

Deuxième article : Analyse différentielle de la fertilité physico-chimique des sols dans les zones cotonnières au Bénin

Par : I. Amonmidé, G. D. Dagbénonbakin, P. B. I. Akponikpè, E. C. Agbangba et P. G. Tovihoudji

Pages (pp.) 12-23.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)
Numéro Spécial Faune, Agriculture & Élevage (FAE) - Décembre 2019

Le BRAB est en ligne (on line) sur les sites web <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Programme Information Scientifique et Biométrie (PIS-B)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59 ; E-mail : brabinrab@yahoo.fr / craagonkanmey@yahoo.fr

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

Tél. : (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpisbinrab@gmail.com

République du Bénin

Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Actogramme de l'autruche (<i>Struthio camelus australis</i>) élevé en captivité au nord-ouest du Bénin S. G. A. Nago, A. W. Bio Keri, E. Sogbohossou, E. B. O. Ahouandjinou, M. Le Cornec, B. A. Sinsin et G. A. Mensah	1
Analyse différentielle de la fertilité physico-chimique des sols dans les zones cotonnières au Bénin I. Amonmidé, G. D. Dagbénonbakin, P. B. I. Akponikpè, E. C. Agbangba et P. G. Tovihoudji	12
Caractérisation morpho biométrique des poulets locaux élevés à Hessouhoué dans la commune d'Aplahoué au sud-Ouest du Bénin A. K. Edenakpo, O. G. Kouato, N. R. Ahoyo Adjovi, C. A. A. M. Chrysostome et G. A. Mensah	24
Modes de préparation et principes actifs des recettes galactogènes utilisées au Bénin pour améliorer la productivité laitière des mammifères : Synthèse bibliographique Z. Agani, C. G. Akouedegni, K. C. Boko, J. Dossou et S. Babatounde	36
Perceptions locales de l'impact des feux de végétation sur les services écosystémiques d'approvisionnement autour de la Réserve de Biosphère de la Pendjari au nord-ouest du Bénin V. Edalo, A. S. Yaoitcha, T. D. Houehanou, F. Muhashy Habiyaremye, L. J. de Bisthoven, A. E. Assogbadjo, M. R. B. Houinato et B. A. Sinsin	48
Efficacité de la combinaison de Mavi MNPV et de <i>Beauveria bassiana</i> contre <i>Maruca vitrata</i> (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) au laboratoire A. Kindozandji, B. D. Datinon, A. N. Nondichao, K. Amevoin, A. I. Glitho et M. Tamó	61

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

Informations générales

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural. La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé. Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être obtenue sur demande adressée au secrétariat du BRAB. Pour recevoir la version électronique pdf du BRAB, il suffit de remplir la fiche d'abonnement et de l'envoyer au comité de rédaction avec les frais d'abonnement. La fiche d'abonnement peut être obtenue à la Direction Générale de l'INRAB, dans ses Centres de Recherches Agricoles ou à la page vii de tous les numéros. Le BRAB publie deux (02) numéros par an mais aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)
01 BP: 884 Cotonou 01 Recette Principale – Tél.: (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpisbinrab@gmail.com
République du Bénin

Editeur : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Comité de Rédaction et de Publication :

Directeur de rédaction et de publication : Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche (CAMES)

Secrétaires de rédaction, de publication et de mise en ligne : Dr Ir. KPERA-MAMA SIKA Gnanki Nathalie, Chargé de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Sètchéchè Charles Bertrand POMALEGNI, Chargé de recherche

Membres : Dr Ir. Adolphe ADJANOHOUN, Directeur de Recherche (CAMES), Dr DMV Olorounto Delphin KOUNDANDE, Directeur de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche (CAMES)

Conseil Scientifique : Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahmane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr. Dr Ir. Kakaï Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Pr. Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr. Dr Ir. Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr. Dr Ir. Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Pr. Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr Ir. Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Pr. Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUNDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Dr Ir. Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir. Gauthier BIAOU (Economie, Bénin), Dr Ir. Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Economie, Allemagne), Dr Ir. André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir. Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Adolphe ADJANOHOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir. Isidore T.GBEGO (Zootechnie, Bénin), Dr Ir. Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Dr Ir. Luc O.SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Sénégal)

Comité de lecture : Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

Indications aux auteurs

Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des rapports de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur et aux co-auteurs.

Le BRAB publie deux (2) numéros par an mais aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés par voie électronique par une lettre de soumission (*covering letter*) au comité de rédaction et de publication du BRAB aux adresses électroniques suivantes : E-mail : brabpisbinrab@gmail.com. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris e-mail) d'au moins trois (03) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs (*referees*) revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin.

Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapés/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple et format A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des lecteurs, spécialistes du domaine. Pour qu'un article soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbess creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brïeveté** (supprimer les expressions creuses).

Titre

On doit y retrouver l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum ou 100 caractères et espaces) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Il comporte les mots de l'index *Medicus* pour faciliter la recherche sur le plan mondial. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte. Ils doivent être écrits en minuscules, à part la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues.

Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1^{ère} lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs) sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Prof., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, B P, Tél., e-mail, pays, etc.) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme et à la rédaction de l'article. L'auteur principal est celui qui a assuré la direction de la recherche et le plus en mesure d'assumer la responsabilité de l'article.

Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est nécessaire. Ce résumé doit être précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est : un compte rendu succinct ; une représentation précise et abrégée ; une vitrine de plusieurs mois de dur labeur ; une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document ; etc. Il doit contenir l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Un bon résumé a besoin d'une bonne structuration. La structure apporte non seulement de la force à un résumé mais aussi de l'élégance. Il faut absolument éviter d'enrober le lecteur dans un amalgame de mots juxtaposés les uns après les autres et sans ordre ni structure logique. Un résumé doit contenir essentiellement : une courte **Introduction (Contexte)**, un **Objectif**, la **Méthodologie** de collecte et d'analyse des données (**Type d'étude**, **Échantillonnage**, **Variables** et **Outils statistiques**), les principaux **Résultats** obtenus en 150 mots (**Résultats importants et nouveaux pour la science**), une courte discussion et une Conclusion (**Implications de l'étude en termes de généralisation et de**

perspectives de recherches). La sagesse recommande d'être efficacement économe et d'utiliser des mots justes pour dire l'essentiel.

Mots-clés

Les mots clés suivront chaque résumé et l'auteur retiendra 3 à 5 mots qu'il considère les plus descriptifs de l'article. On doit retrouver le pays (ou la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline et le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

Texte

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Discussion, Conclusion, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible.

Introduction

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

Matériel et méthodes

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

Résultats

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

Discussion

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs. Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion. Il ne faut jamais laisser les résultats orphelins mais il faut les couvrir avec une conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion ne comporte jamais de résultats ou d'interprétations nouvelles. On doit y faire ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats. La conclusion n'est pas l'endroit pour présenter la synthèse des conclusions partielles du texte car c'est une des fonctions du résumé. Il faut retenir que la conclusion n'est pas un résumé de l'article.

Références bibliographiques

Il existe deux normes internationales régulièrement mise à jour, la :

- **norme Harvard** : -i- West, J.M., Salm, R.V., 2003: Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, 17, 956-967. -ii- Pandolfi, J.M., R.H. Bradbury, E. Sala, T.P. Hughes, K.A. Bjorndal, R.G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M.J.H. Newman, G. Paredes, R.R. Warner, J.B.C. Jackson, 2003: Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301 (5635), 955-958.
- **norme Vancouver** : -i- WEST, J.M., SALM, R.V., (2003); Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, vol. 17, pp. 956-967. -ii- PANDOLFI, J.M., et al., (2003); Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, vol. 301 N° 5635, pp. 955-958.

Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées dans la liste des références et inversement. La bibliographie doit être présentée en ordre alphabétique conformément aux deux (2) exemples donnés ci-dessus comme suit : nom et initiales du prénom du 1^{er} auteur, puis initiales du prénom et nom des autres auteurs ; année de publication (ajouter les lettres a, b, c, etc., si plusieurs publications sont citées du même auteur dans la même année) ; nom complet du journal ; numéro du volume en chiffre arabe, éditeur, ville, pays, première et dernière page de l'article. Dans le texte, les publications doivent être citées avec le nom de l'auteur et l'année de publication entre parenthèses de la manière suivante : Sinsin (1995) ou Sinsin et Assogbadjo (2002). Pour les références avec plus de deux auteurs, on cite seulement le premier suivi de « *et al.* » (mis pour *et alteri*), bien que dans la bibliographie tous les auteurs doivent être mentionnés : Sinsin *et al.* (2007). Les références d'autres sources que les journaux, par exemple les livres, devront inclure le nom de l'éditeur et le nom de la publication. Somme toute selon les ouvrages ou publications, les références bibliographiques seront présentées dans le BRAB de la manière suivante :

Pour les revues :

- Adjahoun, E., 1962 : Étude phytosociologique des savanes de la base Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio*, 11, 1-38.
- Grönblad, R., G.A. Prowse, A.M. Scott, 1958: Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.*, 58, 1-82.
- Thomasson, K., 1965: Notes on algal vegetation of lake Kariba. *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal.*, ser. 4, 19(1): 1-31.
- Poche, R.M., 1974a: Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest)) in West Africa. *J. Applied Ecology*, 11, 963-968.
- Poche, R.M., 1974b: Ecology of the African elephant (*Loxodonta a. africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38, 567-580.

Pour les contributions dans les livres :

- Whithon, B.A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. In: Carr, N.G., Whithon, B.A., (eds), *The biology of cyanobacteria*. Oxford, Blackwell.
- Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. In : Reyniers, F.N., Netoyo L. (eds.). *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

Pour les livres :

Zryd, J.P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.

Stuart, S.N., R.J. Adams, M.D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN-The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

Pour les communications :

Vierada Silva, J.B., A.W. Naylor, P.J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA, 3243-3247.

Lamachere, J.M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n° 199, 109-119.

Pour les abstracts :

Takaiwa, F., Trifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiology abstracts, 1980, 4533.

Thèse ou mémoire :

Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

Pour les sites web :

<http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h. - <http://www.cites.org>, consulté le 12/07/2008 à 09 h.

Équations et formules

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

Unités et conversion

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

Abréviations

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développé des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Éviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom(s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p .e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple : *Oryza sativa* = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

Tableaux, figures et illustrations

Chaque tableau (avec les colonnes et toutes les lignes rendues visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures et photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. Concernant les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et non scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées. Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excell, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si c'est nécessaire.

Bulletin d'abonnement N°

Nom :

Prénoms :

Organisme :

.....

Adresse :

.....

Ville : **Pays** :

désire souscrire.....abonnement(s) au Bulletin de la Recherche Agronomique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Date : **Signature** :

Paiement par (cocher la case) :

Chèque à l'ordre du CRA-Agonkanmey/INRAB

Virement à effectuer au compte bancaire du CRA-Agonkanmey/INRAB établi comme suit :

Nom :	CRA-AGONKANMEY/INRAB – 01 BP 884 RP – Cotonou - Bénin			
N° de compte bancaire :	Code bancaire	Position du code	Compte N°	RIB
	0062	01018	011720001108	66
Banque de paiement	ECOBANK - Agence Etoile - 01 BP 1280 Recette Principale – COTONOU - Bénin			
Swift code	ECOC BJ BJ			

Retourner ce bulletin accompagné de votre règlement à :

CRA-Agonkanmey/INRAB
01 B.P. 884 Recette Principale
COTONOU 01 (République du Bénin)
E-mail : brabpisbinrab@gmail.com

Tarifs pour un abonnement annuel donnant droit à deux (2) numéros du BRAB entier en versionpdf par voie électronique :

Bénin :	Individu :	4.000 F CFA (# 6 euros)
	Institution :	15.000 F CFA (# 23 euros)
Hors du Bénin :	Individu :	30.000 F CFA (# 46 euros)
	Institution :	50.000 F CFA (# 77 euros)
Abonnement de soutien :		70.000 F CFA (# 107 euros)

Analyse différentielle de la fertilité physico-chimique des sols dans les zones cotonnières au Bénin

I. Amonmidé^{5,7}, G. D. Dagbénonbakin⁶, P. B. I. Akponikpè⁷, E. C. Agbangba⁸ et P. G. Tovihoudji⁷

Résumé

Le coton est la principale culture de rente au Bénin. Avec l'accroissement de la population, l'extension des superficies n'est plus possible sur le long terme. La gestion optimale de la fertilité des sols des zones cotonnières devient une nécessité. L'objectif de l'étude était de comparer la fertilité physico-chimique des sols des zones cotonnières en rapport avec les exigences nutritionnelles de la culture. Pour y parvenir, un suivi des champs de coton a été fait dans les six grandes communes productrices de coton au Bénin en 2018, auprès de 180 producteurs à raison de 30 producteurs par commune, représentatives des quatre zones cotonnières. Des échantillons de sol ont été prélevés et analysés au laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des sols. Les rendements de coton graine ont été également déterminés. Les paramètres physico-chimiques des sols ont été soumis à une analyse de variance et à l'analyse en composantes principales en lien avec les rendements en utilisant le logiciel R.3.6.1. Les résultats ont montré un niveau de dégradation avancée des sols des zones centre-nord et sud avec des rendements faibles contrairement aux zones nord et centre où les sols sont mieux pourvus en argile, matière organique et cations échangeables. En effet, les sols des zones centre-nord et sud sont de texture sablo-limoneuse. Ils présentent des capacités d'échanges cationiques et des teneurs en cations échangeables faibles. Bien que les zones du nord et du centre ne sont pas bien pourvues en éléments nutritifs, le niveau de dégradation des sols dans les zones nord et centre est moindre avec des rendements de coton graine meilleurs que ceux observés dans le centre-nord et le sud. L'étude a révélé la nécessité de la mise en œuvre d'un plan de fumure équilibrée pour la culture cotonnière prenant en compte les résultats des propriétés physico-chimiques observées entre différents bassins de production.

Mots clés : Dégradation des sols, productivité du coton, matière organique, cations échangeables, Bénin.

Differential analysis of the physico-chemical fertility of soils in cotton growing areas in Bénin

Abstract

Cotton is the main cash crop in Bénin. Due to the current population growth, it is not possible to extend the cropping area in the long term. Optimal management of soil fertility in cotton-growing areas is becoming necessary. The objective of the study was to compare the physical and chemical soil fertility in cotton-growing areas taking into account the nutritional requirements of the crop. To achieve this, cotton fields were monitored in the six most cotton-producing communes in Bénin in 2018, with 180 farmers at the rate of 30 per commune, representing the four cotton zones. Soil samples were taken and analyzed in the laboratory to determine the physico-chemical properties of soils. Yields of cotton grain were also determined. The physical and chemical parameters of soils were submitted to an analysis of variance and a principal component analysis in relation with the yields of cotton grain using the software R.3.6.1. The results showed an advanced level of soil degradation in the central-

⁵Ir. Isidore AMONMIDÉ, Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 PB 175 Cotonou, E-mail : amonmide2018@yahoo.com, Tél. : (+229)97794507/(+229)95845541, République du Bénin.

⁶Dr Ir. (MR) Gustave Dieudonné DAGBÉNONBAKIN, INRAB, 01 PB 884 Recette principale, Cotonou 01, E-mail : dagust63@yahoo.fr, Tél. : (+229)95561860/(+229) 97793159, République du Bénin.

⁷Dr Ir. (MC) Pierre Bienvenu Irénikatché AKPONIKPÈ, Laboratoire d'hydraulique et de Modélisation Environnementale (HydroModE-Lab), Département d'Aménagement et Gestion des Ressources Naturelles (DAGR), Faculté d'Agronomie (FA), Université de Parakou, 03 BP 351 Parakou, E-mail : akponikpe@yahoo.com, Tél. : (+229)66242474/(+229)94157889, République du Bénin.

Dr Ir. Pierre Gbènoukpo TOVIHOUDI, HydroModE-Lab/DAGR/FA/UP, 03 BP 351 Parakou, E-mail : pierretovihoudji@yahoo.fr, Tél. : (+229)96005950, République du Bénin.

⁸Dr Ir. Emile Codjo. AGBANGBA, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey Calavi, BP 01 PB 526 Recette principale, Cotonou 01 Cotonou, E-mail : agbaemile@yahoo.fr, Tél. : (+229)67359873, République du Bénin.

north and south zones with low yields compared to the north and center zones where the clay content of the soil, organic matter and exchangeable cations are better than over zones. In fact, soils in the central north and south zones have a sandy-loam texture and the exchangeable cationic capacities and exchangeable cations are very low. Even though the northern and central areas are not well supplied with nutrients, the level of soil degradation in the northern and central areas showed low with better yields of cotton grain than those observed in the north and south centers. The study revealed the need for the implementation of a balanced fertilization plan for cotton production taking into account the physico-chemical soil properties observed among the different production areas.

Key words: Soil degradation, cotton productivity, organic matter, exchangeable cations, Bénin.

INTRODUCTION

Dans la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest, la culture du coton occupe une place prépondérante sur les plans économique et social (Aho et Capo-Chichi, 2017). Au Bénin, le coton représente près de 30% des exportations et contribue, en termes de valeur ajoutée, pour 7% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) (Banque Mondiale, 2016). Le coton constitue également l'activité économique principale pour plus de 300.000 ménages et procure un revenu monétaire pour près de 2,5 millions de personnes, soit 25% de la population nationale (Banque Mondiale, 2016). Le coton est cultivé par environ un tiers des paysans au Bénin et occupe environ 20% des superficies cultivées (Ton, 2004).

Dans les grandes zones de production cotonnière, le coton occupe plus de 60% des emblavures à l'échelle de l'exploitation. Si au démarrage de la culture du coton au Bénin vers les années 1960, les sols étaient encore fertiles avec un système itinérant sur brûlis et des jachères de longue durée, de nos jours, le système agraire a beaucoup évolué passant du brûlis avec jachère à une agriculture sédentaire basée sur la gestion extensive des résidus de récolte (Igué *et al.*, 2008). Un tel système a engendré la dégradation des sols et surtout la diminution drastique du taux de matière organique et la baisse des rendements des cultures (Coulibaly *et al.*, 2012; Pouya *et al.*, 2013).

Par ailleurs, en Afrique et au Bénin, l'agriculture à faible utilisation d'engrais minéraux (Batamoussi *et al.*, 2015), ajoutée à la non valorisation des résidus de récolte, ont contribué à la perte de nutriments dans les bassins cotonniers. Sur le long terme, il y a une tendance à la baisse des rendements de l'ordre de 30% sur 20 ans, soit $11 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ (Bassala *et al.*, 2008). Des études menées sur l'évolution de la fertilité des sols des bassins cotonniers au Nord-Cameroun (Bassala *et al.*, 2008), ont mis en évidence la baisse des teneurs en azote du sol et l'insuffisance du phosphore disponible, du potassium échangeable et du magnésium. L'exploitation continue des sols entraîne une dégradation rapide de leur fertilité qui se traduit par une baisse des rendements des cultures (Annabi *et al.*, 2009; Koulibaly *et al.*, 2010). Dans les systèmes de culture à base du coton, la durabilité semble reposer principalement à la fois sur la fertilisation et sur les techniques de gestion rationnelle de la fertilité (Oumarou, 2012).

Il a été observé dans les bassins cotonniers du Centre et du Nord-Bénin, des taux de matière organique largement inférieurs à $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, de faibles valeurs de capacités d'échanges cationiques (variant de 5,15 à $6,75 \text{ Cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) et de pH acide oscillant de 5,7 à 5,2 (Igué *et al.*, 2013, 2016). Dans le bassin-versant de l'Ouémé supérieur, Dagbénonbakin (2005) ont observé un bilan annuel négatif de $-37 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, $-8 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ et $-35 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ dans une rotation igname-coton-maïs-arachide-sorgho. Ces bilans négatifs sont souvent dus à la durée de mise en culture des terres (Dagbénonbakin *et al.*, 2005; Ouandaogo *et al.*, 2016) à cause de l'exploitation des sols sans restitution des résidus de récolte avec très peu ou pas du tout d'engrais sur les cultures conduisant ainsi à une baisse de leur fertilité et par conséquent une baisse des rendements des cultures. Par ailleurs, les études de la carte de fertilité du Bénin par zone agro-écologique conduites par Azontondé *et al.* (2009) ont montré des niveaux de fertilité très bas et bas dans les régions de Banikoara et de Kandi. Dans ces zones de grande production cotonnière, les sols sont dégradés sur les plans chimique, physique et biologique. Des limitations sévères ont été observées en matière organique et en nutriments. La production étant déterminée par ces facteurs et les relations existant entre eux, il est essentiel de maintenir le taux de matière organique et des éléments minéraux à des proportions pouvant garantir une bonne productivité des terres tout en préservant le sol contre toute forme de dégradation. Cependant, aucune de ces études n'a pris en compte, au même moment, tous les bassins cotonniers du Bénin.

Le coton étant la principale culture de rente et la culture qui bénéficie plus d'apport d'engrais dans les rotations des systèmes de culture intégrant le coton, il est important que la fertilité des sols soit bien suivie et bien gérée dans les zones où il est produit. Au Bénin, les pratiques de gestion de la fertilité des sols dans les zones cotonnières n'ont pas connu d'amélioration. Les résidus de récolte sont

toujours brûlés ou pâturés. Les producteurs utilisent rarement la matière organique sous forme de compost, du fumier ou de résidus de récolte enfouis. Avec les problèmes de changement climatique, où les pluies deviennent mal réparties, il est urgent de veiller au maintien et à l'amélioration du taux de carbone dans le sol. Ceci permet de disposer de données actualisées sur l'état des sols des zones cotonnières.

La présente étude avait pour objectif de déterminer les paramètres physico-chimiques limitants dans le sol et de discriminer les sols des zones cotonnières en fonction de leurs niveaux spécifiques de fertilité. De façon spécifique, il s'agit de comparer la fertilité des sols des zones cotonnières, en rapport aux exigences nutritionnelles de la culture.

MILIEU D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans les quatre zones cotonnières du Bénin (Figure 1). Dans la zone nord qui regroupe les départements de l'Alibori et de l'Atacora, les communes de Kandi (11°07'43"N, 2°56'13"E), de Banikoara (11°18'00"N, 2°26'00"E) et de Ouassa-Péhunco (10°49'30"N, 2°06'34"E) ont été retenues. Dans la zone centre-nord qui regroupe les départements du Borgou et de la Donga, l'étude a été conduite dans la commune de Sinendé (10°20'41"N, 2°22'45"E). Dans la zone centre qui prend en compte le département des Collines, l'étude a été conduite dans la commune de Savalou (7°55'50"N, 1°58'31"E). Dans la zone sud qui regroupe les départements du Zou, du Couffo et du Plateau, la commune de Djidjaa été retenue (1°39'0"N, 1°13'0"E).

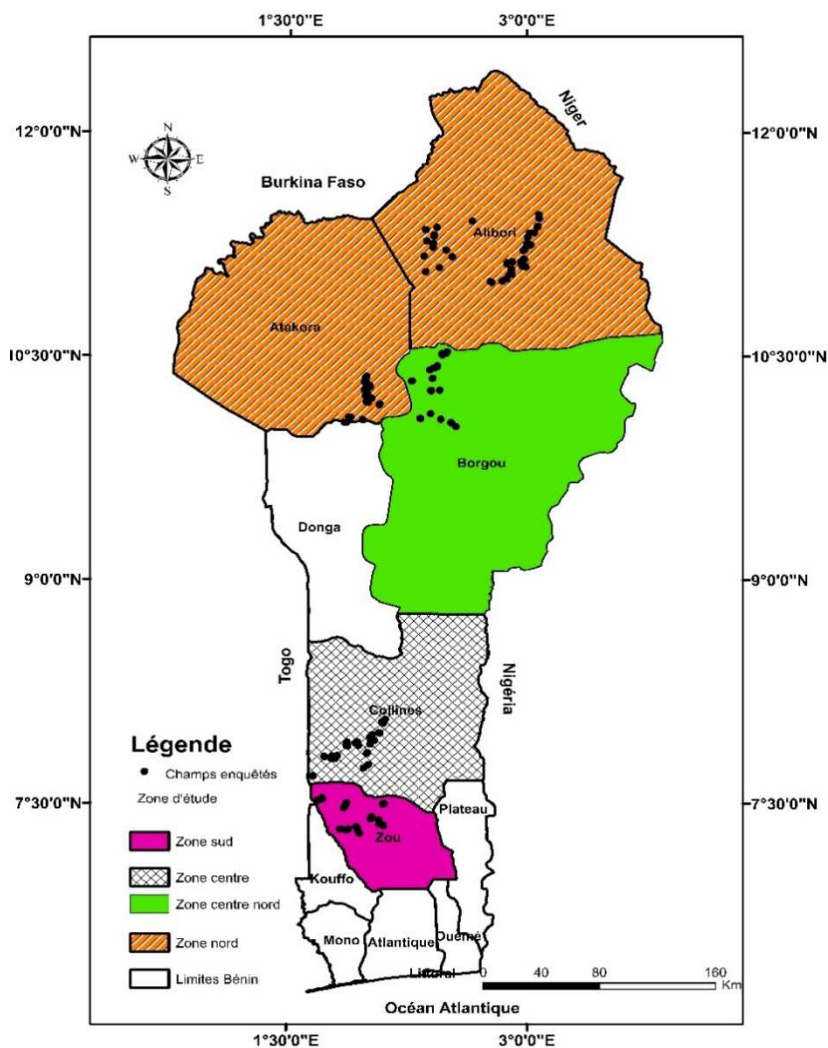


Figure 1. Carte administrative du Bénin montrant les champs étudiés

Les zones nord et centre-nord sont caractérisées par un climat de type soudano-sahélien (tropical humide) à régime pluviométrique unimodal à une saison des pluies (mai à octobre) et une saison sèche (novembre à avril). La pluviosité moyenne annuelle varie de 600 à 1.200 mm avec une répartition annuelle de 30 à 70 jours. La zone nord est caractérisée par un sol ferrugineux tropical

concrétionné, alors que la zone centre-nord est caractérisée par un sol ferrugineux tropical modal. Le coton, le maïs, le soja et le sorgho sont les principales cultures pratiquées dans le nord et le centre-nord.

Les zones centre et sud sont caractérisées par un climat de type soudano-guinéen (tropical humide) à régime pluviométrique bimodal à deux saisons pluvieuses et à deux saisons sèches. Une grande saison des pluies de mars à juillet, une petite saison sèche en août, une petite saison des pluies s'étalant de septembre à novembre et une grande saison sèche de décembre à mars. La pluviosité varie de 700 à 1.600 mm avec une répartition annuelle de 48 à 80 jours. La zone centre est caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux concrétionnés, alors que la zone sud est caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques. Les principales cultures des deux zones sont le maïs, le soja, l'arachide et le manioc. La mauvaise gestion des sols et parfois la mauvaise répartition des pluies sont les principales contraintes de la production agricole des quatre zones dont le système de culture est à base du coton. Les sols sont de types ferrugineux tropicaux concrétionnés au nord, centre et sud et modal au centre-nord (Dagbénonbakin *et al.*, 2003 ; Azontondé *et al.*, 2009).

MATERIEL ET METHODES

Choix des zones d'étude et échantillonnage

La collecte de données a été réalisée dans les quatre zones cotonnières du Bénin (Hougni *et al.*, 2016). Dans la zone nord qui produit près de 70% du coton béninois, les trois meilleures communes productrices du coton ont été choisies. Dans les zones centre-nord (Borgou, Donga), centre (Collines) et la zone sud (Zou, Couffo, Mono, Plateau), la première commune productrice de chaque zone a été choisie. Ainsi, Banikoara, Kandi et Ouassa-Péhunco ont été choisies dans la zone nord. Les communes de Sinendé, de Savalou et de Djidja ont été choisies respectivement dans le centre-nord, le centre et le sud. Dans chacune des communes, 15 villages ont été retenus dont 5 au nord, 5 au centre et 5 au sud de manière à couvrir une grande variabilité spatiale. Dans chaque village, les données ont été collectées dans les champs de deux producteurs sélectionnés au hasard. La taille de l'échantillon a été déterminée par la distribution *t* de Student qui converge vers la distribution normale

pour une grande taille d'échantillon où $n > 30$ (Dagnelie, 1998):
$$n = \frac{t_{1-\alpha/2}^2 \times CV^2}{d^2}$$
, avec : CV = paramètre

coefficient de variation du paramètre considéré ; $t_{1-\alpha/2}$ = valeur critique de la statistique du considéré ; $t_{1-\alpha/2}$ = valeur critique de la statistique de Student ($t_{1-\alpha/2} \approx 2$) ; d = marge d'erreur en % ($1\% \leq d \leq 15\%$).

Ici, d a été fixé à 0,10 (10%) et le coefficient de variation (CV) considéré est celui de la capacité d'échange cationique (CEC) estimé à partir d'un échantillon exploratoire de 30 prélèvements de sol dans les champs des producteurs desdites localités avec un CV égal à 0,45. Partant de la formule, $n = 81$. Six communes étant concernées par la présente étude, 14 producteurs devraient être considérés par commune. Ainsi, dans chacune de ces communes, 14 prélèvements devraient être effectués (soit un total de 84 échantillons). Toutefois, pour prendre en compte une large variabilité, 30 producteurs ont été retenus par commune, soit un échantillon de 180 producteurs.

Prélèvement et analyse d'échantillons de sol

Des échantillons composites de sol ont été prélevés en huit points à une profondeur de 0-20 cm avant l'application d'engrais dans les champs. Ceci a été fait auprès des 180 producteurs qui étaient sélectionnés dans les quatre zones cotonnières. Les caractéristiques physico-chimiques des sols ont été déterminées au Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Les analyses ont consisté en la détermination de la granulométrie 5 fractions par la méthode à la Pipette de Robinson Köln, la matière organique par la méthode de Walkley et Black (1934), l'azote total par la méthode de minéralisation de Kjeldahl (Bremner et Mulvaney, 1982). Le phosphore assimilable a été dosé par la méthode de Bray 1 (Bray et Kurtz, 1945).

L'extraction des cations échangeables a été faite avec une solution d'acétate d'ammonium tamponnée à pH₇, puis le dosage des cations Ca²⁺ et Mg²⁺ par spectrophotométrie d'absorption atomique, puis Na⁺ et K⁺ en émission de flamme. La capacité d'échange cationique (CEC) a été déterminée à partir de la solution du chlorure de potassium (KCl) à 10%, puis distillation et titration. Le pH_{eau} et pH_{KCl} ont

été déterminés par lecture directe au pH-mètre à électrode en verre, selon un rapport sol/solution de 1/2,5 et après un temps d'équilibre de 4 heures de l'eau et du KCl (McLean, 1982).

Détermination des rendements de coton graine

Les récoltes du coton ont été faites à l'ouverture complète des capsules sur une superficie de 20 m² (4 m x 5 m). Les récoltes ainsi effectuées ont été pesées et les rendements ont été déterminés en kilogramme par hectare.

Analyse des données

Les paramètres physico-chimiques des sols ont été soumis à une analyse de variance utilisant les zones de production cotonnière comme facteurs avec le logiciel R.3.6.1 (R Core Team, 2019). Une transformation logarithme a été faite afin d'assurer de la normalité des données. Le test de la plus petite différence significative a été effectué pour la séparation des moyennes significativement différentes. Les différences entre les niveaux de facteurs ont été considérées à 5% de probabilité d'erreur. Une analyse en composantes principales (ACP) a été faite entre les caractéristiques physico-chimiques des sols et les rendements afin de discriminer les quatre zones suivant leur niveau de fertilité. Enfin, Un test de conformité des paramètres physico-chimiques par rapport aux normes moyennes a été fait dans chaque zone cotonnière.

RESULTATS

Variabilité de la fertilité des sols entre zones cotonnières du Bénin

Dans le tableau 1 ont été présentées les caractéristiques physico-chimiques des sols sur la profondeur 0-20 cm.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des sols sur la profondeur 0-20 cm

Paramètres	Nord	Centre-Nord	Centre	Sud	Norme	Probabilité
SG (%)	37,33c (00,00-00,00)	47,39ab (IC)	44,57b (IC)	53,10a (IC)	-	0,000
SF (%)	29,81b (IC)	27,78b (IC)	36,90a (IC)	29,65b (IC)	-	0,000
LG (%)	9,79a (IC)	9,32a (IC)	6,61b (IC)	4,84c (IC)	-	0,000
LF (%)	7,79a (IC)	7,47a (IC)	5,35b (IC)	5,69b (IC)	-	0,000
Argile (%)	15,28a (IC)	8,04b (IC)	6,58b (IC)	6,72b (IC)	25 - 30	0,000
CO (%)	0,65b (IC)	0,60b (IC)	0,82a (IC)	0,66ab (IC)		0,018
MO (%)	1,12b (IC)	1,04b (IC)	1,42a (IC)	1,13ab (IC)	2 - 3	0,017
Azote T (g.kg ⁻¹)	0,06b (IC)	0,06b (IC)	0,09a (IC)	0,05b (IC)	0,10 - 0,15	0,000
C/N	13,01a (IC)	8,85b (IC)	9,10b (IC)	13,64a (IC)		0,000
pH _{eau}	6,30 (IC)	5,93 (IC)	6,29 (IC)	6,33 (IC)	6,5 - 7,5	0,053
pH _{KCl}	5,72 (IC)	5,45 (IC)	5,87 (IC)	5,97 (IC)		0,051
Ca (Cmol.kg ⁻¹)	5,82a (IC)	3,82b (IC)	5,05a (IC)	4,28a (IC)	2,3 - 3,5	0,003
Mg (Cmol.kg ⁻¹)	1,14a (IC)	0,51b (IC)	0,86a (IC)	0,96a (IC)	1,0 - 1,5	0,000
K (Cmol.kg ⁻¹)	0,22a (IC)	0,14b (IC)	0,21a (IC)	0,19a (IC)	0,2 - 0,4	0,000
Na (Cmol.kg ⁻¹)	0,20b (IC)	0,27b (IC)	0,45a (IC)	0,17b (IC)	0,3 - 0,7	0,000
Som. cations (Cmol.kg ⁻¹)	7,37a (IC)	4,73b (IC)	6,57a (IC)	5,59a (IC)	5 - 10	0,001
CEC (Cmol.kg ⁻¹)	8,77a (IC)	5,53b (IC)	7,90a (IC)	7,64a (IC)	10 - 25	0,000
P _{assi} (mg/kg)	22,70c (IC)	26,14bc (IC)	52,45a (IC)	43,36ab (IC)	10 - 15	0,000

SG = teneur en sable gros ; SF = teneur en sable fin ; LG = teneur en limon gros ; LF = teneur en limon fin ; CO = teneur en carbone organique ; Azote T = teneur en azote total ; C/N = rapport carbone sur azote ; MO = teneur en matière organique ; pH eau = pH du sol en milieu aqueux ; Ca éch = teneur en calcium échangeable ; Mg éch = teneur en magnésium échangeable ; K éch = teneur en potassium échangeable ; Na = teneur en sodium ; Som. CE = somme des bases échangeables ; CEC = capacité d'échange cationique ; P_{assi} = phosphore assimilable.

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

Les sols des quatre zones avaient une texture sablo-limoneuse (Tableau 1). Le nord et le centre-nord ont été un peu plus pourvus en limons (gros et fin) comparativement aux autres ($p < 0,05$). La teneur en argile (%) était de 15,28 au nord alors qu'elle était de 8,04; 6,58 et 6,72 respectivement au centre-

nord, centre et sud. Le sud et le centre-nord ont une texture plus sableuse avec des éléments grossiers respectifs de 53,10 et 47,39. Le pH était de 5,9 au centre-nord contre 6,2, 6,3 et 6,3 respectivement au centre, au nord et au sud (Tableau 1). Les teneurs en matière organique (g.kg^{-1}) étaient 1,04, 1,12, 1,13 et 1,42 respectivement au centre-nord, au nord, au sud et au centre. La teneur en azote total (g.kg^{-1}) a varié de 0,05 à 0,09.

Le nord et le sud ont enregistré les valeurs du rapport carbone sur azote (C/N) les plus élevées comparativement aux autres (Tableau 1). La concentration (Cmol.kg^{-1}) en calcium (3,82 à 5,82), magnésium (0,51 à 1,14) et potassium échangeable (0,14 à 0,22) et la somme des bases échangeables (4,73 à 7,37) a été significativement élevée dans les zones du nord, du centre et du sud ($p < 0,05$) comparativement à la zone centre-nord. La capacité d'échange cationique (Cmol.kg^{-1}) était de 5,53 à 8,77. Elle était plus élevée dans les zones du nord, du centre et du sud ($p < 0,05$) comparativement à la zone centre-nord. La concentration en phosphore assimilable (mg.kg^{-1}) a été plus importante au centre et a varié de 22,70 à 52,45 (Tableau 1).

Caractéristiques physico-chimiques des sols et rendements en coton graine suivant les zones cotonnières

Les résultats de l'analyse en composantes principales (Figure 2) des caractéristiques physico-chimiques du sol et des rendements en coton graine ont montré que les deux premières composantes ont expliqué 55,92% de la variation totale de l'ensemble des données.

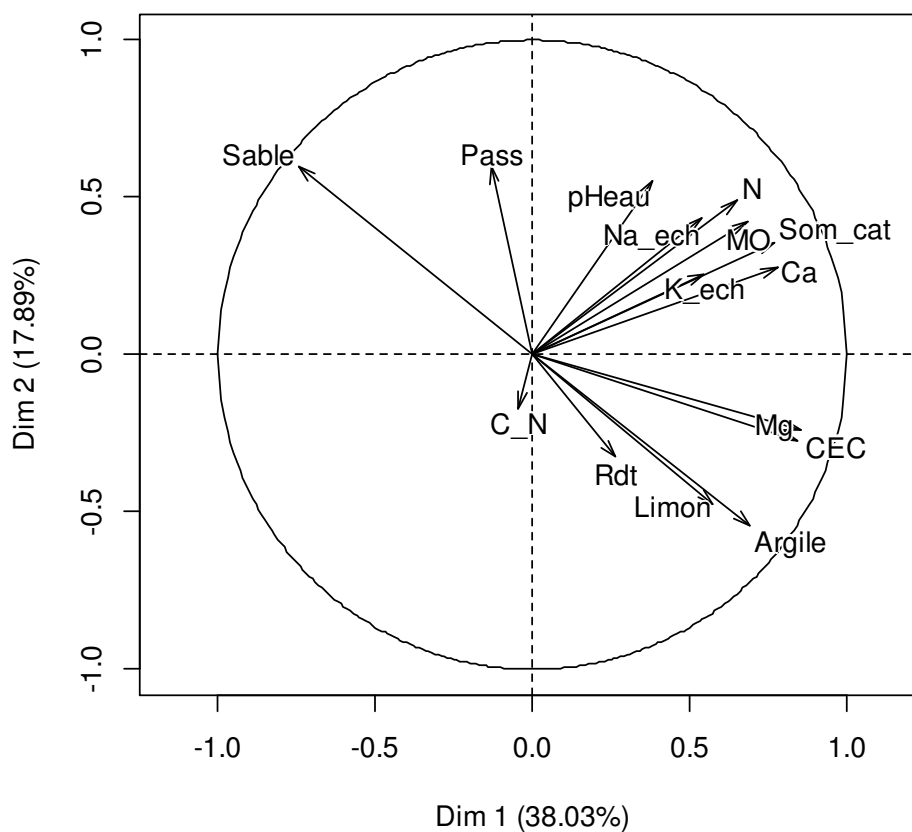


Figure 2. Cercle de corrélations des paramètres physico-chimiques et rendement en coton graine.

La capacité d'échange cationique, la somme des cations échangeables, les teneurs en calcium, magnésium, matière organique, azote total, argile, limon, potassium échangeable et sodium échangeable ont été positivement corrélées avec la première composante, contrairement à la proportion de sable (Tableau 3). La deuxième composante était essentiellement formée par la teneur en phosphore assimilable et le pHeau du sol. Par ailleurs, les communes de Banikoara et de Ouassa-Péhunco ont été positivement représentées sur la première composante contrairement à celles de Djidja et de Sinendé (Figure 3). Ainsi, les sols des communes de Banikoara et de Ouassa-Péhunco étaient caractérisés par une forte teneur en calcium, magnésium, matière organique (Figure 4), azote total, argile, limon, potassium échangeable et sodium échangeable mais de faibles teneurs en sable. Les sols des communes de Djidja et de Sinendé étaient caractérisés par une forte teneur en sable

mais pauvres en calcium, magnésium, matière organique, azote total, argile, limon, potassium échangeable et sodium échangeable. Cependant, la commune de Savalou était positivement représentée sur la deuxième composante contrairement à celle de Kandi indiquant une forte teneur en phosphore assimilable (Figure 5) et un pHeau élevé dans les sols de la commune de Savalou contrairement à ceux de Kandi.

Tableau 3. Corrélation entre les composantes principales et les caractéristiques physico-chimiques des sols et des rendements en coton graine

Variables	Composante 1	Composante 2
Capacité d'échange cationique (CEC)	0,8530220	-0,2381149
Teneur en magnésium (Mg)	0,8410922	-0,2710065
Teneur en calcium (Ca)	0,7778191	0,2760926
Somme des cations échangeables (Som_cat)	0,7714749	0,3550607
Teneur en Argile	0,6917744	-0,5435351
Teneur en matière organique (MO)	0,6826051	0,4250867
Teneur en azote total (N)	0,6500413	0,4910733
Teneur en Limon	0,5745669	-0,4752641
Teneur en potassium échangeable (K)	0,5442554	0,2568455
Teneur en sodium échangeable (Na)	0,5376942	0,4328516
pHeau	0,3803194	0,5528936
Rendement en coton graine	0,2622278	-0,3245781
Teneur en Sable	-0,7440070	0,5974980
Teneur en phosphore assimilable (Pass)	-	0,5980558
Rapport Carbone sur Azote (C/N)	-	-0,1705434

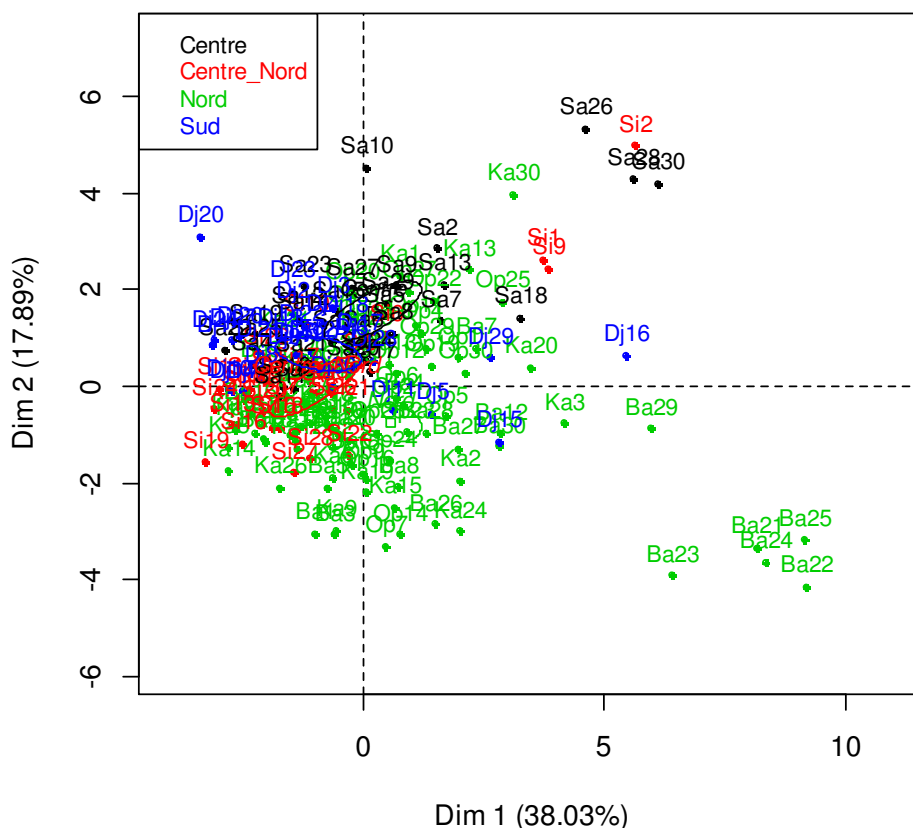
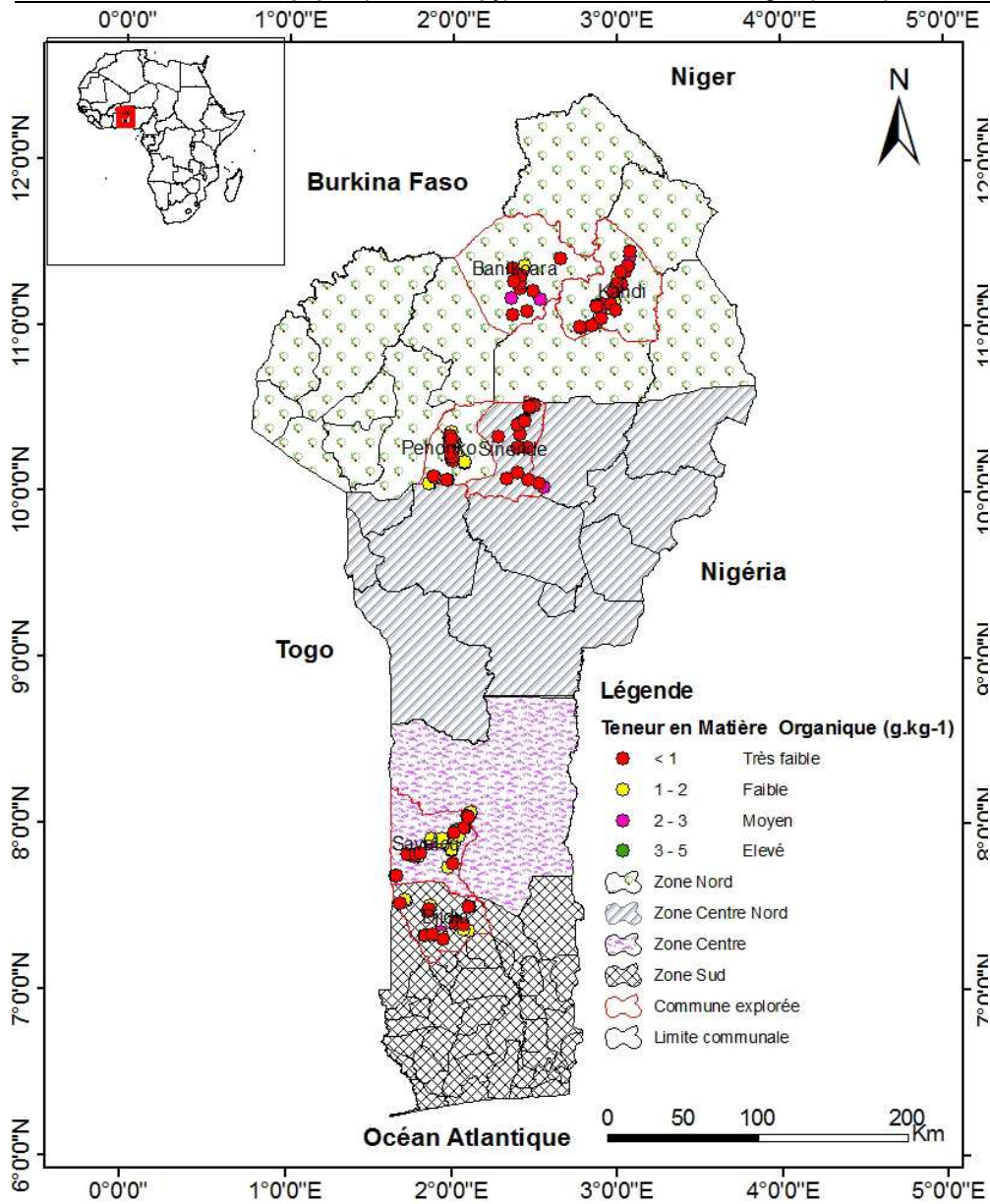


Figure 3. Répartition des individus dans le plan factoriel défini par les deux premières composantes principales (Caractéristiques du sol).Ba1, Ba2, Ba30, Si1, Si2.....Si30, Dj1, Dj2.....Dj30, Op1,

Op2....Op30, Ka1, Ka2..., Ka30, Sa1, Sa2..., Sa30 représentent les individus issus des communes de Banikoara, Sinendé, Djidja, Ouassa-Péhunco, Kandi et Savalou, respectivement.



Source: IFN 2007 & Données de terrain 2018

Auteur: I. Amonmidé (2018)

Figure 4. Cartographie des teneurs en matière organique (g.kg⁻¹) des zones cotonnières du Bénin

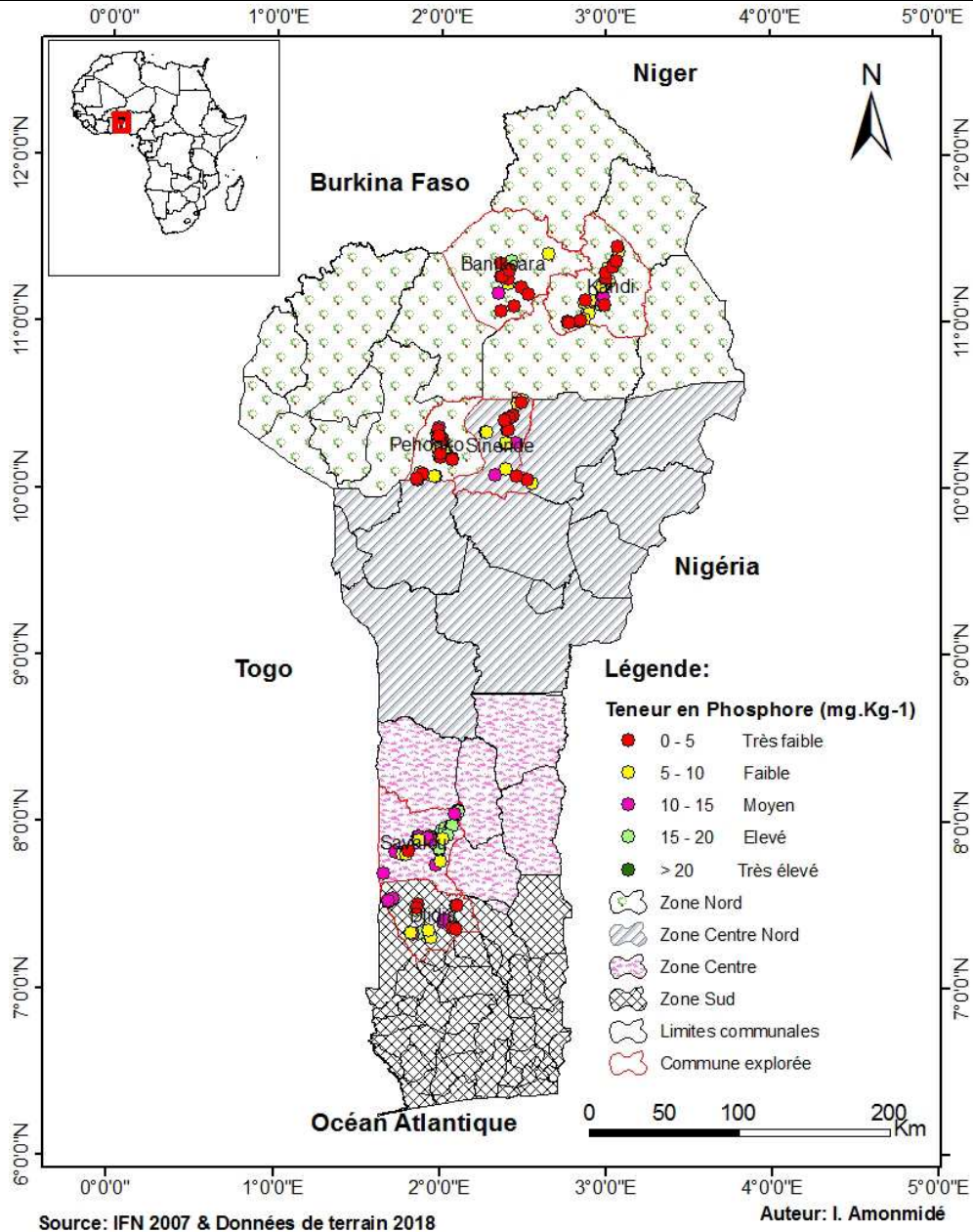


Figure 5. Cartographie des teneurs en phosphore assimilable (mg.kg⁻¹) des zones cotonnières du Bénin

DISCUSSION

Dans les quatre zones cotonnières, les paramètres physico-chimiques sont faibles voire très faibles. Cependant, les zones nord et centre sont un peu pourvues en matière organique, calcium et potassium échangeable. Les sols sont faiblement acides (pH_{eau} variant de 5,9 à 6,3), les teneurs en argile (6,58 à 15,28%) et en matière organique (1,04 à 1,42%) sont faibles dans toutes les zones selon les normes de 2 à 3% (Bi *et al.*, 2012) pour favoriser l'efficacité des engrais appliqués. La capacité d'échange cationique (CEC) comprise entre 5,53 et 8,77 $Cmol.kg^{-1}$ est faible dans les quatre zones comparativement selon les normes de 10 - 25 $Cmol.kg^{-1}$ (CRAAQ, 2003) indiquant une faible réserve en cations échangeables due à la forte exportation des éléments nutritifs sans restitution équivalente, surtout dans la zone sud. La matière organique du sol améliore les propriétés physiques (construction et stabilité des structures) et chimiques du sol notamment la CEC et sa capacité de rétention en eau (Harris, 2002; Nakamura *et al.*, 2011). Elle constitue également de multiples sources de nutriments disponibles pour les plantes et les organismes du sol et permet ainsi le maintien de la vie biologique (Harris, 2002; Mando *et al.*, 2005; Zingore *et al.*, 2007). Cependant, les pratiques des producteurs basées sur l'application exclusive des engrais minéraux sans aucune restitution des résidus de récolte

contribuent fortement à la réduction du taux de la matière organique du sol (Naitombaidé *et al.*, 2010; Traore *et al.*, 2007a). Ainsi, des apports organiques à travers les résidus de récolte, du fumier ou du compost peuvent être nécessaires afin d'améliorer les caractéristiques physico-chimiques des sols. Par ailleurs, les rapports C/N élevés, montrant une faible décomposition de la matière organique disponible peut s'expliquer par les faibles teneurs en azote ou à la faible vitesse de minéralisation de la matière organique disponible due à activité microbienne peu intense dans les sols. Le rôle de la matière organique sur la qualité du sol et la productivité des cultures a été largement rapporté (Amonmidé *et al.*, 2019; Bationo *et al.*, 2007; Pallo *et al.*, 2009; Traore *et al.*, 2007a; Vall *et al.*, 2006). Traore *et al.* (2007b) ont rapporté que la réponse des sols aux engrais minéraux a été quasi-nulle lorsque le taux de matière organique est en dessous du seuil critique de 0,6%. Hamdi *et al.* (2002); Tejada et Gonzalez (2007); Dagbénonbakin, 2005; Dagbénonbakin *et al.* (2012) ont observé une amélioration du rendement du coton lorsque le compost ou le fumier a été combiné aux engrais minéraux. Dans cette même zone, Amidou *et al.* (2005) avaient rapporté un gain de rendement en coton graine de 250 à 350 kg.ha⁻¹ et de 250 kg.ha⁻¹ à plus de 1.000 kg.ha⁻¹ de maïs grain après l'application de 5 à 11 tonnes par hectare de fumier et un complément de la moitié de la dose d'engrais minéraux en milieux paysans. Ceci peut résulter de l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques suite aux apports de ces amendements organiques qui ont favorisé la valorisation des nutriments dans le sol.

Par ailleurs, les pH acides limitent la vie des bactéries nitrifiantes et fixatrices d'azote, réduisant ainsi la nitrification et par conséquent la disponibilité de l'azote assimilable par la plante pour sa croissance (Mulaji *et al.*, 2016). Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) des caractéristiques physico-chimiques des sols et des rendements de coton graine ont montré que les zones centre-nord (Borgou, Donga) et le sud (Zou) sont globalement pauvres en éléments nutritifs (calcium, magnésium, capacité d'échange cationique, matière organique, azote total et argile) comparativement aux zones nord (Alibori, Atacora) et centre (Collines). Les pratiques culturales doivent être améliorées à travers la combinaison des engrais organiques et inorganiques surtout dans le centre-nord et au sud. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que dans le centre-nord et le sud, les sols sont plus filtrants que dans le nord et le centre. Les taux de sables grossiers (%) étaient de 53,10±14,95, 47,39±11,88, 44,57±12,45 et 37,33±11,68 respectivement au sud, centre-nord, centre et nord. Par ailleurs, ces résultats peuvent s'expliquer également par le fait que les CEC sont moins faibles dans ces deux zones que dans le centre-nord et le sud.

CONCLUSION

L'objectif de l'étude, celui de comparer la fertilité des sols dans les zones cotonnières en rapport aux exigences nutritionnelles de la culture cotonnière est atteint. Les sols sont de texture sablo-limoneuse surtout dans les zones centre-nord et sud. Dans ces zones, les CEC et les cations échangeables sont faibles. Même si les zones du nord et du centre ne sont pas bien pourvues en éléments nutritifs, le niveau de dégradation des sols dans ces zones est moindre avec des rendements de coton graine meilleurs que ceux observés dans le centre-nord et le sud. Les résultats montrent la nécessité de la mise en œuvre d'un plan de fumure équilibrée pour la culture cotonnière en prenant en compte les propriétés physico-chimiques observées entre différents bassins de production.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aho, E., Capo-Chichi, G., 2017 : Le coton africain entre pratiques modernes et traditionnelles : le changement de paradigme d'une économie sociale en Afrique de l'Ouest. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, Numéro Spécial Développement Agricole Durable, 35-48. DOI : <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>
- Annabi, M., H. Bahri, K. Latiri., 2009 : Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13**(3) : 401-408.
- Amidou, M., A. J. Djénontin, B. Wennink., 2005 : Valorisation des résidus de récolte dans l'exploitation agricole au nord du Bénin : Utilisation du fumier produit dans le parc de stabulation des bœufs. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, **47**, 19-25.
- Amonmidé, I., G. Dagbénonbakin, E. C. Agbangba, P. Akponikpè., 2019 : Contribution à l'évaluation du niveau de fertilité des sols dans les systèmes de culture à base du coton au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **13**(3), 1846-1860.
- Azontondé, H. A., M. A. Igué., P. Akondé., 2009 : Rapport de mission sur le prélèvement des échantillons des stocks d'engrais NPK (16-16-16) et des sols au niveau des champs des producteurs pour le contrôle de sa qualité dans les départements de l'Atacora, de la Donga et du Borgou. PUASA/MAEP, Cotonou, Bénin. 10 p.

- Banque Mondiale, 2016 : Notes de politiques pour la nouvelle administration béninoise. *documents.banquemondiale.org* , Banque Mondiale (Ed), 145 p.
- Bassala, J. P. O., M. M'Biandoun, A. J. Ekorong, P. Asfom., 2008 : Evolution de la fertilité des sols dans un système cotonnier-céréales au Nord Cameroun: diagnostic et perspectives. *Tropicicultura*, 26(4), 240-245.
- Batamoussi, M., I. Moumouni, B. S. Tokoré Orou Méré., 2015 : Contribution à l'amélioration des pratiques paysannes de production durable de coton (*Gossypiumhirsutum*) au Bénin : cas de la commune de Banikoara. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*,9(5): 2401-2413. DOI :<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.12>
- Bationo, A., J. Kihara Vanlauwe, B., B. Waswa, J. Kimetu., 2007: Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 94(1), 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2005.08.011>
- Bremner, J. M., Mulvaney, S. C., 1982: Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 595-624.
- Coulibaly, K., E. P. Vall, B. H. Autray, M. Nacro, Sedogo., 2012 : Effets de la culture permanente coton-maïs sur l'évolution d'indicateurs de fertilité des sols de l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(3): 1069-1080. DOI:<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.13>
- CRAAQ (Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec), 2003 : Guide de référence en fertilisation (1ère édition). Québec : Sainte-Foy, 294 p.
- Dagbenonbakin, G., J. Burkhardt, E. H. Goldbach., 2003 : Effet de la fumure sur le rendement du maïs à Bétérou dans le bassin versant de l'Ouémé supérieur. Submitting to the Proceedings of « Atelier scientifique National (1ère édition) organisé 14 au 17 Déc. 2004 au Centre de formation et de perfectionnement de la Communauté Electrique du Bénin (CEB) à Calavi »
- Dagbénonbakin, G., 2005: Productivity and water use efficiency of important crops in the 9 Upper Oueme Catchment: influence of nutrient limitations, nutrient balances and soil fertility. Universitäts und Landesbibliothek Bonn, Germany. ISBN 3-937941-05-3. (PhD Thesis), 212 p.
- Dagbénonbakin, G. D., D. C. Chougourou, R. N. Ahoyo Adjovi, G. Fayalo, A. P.J. Djenontin., & M. A. Igue., 2012 : Effets agronomiques du compost et du N14P23K14S5B1 sur la production et les caractéristiques du rendement de coton-graine au Nord Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* (BRAB), Numéro spécial Coton, 36–45.
- Harris, F., 2002: Management of manure in farmingsystems in semi-arid West Africa. *Experimental Agriculture*, 38(2), 131–148.
- Dagnelie P., 1998 : Statistique théorique et appliquée vol. 2. Paris, De Boeck & Larcier, Belgique, 659p.
- Hamdi, H., N. Jedidi, F. Ayari, A. Mhiri, A. Hassen, A. Ghrabi., 2002 : The effect of Tunis' urban compost on soil properties, chemical composition of plant and yield. Tunis.. 383-384.
- Hougni A., L. Imorou, A. Dagoudo, N. Zoumarou-Wallis., 2016 : Caractérisation agro- morphologique de variétés de Cotonnier (*GossypiumHirsutum*) pour une régionalisation économique pour la production du coton au Bénin. *Europ. Scient. J.*, 12(36): 1857-7881. DOI : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n36p210>
- Igué, A. M., V. Agossou, F. T. Ogouvidé., 2008 : Influence des systèmes d'exploitation agricole sur l'intensité de la dégradation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, 61 : 39-51.
- Igué A. M., A. Saidou, A. Adjanooun, G. Ezui, P. Attiogbe, G. Kpagbin, H. Gotoechan, S. Youl, T. Pare, I. Balogoun, J. Ouedrago, E. Dossa, A. Mando, J. M. Sogbedji., 2013 : Evaluation de la fertilité des sols au sud et centre du Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, numéro spécial, Fertilisation du maïs, 12-23.
- Igue, M. A., C. A. Oga, I. Balogoun, A. Saidou, G. Ezui, S. Youl, M. J. Sogbedji., 2016 : Détermination des formules d'engrais minéraux et organiques sur deux types de sols pour une meilleure productivité de maïs (*Zea mays* L.) dans la commune de Banikoara (Nord-Est du Bénin). *Euro. Scient. J.*, 12(30) :362-377. DOI : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n30p362>.
- Koulibaly, B., O. Traoré, D. Dakuo, N. P. Zombré, D. Bondé., 2010 : Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier -maïs. *Tropicicultura*, 28(3) : 184-189.
- Mando, A., M. Bonzi, S. C. M. Wopereis, F. Lompo, L. Stroosnijder., 2005: Long-term effects of mineral and organic fertilization on soil organic matter fractions and sorghum yield under Sudano-Sahelian conditions. *Soil Use and Management*, 21(4), 396-401. <https://doi.org/10.1079/SUM2005339>
- McLean, E. O., 1982: Soil pH and lime requirement. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 199–224.
- Mulaji, C, P. Disa-Disa, I. Kibal, M. Culot., 2016 : Diagnostic de l'état agropédologique des sols acides de la province de Kinshasa en république démocratique du Congo (RDC). *Comptes Rendus Chimie*, 19(7) : 820-826. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.crci.2015.08.010>
- Naitombaide, M., F. Lompo, Z. Gnankambary, N. Ouandaogo, P. M. Sedogo., 2010 : Les pratiques culturelles traditionnelles appauvrissent les sols en zone des savanes du Tchad. *Int. J. of Biol. and Chem. Sc.*, 4(4), 871-881.

- Nakamura, S., K. Hayashi, H. Omae, T. Ramadjita, F. Dougbedji., H. Shinjo-Tobita., 2011: Validation of soil organic carbon dynamics model in the semi-arid tropics in Niger, West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 89(3), 375-385. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9402-4>
- Ouandaogo, N., B. Ouattara, M. Bouinzenwendé, M. P. Pouya., 2016 : Effets des fumures organo-minérales et des rotations culturales sur la qualité des sols. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(2) : 904-918. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.37>
- Oumarou, B., 2012 : Capital Sol et arrangements institutionnels dans les agrosystèmes du Nord-Cameroun. Thèse de doctorat, centre international d'études supérieures en science agronomiques, Montpellier Supagro. 203 p.
- Pallo, F. J. P., N. Sawadogo, P. N. Zombré, P. M. Sedogo., 2009 : Statut de la matière organique des sols de la zone nord-soudanienne au Burkina Faso. *BASE*, 13(1), 139-142.
- Pouya, M. B., M. Bonzi, Z. Gnankambary, K. Traoré, S. J. Ouédraogo, A. N. Somé, P. M. Sédogo., 2013 : Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso. *Cah. Agric.*, **22**(4) : 282-292.
- R Core Team, 2019: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Tejada, M., Gonzalez, J. L., 2007: Application of different organic wastes on soil properties and wheat yield. *Agronomy Journal*, 99(6), 1597-1606.
- Traore, O., K. Traoré, B. V. Bado, J. D. Lompo., 2007b: Crop rotation and soil amendments : Impacts on cotton and maize production in a cotton-based system in western Burkina Faso. *Int. Jour. of Biol. and Chem. Sc.*, 1(2), 143-150.
- Ton, P., 2004 : La production du coton au Bénin. Projet d'analyse d'une spéculation agricole par pays, financé par le programme "Renforcement des capacités commerciales" de la Fédération Internationale des Producteurs Agricoles. 52 p.
- Traore, O., N. A. Some, K. Traore, K. Somda., 2007a: Effect of land use changes on some important soil properties in cotton based farming systems in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 1(1), 7-14.
- Vall, É., P. Dugué, M. Blanchard., 2006 : Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cahiers Agricultures*, 15(1), 72-79.
- Walkley, A., Black, A. I., 1934: An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.
- Zingore, S.K., K. H. Murwira, J. R. Delve, E. K. Giller., 2007: Influence of nutrient management strategies on variability of soil fertility, crop yields and nutrient balances on small holder farms in Zimbabwe. *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(1), 112-126.