

**Douzième article :** Effets du biochar et de la bouse de vache sur la densité de population des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) et la production du piment (*Capsicum annum* L.) en conditions de serre

Par : O. Behoundja Kotoko, R. Hokpo, N. T. Djaouga Mamadou, R. V. C. Diogo, R. Y. Gaba et H. Baïmey

Pages (pp.) 143-149.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Décembre 2022 – Volume 32 - Numéro 04

Le BRAB est en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> et peut être aussi consulté sur le site web de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) <http://www.inrab.org>

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



**Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)**

**Direction Scientifique (DS) - Service Animation Scientifique (SAS)**

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

Tél. : (+229) 21 30 02 64 ; E-mail : [sp.inrab@inrab.org](mailto:sp.inrab@inrab.org) / [inrabdg1@yahoo.fr](mailto:inrabdg1@yahoo.fr) / [brabpisbinrab@gmail.com](mailto:brabpisbinrab@gmail.com)

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](mailto:brabpisbinrab@gmail.com) - République du Bénin

## Sommaire

Sommaire	i
Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Traditional knowledge and morphometric characteristics of the fruits, seeds, and kernels of <i>Vitex doniana</i> , <i>Cleome gynandra</i> and <i>Riciodendron heudelotii</i> , three wild oil species in Bénin <b>N. F. Adomè, F. G. Honfo, F. J. Chadare and D. J. Hounhouigan</b>	1
Distribution géographique de <i>Brachiaria falcifera</i> et de <i>Pennisetum polystachion</i> au Bénin <b>K. O. Badarou, S. B. Adehan, A. F. Abiodoun, C. B. Azankpe, S. Adjolohoun, A. G. Zoffoun, P. Akouango, M. Oumorou et S. Babatounde</b>	13
Séroprévalence de la brucellose et caractéristiques de l'élevage des petits ruminants dans le département du Borgou au Nord-Est du Bénin <b>K. C. Boko, A-R Zoclanclounon, S. B. Adéhan, R. Assogbakpè, O. Aguidissou, C. Dété, P. Capo Chichi et S. Farougou</b>	26
Perceptions locales sur les services écosystémiques des vestiges de forêt dense au Sud-Bénin <b>A. Gbéhi, C. A. M. S. Djagoun, F. Assongba, E. A. Padonou, S. Zanvo, J. Djagoun, G. R. M. Adoukè et A. E. Assogbadjo</b>	34
Analyse des déterminants du consentement à payer de nouvelles semences de variétés de maïs tolérante à la sécheresse au Bénin <b>T. M. Atchikpa, A. N. Boro Chabi, S. I. Boni, B. Itchesside et J. A. Yabi</b>	47
Statut environnemental et quelques éléments de biologie des Cichlidae dans les lagunes anciennes du Sud-Bénin <b>Y. S. G. Houndjèbo, D. Adandédjan, A. G. G. Akotchéou, D. Lederoun et P. A. Lalèyè</b>	58
Investissement public agricole et productivité agricole dans l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) <b>K. Alla Houessou, A. Hougni et J. A. Yabi</b>	76
Le lien intrinsèque entre la vie et la pensée du philosophe Ludwig Wittgenstein <b>B. M. Somé</b>	97
Terres Rurales au nord-est du Bénin et délivrance de l'attestation de détention coutumière dans le cadre de la formation des droits fonciers <b>H. Edja</b>	105
Socialisation organisationnelle influencée par les compétences interculturelles <b>D. I. Houngue</b>	117
Effet de l'ombrage <i>Prosopis africana</i> sur le rendement de <i>Manihot esculenta</i> dans les agrosystèmes <i>Manihot esculenta</i> - <i>Prosopis africana</i> au Sud-Est-Bénin <b>T. Houetchegnon, B. Sourou, A. A. Wedjangnon et C. A. I. N. Ouinsavi</b>	132
Effets du biochar et de la bouse de vache sur la densité de population des nématodes à galles ( <i>Meloidogyne</i> spp.) et la production du piment ( <i>Capsicum annum</i> L.) en conditions de serre <b>O. Behoundja Kotoko, R. Hokpo, N. T. Djaouga Mamadou, R. V. C. Diogo, R. Y. Gaba et H. Baïmey</b>	143

## 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 en mai 1991 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 par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Un thesaurus spécifique dénommé « TropicAgrif » (Tropical Agriculture and Forestry) a été développé pour caractériser les articles parus dans le BRAB et servir d'autres revues africaines du même genre. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) 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 - 01 BP 884 Recette Principale - Cotonou 01 – Tél.: (+229) 21 30 02 64 - E-mail: [brabpbinrab@gmail.com](mailto:brabpbinrab@gmail.com) – République du Bénin

**Éditeur :** Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

**Comité de Rédaction et de Publication :** -i- **Directeur de rédaction et de publication :** Directeur Général de l'INRAB ; -ii- **Rédacteur en chef :** Directeur Scientifique de l'INRAB ; -iii- **Secrétaire documentaliste :** Documentaliste archiviste de l'INRAB ; -iv- **Maquettiste :** Analyste programmeur de l'INRAB ; -v- **Opérateur de mise en ligne :** Dr Ir. Sètchéme Charles Bertrand POMALEGNI, Chargé de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir. Guy A. MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir. Angelo C. DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche et MSc. Ir. Gbènakpon A. Y. G. AMAGNIDE.

**Conseil Scientifique :** Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Écologie, 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. Kakai 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), Pr. Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Pr. Dr Ir. Gauthier BIAOU (Économie, Bénin), Pr. Dr Ir. Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Économie, 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-Élevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Pr. Dr Ir. Luc O.SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Bénin)

**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 par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de cinquante mille (50.000) 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* : [brabpbinrab@gmail.com](mailto:brabpbinrab@gmail.com). Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris les e-mails) de 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, tapé/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier 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 évaluateurs, spécialistes du domaine.

### Sanction du plagiat et de l'autoplagiat dans tout article soumis au BRAB pour publication

De nombreuses définitions sont données au plagiat selon les diverses sources de documentations telles que « -i- Acte de faire passer pour siens les textes ou les idées d'autrui. -ii- Consiste à copier les autres en reprenant les idées ou les résultats d'un autre chercheur sans le citer et à les publier en son nom propre. -iii- Copie frauduleuse d'une œuvre existante en partie ou dans sa totalité afin de se l'approprier sans accord préalable de l'auteur. -iv- Vol de la création originale. -v- Violation de la propriété intellectuelle d'autrui. » (<https://integrite.umontreal.ca/reglements/definitions-generales/>). Le Plagiat et l'Autoplagiat sont à bannir dans les écrits scientifiques. Par conséquent, tout article soumis pour sa publication dans le BRAB doit être préalablement soumis à une analyse de plagiat, en s'appuyant sur quelques plateformes de détection de plagiat. Le **plagiat constaté dans tout article** sera sanctionné par un retour de l'article accompagné du **rapport de vérification du plagiat par un logiciel antiplagiat** à l'auteur de correspondance pour sa correction avec **un taux de tolérance de plagiat ou de similitude inférieur ou égal à sept pour cent (07%)**.

### Respecter de certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture

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 adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brièveté** (supprimer les expressions creuses). **Le temps des verbes doit être respecté**. En effet, tout ce qui est expérimental et non vérifié est rédigé au passé (passé composé et imparfait) de l'indicatif, notamment les parties *Méthodologie (Matériels et méthodes)* et *Résultats*. Tandis que tout ce qui est admis donc vérifié est rédigé au présent de l'indicatif, notamment les parties *Introduction*, avec la citation de résultats vérifiés, *Discussion* et *Conclusion*. Toutefois, en cas de doute, rédigez au passé. Pour en savoir plus sur la méthodologie de rédaction d'un article, prière consulter le document suivant : **Assogbadjo A. E., Aïhou K., Youssou A. K. I., Fovet-Rabot C., Mensah G. A., 2011. L'écriture scientifique au Bénin. Guide contextualisé de formation. Cotonou, INRAB, 60 p. ISBN : 978-99919-857-9-4 – INRAB 2011. Dépôt légal n° 5372 du 26 septembre 2011, 3<sup>ème</sup> trimestre 2011. Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin.**

## Titre

Dans le titre se retrouve 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) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Un bon titre doit donner le meilleur aperçu possible de l'article en un minimum de mots. Il comporte les mots de l'index *Medicus*. Le titre est un message-réponse aux 5 W [what (quoi ?), who (qui ?), why (pourquoi ?), when (quand ?), where (où ?)] & 1 H [how (comment ?)]. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte mais écrits en minuscules, sauf 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 français et anglais.

## Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1<sup>ère</sup> 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., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, e-mail, Tél. et pays) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe ayant effectivement participé au programme de recherche et à la rédaction de l'article.

## Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est 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 une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document, etc. Il contient l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Le résumé contient une **Introduction** (contexte, Objectif, etc.) rédigée avec 20% des mots, la **Méthodologie** (type d'étude, échantillonnage, variables et outils statistiques) rédigée avec 20% des mots, les **Résultats obtenus et leur courte discussion** (résultats importants et nouveaux pour la science), rédigée avec 50% des mots et une **Conclusion** (implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches) rédigée avec 10% des mots.

## Mots-clés

Les 3 à 5 mots et/ou groupes de mots clés les plus descriptifs de l'article suivent chaque résumé et comportent le pays (la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline ou 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

Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible. L'article est structuré selon la discipline scientifique et la thématique en utilisant l'un des plans suivants avec les Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques : *IMReD* (Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Conclusion) ; *ILPIA* (Introduction, Littérature, Problème, Implication, Avenir) ; *OPERA* (Observation, Problème, Expérimentation, Résultats, Action) ; *SOSRA* (Situation, Observation, Sentiments, opinion, Réflexion, Action) ; *ESPRIT/SPRIT* [Entrée en matière (introduction), Situation du problème, Problème précis, Résolution, Information appliquée ou détaillée, Terminaison (conclusion)] ; *APPROACH* (Annonce, Problématique (perutable avec Présentation), Présentation, Réactions, Opinions, Actions, Conclusions, Horizons) ; etc.

## 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).

## Matériels 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 étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion fait ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. La conclusion fait la synthèse de l'interprétation scientifique et de l'apport original dans le champ scientifique concerné. 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.

## Références bibliographiques

La norme Harvard et la norme Vancouver sont les deux normes internationales qui existent et régulièrement mises à jour. 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. Dans le texte, les publications doivent être citées de la manière suivante : Sinsin (2020) ou Sinsin et Assogbadjo (2020) ou Sinsin *et al.* (2007). Sachez que « *et al.* » est mis pour *et alteri* qui signifie et autres. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées par ordre alphabétique dans la liste des références bibliographiques. Somme toute dans le BRAB, selon les ouvrages ou publications, les références sont présentées dans la liste des références bibliographiques de la manière suivante :

#### Pour les revues scientifiques :

- ✓ **Pour un seul auteur** : Yakubu, A., 2013: Characterisation of the local Muscovy duck in Nigeria and its potential for egg and meat production. *World's Poultry Science Journal*, 69(4): 931-938. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000937>
- ✓ **Pour deux auteurs** : Tomasz, K., Juliusz, M. K., 2004: Comparison of physical and qualitative traits of meat of two Polish conservative flocks of ducks. *Arch. Tierz., Dummerstorf*, 47(4): 367-375.
- ✓ **A partir de trois auteurs** : Vissoh, P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe, E. K. Agbossou, 2012 : Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer N° 260*, 479-492.

#### Pour les organismes et institutions :

- ✓ FAO, 2017. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2017 : Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire. Rome, FAO. 144 p.
- ✓ INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2015 : Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4): Résultats définitifs. Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Cotonou, Bénin, 33 p.

#### 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., Tnifuji, 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.

### Equations 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). Eviter 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 rendus invisibles mais seules la première ligne et la dernière ligne sont visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne 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/ou 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.

## Effets du biochar et de la bouse de vache sur la densité de population des nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) et la production du piment (*Capsicum annum* L.) en conditions de serre

O. Behoundja Kotoko<sup>1</sup>, R. Hokpo<sup>1</sup>, N. T. Djaouga Mamadou<sup>1</sup>, R. V. C. Diogo<sup>2</sup>, R. Y. Gaba<sup>1</sup> et H. Baïmey<sup>1</sup>

Dr Ir Octave BEHOUNDJA KOTOKO, Laboratoire de Diagnostic et de Lutte Biologique contre les Bioagresseurs des Plantes (LDL), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP 123 Parakou, E-mail : [bekoct@gmail.com](mailto:bekoct@gmail.com), Tél. : (+229)97475088 République du Bénin

BSc Rafiatou HOKPO, LDL/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [rafiathokpo@gmail.com](mailto:rafiathokpo@gmail.com), Tél. : (+229)94314360, République du Bénin

MSc Néhal T. DJAOUGA MAMADOU, LDL/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [tinondjaouga@gmail.com](mailto:tinondjaouga@gmail.com), Tél. : (+229)66955895, République du Bénin

Dr Ir Rodrigue V. CAO DIOGO, Laboratoire d'Innovation en Systèmes de Production Intégrée et de Gestion Durable des Terres (LISPI-GDT/FA/UP), BP 123 Parakou, E-mail : [dcao\\_bj@yahoo.fr](mailto:dcao_bj@yahoo.fr), Tél. : (+229)61161525, République du Bénin

MSc Raoul Y. GABA, LDL/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [raoulgaba31@gmail.com](mailto:raoulgaba31@gmail.com), Tél. : (+229)94362356, République du Bénin

Pr Dr Ir Hugues BAIMEY, LDL/FA/UP, BP 123 Parakou, E-mail : [baimyehugues@gmail.com](mailto:baimyehugues@gmail.com), Tél. : (+229)96727506, République du Bénin

\*Auteur de correspondance : Dr Ir Octave BEHOUNDJA KOTOKO, E-mail : [bekoct@gmail.com](mailto:bekoct@gmail.com)

### Résumé

En vue de limiter les dégâts causés par les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) pour une meilleure productivité du piment (*Capsicum annum* L.), le biochar et la bouse de vache ont été appliqués. Leurs effets sur la croissance et le développement du piment et la densité de population des nématodes à galles ont été évalués sous serre. Le biochar et la bouse de vache ont été appliqués chacun à la dose de 150 g/pot de deux litres de contenance ou leur combinaison (75 g chacun par pot). Les nématodes ont été appliqués à la dose de 2.000 nématodes par pot. Dans tous les cas, chaque pot a contenu 1.350 g de sol ferrugineux tropical stérilisé. Les traitements ont été arrangés dans un dispositif en bloc aléatoire complet à six répétitions. Les données de pH, d'humidité du sol et des paramètres de croissance (hauteur des plants, longueur et largeur des feuilles, nombre de fleurs et fruits) des plants ont été collectées tous les 15 jours. Les résultats ont montré que le biochar et la bouse de vache ont significativement ( $p < 0,05$ ) augmenté l'humidité et le pH du sol, respectivement. Par ailleurs, ces résultats montrent qu'il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les traitements en ce qui concerne les paramètres agro-morphologiques en dehors de la surface foliaire qui a été plus élevée avec le traitement au biochar. Les différents traitements n'ont pas significativement ( $p > 0,05$ ) affecté l'indice de galles des racines de plantes et la densité de population des nématodes dans les racines. Le biochar a permis de réduire la densité de population des nématodes ( $14,50 \pm 4,19$ /g de sol) dans le sol. Par conséquent, le biochar et la bouse de vache pris individuellement ou en combinaison affectent positivement le pH et l'humidité du sol, négativement la densité des nématodes mais pas les paramètres agro-morphologiques.

**Mots clés** : Amendement, charbon biologique, fumier, ravageur, Bénin.

### Effects of biochar and cow dung on root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) population density and pepper (*Capsicum annum* L.) production under greenhouse conditions

#### Abstract

In order to limit the damage caused by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) for better productivity of pepper (*Capsicum annum* L.), biochar and cow dung were applied. Their effects on the growth and development of pepper and the population density of root-knot nematodes were evaluated in the greenhouse. Biochar and cow dung were each applied at the rate of 150 g/two-liter capacity pot or their combination (75 g each per pot). Nematodes were applied at a rate of 2,000 nematodes per pot. In all cases, each pot contained 1,350 g of sterilized tropical ferruginous soil. Treatments were arranged in a completely randomized block design replicated six times. Data on pH, soil moisture, and growth parameters (plant height, leaf length and width, number of flowers and fruits) of the plants were collected every 15 days. The results showed that biochar and cow dung significantly ( $p < 0.05$ ) increased soil moisture and pH, respectively. On the other hand, these results showed that there was no significant ( $p > 0.05$ ) difference between the treatments with respect to the agro-morphological parameters apart from the leaf area which was higher with the biochar treatment. The different treatments did not significantly ( $p > 0.05$ ) affect the plant root galling index and nematode population density in the roots. Biochar reduced the population density of nematodes ( $14.50 \pm 4.19$ /g soil) in the soil. Therefore, the biochar and cow dung taken individually or in combination positively affect soil pH and moisture, negatively affect nematode density but not agro-morphological parameters.

**Key words** : Amendment, organic charcoal, manure, pest, Benin

## Introduction

Au Bénin, l'agriculture urbaine et péri-urbaine contribue à la création de plus de 600.000 emplois directs (Fanou *et al.*, 2004) et constitue une source importante de revenus pour ses nombreux acteurs (Nguegang, 2008). Son ampleur est plus perceptible dans les centres urbains et périurbains avec une prédominance des légumes exotiques. Le piment (*Capsicum* spp.) fait partie des cultures maraîchères les plus importantes produites au Bénin (Assogba-Komlan *et al.*, 2009). Cela est dû au revenu qu'il génère et à l'existence d'un marché pour son écoulement.

Malheureusement, comme plusieurs autres espèces végétales, le piment est susceptible à l'attaque de nombreux bioagresseurs, en l'occurrence, les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) (Villeneuve *et al.*, 2017). Ces nématodes déforment les systèmes racinaires des plantes, se nourrissent de leurs sécrétions puis provoquent un déficit d'éléments nutritifs chez la plante (Allen, 1996). Des produits chimiques (Cadusafos, Carbofuran, Fosthiazate) et biologiques (tourteau et huile de neem) sont utilisés pour limiter les effets de ces bioagresseurs (Butault *et al.*, 2010). Mais le faible taux de distribution de ces produits sur le marché béninois, leur toxicité et écotoxicité entraînent le recours à d'autres approches qui sont accessibles et moins coûteuses pour les producteurs (Saadane, 2018). Parmi ces méthodes, l'utilisation des amendements du sol avec le biochar (Rahman *et al.*, 2014 ; Djaouga *et al.*, 2020) et la bouse de vache (Koffi *et al.*, 2017) sont de plus en plus promus.

Le biochar est un type de charbon fait à partir de résidus de biomasse tels que les fumiers et les résidus forestiers ou agricoles (Husk et Major, 2012). Il est produit par pyrolyse à une grande variété d'échelles, et le procédé génère aussi de la chaleur et des gaz et liquides qui peuvent servir de combustible. En amendement du sol, le biochar a la capacité d'améliorer la qualité du sol et la production agricole (Husk et Major, 2012). Par sa structure poreuse, il garantit une bonne porosité du sol et la disponibilité des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes par la réduction du lessivage de ces éléments nutritifs (Houben *et al.*, 2017). Les effets du biochar en tant qu'amendement étant connus, son association à d'autres amendements du sol tels que la bouse de vache riche en azote surtout (élément primordial pour le développement des plantes) et en macro et microéléments nécessaires à la croissance des plantes (Adande et Fiogbe, 2015) est peu explorée. Cette étude vise à évaluer les effets du biochar en combinaison ou non avec la bouse de vache sur la densité de population des nématodes à galles et la production du piment en conditions de serre.

## Matériels et méthodes

### Milieu d'étude et installation de l'essai

L'étude a été réalisée dans la serre du Laboratoire de Diagnostic et de Lutte Intégrée contre les Bioagresseurs des plantes de l'Université de Parakou (N 09°33.844', E 002°64.792') au Bénin. Le sol utilisé pour l'essai est du type ferrugineux tropical (Yolou, 2019) et a été collecté sur la ferme expérimentale de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Parakou puis stérilisé pendant 45 min à 80°C. Une pépinière de piment (*Capsicum annum*, variété Goliath), très appréciée des maraîchers et des consommateurs béninois compte tenu de la grosseur de ses fruits, a été installée sur ce sol. A la pépinière, les graines de piment ont été semées à raison de deux graines par poquet en respectant 1cm d'écartement entre lignes et entre poquets.

Des pots de 2 L de contenance ont reçu chacun 1.350 g de sol stérilisé. Le biochar (150 g/pot), la bouse de vache (150 g/pot) ou leur combinaison (75 g chacun/pot) ont été soigneusement mélangés au sol contenu dans ces pots. La quantité totale de substrat (sol + amendement) utilisé dans chaque pot était alors de 1.500 g quel que soit le traitement. Les pots ont été arrangés dans un dispositif en bloc aléatoire à randomisation totale comportant huit (8) traitements, répétés chacun six (06) fois. Le biochar a été fourni par le Laboratoire d'Innovation en Systèmes de Production Intégrée (LISPI-GDT) de L'Université de Parakou et la bouse de vache a été collectée dans un point de dépôt d'une ferme d'élevage bovine située en périphérie de la ville de Parakou. En effet, ce point de dépôt est un ancien point à ciel ouvert de la ferme vieux d'environ deux ans. Les différents traitements testés au cours de cette étude étaient la combinaison des facteurs biochar, nématodes et bouse de vache. Ainsi, nous avons les traitements : T<sub>0</sub> : Témoin (sol stérilisé 1.500 g), T<sub>1</sub> : Biochar (150 g), T<sub>2</sub> : Bouse de vache (150 g), T<sub>3</sub> : Nématode (2.000 juvéniles), T<sub>4</sub> : Biochar (150 g) + Nématode (2.000 juvéniles), T<sub>5</sub> : Bouse de vache (150 g) + Nématode (2.000 juvéniles), T<sub>6</sub> : Biochar (75 g) + Bouse de vache (75 g) + Nématode (2.000 juvéniles), T<sub>7</sub> : Biochar (75 g) + Bouse de vache (75 g).

Le repiquage des plantules vigoureuses de piment ayant cinq (05) ou six (06) feuilles a eu lieu quatre (04) semaines après semis à raison d'une plantule par pot. Les plants ont été arrosés de façon

journalière avec 100 ml d'eau. Deux semaines après le repiquage des plantules, des juvéniles des nématodes à galles obtenus après éclosion des œufs collectés des racines de tomate en culture ont été inoculés au collet des plants de piment à la densité de 2.000 juvéniles par millilitre d'eau. Les nématodes ont été appliqués dans trois (03) petits trous faits avec le doigt autour du collet de chaque plant et les trous refermés avec du sol.

### **Collecte des données**

Les données de pH et d'humidité des sols et des paramètres de croissance des plants (hauteur des plants, longueur et largeur des feuilles, nombre de fleurs et fruits) ont été collectées tous les 15 jours de la façon suivante :

- Le pH du sol a été mesuré avec un pH-mètre de marque PICCOLO de HANNA ;
- L'humidité du sol a été mesurée avec un hydro-pH-mètre de marque Green Tower ;
- La longueur et largeur des feuilles ont été mesurées à chaque évaluation pour toutes les feuilles développées à l'aide d'une règle graduée de 30 cm de longueur. La longueur a été mesurée à partir du nœud d'insertion de la feuille entre la tige et le pétiole jusqu'au bout final de la feuille. La largeur a été mesurée au niveau de la partie large de la feuille. La formule de Guevara et Gomez-Pompa (1972) a été utilisée pour estimer la surface foliaire :

$$\text{Surface foliaire} = \text{Longueur} \times \text{Largeur} \times k \text{ avec } k = 0,67$$

- La hauteur des plants a été mesurée avec une règle graduée de 1 m de longueur du collet du plant jusqu'au niveau du point d'insertion de ses dernières feuilles ;
- Le nombre de fleurs a été compté à chaque apparition des boutons floraux et de leur épanouissement ;
- Le nombre de fruits a été compté à chaque apparition de fruit sur chaque plant.

Les paramètres relatifs aux nématodes et la densité de leurs populations ont été collectés :

- L'indice de galles a été déterminé à l'aide de la table d'indexation pour les nématodes à galles dont l'échelle est de 0 à 10 avec pour 0 = pas de galles et 10 = toutes les racines ont des galles, plus de système racinaire, généralement plante morte (Coyne *et al.*, 2018) ;
- Les racines provenant des plants ayant reçu l'inoculum de nématodes ont été soigneusement lavées et rincées. Ces racines ont été finement découpées à l'aide d'une paire de ciseaux. Les morceaux de racines ont été soigneusement mélangés et un sous-échantillon de 50 g de racines pris par plant pour l'extraction des nématodes en utilisant le dispositif de Baermann modifié (Coyne *et al.*, 2018) pendant 72h. Les nématodes ont été aussi extraits pendant 72h de 50 g de sol/substrat prélevé de chaque pot en utilisant le même dispositif. Après ce temps d'extraction, les suspensions de nématodes contenues dans les différentes assiettes ont été collectées et transférées dans des tubes gradués et après 30 min de décantation, les nématodes ont été comptés au binoculaire. La densité de population des nématodes contenus dans chaque tube a été évaluée trois fois ; et chaque fois dans un volume de 5 ml de suspension. La densité de population des nématodes par gramme de sol/substrat ou de racines a été calculée par extrapolation.

### **Analyse des données**

Les données collectées ont été saisies à l'aide du tableur EXCEL 2016. Les paramètres agromorphologiques (hauteur des plants, longueur et largeur des feuilles, nombre de fleurs et fruits), les propriétés chimiques (pH et humidité) du sol et les densités de populations des nématodes ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs (biochar, nématodes et bouse de vache) avec le logiciel R version 4.1.2. Le test de SNK a permis de faire la comparaison deux à deux en cas de différence significative entre les traitements au seuil de 5 %. Les densités de population des nématodes ont été normalisées en utilisant la transformation  $\log_{10}(x+1)$  avant les analyses.

### **Résultats**

#### **Effets du biochar, de la bouse de vache et de leur combinaison sur le pH et l'humidité du sol**

Dans le tableau 1, ont été présentées les valeurs moyennes du pH et de l'humidité du sol au cours de l'essai. Un effet significatif ( $p < 0,05$ ) de la bouse de vache a été noté sur le pH. Le pH (7,79) était

sensiblement plus élevé avec l'application de la bouse de vache tandis qu'il était de 7,60 sans application de bouse de vache ( $p = 0,02$ ). De même, l'humidité du sol a été significativement ( $p = 0,003$ ) plus élevée (48,55 %) par application du biochar comparativement à (33,90 %) sans application du biochar.

**Tableau 1. Effet du biochar, de la bouse de vache et de leur combinaison sur le pH et l'humidité du sol**

Traitements	pH	Humidité du sol (%)
Témoin (T0)	7.60±0.43	33.90±17.68
Biochar (T1)	7.60±0.35	48.55±7.99
Bouse de vache (T2)	7.79±0.30	39.27±9.34
Nématodes (T3)	7.34±0.32	33.00±20.93
Biochar + nématodes (T4)	7.58±0.16	49.13±15.57
Bouse de vache + nématodes (T5)	7.95±0.30	39.02±12.68
Biochar + bouse de vache + nématodes (T6)	7.85±0.83	43.08±12.57
Biochar + bouse de vache (T7)	8.21±0.91	50.45±11.68
<i>P</i>	0.005	0.049

### **Effet du biochar et de la bouse de vache et de leur combinaison sur les paramètres agro-morphologiques du piment**

Les différents traitements n'ont eu aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) sur la hauteur, le nombre de feuilles, le nombre de fleurs et de fruits (tableau 2). Par contre, la surface foliaire au niveau du traitement biochar (71,55 cm<sup>2</sup>) a été significativement ( $p < 0,05$ ) supérieure à celle observée avec la combinaison biochar + bouse de vache (44,07 cm<sup>2</sup>).

**Tableau 2. Effet du biochar et de la bouse de vache et de leur combinaison sur quelques paramètres agro-morphologiques du piment**

Traitements	Hauteur (cm)	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	Nombre de		
			feuilles	fleurs	fruits/plant
T0	27,09±13,12 <sup>a</sup>	65,04±12,96 <sup>ab</sup>	38,60±28,87 <sup>a</sup>	7,77±9,36 <sup>a</sup>	5,70±6,17 <sup>a</sup>
T1	32,41±14,80 <sup>a</sup>	71,55±18,58 <sup>b</sup>	32,16±24,44 <sup>a</sup>	5,91±7,75 <sup>a</sup>	2,91±3,50 <sup>a</sup>
T2	32,81±16,44 <sup>a</sup>	59,62±17,98 <sup>ab</sup>	37,96±28,20 <sup>a</sup>	6,56±5,99 <sup>a</sup>	4,04±3,71 <sup>a</sup>
T3	29,18±12,74 <sup>a</sup>	58,21±17,08 <sup>ab</sup>	31,61±24,27 <sup>a</sup>	6,77±7,60 <sup>a</sup>	2,60±3,28 <sup>a</sup>
T4	28,91±12,14 <sup>a</sup>	46,75±13,81 <sup>ab</sup>	30,70±24,26 <sup>a</sup>	4,83±4,98 <sup>a</sup>	1,40±2,26 <sup>a</sup>
T5	31,71±15,19 <sup>a</sup>	58,39±13,69 <sup>ab</sup>	31,94±22,17 <sup>a</sup>	5,50±4,91 <sup>a</sup>	2,52±2,35 <sup>a</sup>
T6	22,48±12,79 <sup>a</sup>	46,95±15,82 <sup>ab</sup>	25,11±23,14 <sup>a</sup>	4,93±4,52 <sup>a</sup>	2,25±2,86 <sup>a</sup>
T7	27,93±120,41 <sup>a</sup>	44,07±19,08 <sup>a</sup>	40,25±26,31 <sup>a</sup>	5,27±3,74 <sup>a</sup>	3,58±3,31 <sup>a</sup>
<i>P</i>	0,796	0,017 *	0,926	0,983	0,403

Code de significativité : 0 \*\*\*\* 0,001 \*\*\* 0,01 \*\* 0,05 ' ' 0,1 ' ' 1 - T0 : témoin, T1 : biochar, T2 : bouse de vache, T3 : nématodes, T4 : biochar + nématodes, T5 : bouse de vache + nématodes, T6 : biochar + bouse de vache + nématodes, T7 : biochar + bouse de vache, Les moyennes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK)

### **Effet du biochar, la bouse de vache et de leur combinaison sur l'indice de galle et les densités de population des nématodes**

L'indice de galle et la densité de population des nématodes dans les racines des plants de piment n'ont pas significativement ( $p > 0,05$ ) été affectés par les différents traitements contenant les nématodes (tableau 3). La densité de population des nématodes dans le sol quant à elle, a été significativement ( $p < 0,05$ ) différente en fonction des différents traitements (tableau 3). En effet, la densité de population

des nématodes dans le sol était de 64,00 nématodes/g de sol, 7,67 nématodes/g de sol et 22,16 nématodes/g de sol ( $p = 0,001$ ), respectivement avec apport de bouse de vache, de biochar et sans apport (ni biochar, ni bouse de vache). Avec la combinaison bouse de vache et biochar, la densité de population des nématodes (37,27 nématodes/g de sol) a été significativement ( $p < 0,05$ ) supérieure à celle obtenue avec le biochar seul et significativement ( $p < 0,05$ ) inférieure à celle obtenue avec la bouse de vache seule (tableau 3).

**Tableau 3. Effet du biochar, de la bouse de vache et de leur combinaison sur l'indice de galle et sur les densités de population des nématodes dans le sol et dans les racines des plants**

Traitements	Indice de galle	DDP de nématodes/g de racines	DDP de nématodes/g de sol
T3	1,5±0,54 <sup>a</sup>	26,66±11,87 <sup>a</sup>	22,16±7,30 <sup>ab</sup>
T4	1,50±0,83 <sup>a</sup>	27,16±38,05 <sup>a</sup>	7,66±3,11 <sup>a</sup>
T5	1,00±0,00 <sup>a</sup>	17,50±6,50 <sup>a</sup>	64,00±18,43 <sup>c</sup>
T6	1,33±0,81 <sup>a</sup>	12,05±9,30 <sup>a</sup>	37,27±18,77 <sup>b</sup>
P	0,508	0,532	0,0000057 ***

Code de significativité : 0 (\*\*\*\*) 0,001 (\*\*\*) 0,01 (\*\*) 0,05 (\*) 0,1 (.) 1 - T3 : nématodes, T4 : biochar + nématodes, T5 : bouse de vache + nématodes, T6 : biochar + bouse de vache + nématodes, DDP : densité de population. Les moyennes portant la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK)

## Discussion

L'analyse des résultats obtenus montre que les différents amendements du sol pris individuellement ou en combinaison augmentent l'humidité et le pH des sols. En effet, par rapport au traitement témoin, l'apport du biochar permet d'augmenter l'humidité du sol de 14,65 unités et l'apport de la bouse de vache le pH de 0,19 unité. L'effet bénéfique du biochar sur les rendements est attribué à l'amélioration du pH des sols acides, l'amélioration des conditions physiques du sol comme la rétention d'eau et l'apport direct en nutriments (Husk et Major, 2012). Avec le temps, la capacité d'échange cationique du biochar se développe, ce qui a un impact sur la rétention des bases (Laurin-Lanctôt, 2015). L'augmentation du pH observé avec l'application de la bouse de vache peut être due à sa composition chimique. En effet, étant riche en azote (Adande et Fiogbe, 2015), la bouse de vache pouvait ainsi influencer les variations du pH au niveau du sol. Ognalaga *et al.* (2017) ont démontré que la bouse de vache contribue à l'amélioration des propriétés chimiques du sol telles que le pH, et la disponibilité des éléments nutritifs du sol tels que l'azote et le phosphore.

Les différents paramètres agro-morphologiques (hauteur des plants, nombre de feuilles, de fleurs et de fruits) étudiés en dehors de la surface foliaire ne sont pas significativement ( $p > 0,05$ ) affectés par les différents traitements. L'augmentation de la surface foliaire observée avec l'apport du biochar peut être due à ses capacités à favoriser la croissance des plantes par la mise à disponibilité des nutriments au moment opportun. D'après Houben *et al.* (2017), le biochar par sa structure poreuse garantit une bonne porosité du sol et la disponibilité des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes par la réduction du lessivage de ces éléments. Tabarant (2011) a également rapporté que les plantes bien nourries tolèrent mieux les attaques des nématodes grâce à la compensation des dégâts infligés à la plante via la disponibilité des nutriments par l'amélioration de la fertilité du sol.

La densité de population des nématodes dans les racines et l'indice de galle ne sont pas impactés par les différents traitements. Par contre, la densité de population des nématodes dans le sol baisse significativement ( $p < 0,05$ ) avec l'apport du biochar. Des résultats similaires ont été rapportés par certaines études antérieures qui ont montré que l'application de la fumure organique (Alédi *et al.*, 2018) ou de la fumure minérale (Corbeels *et al.*, 2014) ou les deux (Dmowska et Ilieva, 1995) a permis de réduire de façon significative ( $p < 0,05$ ) la population des nématodes et d'augmenter le rendement. En effet, il a été démontré qu'une grande quantité d'azote dans le sol pouvait être responsable de la plasmolyse des nématodes, mais aussi de la prolifération de champignons nématophages et de champignons producteurs de chitinase qui infectent les œufs des nématodes (Rodriguez-Kabana, 1986). Par ailleurs, avec l'apport de la bouse de vache, la densité de population des nématodes dans le sol avait augmenté et diminué dans les racines comparativement aux autres traitements. Ce constat amène à supposer que les nématodes observés dans les sols amendés à la bouse de vache peuvent ne pas être des nématodes à galles car n'ont aucune influence sur les plantes. En effet, la bouse de vache apportée n'étant pas stérilisée peut contenir des nématodes libres du sol «*free-living*» qui ont

contribué à la décomposition de la matière organique dont la multiplication peut être promue par la présence du biochar (Fox *et al.*, 2014). Des études ont également montré que les apports de matière organique (végétale ou animale) compostée augmentent la tolérance des plantes aux nématodes et ont une action bénéfique sur les prédateurs ou parasites de nématodes présents naturellement dans le sol (Loumedjinon *et al.*, 2006).

## Conclusion

L'étude permet de comprendre que le biochar et la bouse de vache peuvent être utilisés en production de piment afin : -i- d'améliorer la structure physique (porosité) des sols, -ii- d'enrichir le sol en éléments nutritifs utilisables par les plants de piment et -iii- de réduire la pression des nématodes à galles sur les plantes à travers la baisse de leur densité de population dans le sol avec l'apport du biochar. Par ailleurs, bien que les différents traitements n'aient montré aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) direct sur les paramètres agro-morphologiques de la plante, ils aident néanmoins la plante à supporter la pression de l'infestation par les nématodes. Aussi, les nématodes observés au niveau de la bouse de vache peuvent être des populations de nématodes *free-living* car n'ayant aucun effet sur la croissance des plants. Ainsi, il doit être nécessaire pour de futurs travaux, d'identifier et d'étudier la diversité des populations de nématodes associés à la bouse de vache.

## Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à tout le personnel du Laboratoire de Diagnostic et de Lutte Intégrée contre les Bioagresseurs des plantes (LDLI) et du laboratoire d'Innovation en Systèmes de Production Intégrée et de Gestion Durable des Terres (LISPI-GDT) pour l'accompagnement matériel et scientifique tout au long de cette recherche.

## Conflits d'intérêts

Les auteurs ne signalent aucun conflit d'intérêts.

## Références bibliographiques

- Adande, R., Fiogbe, E. D., 2015 : Utilisation des fertilisants organiques d'origine animale et végétale pour le développement de la pisciculture dans les étangs : Synthèse bibliographique. International Journal of Multidisciplinary Research and Development, 2(12) : 281-287. <https://www.allsubjectjournal.com/archives/2015/vol2/issue12>.
- Alédi, A., N. Y. Amen, T. Atti, F. K. Rodrigue, A. K. Pikassalé, 2018 : Effets de la fertilisation sur les nématodes parasites et le rendement en rhizomes frais du gingembre, *Zingiber officinale* Rosc. European Scientific Journal, 14(24) : 216-228. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n24p216>. Doi : 10.19044/esj.2018.v14n24p216
- Allen, D. J., 1996 : Ravageurs, maladies et carences nutritives du haricot commun en Afrique : Guide Pratique (265). Spore 75. Centre International d'Agriculture Tropicale (CIAT). Wageningen, The Netherlands. 132 p. <https://hdl.handle.net/10568/99649>
- Assogba, K. F., R. Sikirou, E. Sodjinou, A. Mensah, 2009 : Production durable du piment au Bénin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 48 p. [https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=Production+durable+du+piment+au+Bénin.+&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Production+durable+du+piment+au+Bénin.+&btnG=)
- Butault, J. P., C. A. Dedryver, C. Gary, L. Guichard, 2010 : Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Thèse de doctorat Résumé de l'étude. [Rapport de recherche] INRA, 8 p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03277913>
- Corbeels, M., J. De Graaff, T. H. Ndah, E. Penot, F. Baudron, K. Naudin, 2014 : Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa : A multi-scale analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment, 187 : 155-170. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.011>
- Coyne, D. L., J. M. Nicol, B. Claudius-Cole, 2018 : Practical plant nematology : A field and laboratory guide. 3rd edition, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 84 p. [https://books.google.bj/books?hl=fr&lr=&id=w0W5-xFDKsYC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Practical+plant+nematology%E2%80%AF:+A+field+and+laboratory+guide&ots=Gq7-39nSZF&sig=GB9tGce9I0LLhwY2uYWvzDzruoo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Practical%20plant%20nematology%E2%80%AF%3A%20A%20field%20and%20laboratory%20guide&f=false](https://books.google.bj/books?hl=fr&lr=&id=w0W5-xFDKsYC&oi=fnd&pg=PP7&dq=Practical+plant+nematology%E2%80%AF:+A+field+and+laboratory+guide&ots=Gq7-39nSZF&sig=GB9tGce9I0LLhwY2uYWvzDzruoo&redir_esc=y#v=onepage&q=Practical%20plant%20nematology%E2%80%AF%3A%20A%20field%20and%20laboratory%20guide&f=false)
- Djaouga, N. T., R. V. C. Diogo, H. Baiméy, T. Godau, 2020 : Développement du gboma (*Solanum macrocarpon* L.) sous l'influence du biochar, de la fréquence d'arrosage et des nématodes à galles en conditions de serre. Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie, 10(1) : 33-40. <https://sna.fa-up.bj/ojs/index.php/sna/article/view/41>
- Dmowska, E., Ilieva, K., 1995 : The effect of prolonged diverse mineral fertilization on nematodes inhabiting the rhizosphere of spring barley. European Journal of Soil Biology, 31(4) : 189-198. [https://www.researchgate.net/profile/Krassimira-Ilieva-Makulec/publication/281204153\\_Dmowska\\_Ilieva\\_1995/links/5a4bbac0a6fdcc3e99cf5968/Dmowska-Ilieva-1995.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Krassimira-Ilieva-Makulec/publication/281204153_Dmowska_Ilieva_1995/links/5a4bbac0a6fdcc3e99cf5968/Dmowska-Ilieva-1995.pdf)

Fanou, A., M. Glitho, H. Baïmey, J. Sagbohan, 2004 : Etude comparée des pesticides botaniques sur les organismes nuisibles des cultures maraîchères (carotte, oignon et gboma) dans les centres maraîchers d'Akron, de Sokomey, de Grand-popo et d'Adjohoun. Actes de l'Atelier Scientifique National, Première édition, Abomey-Calavi, Bénin, 289-306.

Fox, A., W. Kwapinski, B. S. Griffiths, A. Schmalenberger, 2014 : The role of sulfur-and phosphorus-mobilizing bacteria in biochar-induced growth promotion of *Lolium perenne*. FEMS microbiology ecology, 90(1) : 78-91. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12374>

Guevara, S. S., Gomez-Pompa, A., 1972: Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico. Journal of the Arnold Arboretum, 53(3) : 312-335. <https://www.jstor.org/stable/43781788>

Houben, D., B. Hardy, M. P. Faucon, J. T. Cornelis, 2017 : Effet du biochar sur la biodisponibilité du phosphore dans un sol limoneux acide. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 21(3) : 209-217. <https://hdl.handle.net/2268/237510>

Husk, B., Major, J., 2012 : Le biochar comme amendement du sol au Québec : résultats agronomiques de quatre ans d'essais terrain. Journée d'Information Scientifique Grandes Cultures. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 30-31. [https://www.craaq.qc.ca/documents/files/EMA1201/EMA1201\\_cahier\\_web\\_comite.pdf#page=31](https://www.craaq.qc.ca/documents/files/EMA1201/EMA1201_cahier_web_comite.pdf#page=31)

Koffi, N. B. C., D. C. Tonessia, Y. M. N'guettia, A. H. Diallo, 2017 : Contrôle des nématodes à galles de la tomate par le Ricin et la bouse de vache. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 5(4) : 422-427. [https://www.agromaroc.com/index.php/Actes\\_IAPH2/article/view/500](https://www.agromaroc.com/index.php/Actes_IAPH2/article/view/500)

Laurin-Lancôt, S., 2015 : Effet de l'amendement en biochar des sols biologiques pour une culture de tomates sous serre : rétention en nutriments, activité biologique et régie de fertilisation. Mémoire de Maîtrise, Université Laval, Québec, Canada. 146p.

[https://controverses.minesparis.psl.eu/public/promo14/promo14\\_G20/theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/31583/31583.pdf](https://controverses.minesparis.psl.eu/public/promo14/promo14_G20/theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/31583/31583.pdf)

Loumedjino, S., I. Godonou, C. Atcha-Ahowe, B. James, H. Baïmey, D. Coyne, A. Ahanchede, 2006 : Management of root-knot nematodes on *Solanum macrocarpon* using botanicals in Benin. Acta Horticultura, 752 : 539-544. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.752.101>

Nguegang, P. A., 2008 : L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé : analyse multifonctionnelle d'une activité montante en économie de survie. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique, 200 p. [https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=L'agriculture+urbaine+et+périurbaine+à+Yaoundé+&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=L'agriculture+urbaine+et+périurbaine+à+Yaoundé+&btnG=)

Ognalaga, M., D. M. M'Akoué, S. D. M. Mve, P. Ondo, 2017 : Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46 % sur la croissance et la production du manioc (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville). Journal of Animal & Plant Sciences, 31(3) : 5063-5073. [https://www.researchgate.net/profile/Samson-Daudet-Medza-Mve/publication/327052391\\_Effet\\_de\\_la\\_bouse\\_de\\_vaches\\_du\\_NPK\\_15\\_15\\_15\\_et\\_de\\_l\\_uree\\_a\\_46\\_sur\\_la\\_croissance\\_et\\_la\\_production\\_du\\_manioc\\_Manihot\\_esculenta\\_Crantz\\_var\\_0018\\_au\\_Sud-Est\\_du\\_Gabon\\_Franceville/links/5bb5d5fa92851ca9ed380657/Effet-de-la-bouse-de-vaches-du-NPK-15-15-15-et-de-luree-a-46-sur-la-croissance-et-la-production-du-manioc-Manihot-esculenta-Crantz-var-0018-au-Sud-Est-du-Gabon-Franceville.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samson-Daudet-Medza-Mve/publication/327052391_Effet_de_la_bouse_de_vaches_du_NPK_15_15_15_et_de_l_uree_a_46_sur_la_croissance_et_la_production_du_manioc_Manihot_esculenta_Crantz_var_0018_au_Sud-Est_du_Gabon_Franceville/links/5bb5d5fa92851ca9ed380657/Effet-de-la-bouse-de-vaches-du-NPK-15-15-15-et-de-luree-a-46-sur-la-croissance-et-la-production-du-manioc-Manihot-esculenta-Crantz-var-0018-au-Sud-Est-du-Gabon-Franceville.pdf)

[Mve/publication/327052391\\_Effet\\_de\\_la\\_bouse\\_de\\_vaches\\_du\\_NPK\\_15\\_15\\_15\\_et\\_de\\_l\\_uree\\_a\\_46\\_sur\\_la\\_croissance\\_et\\_la\\_production\\_du\\_manioc\\_Manihot\\_esculenta\\_Crantz\\_var\\_0018\\_au\\_Sud-Est\\_du\\_Gabon\\_Franceville/links/5bb5d5fa92851ca9ed380657/Effet-de-la-bouse-de-vaches-du-NPK-15-15-15-et-de-luree-a-46-sur-la-croissance-et-la-production-du-manioc-Manihot-esculenta-Crantz-var-0018-au-Sud-Est-du-Gabon-Franceville.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Samson-Daudet-Medza-Mve/publication/327052391_Effet_de_la_bouse_de_vaches_du_NPK_15_15_15_et_de_l_uree_a_46_sur_la_croissance_et_la_production_du_manioc_Manihot_esculenta_Crantz_var_0018_au_Sud-Est_du_Gabon_Franceville/links/5bb5d5fa92851ca9ed380657/Effet-de-la-bouse-de-vaches-du-NPK-15-15-15-et-de-luree-a-46-sur-la-croissance-et-la-production-du-manioc-Manihot-esculenta-Crantz-var-0018-au-Sud-Est-du-Gabon-Franceville.pdf)

Rahman, L., M. A. Whitelaw-Weckert, B. Orchard, 2014 : Impact of organic soil amendments, including poultry-litter biochar, on nematodes in a Riverina, New South Wales, vineyard. Soil Research, 52(6) : 604-619. <https://doi.org/10.1071/SR14041>

Rodriguez-Kabana, R., 1986 : Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. Journal of Nematology, 18(2) : 129-134. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2618534/>

Saadane, O., 2018 : L'impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine et méthodes alternatives. Thèse de Doctorat, Université Mohamed V de Rabat, Maroc, 163 p. <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/17009>

Tabarant, P., 2011 : Effets d'apport de matières organiques sur le contrôle biologique des nématodes parasites du bananier en Guadeloupe. Thèse de Doctorat, AgroParisTech, Paris, France, 176 p. <https://agritrop.cirad.fr/560096/>

Tchabi, V. I., D. Azocli, G. D. Biaou, 2012 : Effet de différentes doses de bouse de vache sur le rendement de la laitue (*Lactuca sativa* L.) à Tchatchou au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 6(6) : 5078-5084. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.26>

Villeneuve, F., S. Picault, Y. Trotin-Caudal, M. Delporte, 2017 : La maîtrise des bio-agresseurs dans un contexte de réduction des produits phytopharmaceutiques : Focus sur l'utilisation des plantes de service. Innovations Agronomiques, (61) : 5-24. [https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=La+maîtrise+des+bio-agresseurs+dans+un+contexte+de+réduction+des+produits+phytopharmaceutiques%E2%80%AF&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=La+maîtrise+des+bio-agresseurs+dans+un+contexte+de+réduction+des+produits+phytopharmaceutiques%E2%80%AF&btnG=)

Yolou, I., 2019 : Risques de pertes post-récoltes et modes endogènes de conservation de produits maraîchers à Parakou (nord du Bénin). Espace Géographique et Société Marocaine, (27) : 209-227. [https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=Risques+de+pertes+post-récoltes+et+modes+endogènes+de+conservation+de+produits+maraîchers+à+Parakou+&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Risques+de+pertes+post-récoltes+et+modes+endogènes+de+conservation+de+produits+maraîchers+à+Parakou+&btnG=)