

Science **et** technique

Revue burkinabè de la recherche

Sciences naturelles et appliquées

Spécial hors-série n° 5 — Janvier 2020 — ISSN 1011-6028

**Symposium International sur la Science et la Technologie
14 au 18 octobre 2019, Ouagadougou**



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

Science et technique

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

Série Sciences naturelles et appliquées Spécial hors-série n° 5 – Janvier 2020

Prix : 3 000 F CFA



Directeur de publication

NEBIE Roger Honorat Charles, Délégué général du CNRST

Coordonnateur

TRAORÉ Amadou, Maître de recherche

Rédacteur en chef

BALIMA/DAMA Mariam, PARE Annick

Comité de rédaction

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

Secrétariat de rédaction

TRAORÉ Hamed S., KABORÉ Moustapha

Maquette et mise en pages

ZABRÉ Haoua et KABORÉ Annick G.

Comité Scientifique du Symposium International sur la Science et la Technologie (SIST 2019)

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. AZOUMA Ouézo | Maître de conférences en mécanisation agricole |
| 2. BAMA Bapio Rosaire | Professeur titulaire en Littérature et civilisation allemandes |
| 3. BARRO Nicolas | Professeur Titulaire Biochimie-Microbiologie/Virologie |
| 4. BATIONO Babou André | Maître de Recherche en Biologie et Ecologie végétales |
| 5. BATIONO Jean-Claude | Professeur titulaire en Didactique des langues et des cultures |
| 6. BOUGOUMA Moussa | Maître de Conférences en Chimie Physique et Electrochimie |
| 7. BOUGOUMA Valérie | Maître de conférences en Biologie animale |
| 8. BOUSSIM Issaka Joseph | Professeur titulaire en Botanique et Ecologie |
| 9. COMPAORE Halidou | Chargé de recherche en Ecologie/Management des ressources naturelles |
| 10. COMPAORE Maxime | Maître de recherche en Sciences de l'éducation |
| 11. DABIRE Rock | Directeur de recherche en Entomologie médicale |
| 12. DIARRA Mahamoudou | Maître de conférences agrégé en économie |
| 13. DRABO Maxime | Directeur de recherche en Santé Publique |
| 14. GLITOH A. Isabelle | Professeur titulaire en Entomologie |
| 15. GOMGNIMBOU Mustapha | Directeur de Recherche Histoire |
| 16. GUISSOU Innocent Pierre | Professeur titulaire en Pharmacologie-Toxicologie |
| 17. HALPOUGDOU Martial | Chargé de recherche en Histoire |
| 18. HOUNHOUGAN D. Joseph | Professeur en Science des aliments |
| 19. KABORE/SAWADOGO Séraphine | Chargée de recherche en Télédétection |
| 20. KIBORA Ludovic | Maître de recherche en Anthropologie, Ethnologie |
| 21. KINI Félix | Maître de recherche en Chimie organique |
| 22. KOMI-KOSSI TITRIKOU Emmanuel | Professeur titulaire en Anthropologie |
| 23. KOUANDA Sèni | Directeur de recherche en épidémiologie, Santé Publique |
| 24. KOULIDIATI Jean | Professeur titulaire en physique |
| 25. LE BLANC Jean Marc | Directeur de recherche en Génétique |
| 26. LOMPO Marius | Maître de recherche en pharmacologie |
| 27. MAÏGA Eugénie | Maître de conférences agrégée en économie |
| 28. NAKOULMA Goama | Maître de recherche en géographie |
| 29. NANEMA Emmanuel | Maître de Recherche en Energie solaire |
| 30. NEBIE Roger Ch. H. | Directeur de Recherche en Chimie organique |

31. NIANGADO Oumar	Directeur de Recherche en Génétique
32. OUATTARA Frédéric	Professeur titulaire en physique, héliophysique
33. OUEDRAOGO Jean Bosco	Directeur de Recherche en Parasitologie médicale
34. OUEDRAOGO Mahamadou Lamine	Maître de conférences en Sciences du langage
35. OUEDRAOGO Moussa	Docteur en Génétique Forestière
36. OUEDRAOGO Sylvain	Directeur de recherche en Pharmacologie
37. OUEDRAOGO Souleymane	Maître de recherche en Economie agricole
38. PALM Jean-Marc D.	Directeur de Recherche en Histoire,
39. QUENUM Laurent	Docteur en communication.
40. SANOGO Oumar	Maître de Recherche en Physique
41. SANON Hadja Oumou	Maître de Recherche en Productions animales
42. SAWADOGO Louis	Directeur de recherche en Biologie et Ecologie végétales
43. SAWADOGO/LINGANI Hagrétou	Directrice de recherche en Biologie/Microbiologie
44. SAWADOGO Poussi	Docteur en Diplomatie, Relation internationale
45. SEDOGO P. Michel	Directeur de Recherche en Agropédologie
46. SEREME Paco	Directeur de Recherche en Phytopathologie
47. SOMBIE Issaka	Professeur titulaire en Santé publique
48. SOMDA Irénée	Professeur titulaire en Phytopathologie
49. SOME Yélézoumin Stéphane Corentin	Maître de conférences en géographie
50. TINTO Halidou	Directeur de recherche en Parasitologie
51. TOGUYENI Aboubacar	Professeur titulaire en Agronomie/Biologie
52. TRAORE Hamidou	Directeur de Recherche en Malherbologie
53. TRAORE Kalifa	Professeur titulaire en mathématique, science de l'éducation
54. TRAORE Mamoudou	Maître de recherche en Sciences du sol
55. YAMEOGO Georges	Maître de recherche en Agroforesterie
56. ZEBA Augustin	Chargé de recherche en nutrition
57. ZERBO Adama	Expert en propriété industrielle
58. ZERBO Roger	Chargé de recherche en sociologie, Anthropologie de la santé
59. ZIDA Didier	Chargé de Recherche en Ecologie végétale

Comité scientifique de la série

Pr Guinko Sita	Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Pr Sawadogo Laya	Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Pr Zongo Jean Didier	Professeur titulaire, Université de Ouagadougou, Burkina Faso
Pr Assa Ayénou	Professeur titulaire, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Pr Foua-Bi Kouahou	Professeur titulaire, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Pr Ba Tidiane	Professeur titulaire, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal
Pr Gouro Abdoulaye	Professeur titulaire, Université de Niamey, Niger
Pr Nenon Jean Pierre	Professeur titulaire, Université de Rennes I, France
Pr Sissoko Grégoire	Professeur titulaire, Université Cheick Anta Diop de Dakar
Pr Jacobs Michel	Professeur titulaire, Université Libre de Bruxelles, Belgique
Pr Bourarach El Hassan	Professeur titulaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
Dr Le Coq Hervé	INRA, Montfavet, France
Dr Konaté Gnissa	Directeur de Recherche CNRST, Ouagadougou, Burkina Faso
Dr Kaboré Z Issiaka	Directeur de recherches CNRST, Burkina Faso
Dr P Michel Sédogo	Directeur de recherches, CNRST, Burkina Faso
Dr Diawara Bréhima	Directeur de recherches, CNRST, Burkina Faso
Dr Nébié Ch. H. Roger	Directeur de Recherches, CNRST, Burkina Faso

Comité de lecture de la série

Dr Sérémé Abdoulaye	Maître de recherches, Biologie et Ecologie végétale
Dr Nébié H Ch. Roger	Directeur de Recherche en Chimie organique
Dr Sanogo Oumar	Maître de recherches, en Physique/Energétique
Dr Ganou Léguet	Chargé de recherches, sciences agroalimentaires
Dr Sawadogo/ Lingani Hagrétou	Maître de recherches, Biochimie/microbiologie
Dr Son Gouyahali	Maître de recherches, mécanisation
Dr Diawara Bréhima	Directeur de recherches, microbiologie
Dr Sanon Amadou	Chargé de recherches, physique
Dr Wereme Alhadi	Directeur de Recherche, Physique
Dr Traoré M. Yves	Chargé de recherches en Physique/Energie solaire,
Dr Zougmoré Robert	Chargé de Recherche, Agropédologie

Dr Taonda S. Jean-Baptiste	Maître de Recherche, Agronomie
Dr Bayala Jules	Directeur de Recherche, Agroforesterie
Dr Kaboré K. Blaise	Chargé de Recherche, Pathologie
Dr Tamboura H. Hamidou	Directeur de Recherche, Physiologie et Santé Animale
Dr Compaoré Emmanuel	Maître de Recherche, Agrochimie
Dr Rouamba Albert	Maître de Recherche, Génétique végétale
Pr Dicko Hama Mamadou	Professeur titulaire, Biochimie-Biotechnologie
Dr Ba Malick	Maître de Recherche, Entomologie
Dr Traoré Oumar	Directeur de Recherche, Virologie-Biotechnologie
Dr Sawadogo Louis	Directeur de Recherche, Sylvo-pastoralisme
Dr Kagoné Hamadé	Chargé de Recherche, Pastoralisme
Dr Zagré M'Bi Bertin	Maître de Recherche, Génétique végétale
Dr Traoré Amadou	Maître de Recherche, Génétique animale
Dr Traoré Hamidou	Maître de Recherche, Malherbologie
Pr Thiombiano Adjima	Professeur titulaire, Botanique-Ecologie végétale
Dr El Hadj Gueye Fallou	PhD, Aviculture

Abonnement - Distribution

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

Rédaction et administration

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

Impression :

Numéro tiré à 250 exemplaires

Sommaire

AHAMIDÉ Innocent D. Y., TOSSOU Monique G., YÉDOMONHAN Hounnankpon, ADOMOU Aristide C., HOUÉNON Janvier et AKOÈGNINO Akpovi Valorisation des Loranthaceae utilisées en médecine traditionnelle humaine au nord-Bénin : implications pour l'essor de la santé.....	13
AKOUDJIN Mauricette Variabilité spatio-temporelle des peuplements d'insectes frugivores comme bioindicateurs d'anthropisation dans des écosystèmes au Burkina Faso	31
BARRO Albert, SANOU Florentin, OUÉDRAOGO Jean, SIMPORÉ Saïdou, NACRO Hassane Bismarck Effets de la vitesse du pulvérisateur à disques sur l'état de surface d'un lixisol sablo argileux à la station de Saria au Burkina Faso.....	45
BOKOSSA Alexandrine H., KONFO Christian T. R., DAHOUEON-AHOUSI Edwige, SOUMANOU Mohamed M., AZOKPOTA Paulin Caractéristiques physico-chimique de l'huile de palme aromatisée <i>zomi</i> produite au Bénin	55
TOE Arlette, SANON Hadja Oumou, OBULBIGA Ferdinand Valorisation des résidus de culture dans l'embouche ovine en milieu paysan : cas du sorgho et du niébé fourragers	67
DJOSSOU Armand Ayihaou, HOUNGAN Aristide Comlan, HOUEHANOU Ernesto, VIANOU Antoine Etude comparée du comportement thermique de la terre stabilisée incorporant la bouse de vache et des fibres de tige de bananier	77
DJISSOU Arnould Sèdjro Martin, CODJIA Jacques Jaurès, KPANOU Bienvenu, TOSSAVI Ephrem Comlan, FIOGBE Emile D. Potentiel du zooplancton produit à partir des crottes de lapin, fientes de poulet et déjections du porc pour l'alimentation des larves de <i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822).....	91
BADA AMOUZOUN Akhénaton Adonaï Mahouklo, BADOU Romaël Badjréhou, AHAMIDE Dègninou Yèlognissè Innocent, DASSOU Gbèwonmèdéa Hospice, ADOMOU Aristide Cossi Parataxonomie et valeur ethnomédicinale de <i>Uvariopsis tripetala</i> (Baker f.) G. E. Schatz (Annonaceae) au sud-Bénin : implications pour la valorisation et la conservation	99
BAGGNIAN Issoufou, ADAMOU KARIMOU Ibrahim, ADAM Toudou Valeurs socio-économiques et environnementales des services écosystémiques de la pratique de la régénération naturelle assistée des ligneux (RNA), au Niger.....	115
KPATINVOH Brice, DEGNON G. René, GBAGUIDI Mauricette, AHOUSI- DAHOUEON Edwige et SOUMANOU Mohamed M. Caractéristiques nutritionnelles, physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques du niébé conservé dans des sacs de jute imprégnés d'extraits de plantes et des produits dérivés	133
SORY Amadou Jean-Baptiste, KONDOMBO Clarisse Pulchérie, SAWADOGO Nerbéwendé, BROCKE Kirsten Vom, KABORE Roger, SAWADOGO Mahamadou Évaluation de la performance agronomique de lignées de sorgho [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] sélectionnées par les agriculteurs de la région du Centre-nord du Burkina Faso	149

COMPAORÉ Nhafissatou, GNANDA Isidore B., SINON Boukaré, ZARÉ Yacouba, OUÉDRAOGO Mahamadi Performances d'emboche bovine de quelques fermes traditionnelles ouvertes à l'innovation : étude de cas dans quatre régions du Burkina Faso	165
OUOBA Daogo, DIBLONI Olo Théophile, KABRÉ Boureima Gustave Contribution de la faune aviaire dans la pharmacopée traditionnelle et les pratiques mystiques dans la région de l'est du Burkina Faso	179
MAGNON Yves Zountchégbé, NOBA Ntaye, EFIO Sylvain, TOSSOU Rigobert Cocou Analyse de la viabilité de la plateforme multi-acteurs de gestion de l'eau dans la commune de Glazoué au centre du Bénin	193
EGAH J., BACO M. N., COMMANDAN T. BIO, GANTOLI G., IBOURAIMA SAFIRI A. H., BASSIROU B. Y., TEHOU A., HORST O., NAMOANO Y. G. Gestion des produits forestiers non ligneux dans le complexe W-Arly-Pendjari (WAP) au Bénin et durabilité	209
ADAMON David G. F., FAGBEMI Latif A., PINTA François, ADAMOU Alain Caractérisation des cendres issues de la gazéification de la biomasse tropicale pour la fertilisation du sol	221
ADJAHOSSOU Sessi Gilles Christian, HOUEHANOU Dèhouégnon Thierry, Toyi Mireille, HESSOU KoKou Hervé, AGBANOU B. Thierry, CODJO Finagnon Gildas, HOUINATO Marcel Romuald Benjamin Sudano-Sahelian phytocology and dendrometric characteristics of three value species in Benin (West Africa)	233
HESSOU Hervé K., ADJAHOSSOU Sessi Gilles Christian, DJEGO Gaudence J., TENTE Brice A. Clearcuts, luminosity and hydromorphy drive dynamics of native species in state plantations of teak in southern Benin	245
TOUCKIA Gorgon Igor, YONGO O. D. Olga Diane, KOSH KOMBA Ephrem, Alban Narcisse DOTE, KOKOU K. Kouami Connaissances endogènes et performance agronomique de trois variétés de courge utilisées dans l'alimentation en République Centrafricaine.....	261
DIARRA Boua, AMADOU Hamadoun, SANOGO Fatogoma, HUAT Joël Impact environnemental de l'utilisation des pesticides dans les systèmes intensifs de production riz-maraîchage dans des bas-fonds de la zone Mali-sud	275
AGBANKPE Alidéhou Jerrold, DOUGNON Tamègnon Victorien, BALARABE Roubaya, DEGUENON Esther, BABA-MOUSSA Lamine In vitro assessment of antibacterial activity from Lactobacillus strains against virulent <i>Salmonella</i> strains in Benin	291
TOKORE OROU MERE S. B. J., BATAMOSSI HERMANN M., BIAOU S. S. H., DJIBRILOU ABOUDOU I. Effet des différents types de bokashi sur la réussite des greffes de l'anacardier (<i>Anacardium occidentale</i> L.) en pépinière dans la commune de Parakou au Nord-Bénin	305
KAGAMBEGA François Wenemi, ZAMPALIGRE Nouhoun, Zida Didier et SAWADOGO Louis Caractérisation floristique et structurale de la végétation de quatre Unités d'Aménagement Forestier sous exploitation à Cassou (Sud du Burkina Faso)	315

BAMBARA Tontibomma Ghislain, KIÉMA André, NACRO Hassan Bismarck Estimation de la biomasse des ressources fourragères à l'aide de l'indice de végétation normalisé (NDVI) au Burkina Faso	331
KOUAME Konan Lopez Contribution à l'amélioration du système de stockage des produits pétroliers : cas de GESTOCI en Côte d'Ivoire	345
ABOUDOU Kowiou, AISSI Midimahu Vahid, DANTHINE Sabine, SOUMANOU Mohamed Mansourou Biochemical characterization of almonds from two morphotypes of almond tree	355
ZOUNGRANA Wend Kuuni Laetitia, GNANDA Isidore Bila, SANON Hadja Oumou, SINON Boukaré, ZARE Yacouba, OUEDRAOGO Mahamadi Performances d'engraisement d'une formule alimentaire de recherche en pré-vulgarisation chez des ovins de race sahélienne du Burkina Faso	373
LOMPO Désiré Jean-Pascal, BALBONE Abdoudramane, YE Lambiénou, NACRO Hassan Bismarck Effets du Biochar utilisé comme amendement sur les propriétés physico-chimiques des sols et les paramètres agronomiques du Sorgho dans la zone semi-aride du Burkina Faso	387
KITTIKA Koffi Marchais, FAYE Omar Ndaw, MANGA Anicet Georges Bruno Évaluation de variétés de riz (<i>Oryza sativa</i>) pour la tolérance au froid en phase reproductive dans la vallée du fleuve Sénégal	399
SANDWIDI Wend-n-guudi Reine, TOE Bernadette, KABORE Adama, TAMBOURA H. Hamidou, LEGMA Boukari Caractérisation des viandes des ânes abattus et inspectés dans la commune rurale de Saaba au Burkina Faso	411
DOUTHE Komlanvi et AZOUMA Ouézou Yaovi Intégration de la qualité et de l'écologie industrielle dans la démarche de création des petites et moyennes agro-industries dans les pays de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine.....	421
TOSSOU EDJROGAN Michaël, HOUNKPE BIDOSSESSI Jechonias, ADECHINA Archange Rodrigue M.A., LAWANI Rebecca Annick Nireti, AGBON SEMONDJI S.S. Pyrrhus, KELOME Carine Nelly, SY BOUBOU Aldiouma, DIAW Amadou Tahirou Caractéristiques physico-chimiques et risque d'eutrophisation des eaux de la lagune cotière au Bénin (Afrique de l'Ouest)	437
CHOKKI M., DAH-NOUVLESSOUNON D., ANIHOUI V., ZONGO C., BABA-MOUSSA L., RODICA M. D., BABA-MOUSSA F. Caractérisation physicochimique et évaluation de la qualité de l'huile des amandes du Baobab (<i>Adansonia digitata</i> L.)	453
KABORE Michel, SANON Hadja Oumou, KIEMA André et NIANOGO Aimé J. Étude du maillon de la transformation des petits ruminants dans la commune de Ouagadougou au Burkina Faso	471
SIDIBE Abdoulaye, SANGARE Modibo B., TRAORE Bakary M. Effets de la densité de plantation et du sectionnement des tubercules de G3 sur la productivité de la pomme de terre <i>Solanum tuberosum</i> (L.) en zone soudano sahélienne, Katibougou, Mali.....	485

YAO Kouassi Patrick, ACHI Yaba Louise, DIAHA-KOUAME Amenan Claude Aimée, DIOBO N'Guessan Fidèle	
Dynamiques saisonnières des tiques des bovins et de quelques hémoparasites associés le long du couloir de transhumance Est de la Côte d'Ivoire	497
SILUÉ Pébanagnanan David, KOUDOU Dogbo, ALLA Kouadio Augustin, ANGORAN Kouakou Norbert	
Contribution des pêcheurs étrangers au développement des activités halieutiques du département de Ferkessédougou au Nord de la Côte d'Ivoire	513
DOC R. Chabi, HOUNGUE M. T. A. Kpota, KUEVI Urbain A., KPOTIN Gaston A., ATOHOUN Y. G. S., MENSAH Jean-Baptiste et BADAWI Michael	
Modélisation physico-chimique des complexes de la myricétine par les ions Zinc II	527
SANA Youssoufou, KIEMA Sébastien, KONDOMBO Salam Richard, SAMANDOULGOU Yahaya, SAWADOGO Louis, ZOUNGRANA-KABORE Chantal Y., BOUYER Jérémy, DULIEU Dominique	
Nymphalidea outils de diagnostic de la dégradation de l'environnement dans le parc W (Bénin) et sa périphérie	539
BAMBA Hubert Eloi A. S., HÉMA Omer S., SINARÉ Boukary, BOURGOU Larbougna, KOULIBALY Bazoumana, ILBOUDO Zakaria	
Evaluation de l'efficacité des formulations insecticides de deux huiles essentielles contre les larves de <i>Dysdercus völkeri</i> Schmidt (Hemiptera : Pyrrhocoridae) du cotonnier au Burkina Faso	553
SANDWIDI Sayouba, SANOGO Oumar, KOULIDIATI Jean, YAMBA Kassoum	
Simulation numérique sous TRNSYS des performances thermiques d'un bâtiment construit en brique H avec un bourrage argile-paille	571
YE Siédouba Georges, LINGANI Abdel Kader Hounsouho, SARE Yacouba, TAPSOBA Zama	
Caractérisation technique et optimisation de deux batteuses multifonctionnelles artisanales dans la chaîne de valeur post-récolte de céréales.....	585
SINON Souleymane, SANOGO Oumar, TERA Salif, YAMBA Kassoum	
Evaluation expérimentale des performances thermiques d'une source de chaleur d'un séchoir hybride de fruits et légumes	595
KIENDREBEOGO Timbilfou, ZAMPALIGRE Nouhoun, OUÉDRAOGO Souleymane, MOPATÉ LOGTÉNÉ Youssouf, KABORÉ-ZOUNGRANA Chantal-Yvette	
Effets de régimes alimentaires à base de sous-produits de manioc sur les performances de porcs en croissance au Burkina Faso	607
ZANNOU Vincent Djossè, HOUNKANRIN Barnabé, LANOKOU Mathieu, AGOSSOU Gaston, BEKPA-KINHOU Ange Michel, TOHOZIN Antoine Yves et BOKO Michel	
Caractéristiques et aptitudes culturales des sols de la basse vallée de l'Oueme au Sud du Bénin	621

Effets du Biochar utilisé comme amendement sur les propriétés physico-chimiques des sols et les paramètres agronomiques du Sorgho dans la zone semi-aride du Burkina Faso

LOMPO Désiré Jean-Pascal¹, BALBONE Abdou Dramane¹,
YE Lambiénou¹, NACRO Hassan Bismark²

Résumé

La dégradation continue des sols conjuguée aux effets néfastes des changements climatiques compromettent l'atteinte de la sécurité alimentaire au Burkina Faso. La présente étude menée à Kongoussi (Burkina Faso) avait pour objectif de déterminer les effets du Biochar utilisé comme amendement sur le sol et le sorgho. Un dispositif en blocs simples comportant 3 traitements en 5 répétitions a été utilisé. Les traitements distribués de façon randomisée comprenaient T0=Zaï+Fumier+NPK, T1= Zaï+Fumier+Biochar+NPK et T2= Zaï+Biochar+NPK. Le Biochar a été appliqué à la dose de 200g/trou de Zaï (2 t/ha), le fumier 250 g/trou de Zaï (2,5 t/ha) et le NPK (14-23-14) 0,2g/trou de Zaï. Les paramètres chimiques des sols ont connu une amélioration due aux amendements organiques. Le Biochar appliqué seul comme amendement a relevé les valeurs du pH_{eau} des sols plus que lorsqu'il est associé au fumier. Les meilleurs rendements-grains (2200 kg/ha) ont été enregistrés avec T1= Zaï+Fumier+Biochar+NPK. La combinaison Zaï+Fumier+Biochar+NPK améliore la fertilité du sol et le rendement de Sorgho. Le Biochar associé à une source de nutriment constitue une technologie innovante efficace pour améliorer la sécurité alimentaire tout en protégeant le climat par la séquestration du carbone dans le sol.

Mots-clés : Fertilité des sols, amendements organiques, Biochar, fumier, Zaï, Burkina Faso.

Effects of Biochar used as soil amendment on physico-chemical properties of soils and agronomic parameters of Sorghum in the semi-arid zone of Burkina Faso

Abstract

The continuous degradation of soil combined with the negative effects of climate change is undermining the achievement of food security in Burkina Faso. This study was conducted at Kongoussi (Burkina Faso) and aimed at determining the effects of Biochar used as soil amendment on the soil and agronomic parameters of Sorghum. An experiment was implemented following a simple block design comprising 3 treatments in 5 replicates. Treatments were randomized and included T0= Zaï+Manure+NPK; T1= Zaï+Manure+Biochar+NPK, and T2= Zaï+Biochar+NPK. Biochar was applied at a rate of 200 g/hole of Zaï (2 t/ha), manure 250 g/hole of Zaï (2.5 t/ha) and NPK (14-23-14) 0.2 g/hole of Zaï. The chemical para-

¹ Université de Dédougou (UDDG), BP 176, Dédougou, Burkina Faso.

² Université Nazi BONI (Ex Université Polytechnique de Bobo Dioulasso), Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF), BP 1091 Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur correspondant : Tél. : +226 70 27 87 58; E-mail : lomposesire@yahoo.fr

meters of the soils have improved due to the organic amendments tested, especially with Biochar associated with manure. Biochar applied alone as soil amendment raises soil pH more than when it was combined with manure. The best grain yields (2200 kg/ha) were registered with the T1 = Zaï+Manure+Biochar+NPK. The combination of Biochar with manure improves the soil fertility and the sorghum yields. Biochar associated with a source of nutrients is a promising innovative technology to improve food security while protecting the climate by sequestering carbon into the soil.

Keywords: Soil fertility, organic amendment, Biochar, manure, Zaï, Burkina Faso.

Introduction

La communauté mondiale perd jusqu'à 5 % de son produit intérieur brut agricole en raison de la dégradation des sols (UNCCD, 2013 et 2014). Le Burkina Faso dont l'agriculture constitue la principale activité de sa population, est particulièrement touché par ce phénomène de dégradation des sols. Cette situation s'oppose à l'obtention d'une résilience sociale, d'une sécurité alimentaire et d'une atténuation significative de la pauvreté. Ainsi, dans les régions caractérisées par une faible pluviosité comme le Centre-Nord, les producteurs ont recours aux techniques de conservation des eaux et des sols, défense et restauration des sols, pour faire face au problème de dégradation de leur sol (RABDO, 2006). La technique de Zaï combiné à l'usage de la matière organique est l'une des techniques les plus utilisées (DA, 2008). Le Zaï est une forme particulière de culture en poquets dont le principal but est de maximiser la rétention de l'eau de pluie pour une meilleure alimentation hydrique des cultures (ROOSE *et al.*, 1995 ; BARRO *et al.*, 2005). Cependant, la matière organique apportée par les producteurs dans les poquets de Zaï constitue un amendement de courte durée. Elle ne permet pas de séquestrer le carbone bien longtemps dans le sol (SEDOGO, 1981) et va augmenter les émissions de gaz à effet de serre, causant ainsi une augmentation de la température moyenne globale (CRISCUOLI, 2016).

La mise en œuvre de modes de gestion des terres agricoles aptes à augmenter les stocks de carbone dans les sols a été évoquée parmi les stratégies possibles de mitigation des changements climatiques (IPCC, 2014). La séquestration du carbone dans le sol stimulera non seulement des changements importants dans la gestion du sol, mais aussi, par l'augmentation de la teneur en matière organique, des effets directs sensibles sur les propriétés du sol et un impact positif sur les qualités environnementales ou agricoles et sur la biodiversité (FAO, 2013). L'objectif de ces modes de gestion est de combiner la production agricole et la protection de l'environnement. Pour l'atteinte de cet objectif, l'usage du Biochar en tant qu'amendement constitue une solution adéquate (CRISCUOLI, 2016). Le Biochar est un produit solide issu de la pyrolyse de biomasse végétale (herbes, matières ligneuses, paille, tiges/rachis de maïs, tiges de sorgho, coques d'arachide et de riz, etc.). Il est composé essentiellement d'un mélange de charbon et de cendre soit 70-95 % de carbone (LUOSTARINEN *et al.*, 2010). Le biochar aurait des effets positifs sur la teneur en éléments nutritifs du sol et sur les rendements des cultures (LELE, 2016 ; GLASER *et al.*, 2001 et GLASER *et al.*, 2002 ; LIU *et al.*, 2012 ; CORNELISSEN *et al.*, 2013). Cependant, son utilisation comme amendement dans les exploitations agricoles en Afrique subsaharienne et en particulier au Burkina Faso n'est pas encore effective. Au Burkina Faso, les études menées ont concernées surtout l'utilisation du biochar en agriculture urbaine (SIMPORE, 2014 ; BARRO, 2015 ; KOMBAMTANGA, 2015 ; OUEDRAOGO, 2015). Afin d'optimiser son utilisation au Burkina Faso, plus d'investigations scientifiques sont nécessaires. De ce fait, l'objectif global de la présente étude était d'évaluer les effets du biochar sur les paramètres physico-chimiques et la productivité des sols. De façon spé-

cifique, il s'est agi de: (i) déterminer les effets du Biochar combiné au Zaï et au fumier sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, et (ii) déterminer les effets du Biochar combiné au Zaï sur la croissance et les rendements du sorgho. Pour atteindre notre objectif, deux hypothèses ont été émises : (i) la combinaison du Biochar à la technique de Zaï et au fumier améliore les caractéristiques physico-chimiques du sol et (ii) la combinaison du Biochar à la technique de Zaï et au fumier induit des effets positifs sur la croissance et les rendements du sorgho.

I. Matériel et méthodes

1.1. Zone d'étude

L'étude a été conduite à Kongoussi (Province du Bam) situé à 110 km de Ouagadougou la capitale du Burkina Faso, entre 1°45'60" et 1°25'39" de longitude ouest 13°35'00" et 13°14'22" de latitude nord.

Le climat de la commune de Kongoussi est de type sahélien caractérisé par l'alternance des deux saisons caractéristiques du Burkina Faso : une longue saison sèche de novembre à mai et une courte saison des pluies de juin à octobre (ZOMBRE, 2006). La figure 1 présente les variations des quantités de pluie des onze (11) dernières années de Kongoussi. Durant cet intervalle de temps la plus forte pluviosité a été enregistrée en 2018, année correspondante à la période de conduite des travaux avec 1 031 mm d'eau. Cette quantité d'eau est bien au-delà de moyenne de la période de 2008 à 2018 qui est de 675 mm (figure 2). Les relevés pluviométriques de l'année 2018 sont représentés par la figure 3. Les quantités mensuelles de pluie varient de 35 à 438 mm Le mois d'aout correspond au mois le plus pluvieux avec 438 mm d'eau tombée soit 42.5 % de la pluviosité totale de l'année. On distingue cinq (05) classes de sol dans la commune de Kongoussi : les sols minéraux bruts, les sols à sesquioxydes de fer et /ou manganèse, les sols hydromorphes, les sols peu évolués, les sols bruns (BUNASOLS, 1995 ; DA *et al.*, 2008). D'une façon générale, les sols de la commune présente une faible fertilité chimique ; ils sont pauvres en matière organique et éléments nutritifs (BUNASOLS, 1995).

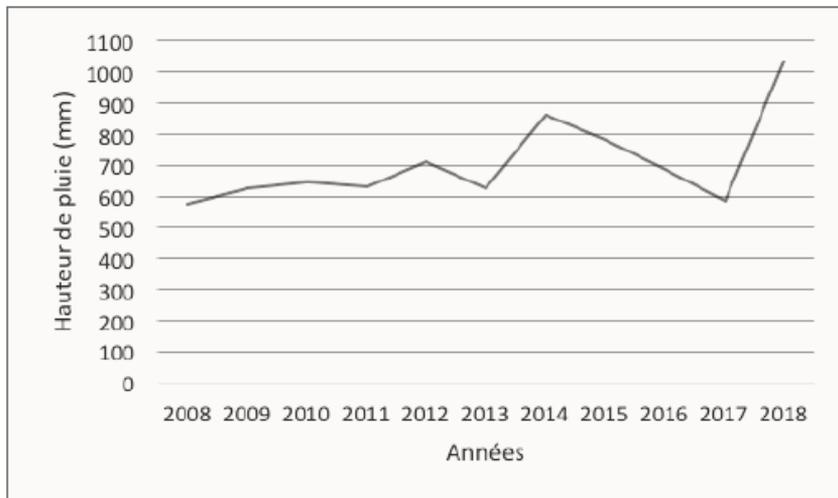


Figure 1 : Evolution des hauteurs moyennes de la pluie des onze (11) dernières années à Kongoussi (DPAAH/Bam, 2018).

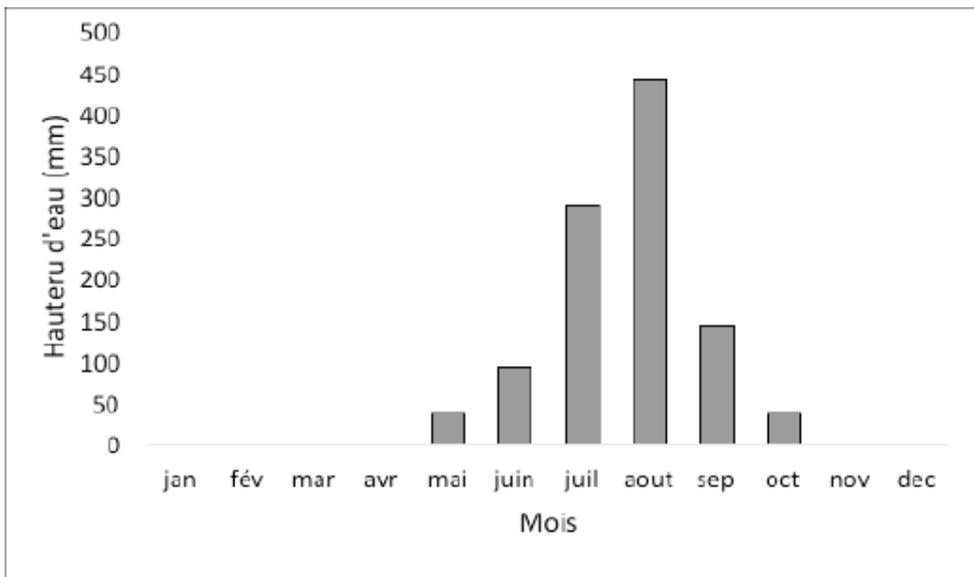


Figure 2 : Pluviométrie mensuelle pendant la période expérimentale (DPAAH/Bam, 2018).

1.2. Dispositif expérimental

Le dispositif mis en place est un dispositif en blocs simples comportant chacun 3 traitements en 5 répétitions : T0=Zaï+Fumier+NPK, T1=Zaï+Biochar+Fumier+NPK et T2=Zaï+Biochar+NPK. Les 3 traitements ont été assignés à chaque bloc de façon randomisée. Chaque bloc avait une superficie de 20 m x 10 m et chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 16 m² (4 m x 4 m). La distance séparant les parcelles élémentaires était de 1 m. De larges bordures (3 m) ont été utilisées à l'intérieur des différents champs pour minimiser les effets de bordure.

1.3. Opérations culturales

La préparation du sol a consisté en la réalisation de trous de Zaï en quinconce sur les parcelles expérimentales. Au total 16 trous de Zaï de 20 cm de diamètre et 15 cm de profondeur ont été réalisés par parcelle élémentaire. Les trous étaient espacés de 0,8 m.

Le fumier de chèvre et du Biochar de rachis de maïs obtenu par pyrolyse lente à environ 500°C à l'aide d'un four fabriqué localement (MANKA'ABOUSI *et al.*, 2018 ; AKOTO-DANSO *et al.*, 2019), ont été utilisés et leurs caractéristiques chimiques sont présentées dans le tableau I. Le fumier et le Biochar ont été apportés respectivement aux doses de 250 g/trou de Zaï (soit 2,5 t/ha) et 200 g/trou de Zaï (soit 2 t/ha). Les applications du fumier et du Biochar ont été réalisées juste après la réalisation des trous de Zaï. Les semis ont été effectués progressivement en fonction de la pluviosité du 9 au 13 juillet 2018. Le sorgho (*Sorghum bicolor*, (L.)Moench), céréale la plus cultivée dans la zone d'étude, a été utilisé comme culture test. La variété utilisée a été la variété KAPELGA. Huit (8) graines ont été semées par trou de Zaï et 3 plants/trou ont été laissés après démariage. Le sarclage a été effectué juste avant l'application du NPK (14-23-14) c'est-à-dire 15 jours après semis. La technique de micro-dose (0,2 g/poquet à une distance de 10 cm du pied des plants) a été utilisée pour l'application du NPK (ICRISAT, 2005).

Tableau I : Caractéristiques chimiques du fumier et du Biochar utilisés comme amendements

Type d'amendement (g/kg)	C (g/kg)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (g/kg)	Ca (mg/kg)	S
Fumier de chèvre	390	22,8	424	1234	-	-
Biochar (rachis de maïs)	560	8,6	540	1504	5,1	0,21

C : Carbone ; N : Azote ; P : phosphore ; K : potassium ; Ca : Calcium ; S : soufre

1.4. Les paramètres mesurés/déterminés

Les paramètres qui ont été évalués étaient la hauteur des plants à 27, 34, 41 et 48 jours après semis (JAS), le diamètre des plants à 48 JAS, le rendement grain du sorgho, les caractéristiques physico-chimiques des sols. Les échantillons sol ont été prélevés à une profondeur de 0-20 cm, séchés à l'air libre et à l'ombre puis tamisés à 2 mm pour les analyses au laboratoire. Les paramètres de sol analysés comprenaient la granulométrie 3 fractions par la méthode à la Pipette de Robinson (AFNOR, 1987), le pHeau déterminé à l'aide d'un pH-mètre avec un rapport sol/eau de 1/2,5 (BUNASOLS, 1987), le carbone organique déterminé par la méthode de WALKER-BLACK (1934), la capacité d'échange cationique (CEC) déterminée par la méthode METSON (AFNOR, 1987), l'azote total (N) par la méthode KJELDAHL (BUNASOLS, 1987), le phosphore total (P) et le potassium total (K) déterminés par minéralisation avec l'acide sulfurique salsalique, puis le P a été déterminé par l'auto analyseur et le K par le photomètre à flamme. La densité apparente déterminée en faisant le rapport poids/volume (BUNASOLS, 1987).

1.5. Analyse statistique des données

L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée à l'aide du logiciel GENSTAT version 12.1. Le test de Student Newman-Keuls a été utilisé pour les comparaisons multiples, afin de séparer les moyennes au seuil de 5 %.

II. Résultats

2.1. Variation des propriétés chimiques des sols en fonction des traitements

Tous les traitements ont entraîné des augmentations de la teneur en carbone organique (Corg) du sol. Les traitements Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1), Zaï+Biochar+NPK (T2) et Zaï+Fumier+NPK (T0) ont induit des augmentations de 33 %, 13 % et 8 % respectivement. La même tendance a été observée pour le phosphore total (PTotal) avec des augmentations de 33 %, 31 % et 11 % avec les traitements Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1), Zaï+Biochar+NPK (T2) et Zaï+Fumier+NPK (T0), respectivement. Pour l'azote total (NTotal), les traitements Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1) et Zaï+Biochar+NPK (T2) ont entraîné des augmentations de 21 % et 6 % respectivement contre une baisse de 4 % occasionnée par le traitement Zaï+Fumier+NPK (T0). Seul le traitement Zaï+Fumier+Biochar+NPK(T1) a augmenté de 3 % la teneur en potassium total (Ktotal). Avec le Zaï+Biochar+NPK (T2) et le Zaï+Fumier+NPK (T0) on a noté des baisses de 7 % et 22 %, respectivement. Tous les traitements ont induit une augmentation hautement significative ($P < 0,01$) du pHeau des sols. Les augmentations de pHeau ont atteint 0,6 ; 0,7 et 1,0 unités pour les traitements Zaï+Fumier+NPK (T0), Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1) et Zaï +Biochar+NPK (T2), respectivement. Le traitement apportant le Biochar seul comme amendement a tendance à relever les valeurs de pH plus que les traitements apportant le fumier seul ou le fumier associé au Biochar. Tous les traitements ont aussi significativement amélioré la CEC de 37 %, 38 % et 37 % pour les traitements Zaï+Fumier+NPK (T0), Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1) et Zaï+Biochar+ NPK (T2), respectivement (Tableau II).

Tableau II : Variation des paramètres physico-chimiques des sols avant et après récolte en fonction des traitements

Traitement (%)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (g/kg)	Corg (g/kg)	NTotal (mg/kg)	PTotal (mg/kg)	KTotal apparente (mg/kg)	pHeau (cmol/kg)	Densité	CEC
Sol de départ	9,79 (4,6)	12,99 (5,7)	77,21 (9,4)	5,8 (2)	0,49 (0,1)a	242 (99)	807 (65,2)	5,57 (0,3)a	1,61(0,036)	3,9 (1,2)a
Zai+Fumier+NPK	8,08 (4,8)	10,78 (6,9)	81,13 (10)	6,3 (1,3)	0,47 (0,2)a	273 (75)	662 (83)	6,14 (0,7)b	1,63 (0,04)	6,23 (1)b
Zai+Biochar+Fumier+NPK (1,3)b	8,81 (5,5)	12,25 (6,9)	78,92 (10,8)	8,7 (2)	0,62 (0,2)b	363,4 (95)	835 (97,5)	6,23 (0,7)b	1,62 (0,04)	6,24
Zai+Biochar+NPK	7,87 (6,2)	11,28 (7,3)	80,88(8,9)	6,7 (2)	0,52 (0,1)a	350 (76)	751 (77,9)	6,56 (0,3)b	1,63 (0,04)	6,2 (1,4)b
P-value	0,084	0,142	0,77	0,07	<0,01	0,06	0,2	<0,01	0,057	0,005
CV (%)	57,2	53,1	30,3	30,1	23,7	46,7	46,4	4,4	24,0	20,0

Les chiffres représentent les valeurs moyennes des paramètres; Les chiffres entre parenthèses représentent les écarts types ; CV = coefficient de variation ; Les chiffres affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% selon le test de Student Newman Keuhl.

2.2. Variation de la hauteur et du diamètre des plants de sorgho en fonction des traitements

Tous les trois traitements ont induits les mêmes hauteurs des plants de sorgho ($P \geq 0,05$). Au 48ème jour après semis (JAS) on a mesuré 249cm avec le traitement Zaï+Fumier+Biochar+NPK (T1), 219cm avec le traitement Zaï+Biochar+NPK (T2) et 204cm avec le Zaï+Fumier+NPK (T0). La même observation a été faite pour le paramètre diamètre des plants de sorgho (Tableau III).

Tableau III: Hauteurs et diamètres des plants du Sorgho à différents jours après semis (JAS) en fonction des traitements

Traitement	Hauteur (cm)		Hauteur (cm)		Diamètre (cm)
	27 JAS	34 JAS	41JAS	48JAS	48JAS
T0	57,77 (19)	97,6 (28)	157,0 (37)	204,4 (39)	2,01 (0,3) a
T1	73,64 (24)	121,6.2 (24)	190,7 (28)	249,2 (45)	2,26 (0,1) b
T2	61,1 (24)	104,6 (31)	171,2 (39)	219,3 (43)	2,14 (0,3) a
P (5%)	0,051	0,063	0,092	0,092	0,027
CV (%)	31,8	21,8	13,6	9,3	1,1

T0=Zaï+Fumier+NPK ; T1=Zaï+Biochar+Fumier+NPK; T2=Zaï+Biochar+NPK; Les chiffres entre parenthèses correspondent aux écarts types ;CV : coefficient de variation ; JAS : jour après semis. Les chiffres affectées d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents à $P=5\%$ selon le test de Student Newman Keuhl.

2.3. Variation de rendement grains du sorgho en fonction des traitements

Le rendement en grains de Sorgho le plus élevé (2200kg/ha) a été obtenu avec le traitement Zaï+Biochar+Fumier+NPK (T1) statistiquement supérieur aux traitements Zaï+Fumier+NPK (T0) et Zaï+Biochar+NPK (T2) qui sont statistiquement équivalents ($P \geq 0,05$) et qui ont permis d'obtenir les rendements en grains de 1615kg/ha et 1746kg/ha, respectivement (Tableau IV).

Tableau IV. Rendement grains du Sorgho (kg/ha) en fonction des traitements.

Traitement	Rendement grains (kg/ha)
Zaï + Fumier + NPK (T0)	1615b (681,7)
Zaï + Biochar + Fumier + NPK (T1)	2183a (624,0)
Zaï + Biochar + NPK (T2)	1746b (660,4)
Probabilité (5%)	0.014

Les chiffres affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5% de probabilité selon le test de Student Newman Keuhl.

III. Discussion

3.1. Effets des traitements sur les propriétés physico-chimiques du sol

L'application du Biochar a induit une plus grande augmentation du Corg du sol comparativement au fumier. Cela s'explique par la plus grande teneur en carbone du Biochar (56,03 % de carbone contre 39,63 % pour le fumier) mais aussi et surtout la nature récalcitrante à la minéralisation du carbone que contient le Biochar (LEHMANN *et al.*, 2006 ; STEINBEISS *et al.*, 2009 ; SPOKAS, 2010 ; GOMEZ *et al.*, 2014). Les tendances montrent une amélioration des paramètres chimiques des sols avec tous les types d'amendements organiques surtout avec le Biochar associé au fumier. Ce résultat a été aussi relevé par LANCTOT, 2015 et DING *et al.*, (2016). Le traitement T1 (Zaï+Biochar+Fumier+NPK) a induit la plus forte teneur en phosphore (P) suivit du traitement T2 (Zaï+Biochar+NPK). Le Biochar agit comme un agent chaulant pour la plupart des sols acides (LEHMANN et JOSEPH, 2009). L'apport du Biochar dans le sol induit donc une augmentation du pH. BRADY et WEIL (2002) et LOMPO (1993) ont montré que le changement significatif du pH, dans le sol sous Biochar, a des effets positifs sur la disponibilité de P car dans les sols tropicaux, le P est en général immobilisé aux pH inférieurs à 6. La forte teneur en P serait donc due à l'effet de l'augmentation du pH au-dessus de 6. Par ailleurs, le Biochar dispose d'une grande surface d'absorption du phosphore permettant de minimiser les pertes par lixiviation du P. Cela entraînerait en conséquence de plus grandes teneurs en P dans le sol ayant reçu du Biochar (ZHANG *et al.*, 2010). Les apports de Biochar ont amélioré la teneur en N total des sols. ZHANG *et al.* (2010) ont montré que le Biochar réduit la lixiviation de l'azote sous forme de nitrate et d'ammonium. Les nitrates sont absorbés dans les nanopores du Biochar, réduisant ainsi leur lessivage (ALLING, 2014 ; KAMMAN *et al.*, 2015). L'azote provenant du fumier et du NPK a donc été retenu par les particules de Biochar, d'où la forte teneur en azote observée avec le traitement T1 (Zaï+Fumier+Biochar+NPK). On a observé que les augmentations de pHeau induites par les amendements sous forme du fumier seul (T0= Zaï+Fumier+NPK) ou sous forme de Biochar associé au fumier (T1= Zaï+Fumier+Biochar+NPK), sont faibles comparativement à l'augmentation induite par l'apport du Biochar seul comme amendement (T2=Zaï+Biochar+NPK). Ces résultats corroborent ceux de SAWADOGO *et al.* (2008) et KOMBAMTANGA (2015). La matière organique en se décomposant libère des acides humiques qui vont entrer en compétition avec l'effet chaulant du Biochar sur le sol. La conséquence est que le Biochar appliqué seul comme amendement relève plus les valeurs du pHeau des sols que lorsqu'il est associé au fumier. La CEC est en relation directe avec la teneur en matière organique du sol et pH du sol. Une augmentation de la teneur en matière organique et du pH du sol entraîne une augmentation de la CEC (LELE, 2016). Les études de MBONIGABA (2007) et MZE (2008) ont révélé de fortes corrélations entre la CEC, la matière organique et le pH du sol. Les sols ayant les plus fortes teneurs en matière organique et les pH les plus élevés, ont induit les meilleures teneurs en CEC. Cela explique donc l'augmentation de la teneur en CEC des sols traités comparativement aux sols initiaux. L'apport du Biochar ou du fumier a augmenté la teneur en matière organique ainsi que le pH du sol.

3.2. Effets des traitements sur les paramètres agronomiques des cultures

Les traitements T0 (Zaï+Fumier+NPK) et T2 (Zaï+Biochar + NPK) ont induit des effets similaires sur les paramètres agronomiques des cultures. Selon BLANC (2013) les effets du Biochar

sur les cultures ne se distinguent pas des effets du fumier ou compost sur les cultures s'ils sont tous associés à la fumure azotée permettant de compenser les faibles teneurs en azote du Biochar. La combinaison Biochar au fumier et au NPK (T1) a donné les meilleurs paramètres agronomiques (diamètres et hauteurs des plants de sorgho, rendement grains du sorgho). Cela s'explique par les meilleures propriétés chimiques du sol induites par ce traitement. Des résultats similaires ont été obtenus par LIU *et al.*, (2012) sur la culture de maïs avec l'apport du Biochar combiné au compost et à la fumure minérale dans un sol en Allemagne. Les plantes cultivées sur sol amendé au Biochar associé au compost et à la fumure minérale avaient les meilleurs rendements en paille et grain comparativement à celles cultivées sur sol amendé au compost seul ou au Biochar seul. L'ajout du Biochar au fumier permet une meilleure gestion des éléments minéraux dans le sol, permettant ainsi une meilleure fertilité des sols et une plus grande productivité des cultures (GLASER *et al.*, 2002 ; ABIVEN, 2010 ; LIU *et al.*, 2012 ; ALLAIRE, 2016). Cette association Biochar-fumier a permis également de relever le pH du sol de 5,57 à 6,23 qui se situent entre 6 et 6,5 correspondant aux pH favorable au bon développement des plantes (KOM-BAMTANGA, 2015). Selon MAJOR *et al.* (2010) et SOHI, 2012, les sols amendés au Biochar et compost sont plus riches en éléments nutritifs disponibles pour les plantes. FOX *et al.* (2008) concluent que le Biochar ne remplace pas la matière organique et qu'il convient d'adopter une fertilisation intégrant le Biochar, le compost et des engrais minéraux pour assurer une augmentation de la production agricole.

Conclusion

La présente étude a permis de tester en milieu paysan de la zone climatique tropical aride Soudano-Guinéenne du Burkina Faso, les effets du Biochar de rachis de maïs combiné à la pratique paysanne (Zaï+Fumier+NPK) sur les propriétés physico-chimiques du sol et les rendements du sorgho. Le Biochar associé à la pratique paysanne améliore les paramètres chimiques ainsi que les rendements du Sorgho. Le Biochar appliqué seul comme amendement relève les valeurs du pHeau des sols plus que lorsqu'il est associé au fumier. La combinaison du Biochar avec le fumier améliore la fertilité du sol et permet une meilleure gestion des éléments minéraux permettant ainsi d'obtenir de plus grands rendements des cultures. Le Biochar ne remplace pas la matière organique et il conviendrait mieux d'adopter une fertilisation intégrant le Biochar, le compost et des engrais minéraux pour assurer une augmentation de la production agricole. La technologie du Biochar constitue une technologie innovante prometteuse pour améliorer la sécurité alimentaire au Burkina Faso tout en protégeant le climat par la séquestration du carbone dans le sol.

Remerciements

Nous remercions la Mairie de LUDWIGSBURG (en Allemagne) pour son soutien financier. Nous remercions également les acteurs suivants pour leurs soutiens multiformes : la Mairie de Kongoussi, l'ONG AZND de Kongoussi, le BUNASOLS et les animateurs, les producteurs et les populations de Bam-village, Bogonam, Kiella, Kouka, Sankondé et Woussé.

Références bibliographiques

- ABIVEN S., 2010.** Le Biochar : une nouvelle technique pour séquestrer du carbone et augmenter la fertilité du sol. Grain de sel, octobre 2010, 53-63.
- AFNOR, 1987.** Qualité des Sols. Méthodes d'analyse. Recueil de normes françaises. Paris, France. 135 p.
- ALLAIRE S., 2016.** Le Biochar : une solution pour recycler les matériaux résiduels et aider les sites nordiques. Vecteur environnement, septembre 2016, 58-67.
- BLANC A., 2013.** Propriétés physico-chimiques d'un sol amendé au Biochar. Thèse de Bachelor HES en Agronomie. Spécialité : Agropédologie, université de Hepia, Genève, suisse. 113 p.
- BUNASOLS, 1987 (document technique N°3) :** Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, eaux et plantes. 286 p.
- BUNASOLS, 1995 (rapport technique N°97) :** Etude Morpho-pédologique de la province du BAM. Rapport définitif. 96 p.
- ALLING V., HALE S. E., MARTINSEN V., MULDER J., SMEBYE A., BREEDVELD G. D., ET CORNELISSEN G., 2014.** The role of Biochar in retaining nutrients in amended tropical soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 177: 671-680.
- BARRO A., ZOUGMORE R., TAONDA S. J.-B., 2005.** Mécanisation de la technique du Zai manuel en zone semi-aride. Cahiers d'agricultures, 14 (6): 549-559.
- BARRO A., 2015.** Effets combinés du Biocharbon, du fumier, de l'urée simple et du super granulé sur le sol et les cultures en agriculture urbaine de Ouagadougou (Burkina Faso). Mémoire d'ingénieur en Science de l'Environnement et du Développement Rural, option Agronomie, ISEDR, Université de Dédougou, Burkina Faso. 86p.
- BRADY N.C., WEIL R.R., 2002.** Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. GCB Bioenergy, doi :10.1111/gcbb.12037.
- CORNELISSEN G., MARTINSEN V., SHITUMBANUMA V., ALLING V., BREEDVELD G.D., RUTHERFORD D.W., SPARREVIK M., HALE S.E., OBIA A., MULDER J., 2013.** Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. Agronomy, 3 : 256-274.
- CRISCUOLI I., 2016.** Stabilité du charbon végétal (Biochar) dans le sol et impact sur la productivité et les cycles des nutriments des prairies alpines. Thèse de Doctorat de science du sol et de l'environnement, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France. 110 p.
- DA D., YACOUBA H., YONKEU S., 2008.** Unités morpho- pédologiques et gestion de la fertilité des sols dans le Centre-Nord du Burkina Faso par les populations locales. International Journal of Biology and Chemistry Science, 2 (3) : 306-315.
- DA D., 2008.** Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso. Les cahiers d'outres-mer, n°241-244 : 99-110.
- DING Y., LIU Y., LIU S., LI Z., TAN X., HUANG X., ZENG G., ZHOU L., ZHENG B., 2016.** Biochar to improve soil fertility. A review. Agronomy for Sustainable Development, 36: 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0372-z>.
- FAO, 2013.** Climate-Smart Agriculture. Source book. ISBN 978-92-5-107720-7. 570 p. (disponible à : <http://www.fao.org/3/a-i3325e.pdf>).
- FOX D., CARREGA P., ENSELLEM K., 2008.** La dégradation des sols dans le monde. 31p, <http://unt.unice.fr/uoh/degsol/fertilite-physique.php>.
- GLASER B., GUGGENBERGER G. et ZECH W., 2002.** Past anthropogenic influence on the fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. Plant and Soil, 291: 275-290
- GLASER B., HAUMAIER L., GUGGENBERGER G. et ZECH W., 2001.** The Terra Preta phenomenon - a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften, 88: 37-41.

- GLASER B., LEHMANN J., et ZECH W., 2002.** Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal - a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219–230.
- GOMEZ J. D., DENEK K., STEWART C. E., ZHENG J., et COTRUFO M. F., 2014.** Biochar addition rate influences soil microbial abundance and activity in temperate soils. *European Journal of Soil Science*, 65 : 28-39.
- ICRISAT, 2005.** Microdoses d'engrais et système de crédit warranté pour les petits exploitants agricoles du sahel. Niamey, Niger, 6p.
- IPCC, 2014.** Climate Change. Rapport de synthèse. 112 p. (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf)
- KAMMAN C.I., SCHMIDT H.-P., MESSERSCHMIDT N., LINSEL S., STEFFENS D., MÜLLER C., KOYRO H.-W., CONTE P., JOSEPH S., 2015.** Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted Biochar. *Science Report*, 5. 11080. doi: 10.1038/srep11080.
- KOMBAMTANGA, A.E., 2015.** Effets du Biocharbon et des modes de gestion de l'eau d'irrigation sur les propriétés du sol et les rendements des cultures en agriculture urbaine. Mémoire d'ingénieur en Science de l'Environnement et du Développement Rural, option Agronomie, ISEDR, Université de Dédougou, Burkina Faso. 106p.
- LAIRD D., FLEMING P., DAVIS D. D., HORTON R., WANG B., et KARLEN D. L. 2010.** Impact of Biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158 (3-4) : 443- 449.
- LANCTOT S.L., 2015.** Effet de l'amendement en Biochar des sols biologiques pour une culture de tomates sous serre : Rétenion en nutriments, activité biologique et régie de fertilisation. Maîtrise en sols et environnement, Université de Laval. Canada. 70p.
- LEHMANN J., GAUNT J. et RONDON, M., 2006.** Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11: 403-427.
- LEHMANN J. et JOSEPH S., 2009.** Biochar for environmental management - an introduction. In “Biochar for environmental management - Science and technology”. LEHMANN J. and JOSEPH S., Earthscan, London, Angleterre. p. 1-12.
- LEHMANN J., 2007.** Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 381–387.
- LEHMANN J., CZIMCZIK C., LAIRD D. et SOHI S., 2009.** Stability of Biochar in the soil: Biochar for Environmental Management. *Science and Technology*: 183–206.
- LEHMANN J., LIANG B., SOLOMON D., LEROTIC M., LUIZÃO F., KINYANGI J., SCHÄFER T., WIRICK S., JACOBSEN C., 2005.** Near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy for mapping nano-scale distribution of organic carbon forms in soil: Application to black carbon particles. *Global Biogeochemical Cycles*, 19: 1–12.
- LIU J., SCHULZ H., BRANDL S., MIEHTKE H., HUWE B., et GLASER B., 2012.** Short-term effect of Biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175 : 698–707.
- LOMPO F., 1993.** Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso : Etudes des effets de l'interaction phosphate naturel- matière organique. Thèse de Docteur ingénieur. Faculté des sciences et techniques, Université nationale de Côte d'Ivoire, Côte d'Ivoire. 247 p.
- LUOSTARINEN K., VAKKILAINEN E. et BERGAMOV G., 2010.** Biochar filter - carbon containing ashes for agricultural purposes. Research report. Lappeenranta University of Technology, Faculty of Technology, LUT Energy, Finlande. 91 p.
- MAJOR J., RONDON M., MOLINA D., RIHA S. et LEHMANN J., 2010.** Maize yield and nutrition during 4 years after Biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*, 333: 117-128.
- MBONIGABA M.J.J., 2007.** Etude de l'impact des composts à base de biomasse végétale sur la dynamique des indicateurs physico-chimiques, chimiques et microbiologiques de la fertilité des sols: application sur trois sols acides tropicaux du Rwanda. Thèse de doctorat, FUSAGx, Gembloux, France. 243p.

MZE S.P., 2008. Influence d'apports en matières organiques sur l'activité biologique et la disponibilité du phosphore dans deux sols de la région des grands lacs d'Afrique. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Gembloux, 240p.

RABDO A., 2006. Inventaire des techniques de lutte anti érosive dans le degré carré de Ouahigouya au Burkina Faso. Maîtrise en géographie, option géographie physique, UFR/SH, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 72p.

RAUW C., 2018. Influence of biochar on nutrient dynamics in tropical soils of Burkina Faso. Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Bioingénieur en sciences et technologies de l'environnement, Université de Liège, Belgique. 55 p.

ROOSE E., KABORÉ V., GUENAT C., 1995. Le Zaï, une technique traditionnelle africaine de réhabilitation des terres dégradées de la région soudano-sahélienne. Atelier ORSTM sur la restauration et la réhabilitation des terres dégradées des zones arides et semi-arides. Tunisie, 1994. 25 p.

SAWADOGO H., BOCK L., LACROIX D., ZOMBRE P., 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du Zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 12 (3) : 279-290.

SEDOGO M.P., 1981. Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse de Docteur Ingénieur, INPL NANCY, France. 135 p.

SOHI S. P., 2012. Carbon storage with benefits. *Science*, 338: 1034-1035.

SPOKAS K.A., 2010. Review of the stability of Biochar in soils: predictability of O:C molar ratios. *Carbon Management*. 1: 289–303.

STEINBEISS S., GLEIXNER G. et ANTONIETTI M., 2009. Effect of Biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil biology and biochemistry*, 41: 1301-1310.