

Science **et** technique

Revue burkinabè de la recherche

Sciences naturelles et appliquées

Spécial hors-série n° 4 — Janvier 2018 — ISSN 1011-6028

Symposium International sur la Science et la Technologie
04 au 08 décembre 2017, Ouagadougou



Centre national de la recherche scientifique et technologique
03 B.P. 7047 Ouagadougou 03 – Burkina Faso

Science et technique

Revue semestrielle de la recherche
du **Centre National de la Recherche
Scientifique et Technologique (CNRST)**

Série Sciences naturelles et appliquées
Spécial hors-série n° 4 - Janvier 2018

Prix : 3 000 F CFA



Directeur de publication

NEBIE Roger Honorat Charles, Délégué général du CNRST

Coordonnateur

TRAORÉ Amadou, Maître de recherche

Rédacteur en chef

BALIMA/DAMA Mariam, PARE Annick

Comité de rédaction

BALIMA/DAMA Mariam, SANON Hadja Oumou, NANEMA Emmanuel, OUEDRAOGO K. Stéphane, PARE Annick

Secrétariat de rédaction

TRAORÉ Hamed S., KABORÉ Moustapha

Maquette et mise en pages

ZABRÉ Haoua et KABORÉ Annick G.

Comité Scientifique du Symposium International sur la Science et la Technologie (SIST 2017)

BATIONO Babou André, Maître de Recherche en Biologie et Ecologie végétales

BOUSSIM Issaka Joseph, Professeur titulaire en Botanique et Ecologie

DICKO H. Mamoudou, Professeur titulaire en Biochimie

GISSOU Innocent Pierre, Professeur titulaire en Pharmacie-Toxicologie

KABORE P. Daniel, Maître de recherche en économie

KABORE/SAWADOGO Séréphine, Chargée de recherche en Télédétection

KIBORA Ludovic, Maître de recherche en Anthropologie, Ethnologie

KINI Félix, Maître de recherche en Chimie organique

KORAHIRE Joël A, Chargé de recherche en Economie

NANEMA Emmanuel, Maître de Recherche en Energie solaire

NEBIE Roger Ch. H., Directeur de Recherche en Chimie organique

NIKIEMA Michel, Docteur en Science de la météorologie et du climat

OUEDRAOGO Jean Bosco, Directeur de recherche en parasitologie médicale

OUEDRAOGO Moussa, Docteur en Génétique Forestière

OUEDRAOGO Souleymane, Maître de recherche en Agro-économie

OUEDRAOGO Sylvain, Directeur de recherche en Pharmacologie

SANOGO Oumar, Maître de Recherche en Physique

SANON Hadja Oumou, Maître de Recherche en Productions animales

SAWADOGO Louis, Directeur de recherche en Biologie et Ecologie végétales

SAWADOGO/LINGANI Hagrétou, Maître de recherche en Biologie/Microbiologie

SEDOGO P. Michel, Directeur de Recherche en Agropédologie

SEREME Paco, Directeur de Recherche en Phytopathologie

SOMDA Irénée, Professeur titulaire en Phytopathologie

SOME Issa, Maître de Conférences Agrégé en Chimie

SOME Léopold, Directeur de Recherche en Agroclimatologie

TOGUYENI Aboubacar, Professeur titulaire en Agronomie/Biologie

TRAORE Hamidou, Maître de Recherche en Malherbologie

YAMEOGO Georges, Maître de recherche en Agroforesterie

ZIDA Didier, Chargé de Recherche en Ecologie végétale

Comité scientifique de la série

Pr Guinko Sita
Pr Sawadogo Laya
Pr Zongo Jean Didier
Pr Assa Ayénou
Pr Foua-Bi Kouahou
Pr Ba Tidiane
Pr Gouro Abdoulaye
Pr Nenon Jean Pierre
Pr Sissoko Grégoire
Pr Jacobs Michel
Pr Bourarach El Hassan
Dr Le Coq Hervé
Dr Konaté Gnissa
Dr Kaboré Z Issiaka
Dr P Michel Sédogo
Dr Diawara Bréhima
Dr Nébié Ch. H. Roger

Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Professeur titulaire, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Professeur titulaire, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Professeur titulaire, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal
Professeur titulaire, Université de Niamey, Niger
Professeur titulaire, Université de Rennes I, France
Professeur titulaire, Université Cheick Anta Diop de Dakar
Professeur titulaire, Université Libre de Bruxelles, Belgique
Professeur titulaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
INRA, Montfavet, France
Directeur de Recherche CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso
Directeur de recherches CNRST, Burkina Faso
Directeur de recherches, CNRST, Burkina Faso
Directeur de recherches, CNRST, Burkina Faso
Directeur de Recherches, CNRST, Burkina Faso

Comité de lecture de la série

Dr Séréme Abdoulaye ,
Dr Nébié H Ch. Roger
Dr Sanogo Oumar
Dr Ganou Léguet
Dr Sawadogo/ Lingani Hagrétou
Dr Son Gouyahali
Dr Diawara Bréhima
Dr Sanon Amadou
Dr Wereme Alhadi
Dr Traoré M. Yves
Dr Zougmore Robert
Dr Taonda S. Jean-Baptiste
Dr Bayala Jules
Dr Kaboré K. Blaise
Dr Tamboura H. Hamidou
Dr Compaoré Emmanuel
Dr Rouamba Albert
Pr Dicko Hama Mamadou
Dr Ba Malick
Dr Traoré Oumar
Dr Sawadogo Louis
Dr Kagoné Hamadé
Dr Zagré M'Bi Bertin
Dr Traoré Amadou
Dr Traoré Hamidou
Pr Thiombiano Adjima
Dr El Hadj Gueye Fallou

Maître de recherches, Biologie et Ecologie végétale
Directeur de Recherche en Chimie organique
Maître de recherches, en Physique/Energétique
Chargé de recherches, sciences agroalimentaires
Maître de recherches, Biochimie/microbiologie
Maître de recherches, mécanisation
Directeur de recherches, microbiologie
Chargé de recherches, physique
Directeur de Recherche, Physique
Chargé de recherches en Physique/Energie solaire,
Chargé de Recherche, Agropédologie
Maître de Recherche, Agronomie
Directeur de Recherche, Agroforesterie
Chargé de Recherche, Pathologie
Directeur de Recherche, Physiologie et Santé Animale
Maître de Recherche, Agrochimie
Maître de Recherche, Génétique végétale
Professeur titulaire, Biochimie-Biotechnologie
Maître de Recherche, Entomologie
Directeur de Recherche, Virologie-Biotechnologie
Directeur de Recherche, Sylvopastoralisme
Chargé de Recherche, Pastoralisme
Maître de Recherche, Génétique végétale
Maître de Recherche, Génétique animale
Maître de Recherche, Malherbologie
Professeur titulaire, Botanique-Ecologie végétale
PhD, Aviculture

Abonnement - Distribution

DIST/DGA-V, 03 B.P. 7047 Ouagadougou 03

Rédaction et administration

Comité de rédaction, INERA 03 B.P. 8645 Ouagadougou 03 Burkina Faso ;
Tél : (00226) 25 34 02 70/ 25 34 71 12 ; Email : inera.direction@fasonet.bf

Tirage

Numéro tiré à 250 exemplaires

Sommaire

COMPAORE A., SANOGO O., IGO S., ZIMBA D., SAMA D. L.

Etude expérimentale des performances d'un réfrigérateur solaire photovoltaïque à compression13

ADJAHOSSOU S. G. C., HOUEHANOU D. T., TOYI M., TENTE B., HOUINATO M., SINSIN B.

Degré de pression et perception endogène de multiplication et de conservation du genre *Isoberlinia* au Moyen-Bénin (Afrique de l'Ouest)25

AKOKPONHOUE H. B., YALO N., YOUAN T. M., LASM T., AGBAHUNGBA G.

Contribution de la Télédétection, des SIG et de l'analyse multicritère dans la cartographie des eaux souterraines en milieu fracturé : cas du département de la Donga (Nord-Ouest Bénin)39

BACO M. N., ADECHIAN S. A., HOUNDJÈ D., IDRISOU L., ABOUDOULAYE T.

Dynamiques de la production et de la consommation du maïs, du Sorgho et de l'igname dans le Nord Bénin : entre sécurité alimentaire et valorisation marchande49

THIO B., KIEMDE S.

Effets du changement climatique sur la relation plante/nématode65

AHONON B. A., TRAORE H. et IPOU J. I.

Techniques culturales et contraintes liées à la production du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) dans la Région du Moronou au Centre-Est de la Côte d'Ivoire79

CHAFFRA S., LOUGBEGNON T., VERMEULEN C.

Habitat écologique et distribution spatiale des abondances des mammifères carnivores à partir des cameras trap dans la Réserve de la Pendjari au Bénin91

ADAMON D. G. F., BENSAXHRIA A., FAGBÉMI L. A., SANYA E. A.

Kinetic Study of Gasification Reactions of Corncobs Char from Benin107

ALY D., SALAMI H. A., YALLOU C. G., ADJANOHOUN A., BABA-MOUSSA L.

Gestion de la biodiversité des variétés cultivées de maïs au Bénin121

KABORE D., SAWADOGO L., SERME M., PARE A., ZONGO S., OUEDRAOGO O., COMPAORE E. R., SAWADOGO-LINGANI H.

Impact du four Qualigrille sur la qualité de la viande grillée133

El Hadji LEYE M., DIOP M., NDOUR A., SALL M., BADIANE NDOUR N. Y.

Évaluation d'un paquet de technologies agricoles pour adapter les systèmes de culture face aux aléas dans deux zones climatiques du Sénégal145

BOUSSARI F. A. A., LOUGBEGNON T.

Analyse des associations phytosociologiques autour des zoolites dans le Bénin méridional (Sud de la dépression de la Lama)157

GOMGNIMBOU A. P. K., COULIBALY K., KIENDREBEOGO T., OUATTARA S., SANON A., NACRO B. H., SEDOGO P. M.

Effets de la fumure de porcins sur les paramètres de rendement du maïs et quelques propriétés chimiques d'un sol faiblement ferrallitique175

COMPAORE H., SAMANDOULGOU Y., YAMEOGO J., ZOUNDI J. S., KABORÉ-ZOUNGRANA C.	
Empreinte de l'utilisation pastorale sur les ligneux des forêts sacrées : cas de Nzoa à Koupéla dans le Centre Ouest du Burkina Faso	187
AMADOU H., SANOGO K., CISSE F., YATTARA K.	
Potentiel d'adaptation des variétés de riz à la variabilité climatique et estimation du stock de carbone aérien des espèces végétales en riziculture pluviale au Mali	199
HEKPAZO B. P. M., HONDI K. A., HOUESSIONON M. G. K., ASSABA M., VISSIN W. E.	
Analyse de la gestion des ouvrages hydrauliques dans la commune de Comé (Bénin)	215
ZINGA I., YONGO O. D., SEMBALLA S., TOUKIA I. G., KAMBA E., KONGUERE E., MVILA A., BAGOFOU KOUNGA Y. A., PABAMÉ N. S. S., TCHUANYO M., ONDO BINDANG C., POUNABA N., ZANGO A. V., NAMKOSSERENA S. and MOULIOM PEFOURA A.	
Detection and geographical distribution of cassava begomoviruses in the six countries of Economic and Monetary Community of Central Africa.....	229
SAWADOGO I., KI H., OUÉDRAOGO A. R., OUÉDRAOGO I. et NÉBIÉ R.	
Efficacité en milieu paysan de trois bioinsecticides à base d'huiles essentielles en protection post-récolte du maïs	243
ZINGA I., KOMBA E. K., ABA-TOUMNOU L., SILLA S., ZANGO A. V., BALLOT C. S. A., SOUKPE D. R. L., MARABENA B. K. T., YANDIA P. S., ELIAN H. D. B., OUANTINAM S. F. B., BI A. Z., YONGO O. D. et LETT J. M.	
Influence du niébé et de l'arachide sur l'expression de la mosaïque et la production du manioc en République Centrafricaine	251
TIENDREBEOGO J., SAWADOGO N., KIEBRE M., KABORE B., BATIONO/KANDO P., KIENDREBEOGO T., OUEDRAOGO M. H., SAWADOGO M.	
Évaluation comparative de la production de grains et du fourrage de sorgho à grains sucrés du Burkina Faso	261
COULIBALY K., GOMGNIMBOU A. P. K., TRAORÉ M., SANON J. F. K., NACRO H. B.	
Effets de l'agriculture de conservation sur la dynamique de l'eau et le stock de carbone d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso	273
DOUTHE K., AZOUMA O. Y.	
Analyse du Cycle de Vie : une initiative pour la maîtrise totale des impacts environnementaux des entreprises agroalimentaires dans l'espace de l'union économique et monétaire ouest-africaine	283
KOUASSI N. J., N'GUETTIA M. Y., KOFFI A. M. H.	
Influence de la zone de collecte sur les performances agronomiques de quelques variétés de niébé (<i>Vigna unguiculata</i>) cultivées dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire	297
YAMEOGO K., GUIRA M., OUOBA P., TARPAGA V., KIEMA S., ROUAMBA A.	
Évaluation de la productivité de l'anacardier dans la Région des Cascades au Burkina Faso	307
AYEDEGUE L. U., ADEGBOLA P. Y., YABI A. J.	
Efficacité technique d'utilisation des ressources en eau et les déterminants : cas des périmètres rizières irrigués du Bénin	319
MANO E., DIONOU A.K. et YAO K.P.	
Efficacité biologique d'extraits d'ail, de neem et de moringa contre <i>Plutella xylostella</i> , <i>Hellula undalis</i> et <i>Lipaphis erysimi</i> du chou dans l'Ouest du Burkina Faso	333

AGUEGUE M.R., ADJANOHOUN A., ADEGBOLA P.Y., DJINADOU-IGUÉ K.A., KOUDANDÉ O.D. et MENSAH G.A. Effet de la densité de semis et de la fumure minérale sur la productivité de <i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin	343
HEMA M.D., BIGUEZETON A. TOURE A., KONATE A., KONE M., ZOUNGRANA S., NEBIE C.H.R. Activité acaricide des extraits hexaniques et des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques acclimatées au Burkina Faso, sur la tique <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	353
DAMBA M.M., SANFO S., SALACK S., WOROU O.N., THIOMBIANO N., TONDOH E.J., SAVADOGO K. Information pluviométrique et choix des stratégies d'adaptation aux changements climatiques au Nord du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest.....	363
DAOUD M.B., TRAORÉ H., PALÉ S., ZOMBRÉ N.P. Perception paysanne de l'infestation de striga sur la production céréalière dans la région du Chari-Baguirmi au Tchad	381
AGBODJATO A.N., NOUMAVO A.P., AMOGO O., ADOKO M., DAGBENONBAKIN G., FALCON RODRIGUEZ A., De la NOVAL PONS M. B., ADJANOHOUN A., BABA-MOUSSA L. Impact de l'utilisation des Rhizobactéries Promotrices de la Croissance des Plantes (PGPR) en combinaison avec le chitosane sur la croissance et le rendement du maïs (<i>Zea mays</i> L.) sur sol ferrallitique au Sud-Bénin	395
NEYA O., SACANDE M. and HOEKSTRA A.F. Coat-imposed constraint induces variability in <i>lannea microcarpa</i> seed germination	409
BIAOU D.P., AYEDEGUE P.D., AIHOUNTON D.B.G., YABI A.J. Systèmes de cultures et gestion technique et financière en production de tomate au Nord-Est du Bénin : cas de la saison sèche dans les communes de Malanville Bembéréké et Parakou.....	421
TOKORE OROU MERE S.B.J., BATAMOSSI HERMANN M., ESSEGNON M.I., DEGBEVI T.K. Etude comparée de la fertilisation à base d'urée et biologique sur la productivité de l'amarante dans la commune de Parakou au Nord-Bénin	437
TOKORE OROU MERE S.B.J., BATAMOSSI HERMANN M., AMANOUDO M.-J., MOUSSA I. Contribution à l'amélioration des pratiques de production de l'anacardier dans le département du Borgou au Nord-Bénin.....	445
MESELE S.A., AMEGHASHIE B., MELENYA C. and QUANSAH C. Soil nutrients and organic matter losses and its prevention on smallholder farms	453
SANDWIDI A., DIALLO B.O., SAWADOGO M. Caractérisation morphologique de cinq écotypes du karité dans un essai de provenances au Burkina Faso	465
SOAGA J.A., KOLADE V.O. and JOSEPH M.D. Land use types, habitat destruction and biodiversity loss in Egba division of Ogun state, Nigeria ..	479
TRAORE C.G.L., GNANDA B.I., TAMBOURA H.H., OUEDRAOGO A. Valorisation d'un aliment composé d'embouche ovine en zone périurbaine de Ouagadougou : cas de l'aliment SOFAB	491

VODOUNOU G.K., LOUGBEGNON O.T. et BOGAERT J. Caractérisation du système de production apicole et utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) comme base de cartographie pour la gestion durable des ruches et des périmètres mellifères au centre du Bénin	503
YAO K.P., KABLAN D.C., TOURE A., BIGUEZOTON A., KONAN K.E., ALLA D.A., COURTIN F., ZOUNGRANA S., YAPI C.V. Distribution de la tique invasive du bétail <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i> en Afrique de l'Ouest, moins d'une décennie après sa première mise en évidence	519
BAMBA Y., DOUMBIA L., OUATTARA A., DA COSTA KOUASSI S. et GOURÈNE G. Effets d'alimentation à base de différentes sources de protéine végétale en combinaison avec la pelure de cacao, peau d'arachide et tourteau de coprah sur les performances de croissance du tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	531
OUEDRAOGO N., SANOU J., TRAORE H., KAM H., ADAMS M., GRACEN V. et TONGOONA P. Identification des markers SSRs associés au caractère "stay-green" dans des recombinants issus de rétrocroisements	545
AHOYO C.C., MAMA SAMBO IMOROU I., HOUEHANOU D.T., YAOITCHA S.A., HOUINATO R.B.M., SINSIN A.B. De l'ethnomédecine à l'ethnopharmacologie vétérinaire et la conservation d'espèces ligneuses au Bénin : application raisonnée d'outils quantitatifs	559

Effet de la densité de semis et de la fumure minérale sur la productivité de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin

AGUEGUE R. M.¹, ADJANOHOOUN A.^{1*}, ADEGBOLA P. Y.²,
DJINADOU-IGUÉ K.A.³, KOUDANDÉ O.D.⁴ et MENSAH G.A.⁵

Résumé

Le dolique tubéreux (*Pachyrhizus* spp), est une fabacée originaire d'Amérique Centrale et des Caraïbes. Les racines de *Pachyrhizus* spp. contiennent 56% à 58% d'amidon, 8% à de 18% protéine sur la base du poids sec, les vitamines et les micronutriments. L'objectif de notre étude est d'évaluer les effets de la fumure minérale et de la densité de semis sur la productivité de *Pachyrhizus erosus* cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin. Le dispositif expérimental était un split plots avec trois (3) facteurs que sont deux variétés (EC-533 et EC-KEW); trois densités de semis (62.500 plants/ha, 31.250 plants/ha et 15.625 plants/ha) et trois doses de fumure minérale (N₀P₀K₀ ; N₃₀P₄₀K₆₀ et N₆₀P₈₀K₁₂₀). Les paramètres de croissances, la masse des racines et de la biomasse sèche ont été collectés. Le rendement moyen en racines le plus élevé de 8.361 t/ha a été obtenu avec la variété EC-KEW. La meilleure densité a été de 31.250 plants/ha avec 7,92 t/ha de racines et la meilleure fumure minérale a été de N₃₀P₄₀K₆₀ avec 10,4 t/ha de racines. La dose de fumure de N₃₀P₄₀K₆₀ avec la densité de 31.250 plants/ha ouvre une perspective pour la productivité de *Pachyrhizus erosus* cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin.

Mots-clés : *Pachyrhizus erosus*, fertilisation minérale, sol dégradé, productivité, Bénin.

Abstract

The dolich tuberous (*Pachyrhizus* spp), is fabaceae native to Central America and the Caribbean. The roots of *Pachyrhizus* spp. contain 56% to 58% starch, 8% to 18% protein on the basis of dry weight, the vitamins and the micro nutrients. The objective of our study is to evaluate the mineral manure and the density of sowing on the productivity of *Pachyrhizus erosus* cultivated on soil ferrallitic in South-Benin. The experimental device was Split studs with three (3) factors which are two varieties (EC-533 and EC-KEW); three densities of sowing (62.500 plants/ha, 31.250 plants/ha and 15.625 plants/ha) and three dose of mineral manure (N₀P₀K₀ ; N₃₀P₄₀K₆₀ et N₆₀P₈₀K₁₂₀). The parameters of growth, the mass of the roots and the biomass dries were collected. The average output of roots highest of 8.361 t/ha was obtained with variety EC-KEW. The best density was of 31.250 plants/ha with 7,92 t/ha of roots and the best mineral manure was of N₃₀P₄₀K₆₀ with 10,4 t/ha of roots. The dose of manure of N₃₀P₄₀K₆₀ with the density of 31.250 plants/ha opens a prospect for the productivity of *Pachyrhizus erosus* cultivated on soil ferrallitic in South-Benin.

Key words: *Pachyrhizus erosus*, mineral fertilization, soil degraded, productivity, Benin.

¹ Centre de Recherches Agricoles Sud-Bénin de Niaouli, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Recette principale, Cotonou, Bénin

² Programme d'Analyse de la Politique Agricole (PAPA), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 128 Porto-Novo

³ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Recette principale, Cotonou, Bénin.

⁴ Laboratoire des Recherches Zootechnique, Vétérinaire et Halieutique (LRZVH), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Recette principale, Cotonou, Bénin.

⁵ Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 884 Recette principale, Cotonou, Bénin.

*Auteur de correspondance : adjanohouna@yahoo.fr

Introduction

Le dolique tubéreux (*Pachyrhizus* spp.), est une fabacée originaire d'Amérique Centrale et des Caraïbes (BELFORD *et al.*, 2001). Les racines de *Pachyrhizus* spp. contiennent 56% à 58% d'amidon (FORSYTH *et al.*, 2002 ; AGABA *et al.*, 2016), 8% à 18% protéine (VELASCO et GRÜNEBERG, 1999) sur la base du poids sec, les vitamines telles que acide ascorbique, thiamine, pyridoxine, acide folique, etc. et les micronutriments, tels que le Fer, le magnésium, et le Zn (BELFORD *et al.*, 2001 ; NOMAN *et al.*, 2007 ; DINI *et al.*, 2013). Elles sont habituellement consommées crues, principalement comme racine fruit/végétale (GUPTA *et al.*, 2003; PARK et HAN, 2015). Les racines de doliques tubéreux transformées donnent des retombées économiques suffisant aux producteurs (PADONOU *et al.*, 2013 ; ADEGBOLA *et al.* (2015).

Cette plante constitue une opportunité pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle des populations du Bénin où les racines et tubercules occupent la deuxième place dans l'alimentation humaine après les céréales (ADJANOHOOUN, 2006 ; DJINADOU, 2011). En effet, la couverture des besoins calorifiques journaliers ne dépasse pas, pour plus du quart de la population béninoise, 1300 kilocalories au lieu de 2400, minimum nécessaire à un adulte moyen de 65 kg pour une vie active (COULIBALY *et al.*, 2011). La sous-alimentation et la malnutrition qui en découlent ainsi que leurs corollaires de maladies chroniques ou invalidantes, de manque de résistance à l'effort physique, de fort taux de mortalité maternelle et infanto-juvénile sont révélateurs de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle structurelle prévalant depuis plusieurs années.

Dans le cadre de l'introduction de cette fabacée dans les systèmes de culture et dans l'alimentation de la population du Bénin, de nombreux travaux de recherche ont été menés sur l'avaluation de la productivité de *Pachyrhizus erosus* (ADJAHOSSOU et ADE, 1998 ; ADJAHOSSOU, 2006 ; ZANKLAN *et al.*, 2007). Toutes ces études ont été conduites sur des sols dont les caractéristiques chimiques présentent un bon taux de fertilité.

Les études pédologiques ont montré que les sols ferrallitiques du sud-Bénin se sont formés sur des sédiments argilo-sableux et sablo-argileux, très profonds et bien drainés avec souvent une bonne fertilité originelle qui se perd très vite (IGUE, 1992). Dans ces types de sols, la minéralisation de la matière organique est très accélérée sous l'effet conjugué du climat et des cultures. DJINADOU *et al.* (1995) et AZONTONDE *et al.* (2005) rapportent que près de 90% des terres de barre cultivées au Sud-Bénin présentent une dégradation conduisant à la baisse de leur fertilité. La baisse de la fertilité (notamment la matière organique) constitue une menace pour la durabilité des systèmes agricoles notamment au sud du Bénin (DIELS *et al.*, 2003). Cette baisse de la fertilité des sols contribue fortement à la diminution des niveaux des rendements des principales cultures. La fertilisation des sols est l'une des priorités pour la durabilité des systèmes agricoles notamment au sud du Bénin.

Dans ce contexte, le problème de recherche est de savoir la productivité de *Pachyrhizus erosus* cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin. Un tel problème justifie la pertinence de l'étude intitulé « Effet de la densité de semis et de la fumure minérale sur la productivité de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban cultivé sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin ». Le but de notre étude est de montrer d'un part que la fertilisation minérale a un effet sur la productivité de *Pachyrhizus erosus* et d'autre part de déterminer la dose d'engrais minérale nécessaire pour améliorer la croissance, accroître les rendements en racines et en biomasse sèche de *Pachyrhizus erosus* cultivés sur sol ferrallitique dégradé au Sud-Bénin.

I. Milieu d'étude

L'étude a été conduite sur la station expérimentale du Centre de Recherches Agricoles du Sud-Bénin à Niaouli situé dans la commune d'Allada à une altitude de 105 m, une longitude de 2°09'30" longitude Est et à une latitude de 6°39'52" latitude Nord. Le climat est du type sub-équatorial à deux saisons de pluies et à deux saisons sèches (DANWANON, 2011). La pluviométrie totale de l'année 2011, selon les données de la station météorologique du Centre de Recherches Agricoles Sud-Bénin à Niaouli, a été de 1213 mm (figure 1). La quantité totale de pluie tombée au cours des 7 mois, mai à novembre, qu'a duré l'expérimentation a été de 959 mm soit 79,06% de la précipitation totale de l'année. Les mois de mai et d'octobre ont été les plus pluvieux avec des précipitations moyennes respectives de 247 mm et 221 mm.

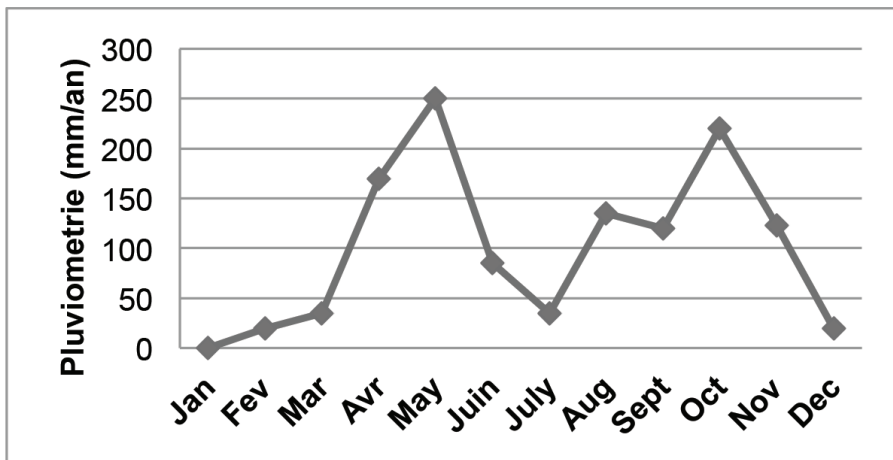


Figure 1 : Courbe pluviométrique annuelle 2011 au Centre de Recherches Agricoles Sud-Bénin à Niaouli

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériels biologiques

Deux variétés de *Pachyrhizus erosus* (EC-KEW et EC-533) étaient utilisées. Les deux variétés ont un cycle de végétation de 180 jours. Les semences des deux variétés de *P. erosus* provenaient du Centre International de la Pomme (CIP). Ces deux variétés montrent la variabilité dans la longueur de leurs tiges, leur développement, le nombre des graines produites par plante et le rendement en racines.

2.2. Caractéristiques chimiques du sol d'expérimentation

Un échantillon de sol a été prélevé avant l'installation de l'essai à une profondeur de 0-20 cm pour en déterminer le pH, la teneur en azote et en bases échangeables. Le pH eau du sol a été déterminé par la méthode électrométrique utilisant un pH-mètre. La matière organique et le carbone ont été déterminés par la méthode de WALKLEY et BLACK (1934). Les cations échangeables ont été déterminés par la méthode de l'acétate d'ammonium décrite par THOMAS (1982) et le phosphore assimilable par la méthode de BRAY et KURTZ (1945).

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était en blocs aléatoires avec un arrangement split plots des 3 facteurs suivants : variété de *Pachyrhizus erosus*, fumure minérale et densité de semis. Une parcelle principale a reçu la variété EC-533 (V₁) et une autre parcelle principale a reçu la variété EC-KEW (V₂). Chacune des parcelles principales a été subdivisée en 9 parcelles élémentaires. Les traitements sur chaque parcelle élémentaire ont été les résultats de la combinaison des 3 niveaux de fertilisation minérale (F₁, F₂ et F₃) et des 3 niveaux de densité de semis (D₁, D₂ et D₃). Le bloc ainsi décrit a été répété 4 fois. Le semis a été fait à 2 graines par poquet suivi d'un démariage à un plant par poquet après la levée complète des plants. Une semaine après le semis, des tuteurs des plants ont été installés car *Pachyrhizus erosus* est une plante grimpante (ADJAHOSSOU et ADE, 2002). Les différents traitements se présentent comme suit :

V ₁ F ₁ D ₁	V ₁ F ₁ D ₂	V ₁ F ₁ D ₃	V ₂ F ₁ D ₁	V ₂ F ₁ D ₂	V ₂ F ₁ D ₃
V ₁ F ₂ D ₁	V ₁ F ₂ D ₂	V ₁ F ₂ D ₃	V ₂ F ₂ D ₁	V ₂ F ₂ D ₂	V ₂ F ₂ D ₃
V ₁ F ₃ D ₁	V ₁ F ₃ D ₂	V ₁ F ₃ D ₃	V ₂ F ₃ D ₁	V ₂ F ₃ D ₂	V ₂ F ₃ D ₃

V₁ = EC-KEW et V₂ = EC-533 ; D₁ = 62.500 plants/ha, D₂ = 31.250 plants/ha et D₃ = 15.625 plants/ha ;
F₁ = N₀P₀K₀ ; F₂ = N₃₀P₄₀K₆₀ et F₃ = N₆₀P₈₀K₁₂₀ (avec les chiffres indiquant les quantités en kg/ha de N, de P₂O₅ et de K₂O).

2.4. Croissance des plants de *Pachyrhizus erosus*

Les données relatives à la hauteur des plants ont été collectées tous les 4 jours à partir du 34^e jour après semis avec le mètre ruban. De même, le nombre de feuilles trifoliées a été collecté par plant par comptage des feuilles.

2.5. Rendement en racines et en biomasse sèche des plants de *Pachyrhizus erosus*

Pour la détermination du rendement en racines des plants, les racines ont été récoltées après la dernière récolte des gousses, puis leur poids a été déterminé à l'aide d'une balance de précision. Le rendement moyen en racines des plants de *P. erosus* ont été déterminés suivant la formule :

$$R = \frac{P \times 10.000}{S \times 1.000} \quad \text{où :}$$

R = rendement moyen en racines des plants de *P. erosus*, en t/ha

P = masse des racines des plants de *P. erosus*, en kg

S = superficie de récolte, en m².

Pour déterminer la détermination du rendement en biomasse sèche des plants, les biomasses fraîches ont été récoltées après la récolte des gousses et des racines, par parcelle élémentaire puis leur masse a été déterminée à l'aide d'une balance de précision. La biomasse fraîche a été mise dans une étuve à 100°C pendant 72 heures puis pesée. Après obtention d'une masse constante de la biomasse sèche, le rendement moyen en biomasse sèche des plants de *P. erosus* a été déterminé suivant la formule :

$$R' = \frac{P' \times 10.000}{S' \times 1.000} \quad \text{où :}$$

R' = rendement moyen en biomasse sèche des plants de *P. erosus*, en t/ha

P' = masse de la biomasse sèche des plants de *P. erosus*, en kg ;

S' = superficie de récolte, en m².

2.6. Analyses statistiques des données

Les valeurs de croissance, de rendement en racines et en biomasse sèche de *P. erosus*, par traitement et par répétition, ont été soumises à une analyse de la variance sur mesures non répétées, modèle mixte sans interaction, à deux facteurs (répétitions et traitements). La classification numérique a été préférée au test de Newman et Keuls de séparation des moyennes, du fait du caractère multivarié des données. Les groupes homogènes de traitements de même tendance évolutive sont identifiés par la classification numérique et les moyennes des paramètres sont calculées pour chacun d'eux (DAGNELIE, 1998). Le logiciel utilisé était Statistical Analysis System (SAS) version 8.1.

III. Résultats

3.1. Caractéristiques chimiques du sol d'expérimentation

Le tableau I nous montre que le pH en eau du sol d'expérimentation a été de 4,7. La matière organique a été de 0,17%. Le phosphore assimilable a eu une valeur de 29 ppm. Les bases échangeables ont eu des valeurs de 0,16 cmol+/kg de sol pour le K_2O , de 10,25 cmol+/kg de sol pour le CaO et de 9,73 cmol+/kg de sol pour le MgO.

Tableau I : Caractéristiques chimiques du sol d'expérimentation

pH		Matière organique [%]	Saturation en base	Cations échangeables			Capacité d'échange cationique	Phosphore assimilable [ppm]
Eau	KCl			Ca	Mg	K		
4,9	4,4	0,17	46,00	10,25	9,73	0,16	20,16	29

% : pourcentage ; ppm : partie par millionième ; cmol+/Kg : centimoles+ par kg de sol.

3.2. Hauteur moyenne des plants de *Pachyrhizus erosus*

Les résultats d'analyse de la variance sur mesures répétées ont indiqué une différence hautement significative entre tous les niveaux de facteurs ainsi que leurs interactions en ce qui concerne la hauteur des plants de *Pachyrhizus erosus* ($p < 0,001$). De même, l'effet du temps sur la différence entre les niveaux de facteur a été très hautement significatif pour ce paramètre ($p < 0,001$). La classification numérique appliquée aux moyennes ajustées de la hauteur des plants des 18 combinaisons des niveaux des 3 facteurs pour les 9 périodes de mesure a donné le dendrogramme de la figure 2.

L'évolution dans le temps de la hauteur des plants de *Pachyrhizus erosus* en fonction des groupes de traitements a indiqué une croissance relativement rapide des plants soumis aux traitements du groupe G₃ avec V₁D₂F₂, V₁D₃F₂, V₂D₃F₂, V₂D₂F₂ et V₂D₁F₂ (figure 2). Ce groupe a rassemblé les traitements à base de fumure minérale 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O. Les plants de *Pachyrhizus erosus*, soumis aux traitements du groupe G₁ ont présenté les plus faibles performances en termes de croissance en hauteur des plants. A partir du 127^e jour, tous les plants considérés ont présenté une relative stabilité en terme de croissance en hauteur.

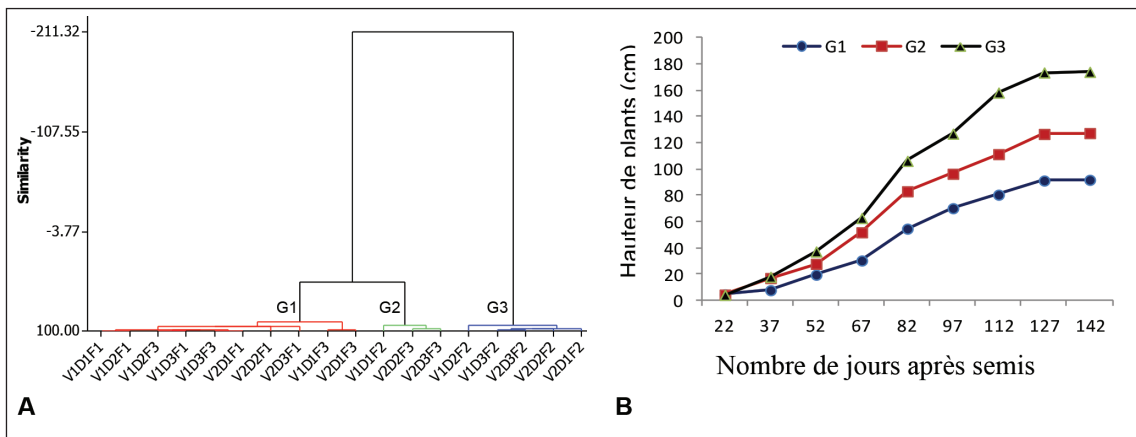


Figure 2 : Hauteur des plants de *P. erosus* par groupe de traitement (A : dendrogramme ; B : tendance évolutive des différents groupes)

V1 = EC-KEW et V2 = EC-533 ; D₁ = 62.500 plants/ha, D₂ = 31.250 plants/ha et D₃ = 15.625 plants/ha ; F₁ = N₀P₀K₀ ; F₂ = N₃₀P₄₀K₆₀ et F₃ = N₆₀P₈₀K₁₂₀ (avec les chiffres indiquant les quantités en kg/ha de N, de P₂O₅ et de K₂O) ; G1 : groupe 1, G2 : groupe 2 et G3 : groupe 3

3.3. Nombre moyen de feuilles par plant de *Pachyrhizus erosus*

Le nombre moyen des feuilles des plants n'a pas présenté de différence significative entre les deux variétés EC-KEW et EC-533. En effet, seul l'effet du temps sur le nombre de feuilles des plants a été significatif ($p < 0,001$). Tous les autres facteurs ainsi que leurs interactions n'ont pas été significatifs sur le nombre de feuilles ($p > 0,05$).

3.4. Rendements en racines et en biomasse sèche des plants de *Pachyrhizus erosus*

Les résultats d'analyse de la variance sur les paramètres de rendement en racine de *P. erosus* ont indiqué une différence très hautement significative ($p < 0,001$) entre les niveaux de chacun des 3 facteurs à savoir : densité, fumure minérale et variété, en ce qui concerne le rendement en racines (tableau II). Toutefois, les interactions n'ont pas été significatives ($p > 0,05$). Le rendement moyen en racines le plus élevé de 8.361 t/ha a été obtenu avec la variété EC-KEW. Par ailleurs, pour cette variété la meilleure densité a été de 31.250 plants/ha avec 7,92 t/ha et la meilleure fumure minérale a été de 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O avec 10,4 t/ha de racines. Pour la variété EC-533, la meilleure densité de semis a été de 31.250 plants/ha avec 7,92 t/ha et la meilleure fumure minérale est de 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O avec 10,4 t/ha de racines.

En ce qui concerne le rendement en biomasse sèche des plants de *P. erosus*, le tableau II nous montre que seule la fumure minérale présente un effet significatif ($p < 0,05$). Tous les autres facteurs ainsi que les interactions entre eux sont non significatifs ($p > 0,05$).

Tableau II : Moyennes ajustées et erreur standard du rendement en racines et en biomasse des différents niveaux des facteurs

Traitements	Rendement racines (t/ha)		Biomasse (t/ha)	
	m	se	m	se
Variété				
EC-KEW	8.361 ^a	0.217	0.212 ^a	0.025
EC-533	5.723 ^b	0.217	0.219 ^a	0.025
Densité				
0,20m x 0,80m	6.818 ^b	0.265	0.229 ^a	0.03
0,40m x 0,80m	7.917 ^a	0.265	0.206 ^a	0.03
0,80m x 0,80m	6.391 ^c	0.265	0.212 ^a	0.03
Fumure				
N ₀ P ₀ K ₀	3.016 ^c	0.265	0.170 ^c	0.03
N ₃₀ P ₄₀ K ₆₀	10.385 ^a	0.265	0.200 ^b	0.03
N ₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	7.724 ^b	0.265	0.277 ^a	0.03

IV. Discussion

Des résultats obtenus des caractéristiques chimiques du sol d'expérimentation, il ressort que la somme des bases est de 20,14 cmol+ /kg de sol et la capacité d'échange cationique du sol est de 20,16 cmol+/kg de sol. Le rapport calcium-magnésium (Ca/Mg) est de 1,05 ; calcium-potassium (Ca/K) est de 64,06 et magnésium-potassium (Mg/K) est de 60,81. La somme des bases et la capacité d'échange cationique du sol sont trop faibles en comparaison avec les valeurs d'une nouvelle friche dans le même milieu (ADJANOHOUN *et al.*, 2011). De même, il y a une déficience du calcium par rapport au magnésium avec le rapport Ca/Mg. Les rapports calcium-potassium et magnésium-potassium prouvent l'énorme déficit du potassium par rapport au calcium et au magnésium. Ces résultats prouvent que le sol d'étude est pauvre et dégradé.

Des résultats obtenus de la hauteur des plants, du nombre de feuilles par plant et du rendement en biomasse sèche, il ressort que l'apport de 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O, a eu un effet significatif sur la croissance des plants de *Pachyrhizus erosus*.

Les rendements les plus élevés de 8,36 t/ha de racines de la variété EC-KEW sont obtenus avec l'apport de 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O, combiné avec la densité de 62.500 plants/ha et de 31.250 plants/ha respectivement. De ces résultats, il ressort également que l'apport de 30 kg/ha de N, 40 kg/ha de P₂O₅ et 60 kg/ha de K₂O, a eu un effet significatif sur les rendements en racines de *Pachyrhizus erosus*. Le rendement de 8,36 t/ha de racines de *Pachyrhizus erosus* obtenu est largement inférieur à celui rapporté par VIEIRA DA SILVA (1976) au Portugal, AHISSOU (2003) au Mexique. Par ailleurs, ces résultats illustrent bien les affirmations de ORTING *et al.* (1996) en Bolivie, qui stipulent que les rendements en racines de *Pachyrhizus erosus* varient de 8 à 30 t/ha en fonction des variétés, des sols et des techniques culturales. Néanmoins, ces résultats infirment les études de BELFORD *et al.* (2001) en Sierra Leone, qui affirment que l'application d'engrais azoté n'a eu aucun effet sur le rendement en racines de *P. erosus*. Il faut toutefois préciser que BELFORD *et al.* (2001) n'ont pas précisé l'état de la fertilité du sol sur lequel les études ont été conduites.

Les meilleurs rendements en biomasse sèche sont de 0,277 t/ha avec l'apport de 30 kg/ha de N + 40 kg/ha de P₂O₅ + 60 kg/ha de K₂O quelles que soient la variété et la densité de semis. Ces résultats montrent que l'apport d'engrais minéraux a un effet significatif sur le rendement en biomasse sèche. Ces résultats, corroborent l'affirmation de SORENSEN (1996) qui stipule que l'ajout du phosphore est recommandé afin d'obtenir une fixation optimale de l'azote biologique bien que dans ces études l'état de la fertilité du sol d'expérimentation n'a pas été précisé.

Les résultats de cette étude montrent que la fertilisation minérale est importante pour accroître la productivité de *Pachyrhizus erosus* cultivé sur un ferrallitique dégradé au Sud-Bénin. L'apport de la dose d'engrais minérale de 30 kg/ha de N + 40 kg/ha de P₂O₅ + 60 kg/ha de K₂O aux plants de *Pachyrhizus erosus* semés à la densité de 31.250 plants/ha permet d'obtenir les rendements en racines et biomasse sèches élevés de la variété EC-KEW cultivé sur un ferrallitique dégradé. Toutefois, cette étude ne montre pas la dose optimale d'engrais minéraux à utiliser pour une meilleure productivité de *P. erosus*. L'apport de la dose d'engrais minérale de 30 kg/ha de N + 40 kg/ha de P₂O₅ + 60 kg/ha de K₂O aux plants de *P. erosus* doit être utilisée avec attention et sur une courte période du fait que l'apport prolongé d'engrais minéraux accélère la dégradation des sols. Il est urgent que cette étude se poursuive sur d'autres axes de recherches comme l'utilisation des biofertilisants comme les champignons mycorrhiziens, les rhizobactéries promotrices de la croissance végétale encore appelés Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR en anglais) ou d'autres types des fertilisants organiques.

Conclusion

Les résultats obtenus montrent l'importance et la nécessité de la fertilisation minérale sur la productivité en racines et en biomasse sèche de *Pachyrhizus erosus* cultivée sur des sols ferrallitiques dégradés du Sud-Bénin. Cependant, *Pachyrhizus erosus* étant une légumineuse, il est à craindre qu'un apport inadéquat d'azote influence négativement la fixation biologique de cet élément nutritif. L'utilisation des engrais minéraux étant rentrée dans l'habitude des producteurs, des études postérieures sur la détermination des doses optimales d'engrais minéraux azotés s'avèrent nécessaires. Toutefois, l'apport de 30 kg/ha de N + 40 kg/ha de P₂O₅ + 60 kg/ha de K₂O, associé à la densité de 31.250 plants/ha, permet d'obtenir les rendements en racines les plus élevés quelle que soit la variété de *Pachyrhizus erosus*.

Remerciements

Les auteurs remercient les membres du Groupe de recherche sur *Pachyrhizus* sp du Bénin, le Centre International de la Pomme de terre (CIP), la Coopération Belge au Développement pour leur soutien financier et les évaluateurs de la Revue *Science et Technique* du Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST).

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent l'absence de tout conflit d'intérêt quant à la publication de cet article dans la présente revue.

Références bibliographiques

- ADEGBOLA, P.Y., A.A., NESTOR, P., HOUSSIONON, N., ALOKPAI, K., HELL, G., THIELE, P., FANDOHAN, G.A., MENSAH. 2015. Socio-economic analysis of *Pachyrhizus erosus* cultivation in Benin: Profitability and cost function analysis. Proc. 29th ICAE, 9–14 Aug. 2015, Milan, Italy.
- ADJAHOSSOU, D.F., ADE, J., 2002. Etude de quelques paramètres de conservation de l'eau sur des plantes de trois accessions du genre *Pachyrhizus erosus* soumises à la sécheresse. *Ann SciAgron Bénin* 2002 ; 3 : pp. 1-18.
- ADJAHOSSOU, D.F., 2006. Ablation des inflorescences et rendement en tubercules chez le haricot igname (*Pachyrhizus erosus*). In *Cahiers Agricultures* vol. 15, n° 2, mars-avril 2006. 7p. version pdf, consulté sur www.google.fr le 26/03/2012 à 12h42.
- ADJANOHOUN, A., 2006. Détermination des doses d'azote, de phosphore et de potassium pour l'accroissement des rendements et la rentabilité du manioc au Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 51 : 37-45.
- AGABA, R., SILVER, T., WOLFGANG, J. G., 2016. Genetic Variability for Yield and Nutritional Quality in Yam Bean (*Pachyrhizus* sp.). *HORTSCIENCE* 51(9):1079–1086. 2016. doi: 10.21273/HORTSCI10686-16
- AHISSOU, S.Z., 2003 : Agronomic performance and genetic diversity of the root crop yam bean (*Pachyrhizus* spp.) under West African conditions, Thesis for the degree of Doctor of Agricultural Sciences of the Faculty of Agricultural Sciences Georg-August University Göttingen Germany.123p
- AZONTONDE, A., HAZOUME, F.A.G., GNAGASSI, C., KPAGBIN, G., 2005 : Impact d'une plante de couverture (*Mucuna pruriens utilis*) sur la productivité du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 50 : 47-56.
- BELFORD, E.J.D., KARIM, A.B., SCHRÖDER, P., 2001 : Exploration of the tuber production potential of yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) under field conditions in Sierra Leone. *Journal of Applied Botany*. 75 (1) : 31-38.
- BRAY, R. H., L. T., KURTZ, 1945. "Determination of Total, Organic and Available Forms of Phosphorus in Soils," *Soil Science*, Vol. 59, No. 2, 1945, pp. 39-45. doi:10.1097/00010694-194501000-00006.
- COULIBALY, O., NOUHOHEFLIN, T., AÏTCHÉDJI, C.C., CHERRY, A.J., ADÉGBOLA, P., 2011: Consumer'S perceptions and willingness to pay for organically grown vegetables. *International Journal of Vegetable Science*. 17: 349-362. <http://www.tandfonline.com/loi/wijv20>.
- DAGNELIE, P., 1998 : *Statistique Théorique et Appliquée* (vol. 1 & 2). De Boeck et Larcier: Paris.
- DANWAMON, K.H.F., 2011 : Date de semis et formule d'engrais pour une meilleure productivité du maïs (*Zea mays*) sur sol ferrallitique de la commune d'Allada au Sud du Bénin. Université d'Abomey-Calavi, Thèse d'Ingénieur Agronome. 88 p.
- DIELS J., AÏHOU, K., IWUAFE, E., MERCKX, R., VANLAUWE, B., 2003. Evaluer les options pour le maintien du taux de carbone organique dans le sol en agriculture intensive en savane d'Afrique de l'Ouest à l'aide du modèle Rothamsted Carbone. In *Outils d'aide à la décision pour l'agriculture en Afrique Subsaharienne*, STRUIF BONTKES T. E. et WOPEREIS, M.C.S. (Ed) pp. 151-161, IFDC et CTA, 2003.
- DINI, C., M.C., DOPORTO, M.A., GARCÍA, S.Z., VIÑA., 2013. Nutritional profile and anti-nutrient analyses of *Pachyrhizus ahipa* roots from different accessions. *Food Res. Intl*. 54:255–261.
- DJINADOU, K.A., 2011 : Genre et innovations agricoles : cas des extraits aqueux de neem pour la protection phytosanitaire du niébé au sud-ouest du Bénin. Université d'Abomey-Calavi, Thèse de doctorat. 300 p.
- DJINADOU, K.A., PIERZYNSKY, G., HAVLIN, J., 1995 : Phosphorus and micronutrient availability from dual application of nitrogen and phosphorus using liquid fertilizers. *Soil Science*. 159 (1) : 567-576.
- FORSYTH, J.L., P.R., SHEWRY. 2002. Characterization of the major proteins of tubers of yam bean (*Pachyrhizus ahipa*). *J. Agr. Food Chem.*50:1939–1944.

- GUPTA, K., G., TALWAR, V., JAIN, K., DHAWAN, S., JAIN., 2003.** Salad crops root, bulb, and tuber crops, p.5060–5073. In: *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*. doi:10.1016/B0-12-227055-X/01040-3.
- IGUE, M., 1992 :** Utilisation des données pédologiques pour une agriculture durable : cas des terres de barre au sud du Bénin. 12^e réunion du sous-comité Ouest et Centre Africain de Corrélation des sols ; p 109-127. Rapport FAO sur les ressources en sols du monde n°72.
- NOMAN, A., M. HOQUE, M., HAQUE, F., PERVIN, M., KARIM., 2007.** Nutritional and antinutritional components in *Pachyrhizus erosus* L. tuber. *Food Chem.* 102:1112–1118.
- ORTING, B., W.J., GRÜNEBERG, M., SORESENSEN, 1996.** *Ahipa (Pachyrhizus ahipa (Wedd.) Parodi)* in Bolivia. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43: pp. 435-446.
- PADONOU, S., A., HOUNYÈVOU, J., AHOUNOU, A., HOUSSOU, P., FANDOHAN, K., AÏHOU, A. ADJANOHOUN, K. HELL, P. ADÉGBOLA, G. MENSAH, D., KOUDANDE, 2013.** Yam bean (*Pachyrhizus erosus*) tuber processing in Benin: Production and evaluation of the quality of yam bean-gari and yam bean fortified gari. *Intl. J. Biol. Chem. Sci.* 7:247–259.
- PARK, C.J., J.S., HAN., 2015.** Hypoglycemic effect of jicama (*Pachyrhizus erosus*) extract on streptozotocin-induced diabetic mice. *Prev. Nutr. Food Sci.* 20:88–93.
- SORENSEN, M., 1996.** Yam bean (*Pachyrhizus* DC.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 2. Institut of Plant Genetics and Crop plant Research, Gatersleben/*International Plant Genetic Resources Institute*, Rome.
- THOMAS, G. W., 1982 :** “Exchangeable Cations.” In: R. H. Miller and D. R. Keeney, Eds., *Methods of Soil Analysis*, Madison, 1982, pp. 154-157.
- VELASCO, L. AND W.J. GRÜNEBERG. 1999.** Analysis of dry matter and protein contents in fresh yam bean tubers by near-infrared reflectance spectroscopy. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30:1797–1805.
- VIEIRA DA SILVA, J., 1976.** Water stress, ultrastructure and enzymatic activity. In: Water and plant life. Ecological studies 19. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 207-224 Wu Leung, W.-T. and M. Flores. 1961. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá; Guatemala. pp. 1-132.
- WALKLEY, A., C. A., BLACK, 1934.** “An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposal Modification of the Chromic Acid Titration Method,” *Soil Science*, Vol. 37, No 1, 1934, pp. 29- 38. doi:10.1097/00010694-193401000-00003.
- ZANKLAN, A. S., AHOANGONOU, S., BECKER, H. C., PAWELZIK, E., GRÜNEBERG, J. W., 2007:** Evaluation of the Storage Root-Forming Legume Yam Bean (*Pachyrhizus* spp.) under West African Conditions. *Published in Crop Sci.* 47:1934–1946. 13p.