: *Xanthomonas*, ed, JG Swings, EL Civerolo, pp. 25–30, London: Chapman & Hall.

V.A. Zinsou, Béninois, PhD, Université de Parakou, Phytopathologiste et Vice-Doyen de la Faculté d'Agronomie, Parakou, Bénin.
 L.A.C. Afouda, Béninois, PhD, Université de Parakou, Directeur du Centre de Perfectionnement en Sciences Agronomiques et Chef du Laboratoire d'Analyse et de Recherche en Microbiologie, Phytopathologie et Protection des Végétaux, Parakou, Bénin.
 A. Hougni, Béninois, Doctorat, Sélectionneur et Chef Antenne Nord, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin Centre de Recherches Agricoles Coton et Autres Fibres Textiles, Parakou, Bénin.

S. Affomassè, Ingénieur Agronome, Université de Parakou, Assistant de Recherche au LAReM3P, Parakou, Bénin.

E. Sèkloka, Doctorat, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Sélectionneur, Génétique et amélioration des plantes, Parakou, Bénin.



Auteur: Michel Griffon

Préface : Erik Orsenna

Edition: 2013

ISBN 978-2-7592-1896-7

224 p.

Référence : 02359

Collection : Matière à débattre et à décider.

Prix: 24 € + 5 € frais de port.

Commandes

- par le site internet: www.quae.com
- par mail: serviceclients@quae.fr
- par téléphone: +33 1 30 83 35 48
- chez les libraires

Résumé

Pour l'auteur, une production agricole abondante est possible... tout en améliorant la qualité de l'environnement. Il présente les différentes spécificités de l'agriculture écologiquement intensive, expose l'évolution du concept et précise les moyens d'amplifier l'usage des fonctionnalités écologiques pour l'agriculture et l'élevage. Il aborde les conditions d'une viabilité économique et sociale mondiale, considérée comme un facteur de succès de cette nouvelle forme d'agriculture. S'appuyant sur un panel très large d'expériences, cet ouvrage alimentera les débats des professionnels agricoles et de l'environnement afin que les agriculteurs deviennent eux-mêmes les véritables défenseurs la biosphère agricole.

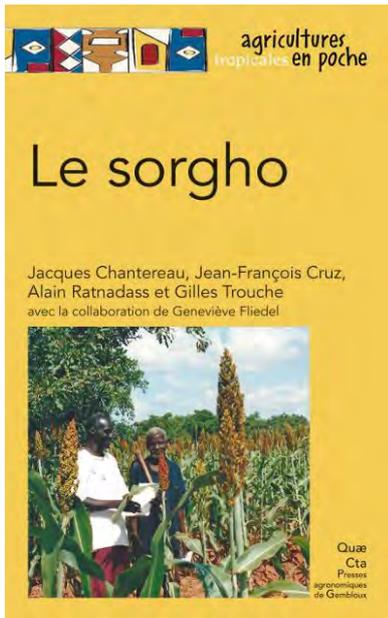
Une agriculture écologiquement intensive est une agriculture qui utilise intensivement les fonctionnalités écologiques des systèmes productifs. Ces systèmes productifs (systèmes de culture, systèmes d'élevage...) sont en effet des écosystèmes simplifiés dont on peut amplifier le fonctionnement tout en diminuant le recours à des intrants chimiques. Par exemple, utiliser pleinement la capacité de photosynthèse d'une parcelle de terrain pour maximiser la production de biomasse, puis son humification de manière à réduire le recours aux engrais.

Autre exemple, utiliser les capacités de prédation et de parasitisme des espèces des ravageurs... La combinaison d'un grand nombre de fonctionnalités amplifiées crée des synergies productives et contribue de manière significative à réduire les atteintes à l'environnement. On peut donc concilier haut niveaux de production avec écologie et environnement.

De cette nouvelle révolution technique peut résulter un nouveau contrat social et environnemental entre les agriculteurs et la société.

L'auteur

Michel Griffon, Directeur Général Adjoint de l'Agence Nationale de la Recherche, Président du Conseil Scientifique du Fonds français pour l'environnement mondial, membre de plusieurs comités scientifiques nationaux et internationaux, bénéficie de la double compétence d'ingénieur agronome et d'économiste.



Auteurs : Chantereau J., Cruz J.F., Ratnadass A., Trouche G., Fliedel G.
 2013, 148 p., 25 tab., 50 fig., cahier de 32 photos couleur.
 ISBN 978-2-87016-129-6
 Prix : 25 € / ETR : 25 € + frais de port
 Presses agronomiques de Gembloux
 Passage des Déportés, 2, 5030 Gembloux, Belgique.

Commandes

- par le site internet : www.pressesagro.be
- par mail : pressesagro.gembloux@ulg.ac.be
- par téléphone 00.32.81.62.22.42
- chez les libraires

Résumé

Le sorgho est la 5^e céréale la plus cultivée au monde. Sa domestication en Afrique et la sélection depuis des millénaires ont abouti à de nombreux types morphologiques et utilisations. Bien adapté aux zones semi-arides, le sorgho a diffusé dans tous les continents. Aujourd'hui, culture vivrière primordiale pour les populations des zones arides et subarides, en Afrique surtout, le sorgho est également cultivé en zone tempérée pour l'alimentation animale. Sa grande plasticité adaptative et sa rusticité proviennent des caractéristiques du système racinaire et du photopériodisme; qualités valorisables dans des systèmes de culture agro-écologiques. Ce sont également des atouts pour la production d'agro-carburant, conciliable avec la production de grain. Sur tous ces aspects, l'ouvrage apporte des connaissances approfondies et actualisées. De plus, il détaille les systèmes tropicaux de culture, la protection contre les déprédateurs, les questions de qualité de récolte et de technologie de transformation. Il informe aussi sur la sélection variétale et la production de semences. Cet ouvrage, rédigé par des chercheurs du Cirad, est destiné à tous les professionnels des zones tropicales. Les connaissances en anatomie, physiologie, fonctions agro-écologiques intéresseront les enseignants et les étudiants, ainsi que des agriculteurs des zones tempérées à la recherche de cultures économes en intrants et de plantes de service.

Auteurs

Jacques Chantereau, généticien sélectionneur, en particulier sur le sorgho, a travaillé pendant vingt ans dans les pays du Sahel.

Jean-François Cruz, spécialiste des technologies post-récolte des céréales tropicales, recherche l'obtention d'aliments de qualité.

Alain Ratnadass, entomologiste, conduit depuis trente ans des recherches en protection intégrée des cultures tropicales, en particulier en Afrique.

Gilles Trouche, sélectionneur, conduit ses recherches sur l'amélioration génétique du sorgho en Afrique sahélienne, en Amérique centrale et en Europe.

Geneviève Fliedel est chercheur en sciences alimentaires.

ORGANISATION

Nature de l'entité responsable de la publication et objet de la revue TROPICULTURA

Agri-Overseas a.s.b.l. est une association créée dans le but d'établir des relations professionnelles d'intérêts communs entre tous ceux qui oeuvrent pour le développement rural outre-mer. Elle publie la revue scientifique et d'information «Tropicultura» consacrée aux problèmes ruraux dans les pays en développement. Cette revue est éditée trimestriellement avec le soutien financier de la région Bruxelles-Capitale et de l'Ecole Régionale ost-universitaire d'Aménagement et de Gestion intégré des Forêts et Territoires Tropicaux ERAIFT. Elle bénéficie du patronage scientifique de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer de Belgique (ARSOM).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compose de membres individuels et des institutions belges suivantes: l'Académie Royale des Sciences d'Outremer de Belgique (ARSOM), les quatre Facultés en Sciences agronomiques de Belgique, (Liège/Gembloux, Gent, Leuven et Louvain-La-Neuve), les deux Facultés en Médecine vétérinaire (Gent et Liège), le Département de Santé animale de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers (Antwerpen), l'Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs de l'Université Libre de Bruxelles, les Facultés Universitaires de Notre Dame de la Paix (Namur), le Département des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège (Arlon).

Conseil d'administration

Le conseil d'administration d'Agri-Overseas a.s.b.l. est composé du Professeur Dr. Ir. J. Bogaert, Président; du Professeur Dr. Ir. G. Mergeai, Administrateur Délégué; du Dr. E. Thys, Secrétaire; du Professeur Dr. B. Losson, Trésorier; du Professeur Honoraire Dr. S. Geerts, membre représentant de l'ARSOM; du Professeur Dr. J. Vercruyse et du Professeur Honoraire Dr. Ir. J. Hardouin, membre.

Comité de rédaction

Le comité de rédaction de Tropicultura est constitué du Professeur Dr. Ir. G. Mergeai, Rédacteur en Chef, et des Rédacteurs délégués suivants: le Professeur Dr. Ch. De Cannière pour «la Sylviculture, l'Ecologie du paysage et les Systèmes de Production Végétale», le Professeur Dr. J.-P. Dehoux pour «la Production animale et le Gibier», le Dr. D. de Lame pour la Sociologie, le Professeur Honoraire Dr. Ir. F. Malaisse pour la «Foresterie et l'Ecologie», le Professeur Emerite Dr. J.-C. Micha pour «les Pêches et la Pisciculture», le Professeur Emérite Dr. Ir. E. Tollens pour «l'Economie rurale», le Professeur Dr. Ir. P. Van Damme pour «l'Agronomie», le Professeur Dr. E. Van Ranst pour les «Sciences du sol», le Professeur Dr. P. Dorny pour «la Santé Animale» et l'Ir. F. Maes, Collaborateur scientifique. Le secrétariat traite directement les autres sujets relevant de la compétence de la revue (Agro-industrie, systèmes de production, etc...). Le comité de rédaction se réserve le droit de refuser tout article non conforme aux instructions aux auteurs. Les articles sont soumis à un ou plusieurs lecteurs choisis par la rédaction et ces lecteurs restent anonymes pour les auteurs.

Secrétariat de rédaction

231, Avenue Louise, B- 1050 Bruxelles – Belgique
Téléphones: ++32.02.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.02.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / clouvet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.tropicultura.org>

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Contenu du manuscrit

Les thèmes des articles publiés dans Tropicultura concernent tout ce qui touche au développement rural et à la gestion durable de l'environnement des régions chaudes de la planète. La priorité est donnée aux articles présentant des sujets originaux, ayant une portée la plus large possible, c'est-à-dire dont le contenu concerne surtout des aspects méthodologiques transposables dans une large gamme d'environnements et de régions du monde. Un accent tout particulier est également mis sur la fiabilité des informations publiées, c'est-à-dire, quand il s'agit de résultats expérimentaux, sur le nombre de répétitions des essais, dans le temps et dans l'espace, qui sont à l'origine des données obtenues.

Les manuscrits seront inédits et n'auront pas été soumis pour publication simultanément à une autre revue scientifique. Ils peuvent être rédigés en une des quatre langues suivantes : anglais, espagnol, français et néerlandais.

Procédure de soumission

Les manuscrits sont à adresser au rédacteur en chef par la poste, en trois exemplaires, sous forme de document papier, ou directement à l'adresse électronique du secrétariat de rédaction sous forme de fichiers attachés.

Dans la mesure du possible, après acceptation de l'article pour publication, l'auteur fournira sa dernière version, revue et corrigée, sous format électronique. Le logiciel Word est recommandé mais une version ASCII ou RTF des fichiers est acceptée.

Style

Les manuscrits seront rédigés en simple face, en double interligne, police de caractères times new Roman 11, avec une marge de 2,5 cm autour de la page imprimée. Ils comporteront au maximum vingt pages de texte (page de couverture non compris).

La page de couverture portera : le titre, le titre abrégé (maximum 55 caractères), les noms et prénoms complets des auteurs, le diplôme, la fonction, la nationalité, l'adresse professionnelle complète et l'adresse électronique de chacun d'eux, les remerciements éventuels. Le nom de l'auteur correspondant sera marqué d'un "*" et son adresse sera complétée par son numéro de téléphone.

Les pages suivant la page de couverture présenteront :

- (i) les résumés (max. 200 mots) dans la langue du manuscrit et en anglais, précédés du titre traduit et suivis de maximum six mots-clés dans chacune des deux langues;
- (ii) le corps du texte;
- (iii) la bibliographie;
- (iv) les tableaux numérotés au moyen de chiffres arabes;
- (v) les illustrations identifiées sans ambiguïté par un numéro au verso si elles ne sont pas envoyées électroniquement;
- (vi) les légendes des tableaux et des illustrations.

Toutes les pages seront numérotées en continu.

Le texte sera divisé en grands chapitres (généralement: Introduction, Matériel et méthodes, Résultats, Discussion, Conclusions) et sa subdivision ne dépassera pas deux niveaux (un seul niveau en dessous de celui des chapitres). Les titres des chapitres et les sous-titres des paragraphes, très concis ne seront jamais soulignés.

Les références seront citées dans le texte au moyen de nombres placés entre parenthèses. En cas de citation de plusieurs références, leurs nombres se succéderont par ordre croissant.

Les figures seront dessinées de façon professionnelle. Les photographies seront fournies non montées, bien contrastées sur papier brillant.

Les photos fournies en jpg doivent être de bonne qualité et avoir au minimum 300 pixels par pouce (dpi).

Les fichiers excel des données de tableaux et graphiques doivent être fournis lors de la soumission du manuscrit.

Les références bibliographiques seront données par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre chronologique pour un auteur donné.

Elles seront numérotées en continu en commençant par le chiffre 1.

Le nombre de références bibliographiques ne dépassera pas cinquante.

Pour les articles de revues, les références comprendront : les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'article dans la langue d'origine, le nom de la revue, le numéro du volume souligné, les numéros de la première et de la dernière page séparés par un tiret.

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

Pour les monographies, les éléments suivants sont essentiels : les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'ouvrage, le nom de l'éditeur, le lieu d'édition, la première et la dernière page du chapitre cité, le nombre total de pages de l'ouvrage.

Les comptes rendus de conférences sont traités comme des monographies; de plus, ils mentionneront si possible le lieu, la date de la réunion et le(s) éditeur(s) scientifique(s).

Exemple : Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp 613-632. In : B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), *Sphingolipids and allied disorders*, Plenum, New-york, 205 p.

Attestation de publication

Afin de s'assurer de l'originalité du manuscrit et de l'accord de sa publication par les organismes de tutelle des auteurs, il est demandé à l'auteur principal de signer et de renvoyer l'attestation.

Droits de reproduction

En cas d'acceptation de l'article, la rédaction exigera un engagement des différents auteurs associés à l'article à céder leurs droits de publication à Tropicultura.

Participation aux frais de publication

Le montant de la participation des auteurs aux frais de publication de l'article s'élève à 200 euros. Avant que l'article ne soit traité, l'auteur correspondant doit signer et renvoyer l'attestation.

Lecteurs internationaux

Lors de la soumission des articles, les auteurs devront proposer trois réviseurs de renommée internationale qui pourraient évaluer leurs manuscrits.

English text in Nr. 2

Nederlandse tekst in Nr.3

Texto Español en el N4

TROPICULTURA

2015 Vol. 33 N° 1
Quarterly (January-February-March)

EDITORIAL

- Tropicultura: Outlook for 2015 (in French and English)
G. Mergeai 1

ORIGINAL ARTICLES

- Morphological and Agronomic Variability of Onion (*Allium cepa* L.) Landraces Identified by Niger Producers (in French)
R. Abdou, M. Malice, Y. Bakasso, M. Saadou & J.-P. Baudoin 3
- Effect of Soil Amendment with Various Doses of *Jatropha curcas* Oilcake on Millet (variety HKP) Productivity under Rainfed Conditions in West Africa (in French)
M. Traore, H.B. Nacro, W. F. Doamba, R. Tabo & A. Nikiema 19
- Economic Rationality and Production Management Goals of Guinea Pigs (*Cavia porcellus* L.) in Tropical Zones (in French)
G. Ndébi, A.T. Niba & H.F. Defang 26
- Studies of some Parameters of Growth and Nutritive Values of Snail Varieties *Archachatina marginata* (Swainson) Bred in Natural Environment (in French)
E.J.P. Kouadio, K.H. Konan, K. Brou, S. Dabonné, A.E. Dué & L.P. Kouamé 38
- Supplementation of Steam-processed Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Fronds for Lambs in Malaysia (in French)
K. Bengaly 47
- Distribution of Cotton Bacterial Blight in Benin and Susceptibility of Local Varieties to its Attacks (in French)
V.A. Zinsou, L.A.C. Afouda, A. Hougni & S.S. Affomassè & E. Sèkloka 56
- BIBLIOGRAPHY 63

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

