

Deuxième article : Impacts of use of conventional tillage tools on cultivated soil in Southern Alibori in Benin

Par : N. M. Dahou, B. K. L. Zokpodo, B. E. Lokonon, E. D. Dayou and M. Donou Hounsodé

Pages (pp.) 12-22.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Septembre 2022 – Volume 32 - Numéro 02

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 / inrabdg1@yahoo.fr / 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

République du Bénin

Sommaire

Sommaire	i
Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Outils de gestion des risques de production et de commercialisation dans les exploitations de maïs au Nord-Bénin E. K. Agossadou, F. Tassou Zakari, M. D. Dohou et J. A. Yabi	1
Impacts of use of conventional tillage tools on cultivated soil in Southern Alibori in Benin N. M. Dahou, B. K. L. Zokpodo, B. E. Lokonon, E. D. Dayou and M. Donou Hounsodé	12
Caractérisation et diversité des systèmes d'élevage de petits ruminants au Bénin M. A. M. Zanou, A. K. N. Aoudji, L. H. Dossa, D. Demblon et M. R. B. Houinato	23
Fragmentation des habitats et conservation des grands mammifères dans les forêts soudaniennes : Synthèse bibliographique sur l'implication pour la gestion des écosystèmes de la Forêt Classée des Trois rivières au Nord-Est-Bénin J. Kpétééré, R. S. Lokossou, M. Kouagou, A. K. Natta et I. I. Toko	42
Diversité, priorité culturelle et de conservation des espèces forestières anciennement domestiquées (EFAD) du Sud-Bénin M. M. L. Atindéhou, A. F. Azihou, G. H. Dassou, M. S. Toyi, A. C. Adomou, A. E. Assogbadjo, D. N'Dah et B. A. Sinsin	57
Chaînes de distribution de la viande bovine et des petits ruminants dans le Département du Littoral et ses environs au Sud-Bénin C. F. A. Salifou, K. A. I. Gade, S. G. Ahounou, S. P. Kiki, F.E.T. Houessou, C. Claude et I. Youssao Abdou-Karim	80
Modélisation des aires favorables à <i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seemann ex Bureau et au <i>Dracaena arborea</i> (Willd) Link, au Bénin J. Logbo, P. Yédomonhan, B. Tenté et A. Akoegninou	88
Effect of drying on the diversity of benthic macroinvertebrates in tributary streams of the Sota river in North-Eastern Benin Z. Orou Piami, M. P. Gnohossou, H. Akodogbo, K. S. Abahi et H. S. Sanni Worogo	105

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 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 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 – 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, Maître de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir Angelo Cocou DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir Rachida SIKIROU, Directeur de Recherche, Dr Ir Nestor R. AHOYO ADJOVI, Directeur de Recherche et Dr Ir Alex Gbéliho ZOFFOUN, Directeur de Recherche.

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. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr Dr Ir Abdourahamane 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), Pr 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 Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir Adolphe ADJANOHOOUN (Agroforesterie, 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 Ir 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. 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'autoplaiat 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'Autoplaiat 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 **brèveté** (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^{ème} 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^{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., 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.

Impacts of use of conventional tillage tools on cultivated soil in Southern Alibori in Benin

N. M. Dahou^{1&2*}, B. K. L. Zokpodo¹, B. E. Lokonon², E. D. Dayou¹ and M. Donou Hounsodé²

¹MSc. Nodiet Melody DAHOU, School of Environmental Management (AGE), Faculty of Agronomic Sciences (FSA), University of Abomey-Calavi (UAC, 01 BP 526 RP Cotonou 01 & Laboratoire de Biomathématiques et d'Estimations Forestières (LABEF/FSA/UAC): 04 BP 1525 Cotonou, Benin, E-mail: danodiet@gmail.com, Tel.: (+229)95553573, Benin Republic

Dr. (MC) Ir. Koessi Lié Bamabé ZOKPODO, AGE/FSA/UAC, 01 BP RP 526 Cotonou 01, E-mail: bzokpodo@yahoo.fr, Tel.: (+229)97958231, Benin republic

Dr. Ephrème Dossavi DAYOU, AGE/FSA/UAC 01 BP 526 RP Cotonou 01 & LABEF/FSA/UAC, 04 BP 1525 Cotonou 04, E-mail: phreddoss1@yahoo.fr, Tel.: (+229)67904166, Benin republic

Dr. Bruno Enagnon LOKONON, LABEF/FAS/UAC, 04 BP 1525 Cotonou, Benin, E-mail: brunolokonon@gmail.com, Tel.: (+229)67143236, Benin republic

Dr. Ir. Marcel DONOU HOUNSODE, LABEF/FAS/UAC, 04 BP 1525 Cotonou, Benin, E-mail: donou.marcel@gmail.com, Tel.: (+229)90140458, Benin republic

*Corresponding author: MSc. Nodiet Melody DAHOU, E-mail: danodiet@gmail.com

Abstract

The objective of the study was to assess the impact of motorized ploughing tools on the physicochemical and biological properties of the soils in southern Alibori in Benin. The ploughing tools tested were the disc plough for ploughing at 10 cm (CD10) and 20 cm deep (CD20), the moldboard plough at 10 cm (CS10) and 20 cm deep (CS20), the rotavator (Ro) and daba (Ho). A Random Complete Blocks Design constituted of six tools and three replications implemented on Bensékou, Kokey and Banigouré sites over three campaigns. The parameters measured on the ground were water, carbon and nitrogen content, bulk density, available water content and macrofauna biomass. The results showed that the ploughing implements significantly ($p < 0.001$) reduced the water content by $3 \pm 0.25\%$, the bulk density by $0.2 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$, the carbon content by $0.6 \pm 0.05\%$, the nitrogen content of $0.02 \pm 0.001\%$ and the macrofauna biomass of $0.8 \pm 0.07 \text{ g/100 cm}^2$ in a 0 - 10 cm layer. In 10 - 20 cm layer, only CS20 and CD20 ameliorated available water content by $4 \pm 0.26 \text{ mm}$ and nitrogen content by $0.3 \pm 0.16\%$ and reduced macrofauna biomass by $0.7 \pm 0.09 \text{ g/100 cm}^2$. Given the ecology of the cotton plant, the ploughing depth required for good soil preparation is 20 cm.

Keywords: Benin, depth, ploughing, soil, tools.

Impacts de l'utilisation des outils de labour conventionnel sur les sols cultivés dans le Sud-Alibori du Bénin

Résumé

L'objectif de l'étude était d'évaluer l'impact des outils de labour motorisé sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols du Sud-Alibori au Bénin. Les outils de labour testés étaient la charrue à disques utilisée à 10 cm (CD10) et 20 cm de profondeur (CD20), la charrue à socs utilisée à 10 cm (CS10) et 20 cm de profondeur (CS20), le rotavator (Ro) et la daba (Ho). Un dispositif en blocs aléatoires complets constituée de six traitements avec trois répliques a été mis en place sur les sites de Bensékou, Kokey et Banigouré sur trois campagnes agricoles. Les paramètres édaphiques mesurés étaient la teneur en eau, en carbone et en azote, la densité apparente, la réserve utile et la biomasse de la macrofaune. Les résultats ont montré que les outils de labour réduisaient significativement ($p < 0,001$) la teneur en eau de $3 \pm 0,25\%$, la densité apparente de $0,2 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, la teneur en carbone de $0,6 \pm 0,05\%$, la teneur en azote de $0,02 \pm 0,001\%$ et la biomasse de la macrofaune de $0,8 \pm 0,07 \text{ g/100 cm}^2$ à l'horizon 0 - 10 cm du sol. Dans les couches 10 - 20 cm du sol, seuls CS20 et CD20 ont amélioré la réserve utile de $4 \pm 0,26 \text{ mm}$ et la teneur en azote de $0,3 \pm 0,16\%$ et réduit la biomasse de la macrofaune de $0,7 \pm 0,09 \text{ g/100 cm}^2$. Compte tenu de l'écologie du cotonnier, la profondeur de labour nécessaire à une bonne préparation du sol est de 20 cm.

Mots-clés : Bénin, profondeur, labour, sol, outils.

INTRODUCTION

Agriculture is one of the pillars of Benin's economy representing 25.6% of the country's Gross Domestic Product (GDP) in 2017 (Baye, 2018). The climate and the diversity of soil types are favourable to the diversification of agricultural production (Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries (MAEP Benin), 2011) and allow the development of several agricultural sectors. Among these sectors, the cotton sector was by far the best organized and in 2013 enabled a zoning plan for the Benin cotton basin into four production zones. The most important production zone in terms of sown areas is the Alibori Department with 246,088 ha against 90,750 for the Borgou zone, 105,365 ha for the Atacora - Donga zone and 81,288 ha for Centre and South Benin (INSAE Benin, 2020). These sown areas, which are increasing from year to year, are not only the consequences of an organized sector but also of the attractiveness of cotton prices (Bonou-Zin *et al.*, 2018)

and agricultural motorization. In fact, initiated in 2008, the use of tractors has started to revolutionize cotton production, allowing production to grow by mowing large areas in a short time.

The examination of the environment of the zones of strong cotton production in particular the department of Alibori showed a strong erosion of the grounds and the decrease of fertility of the cultivable grounds, generated by the culture of cotton and the obsolete farming practices (Batamoussi Hermann *et al.*, 2015). The increase in yield from the rudimentary period to the tractor period (211,751 tons in 2008 to 714,714 tons in 2019 (INSAE Benin, 2020) undoubtedly pleased producers and decision-makers. However, productivity during this period hardly exceeds 1.124 t/ha obtained during 2017 (INSAE Benin, 2020). The use of tractors and imported ploughs on types of soil in Benin have undoubtedly worsened the ills encountered by producers in this cotton zone. Indeed, the use of motorization raises controversies around its impact on the structural state of the soil and crop yields. Tillage by motorized traction causes more degradation than in manual cultivation and fallow (Pouya *et al.*, 2013). Mechanized systems create a greater disturbance of the soil structure in relation to the nature of the equipment used (Rhyan *et al.*, 2008).

Faced with the lack of knowledge of the adaptability of the motorized tools used in Benin depending on the pedoclimatic conditions of the production areas, the choice of suitable equipment becomes complex for producers and decision-makers. To overcome this knowledge gap, this study aims to describe in the short term the impact of the use of various motorized tools on the physicochemical and biological parameters of the soil in the Alibori cotton zone.

STUDY AREA

The study was carried out in the three main cotton-producing municipalities of Alibori Department, namely Banikoara, Kandi and Gogounou. The choice of these municipalities was based on the areas sown for cotton cultivation during the 2017 - 2018 campaign i.e. 109,411 ha for Banikoara, 55,744 ha for Kandi and 35,255 ha for Gogounou (INSAE Benin, 2020). In these three communes, Kokey (Banikoara), Bensékou (Kandi) and Banigouré (Gogounou) were selected as the experimental environment (Figure 1).

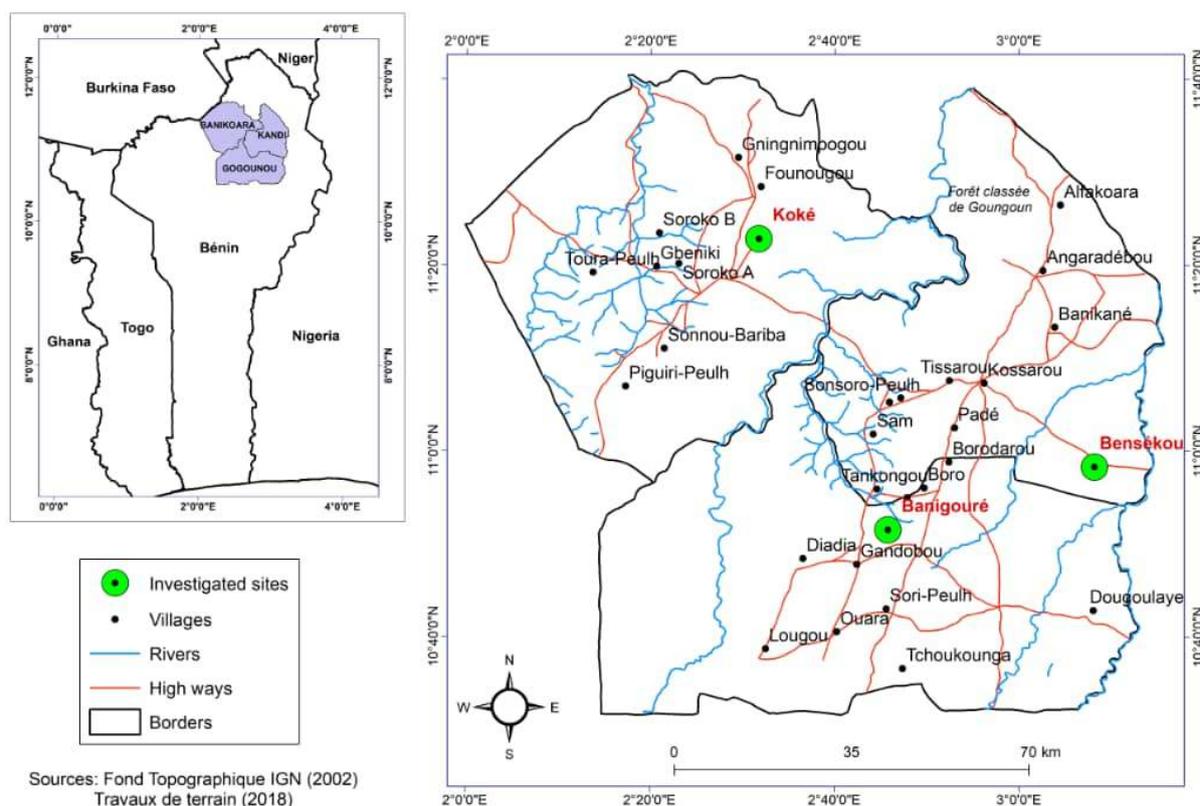


Figure 1. The location of the experimental sites

MATERIALS AND METHODS

Equipment and experimental design

Motorized agricultural operations consisted of soil preparation operations mainly focused on ploughing. It was carried out with different ploughing tools according to the experimental device. For motorized ploughing, a 52 HP tractor was used. The various support tools used were: 3- disc plough 1.2 m wide; 3- moldboard plough 1.2 m wide; rotavator with a ploughing width of 1.3 m and daba for manual ploughing. To achieve the objective, a Random Complete Blocks Design with six treatments and three replications was implemented at the three experimental sites. These treatments included the disc plough used at 10 cm deep (CD10) and 20 cm deep (CD20), the moldboard plough at 10 cm deep (CS10) and 20 cm deep (CS20), the rotavator (Ro) and the daba (Ho). The blocks measured 30 m by 5 m, each divided into six square plots of 5 m per side.

Sampling and data collection

During the months of June 2019, 2020 and 2021, soil samples were taken, according to the method of Mathieu and Peiltain (2003), before and after soil preparation on each elementary plot. Pits 30 cm deep were dug on each elementary plot to identify the depths of the samples (0 - 10 cm and 10 - 20 cm). The samples were taken using the standard density cylinder with a density of 100 cm³ capacity. Composite soil samples were taken and then brought to the Soil Science Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of Abomey - Calavi (FSA / UAC) for analyses. These analyses focused on the nitrogen, carbon and water content, the bulk density, the available water content and the weight per unit area of the macrofauna.

Statistical analyzes

To compare the effect of ploughing tools on the physicochemical (bulk density, humidity, carbon and nitrogen content, available water content) and biological (weight of macroorganisms) properties for each soil layer (0 - 10 cm and 10 - 20 cm), the linear mixed-effects model was used. The "ploughing tools" factor was the fixed factor, the "site" and "campaign" were the random factors and the "block" nested in factor "site". R 3.6.3 (R Core Team, 2019) was used for statistical analyzes.

RESULTS

Soil physical properties

Water content

The results of linear mixed-effect models applied to the moisture content data were summarized in Table 1. The latter showed a significant impact of all ploughing tools on the water content compared with the initial state in the 0 - 10 cm soil layer ($p < 0.001$). The impact of ploughing consisted of a reduction in water content of this layer of more than $3 \pm 0.25\%$ for all the equipment (Table 1). However, these variations were significantly ($p < 0.05$) dependent on site and year of culture.

Table 1. Effects of ploughing tools on water content

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
0 - 10 cm	Intercept	12.11 (0.96)	12.66	0.001*
	CD10	-3.24 (0.25)	-12.89	< 0.001*
	CD20	-3.11 (0.25)	-12.41	< 0.001*
	CS10	-3.21 (0.25)	-12.79	< 0.001*
	CS20	-3.03 (0.25)	-12.06	< 0.001*
	Ho	-3.16 (0.25)	-12.60	< 0.001*
	Ro	-3.01 (0.25)	-12.00	< 0.001*
	Variance due to site (Probability)	2.234 (0.007) *		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.003 (0.896)		
	Variance due to campaign (Probability)	0.412 (< 0.001) *		
Variance to residual		1,701		
10 - 20 cm	Intercept	10.65 (0.66)	16.19	< 0.001*
	CD10	-0.18 (0.17)	-1.05	0.294

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability	
	CD20	-2.50 (0.17)	-14.45	< 0.001*	
	CS10	-0.29 (0.17)	-1.70	0.09	
	CS20	-2.60 (0.17)	-15.05	< 0.001*	
	Ho	-0.23 (0.17)	-1.31	0.192	
	Ro	-0.35 (0.17)	-2.01	0.044*	
	Variance due to the site (Probability)		0.325 (0.021) *		
	Variance due to block (site) (Probability)		0.00 (1)		
	Variance due to campaign (Probability)		0.930 (< 0.001) *		
	Variance to residual		0.807		

Block (site): "block" nested in factor "site"; *: significance at the 5% level.

Bulk density

The model applied to the bulk density data, presented in Table 2, indicated in 0 - 10 cm layer, a significant ($p < 0.001$) influence of all tillage implements on the bulk density. Compared with the initial conditions, while CD10 decreased bulk density by 0.20 ± 0.01 g/cm³, CD20 and CS20 influenced -0.19 ± 0.01 g/cm³. Hu in E0 decreased by 0.18 ± 0.01 g/cm³, 0.21 ± 0.01 g/cm³ and 0.22 ± 0.01 g/cm³ respectively in plots ploughed with Ho, CS20 and Ro. These variations were significantly ($p < 0.001$) dependent on site and year of culture ($p = 0.009$). In 10 - 20 cm layer, only CD20 and CS20 had a significant ($p < 0.001$) impact on bulk density with a decrease of 0.22 ± 0.01 g/cm³ from bulk density obtained in E0.

Table 2. Effects of ploughing tools on bulk density

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability	
0 - 10 cm	Intercept	1.47 (0.02)	61.08	0.001 *	
	CD10	-0.20 (0.01)	-15.79	< 0.001 *	
	CD20	-0.19 (0.01)	-15.52	< 0.001 *	
	CS10	-0.19 (0.01)	-15.45	< 0.001 *	
	CS20	-0.21 (0.01)	-16.69	< 0.001 *	
	Ho	-0.18 (0.01)	-14.25	< 0.001 *	
	Ro	-0.22 (0.01)	-17.74	< 0.001 *	
	Variance due to the site (Probability)		0.001 (< 0.001) *		
	Variance due to block (site) (Probability)		0.00 (0.99)		
Variance due to campaign (Probability)		0.00 (< 0.009) *			
Variance to residual		0.0042			
10 - 20 cm	Intercept	1.56 (0.03)	56.66	0.010 *	
	CD10	-0.03 (0.01)	-2.03	0.043 *	
	CD20	-0.23 (0.01)	-17.81	< 0.001 *	
	CS10	-0.03 (0.01)	-2.23	0.027 *	
	CS20	-0.22 (0.01)	-17.50	< 0.001 *	
	Ho	-0.01 (0.01)	-1.06	0.290	
	Ro	-0.02 (0.01)	-1.29	0.196	
	Variance due to the site (Probability)		0.001 (0.003) *		
	Variance due to block (site) (Probability)		0.00 (0.190)		
Variance due to campaign (Probability)		0.00 (< 0.001) *			
Variance to residual		0.005			

Block (site): "block" nested in factor "site"; *: significance at the 5% level.

Available water content (Ru)

In Table 3 were summarized the results of linear mixed-effect models on available water content data. The model showed a significant ($p < 0.05$) effect of the tools used at 20 cm deep on Ru in the 0 - 10 cm layer. The significant effect was a reduction of Ru from the initial state of 6.35 ± 0.78 mm for CD20 and 6.16 ± 0.82 mm for CS20. Likewise, in the 10 - 20 cm layer, only the latter had a significant ($p < 0.001$) impact on the soil available water content in E0. The impact consisted of this layer at an increase of 4.07 ± 0.27 mm for CD20 and 3.99 ± 0.27 mm for CS20. For the two soil layers, the “campaign” factor significantly ($p < 0.001$) influenced the variations of this parameter.

Table 3. Effects of ploughing tools on available water content

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
0 - 10 cm	Intercept	13.45 (0.63)	21.50	0.001 *
	CD10	-6.35 (2.11)	-3.02	0.131
	CD20	-6.35 (0.78)	-8.19	0.003 *
	CS10	-5.75 (2.48)	-2.33	0.172
	CS20	-6.16 (0.82)	-7.46	0.005 *
	Ho	-5.75 (2.25)	-2.56	0.146
	Ro	-6.14 (2.09)	-2.93	0.123
	Variance due to the site (Probability)	0.808 (0.45)		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.04 (0.006) *		
	Variance due to campaign (Probability)	0.30 (< 0.001) *		
	Variance to residual	1.07		
10 - 20 cm	Intercept	8.40 (0.71)	11.90	< 0.001 *
	CD10	-0.01 (0.26)	-0.03	0.978
	CD20	4.14 (0.26)	15.94	< 0.001 *
	CS10	-0.01 (0.26)	0.05	0.957
	CS20	4.03 (0.26)	15.49	< 0.001 *
	Ho	0.14 (0.26)	0.55	0.586
	Ro	-0.03 (0.26)	-0.11	0.913
	Variance due to the site (Probability)	0.62 (0.004) *		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.046 (0.164)		
	Variance due to campaign (Probability)	0.759 (< 0.001) *		
	Variance to residual	1.825		

Block (site): “block” nested in factor “site”; *: significance at the 5% level

Soil chemical properties

Soil carbon content

The linear model, carried out on carbon content data and summarized in Table 4, indicated a significant ($p < 0.001$) impact of all tillage implements on these grades in the 0 - 10 cm layer. While Ho influenced the carbon concentration of the initial conditions of $-0.55 \pm 0.05\%$, CD10, CD20 and CS20 had respective influences of $-0.63 \pm 0.05\%$, $-0.68 \pm 0.05\%$ and $0.69 \pm 0.05\%$. Ro and CS10, for their part, reduced the carbon content from the initial state by $0.64 \pm 0.05\%$ in all the experimental sites. In lower layers (10 - 20 cm), the impacts of tillage tools were not significant ($p > 0.05$) on the carbon content on all the sites and on all the agricultural campaigns.

Table 4. Effects of ploughing tools on carbon content

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
0 - 10 cm	Intercept	1.55 (0.10)	16.33	0.009 *
	CD10	-0.63 (0.05)	-13.65	< 0.001 *
	CD20	-0.68 (0.05)	-14.91	< 0.001 *

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
	CS10	-0.64 (0.05)	-14.06	< 0.001 *
	CS20	-0.69 (0.05)	-15.14	< 0.001 *
	Ho	-0.55 (0.05)	-12.21	< 0.001 *
	Ro	-0.64 (0.05)	-13.93	< 0.001 *
	Variance due to the site (Probability)	0.00 (1)		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.32 (< 0.001) *		
	Variance due to campaign (Probability)	0.217 (< 0.001) *		
	Variance to residual	0.768		
10 – 20 cm	Intercept	0.79 (0.20)	4.06	0.016 *
	CD10	-0.04 (0.05)	-0.77	0.487
	CD20	0.03 (0.32)	0.08	0.945
	CS10	-0.04 (0.04)	-1.11	0.287
	CS20	0.02 (0.31)	0.06	0.956
	Ho	-0.05 (0.06)	-0.84	0.463
	Ro	-0.03 (0.04)	-0.64	0.544
	Variance due to site (Probability)	0.72 (1)		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.007 (0.052) *		
	Variance due to campaign (Probability)	0.797 (< 0.001) *		
	Variance to residual	0.545		

Block (site): “block” nested in factor “site”; *: significance at the 5% level

Soil nitrogen content

The impact of all ploughing tools was significant ($p < 0.05$) on the nitrogen content in the surface layers of the soil (table 5). Ploughing implements reduced the nitrogen content of the initial soil state by $0.02 \pm 0.003\%$. This decrease varied greatly from site to site in 0 - 10 cm horizon. In 10 - 20 cm layers, the model revealed a significant ($p < 0.001$) impact of the disc and moldboard ploughing at 20 cm depth. The “site” and “campaign” factors also had a significant ($p < 0.05$) impact on the variations in this parameter, induced by power tools.

Table 5. Effects of ploughing tools on nitrogen content

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
0 - 10 cm	Intercept	0.07 (0.004)	17.04	0.009 *
	CD10	-0.02 (0.00)	-5.98	< 0.001 *
	CD20	-0.02 (0.00)	-7.12	< 0.001 *
	CS10	-0.02 (0.00)	-6.99	< 0.001 *
	CS20	-0.02 (0.00)	-5.53	0.002 *
	Ho	-0.02 (0.00)	-6.55	< 0.001 *
	Ro	-0.02 (0.00)	-6.56	< 0.001 *
	Variance due to the site (Probability)	0.0189 (0.004) *		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.00 (0.999)		
	Variance due to campaign (Probability)	0.0015 (0.085)		
	Variance to residual	0.05		
	10 – 20 cm	Intercept	0.58 (0.28)	7.63
CD10		0.16 (0.16)	0.28	0.778
CD20		0.30 (0.16)	7.11	< 0.001 *
CS10		-0.34 (0.16)	-2.17	0.030 *
CS20		0.26 (0.16)	6.12	< 0.001 *

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
	Ho	-0.06 (0.16)	-0.41	0.684
	Ro	-0.38 (0.16)	-2.43	0.016 *
	Variance due to the site (Probability)	0.031 (0.018) *		
	Variance due to block (site) (Probability)	0.016 (0.165)		
	Variance due to campaign (Probability)	0.022 (0.007) *		
	Variance to residual	0.048		

Block (site): “block” nested in factor “site”; *: significance at the 5% level

Soil biological properties

In the study area, several groups of macroorganisms were identified according to soil layers. On both campaigns, in 0 - 10 cm layers were found in large groups of Ants, Termites and Earthworms. Scorpions, Diplopods, Coleoptera and their larvae, but Lepidoptera larvae and Orthoptera were present in small numbers. Chilopodes were only distinguished during C2 in 0 - 10 cm layers. Spiders and beetles larva were counted during campaign 3 (Figure 2). Likewise, following the agricultural campaigns in 10 - 20 cm layers, the strongly represented groups were Termites, Ants and Earthworms. Scorpions were notified in C3 only (Figure 3).

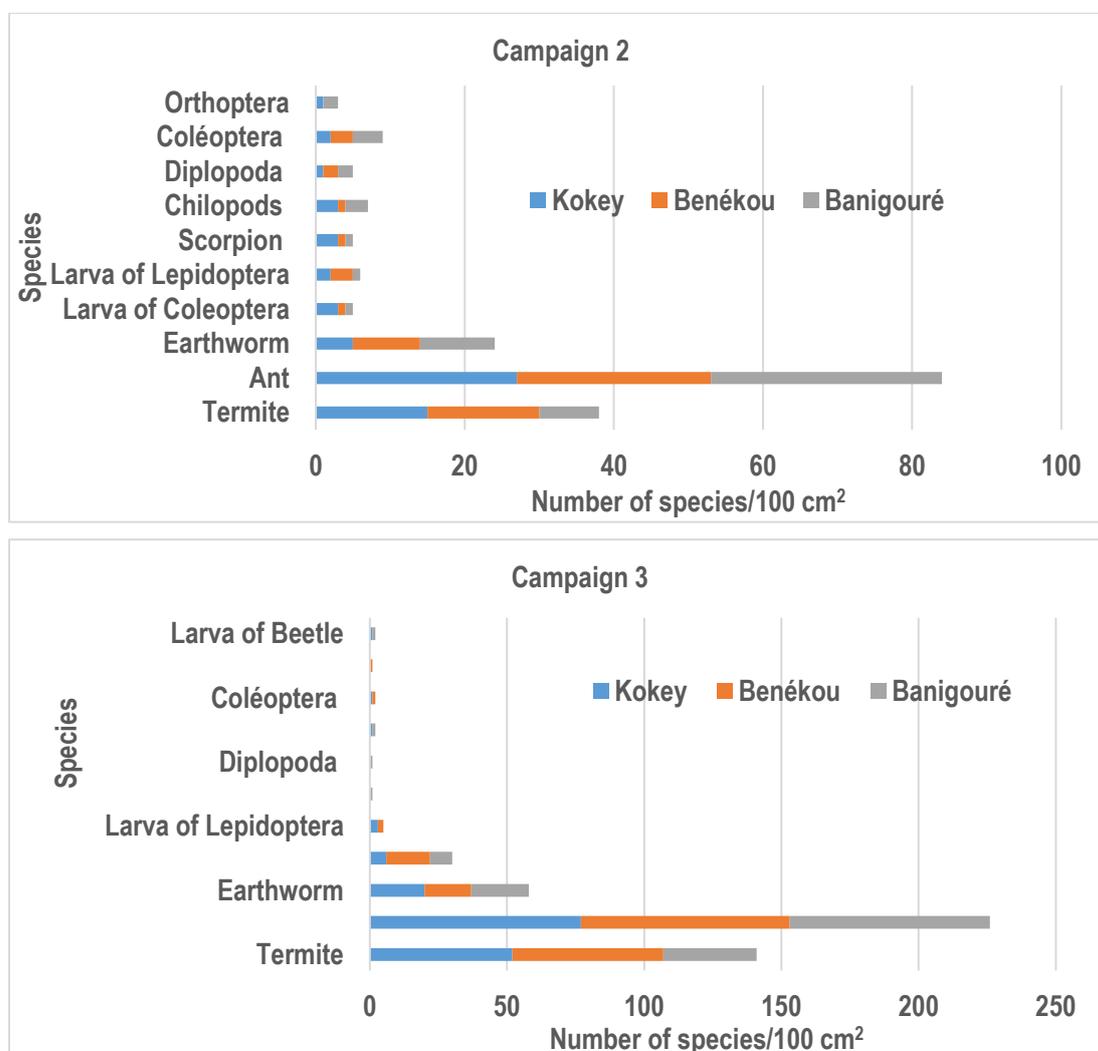


Figure 2. Macrofauna groups present in 0 - 10 cm layers

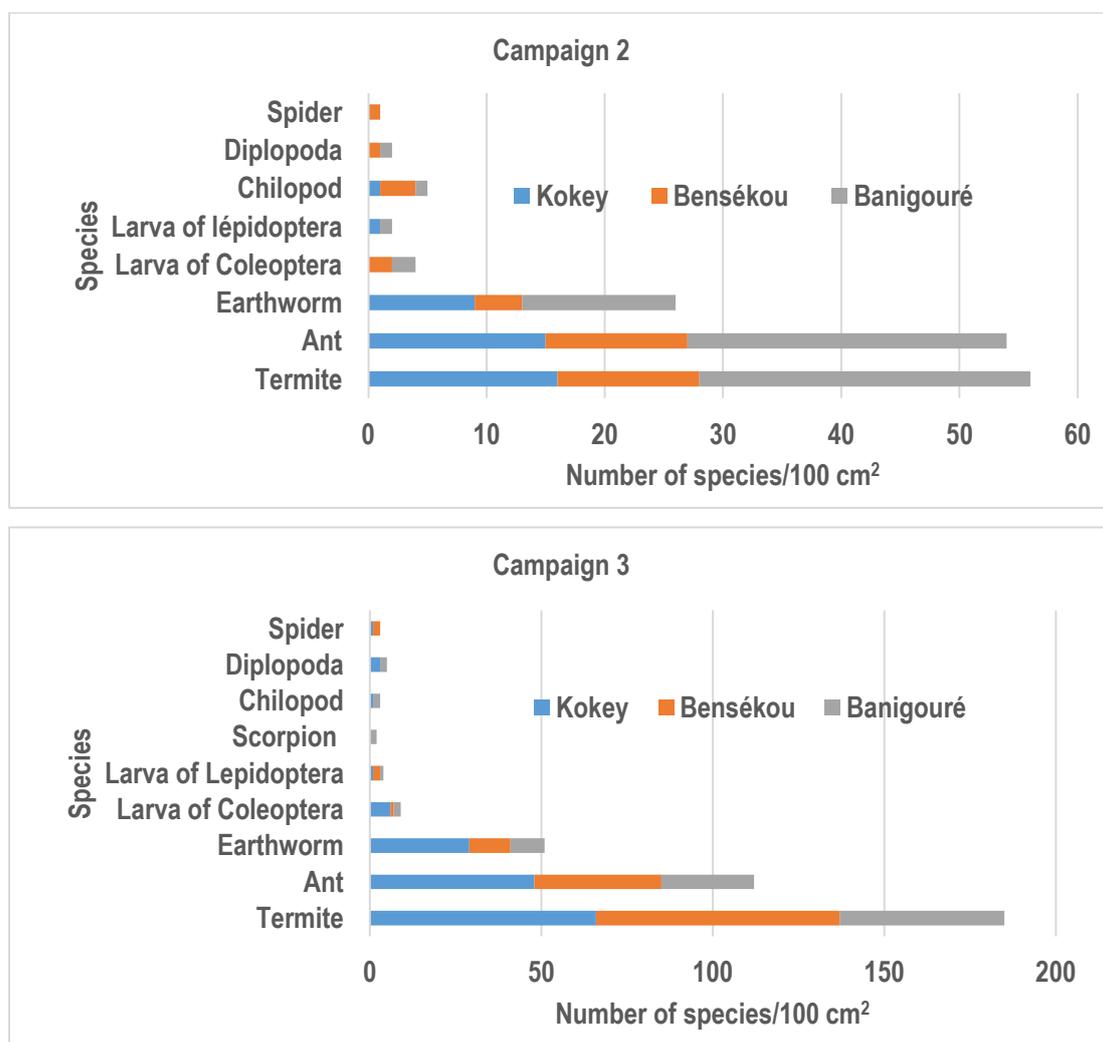


Figure 3. Macrofauna groups present in 10 - 20 cm layers

The linear model carried out on macrofauna data (Table 6) indicated in the 0 - 10 cm horizon, a significant ($p < 0.001$) impact of all tillage tools on the density of macroorganisms. In this layer, the tools reduced the density of macrofauna by 0.8 ± 0.07 g/100 cm² in all sites and campaigns. In the 10 - 20 cm horizon, the impacts of disc plough and moldboard plough used at 20 cm depth were therefore significant (respectively $p = 0.006$ and $p = 0.001$) on the density of macrofauna (Table 6). On all campaigns and sites, ploughing with CD20 and CS20 reduced the density of macrofauna 0.70 ± 0.09 g/100 cm² and 0.67 ± 0.09 g/100 cm² respectively.

Table 6. Effects of tillage tools on the density of macroorganisms

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability	
0 - 10 cm	Intercept	1,84 (0.62)	2.95	0.2000	
	CD10	-0.81 (0.07)	-10.34	< 0.001 *	
	CD20	-0.82 (0.07)	-10.46	< 0.001 *	
	CS10	-0.83 (0.07)	-10.64	< 0.001 *	
	CS20	-0.81 (0.07)	-10.31	< 0.001 *	
	Ho	-0.77 (0.07)	-9.81	< 0.001 *	
	Ro	-0.87 (0.07)	-11.15	< 0.001 *	
	Variance due to the site (Probability)		0.01 (0.282)		
	Variance due to block (site) (Probability)		0.01 (0.005)*		

Soil horizons	Source of variation	Coefficient (SE)	t value	Probability
	Variance due to campaign (<i>Probability</i>)	0.76 (< 0.001)*		
	Variance to residual	0.11		
10 – 20 cm	Intercept	1.37 (0.65)	2.10	0.262
	CD10	0.05 (0.09)	-0.54	0.593
	CD20	-0.70 (0.09)	-7.94	< 0.001 *
	CS10	0.00 (0.09)	0.05	0.959
	CS20	-0.67 (0.09)	-7.60	< 0.001 *
	Ho	-0.03 (0.09)	-0.31	0.755
	Ro	-0.00 (0.09)	-0.05	0.964
	Variance due to the site (<i>Probability</i>)	0.054 (0.024)*		
	Variance due to block (site) (<i>Probability</i>)	0.012 (0.01)*		
	Variance due to campaign (<i>Probability</i>)	0.809 (< 0.001)*		
	Variance to residual	0.139		

Block (site): “block” factor nested in factor “site” *: significance at the 5% level

DISCUSSION

Although it is part of the popularization of motorization of ploughing in Benin, this research is circumspect to the cotton zone of northern Benin. Indeed, the climatic and agricultural realities have made it possible to differentiate the different agricultural zones in Benin. Finally, it helps to understand the impact of motorized ploughing in the said area and to identify the most degrading techniques for agricultural soils.

Effect of conventional tillage on physical properties of soil

“Ploughing is an agricultural technique consisting of opening and turning the topsoil in order to sow it” (Page, 2014). The result, after ploughing, an extremely heterogeneous structure composed of an assembly of fine soil, compacted or not compacted clods, crop residues distributed along the ploughing strip, voids and cracks resulting from the action overturning, displacement and fragmentation of ploughing tools on the ploughed soil layers (Roger-Estrade *et al.*, 2001). The study carried out on the soils of south Alibori showed the impact of conventional ploughing tools on the soil’s physical parameters. The decrease in water content in the ploughed layers of the soil is due to the burial of crop residues which served as shading and blocking the evaporation of water as shown by Bescansa *et al.* (2006) and Bhattacharyya *et al.* (2006). Furnishing the floor is one of the objectives of conventional tillage. The seeds of buried crops require less compact soil for their development. The actions of soil fragmentation operated by the ploughing tools favoured the opening of the pores in the ploughed layers. However, the increase in pores decreases the soil density which becomes less heavy (Garane *et al.*, 2017). Some authors have concluded that the infiltration rate in ploughed plots compared to non-ploughed plots has increased (Ahuchaogu *et al.*, 2015). The bulk density difference between ploughed soil and unworked soil is greatest after the passage of tools and decreases during the growing season (Blanco-Canqui and Lal, 2007). Regarding the soil’s available water content, the study showed a decrease in the water retention capacity in the first few centimetres in the soil. A better water capacity was noticed in the initial state of the soils. This is in accordance with Abdellaoui *et al.* (2011) who concluded, “a positive parallel between the available water content and the bulk density in the superficial soil layers”. Thus, the lower the bulk density, the lower the retention capacity of the soil. In the lower horizons, the retention capacity was improved by the tools for ploughing at 20 cm. This is probably due to the incorporation of crop residues initially on the soil surface in the lower layers of the soil during ploughing at 20 cm depth (Hati *et al.*, 2007).

Effect of conventional tillage on chemical properties of soil

The presence of organic matter in the soil is at the origin of the appearance of physicochemical properties favouring the development of cultured and natural plants. This presence promotes the improvement of soil structure, water infiltration, increased water retention capacity and resistance to erosion (Boudiar, 2013). In the soils of northern Benin, the carbon contents recorded in the initial states are higher than in the plots turned over in the first 10 centimetres of the soil (Table 4). Gál *et al.* (2007) attested these conclusions in a comparative study on soil carbon and nitrogen accumulation in no-till and long-term mouldboard tillage. These contents decrease in no-tillage with depth because plant residues are not buried and only decompose on the surface, according to Boudiar, (2013). Ploughing, by its action, buries and distributes these crop residues over the depth of the ploughed soil and thus in conventional tillage systems, the organic C contents are

homogeneous in the first 20 cm (Müller *et al.*, 2007). Therefore, high concentrations of C and N in the 0 - 10 cm layer are reduced on plots tilled 20 cm deep and the layers of 10 - 20 cm are enriched in organic C and N. This is the case in this study where during the three years of cultivation, the 10 - 20 cm layers are significantly enriched in organic nitrogen. As Baker *et al.* (2007) agreed, over several years, the stock of organic matter increases in ploughed horizons and decreases in non-fragmented horizons by tools.

Effect of conventional tillage on biological properties of soil

Agricultural soils support a rich diversity of organisms, all of which participate in important processes. For example, the study by Jossi *et al.* (2011) and Berner *et al.* (2013) revealed that earthworms and insect larvae forage and turn over the surface layers of the soil in search of dead organic matter. They aerate the earth, and the pores and their galleries can absorb water like a sponge. Centipedes, beetles, termites and ants control populations of organisms that could become pests (Berner *et al.*, 2013). In the soils of the cotton-growing area of northern Benin, many macro-organisms are counted and contributed to soil fertility, ranging from ants to Orthoptera, including earthworms and centipedes. Their activities consisted of aerating the soil and breaking down the humus into nutrients for plants, in short restoring the functioning of the agricultural ecosystem (Jouquet *et al.*, 2014). According to Vian (2009), ploughing disrupts the development of macro-organisms by reducing the mulch on the soil surface and destroying their habitat. Burying plant debris, levelling the soil and correcting excess porosity caused by ploughing operations (Angonin, 2015) expose macro-organisms to predators and desiccation. This, therefore, explains their reduced number in the horizons of ploughed plots.

Implication of study for the improvement of cotton production

The ploughing techniques studied are part of good soil preparation for the cotton crop. Examination of the influence of ploughing tools on the soil shows that ploughing promotes good soil aeration, contributing to a strong decrease in the bulk density of the soil. Soils loosened in this way with tillage tools are therefore conducive to the establishment of cotton cultivation because of their ecology (Imorou, 2013). However, the reduction in the corollary carbon content with the decrease in the available water content in 0 - 10 cm horizons, constitutes a brake on the development of crops in plots ploughed at 10 cm depth. The limited abundance of macroorganisms in ploughed soils decreases the mineralizing power of the soil. Deep ploughing (20 cm deep) maintains a reducing impact on water content and bulk density in deep horizons. The bulk density is positively correlated with resistance to root penetration, ploughing at 20 cm is therefore beneficial for cotton cultivation which seeks loose and deep soils (Centre for Environmental Law and Community Rights /PADYP, 2012).

CONCLUSION

The study reports on the impact, over three agricultural campaigns, of conventional tillage tools on the physical, chemical and biological properties of the soil in the cotton-growing area of northern Benin. In 0 - 10 cm horizon, the physical, chemical and biological parameters studied are greatly reduced under the action of motorized ploughing at 10 cm depth. The use of the moldboard or disc plough at 20 cm depth decreases soil moisture and density and macrofauna populations. The macrofauna populations don't influence significantly the carbon content but significantly improve the nitrogen concentrations in the 10 - 20 cm horizon. It also shows that the ploughing at 20 cm promotes a better water retention capacity in 10 - 20 cm layers compared with the ploughing at 10 cm. Over three agricultural years and taking into account the ecological needs of the cotton plant, ploughing at 20 cm depth was the ploughing technique appropriate for the development of cotton cultivation in the study area. Conclusions that need further investigations.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to International Foundation for Science for their financial support of this research.

REFERENCES

- Abdellaoui, Z., H. Teskrat, A. Belhadj, O. Zaghoulane, 2011 : Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide. In: Actes Des Rencontres Méditerranéennes Du Semis Direct, Bouzerzour H. (Ed.), Irekti H. (Ed.), Vadon B. (Ed.). Proceedings of Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT, 71-87.
- Ahuochaogu, I., I. Etim, A. Etuk, 2015: Tillage Methods to Determine Soil Infiltration Rates: A Case Study in Uyo, Nigeria. Agriculture and Food Sciences Research 2, 43-50.
- Angonin, B., 2015 : Rôles, objectifs du travail du sol et modes d'actions des outils. Document de référence. Direction du Développement Rural de la province du Sud - France, 9 p.
- Baker, J.M., T.E. Ochsner, R.T. Venterea, T.J. Griffis, 2007: Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? Agriculture, Ecosystems & Environment 118, 1-5.

- Batamoussi Hermann, M., I. Moumouni, S.B.J. Tokore Ourou Mere, 2015 : Contribution à l'amélioration des pratiques paysannes de production durable de coton (*Gossypium hirsutum*) au Bénin : cas de la commune de Banikoara. Int. J. Biol. Chem. Sci 9, 2401–2413.
- Baye, L.M., 2018 : Bénin. Perspectives Économiques en Afrique 2018. Rapport. Groupe de la Banque Africaine d Développement, 10 p.
- Berner, A., H. Böhm, R. Brandhuber, J. Braun, U. Brede, J.-L. Colin-von Roesgen, M. Demmel, H. Dierauer, B. Ewald, A. Fließbach, J. Fuchs, A. Gattinger, J. Heß, K.-J. Hülsbergen, M. Köchli, H. Kolbe, S. Koller, P. Mäder, A. Müller, N. Patzel, L. Pfiffner, H. Schmidt, S. Weller, M. Wild, 2013 : Les principes de la fertilité des sols. Dossier. Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) et Bio Suisse, 32 p.
- Bescansa, P., M.J. Imaz, I. Virto, A. Enrique, W.B. Hoogmoed, 2006: Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil and Tillage Research 87, 19–27.
- Bhattacharyya, R., V. Prakash, S. Kundu, H.S. Gupta, 2006: Effect of tillage and crop rotations on pore size distribution and soil hydraulic conductivity in sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. Soil and Tillage Research 86, 129–140.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2007: Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil and Tillage Research 95, 240–254.
- Bonou-Zin, R.D.C., K. Allali, S.D. Tovignan, J.A. Yabi, P. Houessionon, 2018: Drivers of farmer's perception of the environmental externalities of cotton production practices in Benin: a Tobit analysis. Journal of Agricultural and Environmental Sciences 7, 120–130.
- Boudiar, R., 2013 : Étude comparative des effets de travail du sol conventionnel et le semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride.. Mémoire de Master. Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie, 104 p.
- Centre for Environmental Law and Community Rights /PADYP, 2012 : Fiche 4 : Culture du coton. Technique de production du coton. Module production végétale. Module de production végétale, Conseil Agricole - France, 8 p.
- Gál, A., T.J. Vyn, E. Michéli, E.J. Klavivko, W.W. McFee, 2007: Soil carbon and nitrogen accumulation with long-term no-till versus moldboard ploughing overestimated with tilled-zone sampling depths. Soil and Tillage Research 96, 42–51.
- Garane, A., S. Koussao, M. Traore, M. Sawadogo, X.P. Pequeno, 2017 : Influence de l'itinéraire technique sur les propriétés physiques et hydriques du sol sous culture du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) dans une rotation de «longue durée» dans la zone «non-chernozem» de la Fédération de Russie. Int. J. Bio. Chem. Sci 11, 886-900.
- Hati, K.M., A. Swarup, A.K. Dwivedi, A.K. Misra, K.K. Bandyopadhyay, 2007: Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. Agriculture, Ecosystems & Environment 119, 127–134.
- Imorou, L., 2013 : Caractérisation régionale de lignées de cotonnier (*Gossypium hirsutum*) éprouvées sous différentes doses d'engrais au Bénin. (Mémoire d'Ingénieur Agronome). Université de Parakou, Bénin, 84 p.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), Benin, 2020 : Monographie de la filière « coton » au Bénin. Document de travail N°DSEE2020DT02. INSAE, République du Benin, 61 p.
- Jossi, W., U. Zihlmann, T. Anken, B. Dorn, M. Van der Heijden, 2011 : Un travail du sol réduit protège les vers de terre. Recherche agronomique 2, 432–439.
- Jouquet, P., E. Blanchart, Y. Capowiez, 2014: Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. Applied Soil Ecology 73, 34–40.
- MAEP Benin, 2011 : Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). Rapport. MAEP, République du Bénin, 116 p.
- Mathieu, C., Peiltain, F., 2003 : Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Technique et documentation. Lavoisier, Tec et Doc. ed. Paris-France, 387 p.
- Müller, M., R. Schaffützel, A. Chervet, W.G. Stumy, U. Zihlmann, P. Weisskopf, 2007 : Teneurs en humus après onze ans de semis direct ou de labour. Agrarforschung 14, 394–399.
- Page, L., 2014 : Labour, retourner la terre pour la labourer <https://renseigner.com/jardin/techniques/techniques-de-base/labour> (accessed 4.25.22 at 6:00 AM).
- Pouya, M.B., M. Bonzi, Z. Gnankambary, B. Koulinaly, I. Ouedraogo, J.S. Ouedraogo, P.M. Sedogo, 2013 : Perception paysanne et impact agro-pédologique du niveau de mécanisation agricole dans les zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina Faso. Int. J. Bio. Chem. Sci 7, 489–506.
- R Core Team, 2019: R: a language and environment for statistical computer, R foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. <https://www.R-projet.org/> (accessed 4.25.19 at 3:00 PM).
- Rhyan, J., S. Masri, H. Ibricci, M. Singh, M. Pala, H.C. Harris, 2008: Implication of cereal based crop rotation nitrogen fertilization and stubble grazing on soil organic matter in a Mediterranean type environment. Turk. J. Agriculture and Forestry 32, 289–297.
- Roger-Estrade, J., N. Colbach, P. Leterme, G. Richard, J. Caneill, 2001: Modelling vertical and lateral weed seed movements during moldboard ploughing with a skim-coulter. Soil and Tillage Research 63, 35–49.
- Vian, J.-F., 2009: Comparison of different tillage systems in organic farming: effect of soil structure and organic matter repartition on soil micro-organisms and their activities of carbon and nitrogen mineralization. PHD. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), France, 205 p.