

Effet de l'incorporation des broyats de coques de cacao et des résidus de café robusta sur quelques propriétés physico-chimiques et sur la disponibilité du potassium dans les ferralsols de l'Ouest-Cameroun

E. Mboua*, D. Bitondo et F.O. Tabi

Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, BP 222 Dschang, Cameroun

* : Auteur correspondant : mbouaetienne2001@gmail.com

RÉSUMÉ

Afin de déterminer l'incidence des apports des doses croissantes des broyats de coques de cacao (CC) et des résidus de café robusta (RC) sur quelques propriétés physico-chimiques et sur la biodisponibilité du potassium dans les ferralsols de la région de l'Ouest au Cameroun, un essai en incubation a été effectué. Cet essai a été installé suivant un dispositif en randomisation totale avec trois répétitions et sept traitements. Pour chaque résidu, trois doses (0,225 ; 0,450 et 0,675 g pour 100 g de sol sec) correspondants respectivement à 5 t.ha⁻¹ (CC5 et RC5), 10 t.ha⁻¹ (CC10 et RC10) et 15 t.ha⁻¹ (CC15 et RC15) ont été comparées à un témoin non amendé (Ctrl). L'étude a été conduite sous conditions contrôlées en aérobiose et à une température de 28 °C pendant 90 jours. Le niveau d'humidité des échantillons de sol a été maintenu à la capacité au champ par des pesées hebdomadaires. L'évolution de la biodisponibilité du potassium et des autres paramètres étudiés a été observée tous les trente jours. Par rapport au témoin, les doses croissantes des coques de cacao et des résidus de café ont amélioré de manière très hautement significative ($P < 0,001$) la biodisponibilité du potassium, l'alcalinité et la teneur en carbone organique. Après 90 jours, La libération du potassium a été optimale avec le traitement CC15 (1,36 cmol+/kg) pour les traitements à base des coques de cacao tandis que les traitements à base de résidus de café ont donné des résultats similaires (0,95 cmol+/kg). La teneur en potassium échangeable était de manière hautement significative corrélée au carbone organique ($r = -0,54^{**}$) et à la conductivité électrique ($r = 0,64^{**}$). La corrélation entre le potassium échangeable et l'acidité était positive mais non significative

Comment citer cet article :

Mboua E., Bitondo D. et Tabi F.O. - 2020 - Effet de l'incorporation des broyats de coques de cacao et des résidus de café robusta sur quelques propriétés chimiques et sur la disponibilité du potassium dans les ferralsols de l'Ouest-Cameroun, Etude et Gestion des Sols, 27, 209-220

Comment télécharger cet article :

<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-27/>

Comment consulter/télécharger

tous les articles de la revue EGS :
<https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/>

($P > 0,05$). La valorisation des coques de cacao et des résidus de café peut donc être une solution pour améliorer la biodisponibilité du potassium et la fertilité des ferralsols.

Mots-clés

Valorisation des déchets, carbone organique du sol, disponibilité du potassium, ferralsol, Ouest-Cameroun.

SUMMARY

EFFECT OF THE INCORPORATION OF GROUND COCOA HUSK AND ROBUSTA COFFEE WASTES ON SOME PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND ON THE AVAILABILITY OF POTASSIUM IN FERRALSOLS FROM WEST CAMEROON

An incubation trial was carried out in order to determine the impact of increasing doses of ground cocoa husk (CC) and robusta coffee wastes (RC) on some physico-chemical properties and on the availability of potassium in ferralsols in the Western region of Cameroon. This trial was set up in a completely randomized design with three replicates and seven treatments. For each residue, three doses (0.225; 0.450 and 0.675 g per 100 g dry soil) corresponding respectively to 5 t.ha⁻¹ (CC5 and RC5), 10 t.ha⁻¹ (CC10 and RC10) and 15 t.ha⁻¹ (CC15 and RC15) were compared to an unamended control (Crtl). The study was conducted under controlled aerobic conditions and at a temperature of 28 °C for 90 days. Soil sample moisture levels were maintained at field capacity by weekly weigh-overs. Changes in the availability of potassium and other parameters studied were observed every 30 days. Compared to the control, increasing doses of cocoa husks and coffee residues improved potassium availability, alkalinity and organic carbon content very significantly ($P < 0.05$). After 90 days, potassium release was optimal with the CC15 treatment (1.36 cmol+/kg) for cocoa husk treatments while coffee residue treatments gave similar results (0.95 cmol+/kg). The content of exchangeable potassium was highly significantly correlated with organic carbon ($r = -0.54^{**}$) and electrical conductivity ($r = 0.64^{**}$). The correlation between exchangeable potassium and acidity was positive but not significant. Valorization of cocoa husks and coffee wastes may therefore be a solution to improve potassium availability and fertility of ferralsols..

Key-words

Waste recovery, soil organic carbon, potassium availability, ferralsol, West Cameroon.

RESUMEN

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE LA MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE CACAO Y DE LOS RESIDUOS DE CAFÉ ROBUSTA EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y EN LA DISPONIBILIDAD DE POTASIO EN LOS FERRALSOLES DEL CAMERÚN OCCIDENTAL

A fin de determinar el impacto de dosis crecientes de molienda de cáscara de cacao (CC) y residuos de café robusta (RC) en algunas propiedades físico-químicas y en la biodisponibilidad del potasio en los ferralsoles en la región occidental del Camerún, se llevó a cabo un ensayo de incubación. Este ensayo se estableció en un diseño totalmente aleatorio con tres réplicas y siete tratamientos. Para cada residuo, se compararon tres dosis (0,225; 0,450 y 0,675 g por 100 g de tierra seca) correspondientes respectivamente a 5 t.ha⁻¹ (CC5 y RC5), 10 t.ha⁻¹ (CC10 y RC10) y 15 t.ha⁻¹ (CC15 y RC15) con un control no enmendado (Crtl). El estudio se llevó a cabo en condiciones aeróbicas controladas y a una temperatura de 28 °C durante 90 días. Los niveles de humedad de las muestras de suelo se mantuvieron a la capacidad de campo mediante pesajes semanales. Cada 30 días se observaron cambios en la biodisponibilidad del potasio y otros parámetros estudiados. En comparación con el control, el aumento de las dosis de cáscaras de cacao y de residuos de café mejoró significativamente ($P < 0,001$) la biodisponibilidad del potasio, la alcalinidad y el contenido de carbono orgánico. Después de 90 días, la liberación de potasio fue óptima con el tratamiento CC15 (1,36 cmol+/kg) para los tratamientos con cáscara de cacao, mientras que los tratamientos con residuos de café dieron resultados similares (0,95 cmol+/kg). El contenido de potasio intercambiable se correlacionó de manera muy significativa con el carbono orgánico ($r = -0,54^{**}$) y la conductividad eléctrica ($r = 0,64^{**}$). La correlación entre el potasio intercambiable y la acidez fue positiva pero no significativa ($P > 0,05$). La valorización de las cáscaras de cacao y de los residuos de café puede ser, por lo tanto, una solución para mejorar la biodisponibilidad del potasio y la fertilidad de los ferralsoles.

Palabras clave

Valorización de desechos, carbono orgánico del suelo, biodisponibilidad de potasio, ferralsol, Camerún occidental.

Au Cameroun, l'augmentation démographique a entraîné une intensification des pratiques agricoles et une extension des surfaces cultivées qui se sont traduites par une réduction du temps des jachères (Yemefack et Nounamo, 2000; Kaho *et al.*, 2011). Selon Useni *et al.* (2012), la pression foncière entraînée par la croissance démographique et l'urbanisation constitue une entrave à la production agricole car la réduction du temps des jachères qu'elle entraîne ne permet pas une reconstitution complète de la fertilité du sol. Dans le même ordre d'idées, Vanlauwe *et al.* (2002) ont montré qu'une diminution de la durée de la jachère de 6 à 2 ans occasionne une baisse de rendement du maïs de l'ordre de 3 t/ha à 0,7 t/ha en Afrique Sub-saharienne.

L'application des fertilisants inorganiques pour améliorer la croissance et la productivité des cultures est une bonne pratique pour mettre à la disposition des plantes des nutriments immédiatement assimilables mais son utilisation continue et inappropriée est néfaste tant pour le sol que pour l'environnement (Afe *et al.*, 2015). En effet, son utilisation exclusive peut augmenter l'acidité, peut dégrader les propriétés physiques et peut diminuer le stock de matières organiques du sol (Boli et Roose, 2000). De plus, l'exportation des résidus de récoltes limite la reconstitution de la matière organique du sol (MOS) qui se minéralise progressivement. Enfin, la fertilisation minérale étant coûteuse et peu disponible, elle n'est pas à la portée de la plupart des paysans (N'Goran, 1995).

Dans un contexte de réduction de la fertilité des sols et de la hausse des prix des fertilisants minéraux sur les marchés, il convient de trouver des sources de nutriments disponibles et peu coûteuses pour la nutrition minérale des plantes et la restauration de la fertilité des sols afin de faire face à l'insécurité alimentaire (Lele *et al.*, 2016). Les résidus de récoltes sont considérés dans un premier temps comme des déchets qui polluent l'environnement (Morissens, 1979). En agriculture, ils jouent un rôle très important sur diverses propriétés du sol, ce qui permet de justifier leur utilisation. Pour Elherradi *et al.* (2003) l'accumulation de la matière organique dans le sol liée aux apports des résidus de culture est fonction de la dose appliquée. Par ailleurs, Sommerfeldt *et al.* (1988) ont montré qu'il existe une corrélation entre la quantité de produits résiduels organiques appliqués annuellement et l'augmentation de la teneur en matières organiques dans le sol. Par leur décomposition et leur minéralisation, ces substrats permettent aussi d'améliorer la disponibilité des nutriments dans le sol (Ayanlaja et Sanwo, 1991). Ils constituent donc un important réservoir d'éléments nutritifs comme le potassium qui est l'élément le plus exporté par les plantes à tubercules.

Plusieurs travaux ont montré l'effet des apports de doses croissantes de différents résidus végétaux sur les propriétés chimiques du sol et les rendements des cultures (Sikder *et al.*, 2017; De Toffoli *et al.*, 2013; Elherradi *et al.*, 2013; Kasongo *et al.*, 2013; Thuriès *et al.*, 2002; Sommerfeldt *et al.*, 1988). Cependant, l'incidence de l'utilisation des coques de cacao (*Theobro-*

ma cacao) et des résidus de café robusta (*Coffea canephora*) n'a pas été particulièrement étudiée. Pourtant, ces deux spéculations font partie des principales cultures de rente au Cameroun (INS, 2016) et leurs produits résiduels potentiellement riches en potassium (Moyin-Jesu, 2007; Adu-Dapaah *et al.*, 1994) sont disponibles. Malheureusement, ces résidus de culture sont de manière générale abandonnés dans les champs dans le non-respect des règles environnementales. Ils sont soit regroupés en amas, soit enterrés dans des fosses, surtout dans le cas du cacao. Cet état des choses est principalement lié à leur faible vitesse de décomposition et à l'inoculation des maladies, notamment l'infection à *Phytophthora infestans* selon les agriculteurs. Il en résulte notamment la pollution des sols et des eaux par les exsudats issus de leur décomposition.

En vue de promouvoir l'utilisation de ces résidus pour l'amélioration de la fertilité des sols, l'objectif de ce travail est d'étudier l'effet des doses croissantes des broyats de coques de cacao et des résidus de café robusta (parches et péricarpes) sur quelques propriétés chimiques et sur la biodisponibilité du potassium dans les ferralsols de l'Ouest-Cameroun.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Sol utilisé

Le sol de cette étude (0-20 cm de profondeur) a été prélevé dans une parcelle expérimentale de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang, localisée dans la région de l'Ouest du Cameroun. Cette région appartient à la zone agro-écologique des hauts plateaux de l'Ouest caractérisée par un climat de type équatorial camerounais modifié par l'altitude. Sa pluviométrie monomodale est marquée par l'existence d'une saison sèche qui va de mi-novembre à mi-mars et d'une saison pluvieuse qui va de mi-mars à mi-novembre avec une moyenne annuelle oscillant entre 1500 et 2000 mm. Les températures quant à elles oscillent entre 10 et 25 °C pour une moyenne de 20 °C. Le site des prélèvements était situé à 5°20'N et 11°45'E avec une altitude moyenne de 1410 m. Le sol était un Mollic Geric Rhodic Ferralsol (Aric, Orthoetric) selon la WRB 2015 (IUSS Working Group WRB, 2015). Les caractéristiques physico-chimiques de ce sol déterminées au laboratoire d'analyse des sols de la FASA suivant les méthodes décrites par Pauwels *et al.* (1992) sont consignées dans le *tableau 1*.

Amendements organiques

Pour cette étude, deux résidus de récolte ont été utilisés : des coques de cacao collectées dans une exploitation familiale de la ville de Santchou et des résidus de café collectés dans une usine de décorticage de la même ville. Une fois collectés, ces amendements organiques ont été séchés à l'air libre pendant

deux semaines, puis séchés dans une étuve ventilée à 70 °C jusqu'à obtention d'une masse constante. Enfin, ces résidus ont été broyés et tamisés (< 2 mm). Les caractéristiques chimiques de ces produits résiduels ont aussi été déterminées au laboratoire d'analyse des sols (tableau 2).

Dispositif expérimental

Ce travail a été conduit suivant un dispositif en randomisation totale avec sept traitements et trois répétitions dans des pots de plastiques en polyéthylène. Des doses croissantes de 0,225, 0,450 et 0,675 g équivalant à 5, 10 et 15 t.ha⁻¹ pour chacun des deux résidus végétaux ont été mélangées aux échantillons de sols secs (100 g) et comparées à un témoin sans apports extérieurs.

Conduite des incubations

La méthode utilisée dans cette étude a été basée sur celles utilisées par Aziabile *et al.* (2014) et Bouajila *et al.* (2014). Des échantillons de 100 g de sols secs amendés ou non ont été insérés dans des pots de 125 ml chacun. L'humidité des échantillons a été ajustée à la capacité de rétention au champ par des pesées progressives tout au long de la conduite de l'essai. Les pots ainsi constitués ont été maintenus à l'obscurité et à 28 °C dans une enceinte thermo-régulée et ventilée sur une période de trois mois. Le suivi de la libération du potassium et des autres paramètres chimiques retenus dans le cadre de cette étude s'est effectué à des intervalles de 30 jours après apports des produits résiduels.

Analyses chimiques

Elles ont été effectuées au laboratoire d'analyses des sols de la FASA suivant les méthodes décrites par Pauwels *et al.* (1992). La granulométrie a été déterminée par la méthode de la pipette de Robinson-Köhn et la densité apparente (Da) par la méthode des cylindres métalliques sur échantillons non perturbés après séchage à l'étuve à 105 °C. L'acidité actuelle a été mesurée dans une suspension échantillon-eau déminéralisée tandis que l'acidité totale ou potentielle a été mesurée dans une suspension échantillon-KCl normale avec un rapport 1/2,5. La capacité de rétention en eau a été déterminée par pesées des pots à fonds troués contenant des échantillons de sol soumis au ressuyage libre pendant 24 heures après saturation et la méthode de Walkley-Black utilisant le bichromate de potassium a servi à la mesure du taux de carbone organique. La teneur en azote total a été déterminée par la méthode de Kjeldahl et le phosphore assimilable par la méthode de Bray 2. La méthode à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7 a servi pour déterminer la capacité d'échange cationique (CEC) et les teneurs en bases échangeables.

Tableau 1: Quelques caractéristiques physico-chimiques du sol étudié.

Table 1: Some physico-chemical characteristics of the studied soil.

Caractéristiques physico-chimiques	Moyennes et écarts-types
Texture	
Argiles (en %)	11,71 ± 0,69
Limons totaux (en %)	06,10 ± 1,49
Sables totaux (en %)	82,19 ± 1,76
Classe texturale (USDA)	SL
Acidité	
pHeau	5,4 ± 0,10
pHKCl	4,5 ± 0,20
Matière organique	
Carbone organique (en %)	04,63 ± 0,17
Matière organique (en %)	07,99 ± 0,08
Azote total (en %)	00,18 ± 0,02
Rapport C/N	25,36 ± 1,71
Cations échangeables	
Calcium (cmol+/kg)	03,68 ± 0,41
Magnésium (cmol+/kg)	05,76 ± 0,18
Potassium (cmol+/kg)	00,58 ± 0,00
Sodium (cmol+/kg)	00,07 ± 0,01
Somme des cations échangeables(S)	10,09 ± 0,24
Capacité d'échange cationique	
CEC à l'acétate d'ammonium pH7 (cmol+/kg)	12,84 ± 0,43
CECE (S + acidité échangeable en cmol+/kg)	11,69 ± 0,07
Taux de saturation du complexe (%)	78,89 ± 3,58
Phosphore assimilable « P » Bray 2 (ppm)	07,01 ± 0,54
Conductivité électrique (mS/cm)	00,05 ± 0,01
Densité apparente (g/cm ³)	01,11 ± 0,03
Capacité de rétention au champ (% de sol sec)	63,44 ± 2,23

Moyenne ± écart-type, n=3.

Mean ± standard deviation, n=3.

Analyses statistiques

Le logiciel Microsoft EXCEL a servi à la saisie des données et à l'établissement des diagrammes. À l'aide du logiciel SPSS 17 (*statistical package for social sciences*), le test normalité des résidus (test de Shapiro-Wilk) et l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur ont été effectués. Ce dernier a aussi servi à la comparaison des moyennes des traitements au niveau de significativité de 5 % grâce au test de Duncan et à l'analyse de la corrélation de Spearman entre certains des paramètres étudiés.

RÉSULTATS

Caractéristiques physico-chimiques initiales du sol

L'analyse physico-chimique du sol (*tableau 1*) a montré que le sol était un sable limoneux avec une teneur moyenne en argile de 11,71 %.

Selon Beernaert et Bitondo (1992), le sol était modérément acide ($5,3 < \text{pH} < 6$) avec une ΔpH négative ($\text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O} = -0,9$) lui conférant une charge nette négative. Sontaux de matières organiques était très élevé (7,99 %) mais de qualité très pauvre ($\text{C/N} > 20$) avec un taux d'azote total moyen ($0,125 < \text{N} < 0,225$ %). La somme des bases était élevée et la CEC7 modérée avec un taux de saturation en bases élevé (78,89 %). Le niveau du Ca^{2+} était faible ($2 < \text{Ca}^{2+} < 5$ cmol+/kg) tandis que les teneurs en Mg^{2+} , K^+ et Na^+ étaient respectivement élevées, moyenne et très faible. Enfin, le taux de phosphore assimilable était faible ($7 < \text{P}_{\text{ass}} < 16$ ppm).

Caractéristiques chimiques des coques de cacao et des résidus de café

Le *tableau 2* récapitule les caractéristiques chimiques des résidus de culture retenus pour cette étude.

Les résultats obtenus à partir de la matière sèche ont montré que les coques de cacao ont un rapport C/N (23) et un taux de phosphore total (0,11 %) presque deux fois plus élevés que ceux des résidus de café ainsi qu'une teneur en carbone organique

similaire. Par ailleurs, les teneurs en potassium de ces deux produits résiduels sont élevées (2,1 et 1,5 % respectivement) par rapport aux teneurs en calcium, magnésium et sodium.

Effet des produits résiduels sur l'acidité et la charge nette du sol:

Les *tableaux 3 et 4* présentent respectivement les résultats relatifs à l'effet des différents traitements sur l'acidité réelle et sur le pH KCl en fonction des périodes d'incubation et entre les différentes dates pour chaque traitement.

Les *tableaux 3 et 4* montrent que l'acidité réelle et l'acidité totale ont eu des évolutions similaires tout au long des incubations. Tous les traitements en dehors du témoin ($\text{pH eau} = 5,30$ et $\text{pH KCl} = 4,30$ après 90 jours) ont diminué l'acidité réelle ($\text{pH eau} > 5,49$) et l'acidité totale du sol ($\text{pH KCl} > 4,56$) par rapport au sol initial ($\text{pH eau} = 5,4$ et $\text{pH KCl} = 4,5$) au terme des incubations. On observe une différence hautement significative après 30 jours et des différences très hautement significatives ($p < 0,001$) entre les différents traitements pour le pH eau aux autres périodes d'incubation.

Pour le pH KCl, des différences très hautement significatives et hautement significatives respectivement ont été observées après 30 et 60 jours d'incubation. Après 90 jours d'incubation, on note une prédominance du traitement à base de broyats de coques de cacao à la dose de 15 t/ha pour l'acidité réelle ($\text{pH eau} = 5,73$) et une prédominance des traitements CC15 et RC15 pour l'acidité potentielle ($\text{pH KCl} = 4,67$).

Des effets significatifs, hautement significatifs et très hautement significatifs ont aussi été observés entre les différentes dates pour la plupart des traitements relativement au pH eau et au

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques des coques de cacao et des résidus de café (g/100g).

Table 2: Chemical Characteristics of Cocoa Hulls and Coffee Residues (g/100g).

Caractéristiques chimiques	Coques de cacao	Résidus de café
Cendres (%)	06,60	06,60
Carbone organique (%)	46,70	45,45
Matière organique (%)	80,51	78,36
N total (%)	02,03	03,57
Rapport C/N	23,00	12,73
Phosphore total(%)	00,11	00,05
Ca (%)	00,68	00,88
Mg (%)	00,56	00,32
K (%)	02,11	01,51
Na (%)	00,23	00,16
CEC pH7 (cmol+/kg)	22,24	23,04
Fe (ppm)	2 035,90	5861,07
Conductivité électrique (mS/cm)	03,19	04,16

Nb : les teneurs sont exprimées en pourcentage de matière sèche (MS).

Nb: contents are expressed as a percentage of dry matter (DM).

Tableau 3 : Effet des différents traitements sur l'acidité réelle du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 3:** Effect of different treatments on actual soil acidity as a function of incubation periods.

Traitements	pH eau			
	0jour ^{NS}	30 jours*	60 jours**	90 jours**
Ctrl (sol seul) ^{NS}	5,4±0,00 (aA)	5,50±0,10 (cA)	5,40±0,10 (bA)	5,30±0,10 (cA)
CC5 (05 t/ha CC)*	5,4±0,10 (aC)	5,63±0,12 (bcAB)	5,73±0,06 (aA)	5,53±0,06 (bBC)
CC10 (10 t/ha CC)	5,4±0,10 (aB)	5,70±0,10 (bcA)	5,70±0,10 (aA)	5,60±0,10 (abA)
CC15 (15 t/ha CC)**	5,4±0,10 (aC)	6,00±0,10 (aA)	5,83±0,06 (aB)	5,73±0,06 (aB)
RC5 (05 t/ha RC) ^{NS}	5,4±0,10 (aA)	5,60±0,10 (bcA)	5,50±0,10 (bA)	5,50±0,10 (bA)
RC10 (10 t/ha RC)	5,4±0,10 (aB)	5,73±0,15 (bA)	5,73±0,06 (aA)	5,63±0,06 (abA)
RC15 (15 t/ha RC)*	5,4±0,10 (aB)	5,70±0,10 (bcA)	5,80±0,10 (aA)	5,70±0,10 (aA)

NS = non significatif ; * = différences hautement significatives ($P < 0,01$) ; ** = différences très hautement significatives ($P < 0,001$) ; a, b et c : les moyennes portant les mêmes lettres minuscules aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A, B et C : les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidus de café.

NS = not significant; * = highly significant differences ($P < 0.01$); ** = very highly significant differences ($P < 0.001$); a, b and c: means with the same lower case letters on the same dates are not significantly different; A, B and C: means with the same upper case letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment; CC = cocoa shells; RC = coffee residues.

Tableau 4 : Effet des différents traitements sur l'acidité totale du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 4:** Effect of the different treatments on total soil acidity according to incubation periods.

Traitements	pH KCl			
	0 jour ^{NS}	30 jours**	60 jours*	90 jours
Ctrl (sol seul)	4,50±0,00 (aB)	4,43±0,15 (cB)	4,70±0,10 (cA)	4,30±0,10 (cB)
CC5 (05 t/ha CC) ^{NS}	4,53±0,06 (aA)	4,67±0,15 (bcA)	4,87±0,15 (bcA)	4,57±0,21 (bA)
CC10 (10 t/ha CC)*	4,50±0,00 (aB)	4,87±0,15 (bA)	5,07±0,15 (abA)	4,57±0,06 (abB)
CC15 (15 t/ha CC)**	4,53±0,06 (aC)	4,83±0,12 (bB)	5,27±0,15 (aA)	4,67±0,06 (aBC)
RC5 (05 t/ha RC)*	4,50±0,00 (aB)	4,67±0,15 (bcA)	5,07±0,15 (abB)	4,57±0,21 (bB)
RC10 (10 t/ha RC)*	4,53±0,06 (aC)	4,80±0,10 (bB)	5,07±0,15 (abA)	4,63±0,06 (abBC)
RC15 (15 t/ha RC)**	4,50±0,00 (aB)	5,27±0,21 (aA)	5,27±0,15 (aA)	4,67±0,15 (aB)

NS = non significatif ; * = différences hautement significatives ($P < 0,01$) ; ** = différences très hautement significatives ($P < 0,001$) ; a, b et c : les moyennes portant les mêmes lettres minuscules aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A, B et C : les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidus de café.

NS = not significant; * = highly significant differences ($P < 0.01$); ** = very highly significant differences ($P < 0.001$); a, b and c: means with the same lower case letters on the same dates are not significantly different; A, B and C: means with the same upper case letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment; CC = cocoa shells; RC = coffee residues.

pH KCl. Dans cette étude, c'est aux dates de 30 et 60 jours que les effets ont été les plus marqués.

L'analyse du *tableau 5* montre que les Δ pH ont été toutes négatives tout au long de l'essai, conférant au sol une charge nette négative. Une différence significative ($P < 0,05$) a été observée entre les différents traitements uniquement après 30 jours d'incubation. Après 90 jours d'incubation, la différence de pH la plus faible a été obtenue avec la modalité à base de 5 t/ha de résidus de café (pH = -0,93) et la plus élevée avec la modalité à base de 15 t/ha de coques de cacao (pH = -1,06).

Entre les dates, des effets probants ont été obtenus pour les traitements témoins, CC10, CC15 et RC15. Par contre, c'est plutôt à la date de 60 jours uniquement que ces effets ont été les plus marqués.

Effet des produits résiduels sur la teneur en carbone organique (%) du sol

Toutes les formes et doses de résidus appliquées ont de manière très hautement significative ($P < 0,001$) amélioré la teneur

Tableau 5 : Effet des différents traitements sur la charge nette du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 5**: Effect of different treatments on net soil load according to incubation periods.

Traitements	Δ pH			
	0 jours ^{NS}	30 jours	60 jours ^{NS}	90 jours ^{NS}
Ctrl (sol seul)**	-0,90±0,00 (aB)	-1,07±0,06 (bC)	-0,70±0,10 (aA)	-1,00±0,00 (aBC)
CC5 (05 t/ha CC) ^{NS}	-0,87±0,01 (aA)	-0,97±0,21 (bA)	-0,87±0,21 (aA)	-0,97±0,23 (aA)
CC10 (10 t/ha CC)	-0,90±0,10 (aB)	-0,83±0,21 (bAB)	-0,63±0,12 (aA)	-1,03±0,06 (aB)
CC15 (15 t/ha CC)*	-0,87±0,06 (aB)	-1,17±0,15 (bC)	-0,57±0,12 (aA)	-1,07±0,06 (aC)
RC5 (05 t/ha RC) ^{NS}	-0,90±0,10 (aA)	-0,93±0,25 (bA)	-0,43±0,21 (aA)	-0,93±0,29 (aA)
RC10 (10 t/ha RC) ^{NS}	-0,87±0,06 (aA)	-0,93±0,12 (bA)	-0,67±0,21 (aA)	-1,00±0,10 (aA)
RC15 (15 t/ha RC)	-0,90±0,10 (aB)	-0,43±0,29 (aA)	-0,53±0,15 (aA)	-1,03±0,15 (aB)

NS = non significatif ; * = différences hautement significatives ($P < 0,01$) ; ** = différences très hautement significatives ($P < 0,001$) ; a et b : les moyennes portant les mêmes lettres minuscules aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A, B et C : les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidus de café.

NS = not significant ; * = highly significant differences ($P < 0,01$) ; ** = very highly significant differences ($P < 0,001$) ; a and b : means with the same lower case letters on the same dates are not significantly different ; A, B and C : means with the same upper case letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment ; CC = cocoa shells ; RC = coffee residues.

en carbone organique du sol en comparaison avec le témoin tout au long de l'essai (tableau 6). Cet effet a été d'autant plus marqué que la dose appliquée était importante. Le meilleur effet a été obtenu avec les broyats de coques de cacao à la dose de 15 t/ha (4,67 %) et l'effet le moins important a été obtenu avec ces mêmes résidus à la dose de 05 t/ha (4,25 %) après 90 jours d'incubation. Ce même effet a aussi été observé entre les dates pour tous les traitements. La tendance générale était à une augmentation entre 0 et 30 jours suivie d'une diminution entre 30 et 90 jours.

Effet des produits résiduels sur la teneur en potassium échangeable du sol

Les résultats de l'ANOVA à un facteur contrôlé (tableau 7) indiquent qu'il existe des différences très hautement significatives ($P < 0,001$) entre les traitements pour ce qui est de la teneur en potassium échangeable dans le sol à 60 et 90 jours après incubation. Le test de Duncan montre qu'après 90 jours d'incubation, la teneur la plus élevée en potassium a été obtenue avec le traitement à la dose de 15 t/ha de coques de cacao (1,36 cmol+/kg) et que les traitements à plus faibles doses de coques de cacao ainsi que tous les traitements à base de résidus de café ont donné des teneurs en potassium similaires (0,95 cmol+/kg). Le traitement témoin par contre a présenté la teneur la plus faible de l'expérimentation (0,63 cmol+/kg). Entre les dates pour chaque traitement, on observe une faible augmentation entre 0 et 30 jours, puis une augmentation importante entre 30 et 60 jours, et enfin une stabilité. Ces résultats montrent que les apports des coques de cacao et des résidus de café peuvent améliorer la teneur en potassium dans le sol.

Effet des différents traitements sur la conductivité électrique du sol

L'analyse de la variance a révélé des différences significatives ($p < 0,05$) et hautement significatives ($P < 0,05$) respectivement à 30 jours et 60 jours entre les différents traitements. Au terme des incubations, les apports des résidus de culture testés ont augmenté les valeurs de la conductivité électrique par rapport au traitement témoin. La valeur la plus élevée a été obtenue avec le traitement à base des résidus de café à la dose de 5 t/ha (0,12 mS/cm) et la valeur la plus faible a été obtenue avec les traitements à base de ces mêmes résidus aux doses de 10 et 15 t/ha (0,09 mS/cm). Néanmoins, les valeurs obtenues au terme de cette étude sont toutes inférieures à la valeur critique (2 mS/cm) au-delà de laquelle la croissance propice des plantes est compromise selon Pauwels *et al.* (1992) dans la zone d'étude. En dehors du témoin et de CC15, on observe des effets significatifs ($P < 0,05$), hautement significatifs ($P < 0,01$) et très hautement significatifs ($P < 0,001$) entre les différentes dates pour tous les traitements. La tendance générale est à une augmentation progressive jusqu'à la fin de l'essai.

Relation entre la teneur en potassium échangeable du sol et les autres propriétés chimiques

Les résultats présentés à la figure 1 illustrent la relation entre la teneur en potassium échangeable et les autres propriétés chimiques du sol étudiées. Ces résultats montrent que les coefficients de corrélations ont varié entre 0,28 et 0,64, avec des

Tableau 6 : Effet des différents traitements sur la teneur en carbone organique du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 6:** Effect of different treatments on soil organic carbon content according to incubation periods.

Traitements	Carbone organique (%)				
	COthéo	0 jours**	30 jours**	60 jours**	90 jours**
Ctrl(sol seul)**	04,63±0,17	4,64±0,01 (dA)	4,67±0,02 (fA)	4,33±0,03 (eB)	4,15±0,03 (fC)
CC5(05 t/ha CC)**	04,74±0,14	4,66±0,01 (dB)	4,73±0,02 (eA)	4,68±0,02 (bB)	4,25±0,03 (eC)
CC10(10 t/ha CC)**	04,84±0,14	4,71±0,02 (bcB)	4,80±0,02 (cdA)	4,64±0,02 (cC)	4,62±0,02 (bC)
CC15(15 t/ha CC)**	04,94±0,12	4,72±0,01 (bB)	4,98±0,02 (aA)	4,72±0,02 (aB)	4,67±0,02 (aC)
RC5(05 t/ha RC)**	04,73±0,12	4,71±0,02 (bcB)	4,77±0,03 (dA)	4,44±0,03 (dC)	4,36±0,01 (dD)
RC10(10 t/ha RC)**	04,83±0,16	4,68±0,04 (cdB)	4,83±0,02 (cA)	4,64±0,02 (cB)	4,37±0,02 (dC)
RC15(15 t/ha RC)**	04,94±0,19	4,79±0,01 (aB)	4,89±0,02 (bA)	4,67±0,02 (bcC)	4,45±0,03 (cD)

COthéo= carbone organique théorique initial ; ** = différences très hautement significatives ($p < 0,05$) ; a, b, c, d, e et f : les moyennes portant les mêmes lettres aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A, B, C et D: les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidus de café.

COtheo = initial theoretical organic carbon; ** = highly significant differences ($p < 0.05$); a, b, c, d, e and f: means with the same letters on the same dates are not significantly different; A, B, C and D: means with the same capital letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment; CC = cocoa shells; RC = coffee residues.

Tableau 7 : Effet des différents traitements sur la teneur en potassium échangeable (cmol+/kg) du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 7:** Effect of different treatments on the exchangeable potassium content (cmol+/kg) of the soil according to incubation periods.

Traitements	Potassium échangeable (cmol+/kg de sol)				
	Kthéo	0 jours ^{NS}	30 jours ^{NS}	60 jours**	90 jours**
Ctrl (sol seul)	0,58±00	0,58±0,02 (aB)	0,58±0,02 (aB)	0,59±0,02 (cB)	0,63±0,02 (cA)
CC5(05 t/ha CC)**	0,70±00	0,59±0,04 (aB)	0,59±0,02 (aB)	0,94±0,01 (bA)	0,95±0,01 (bA)
CC10(10 t/ha CC)**	0,82±00	0,59±0,03 (aB)	0,59±0,02 (aB)	0,94±0,01 (bA)	0,95±0,01 (bA)
CC15(15 t/ha CC)**	0,95±00	0,60±0,02 (aB)	0,58±0,02 (aB)	1,36±0,03 (aA)	1,36±0,03 (aA)
RC5(05 t/ha RC)**	0,67±00	0,60±0,03 (aB)	0,59±0,02 (aB)	0,94±0,01 (bA)	0,95±0,02 (bA)
RC10(10 t/ha RC)**	0,75±00	0,60±0,02 (aB)	0,59±0,02 (aB)	0,94±0,02 (bA)	0,95±0,01 (bA)
RC15(15 t/ha RC)**	0,84±00	0,59±0,03 (aB)	0,60±0,02 (aB)	0,94±0,02 (bA)	0,95±0,03 (bA)

Kthéo= potassium échangeable théorique initial ; NS = non significatif ; ** = différences très hautement significatives ($P < 0,001$) ; a, b et c : les moyennes portant les mêmes lettres minuscules aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A et B : les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidus de café.

Ktheo = initial theoretical exchangeable potassium; NS = not significant; ** = highly significant differences ($P < 0.001$); a, b and c: means with the same lower case letters on the same dates are not significantly different; A and B: means with the same upper case letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment; CC = cocoa shells; RC = coffee residues.

valeurs inférieures à 0,5 pour les relations du potassium échangeable avec le pH KCl et avec le pH eau. Des corrélations hautement significatives ($P < 0,01$) ont été observées entre la teneur en potassium et la teneur en carbone ainsi que la conductivité électrique. Le coefficient le plus élevé a été obtenu entre la teneur en potassium échangeable et la conductivité électrique ($r = 0,64^{**}$) et le plus faible entre la teneur en potassium échangeable et le pH eau ($r = 0,28$).

Tableau 8: Effet des différents traitements sur la conductivité électrique (mS/cm) du sol en fonction des périodes d'incubation.**Table 8:** Effect of the different treatments on the electrical conductivity (mS/cm) of the soil according to the incubation periods.

Traitements	Conductivité électrique (mS/cm)			
	0 jours	30 jours	60 jours*	90 jours
Ctrl (sol seul) ^{NS}	0,05±0,01 (aA)	0,06±0,01 (bA)	0,07±0,02 (aA)	0,08±0,01 (aA)
CC5(05 t/ha CC)*	0,06±0,02(aBC)	0,08±0,01 (aAB)	0,04±0,01 (bC)	0,10±0,02 (aA)
CC10(10 t/ha CC)	0,05±0,02(aB)	0,06±0,01 (bB)	0,08±0,01 (aAB)	0,10±0,02 (aA)
CC15(15 t/ha CC) ^{NS}	0,06±0,02(aA)	0,06±0,01 (bcA)	0,07±0,02 (aA)	0,10±0,02 (aA)
RC5(05 t/ha RC)**	0,05±0,01(aB)	0,06±0,01 (abB)	0,07±0,02 (aB)	0,12±0,01 (aA)
RC10(10 t/ha RC)	0,05±0,02(aC)	0,06±0,01 (bcBC)	0,08±0,01 (aAB)	0,09±0,02 (aA)
RC15(15 t/ha RC)*	0,05±0,01(aB)	0,04±0,01 (cB)	0,08±0,01 (aA)	0,09±0,01 (aA)

NS = non significatif ; * = différences hautement significatives ($P < 0,01$) ; ** = différences très hautement significatives ($P < 0,001$) ; a, b et c : les moyennes portant les mêmes lettres minuscules aux mêmes dates ne sont pas significativement différentes ; A, B et C : les moyennes portant les mêmes lettres majuscules sur les mêmes lignes ne sont pas significativement différentes entre dates pour le même traitement ; CC = coques de cacao ; RC = résidu de café.

NS = not significant ; * = highly significant differences ($P < 0.01$) ; ** = very highly significant differences ($P < 0.001$) ; a, b and c : means with the same lower case letters on the same dates are not significantly different ; A, B and C : means with the same upper case letters on the same lines are not significantly different between dates for one treatment ; CC = cocoa shells ; RC = coffee residues.

DISCUSSIONS

Incidence des produits résiduels sur les propriétés chimiques du sol

Effet sur les pH

Les coques de cacao et les résidus de café ont eu des effets significatifs et très hautement significatifs sur les deux pH tout au long des incubations. Ces effets sont d'autant plus marqués avec l'augmentation de la dose appliquée sauf à 90 jours après incubation pour le pH KCl où ils ne diffèrent pas significativement mais excèdent ceux du témoin absolu. Ces résultats corroborent ceux de Djeke *et al.* (2011) et Moyin-Jesu (2007) qui ont montré que les apports des doses croissantes des résidus de cultures, notamment des coques de cacao permettent d'améliorer les pH des ferralsols en côte d'Ivoire. En effet, au cours de la décomposition des résidus organiques, des éléments minéraux sont libérés et peuvent être retenus en position échangeable avec des teneurs qui augmentent d'autant plus que les doses sont élevées (Djeke *et al.*, 2011). De plus, l'accroissement des teneurs en matières organiques du sol tend à chélater les cations toxiques (Fe, Mn et Al), réduisant ainsi leur effet acidifiant (Woomer *et al.*, 1994). Selon Shutcha *et al.* (2010), par leurs contenus en éléments minéraux (Ca et Mg), leur grande capacité d'échange cationique et leur effet tampon, les matières organiques appliquées diminuent l'acidité du sol. L'augmentation des pH observée dans cette étude pourrait donc être imputée à la complexation de l'aluminium par des éléments comme le calcium et le magnésium, au pouvoir tampon des matières organiques, à la présence des cations basiques, à la

présence des microorganismes filamenteux se développant dans les apports organiques et à la chélation de l'aluminium (Djeke *et al.*, 2011 ; Kasongo, 2008 ; Woomer *et al.*, 1994).

Effet sur la Δ pH

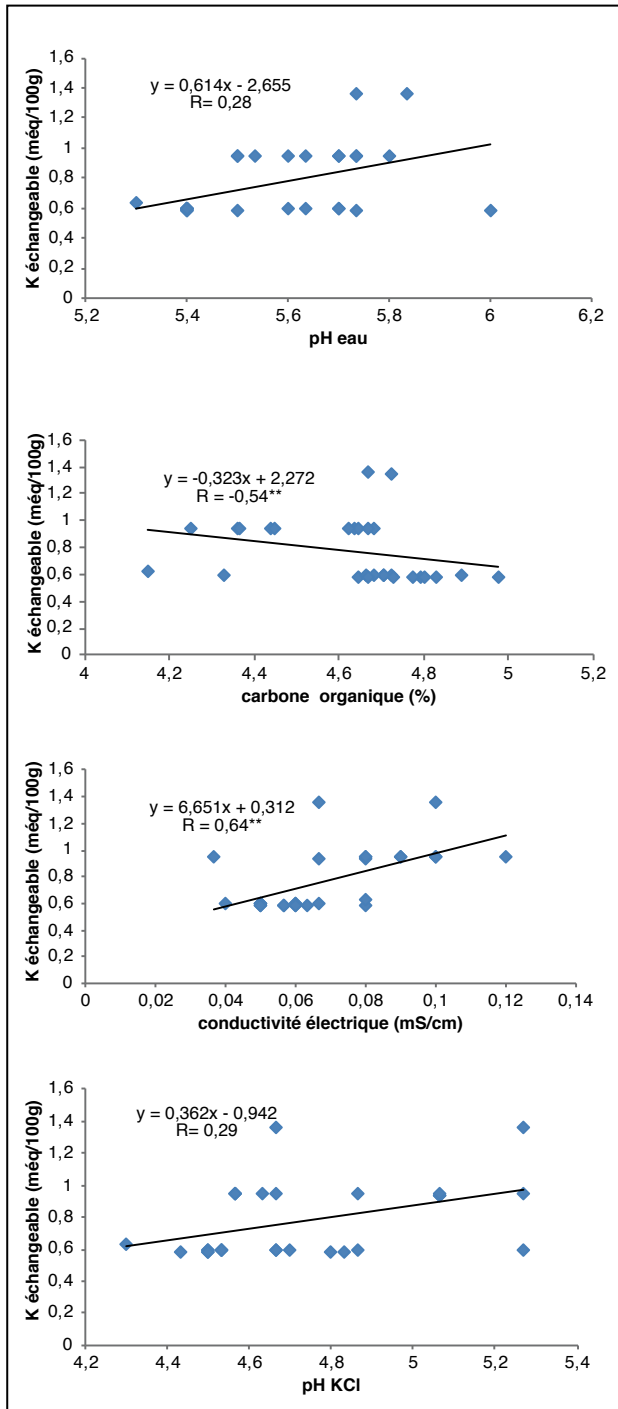
Tous les résidus de culture testés ont maintenu dans le sol une charge nette négative à toutes les dates de prélèvements, quoique, au terme des incubations, leur effet n'a pas été significatif par rapport au témoin absolu. Ces résultats dénotent l'aptitude stabilisante temporaire des coques de cacao et des résidus de café sur les charges nettes négatives du sol ainsi que sur l'acidité de réserve. De telles observations ont été faites par Djeke *et al.* (2011) et peuvent s'expliquer par une libération équilibrée des cations acidifiants (H⁺ principalement) par rapport aux anions (nitrates) lors de la décomposition des matières végétales en conditions de sol aéré (Ritchie et Dolling, 1985).

Effet sur le carbone organique

L'amélioration très hautement significative des teneurs en carbone organique sous apports des doses croissantes des résidus végétaux par rapport au témoin observé dans cette étude est en accord avec les résultats obtenus par Carmo *et al.* (2016), Sikuzani *et al.* (2014) et Annabi (2005). En effet, ces derniers ont obtenu des accroissements des teneurs en carbone organique du sol avec des apports de doses croissantes de différents déchets organiques tant d'origines animales que végétales. L'explication de ces résultats serait l'ajout dans le sol des composés plus humifiés ou récalcitrants par les substrats végétaux étudiés (Carmo *et al.*, 2016). Ces composés seraient de la lignine, de la cellulose, des hémicelluloses et des phénols qui selon Hartemink *et al.* (2001) ont une action inhibitrice sur la décomposition. A titre

Figure 1: Corrélation entre la teneur en potassium échangeable du sol et les autres propriétés étudiées.

Figure 1: Correlation between the exchangeable potassium content of the soil and the other properties studied.



** : hautement significatif par le test de Spearman ($P < 0,01$).

** : Highly significant by the Spearman's test ($P < 0.01$).

d'exemple, comme l'a rapporté Duguet (2005), la lignine en formant des complexes avec les protéines les rend ainsi résistantes à la minéralisation. Ces observations montrent donc que les résidus de cultures, en tant que sources de matières organiques, sont susceptibles d'accroître la teneur en carbone organique du sol (Kabirinejad *et al.*, 2014). Il est aussi à noter que ces effets sont temporaires si on compare les valeurs finales avec les valeurs initiales. Ces effets temporaires pourraient s'expliquer par une accélération de la minéralisation par les conditions d'incubation qui se trouvaient optimales pour ce processus. Par ailleurs, l'augmentation des teneurs en carbone organique au bout des trente premiers jours d'incubation pourrait être la conséquence d'une résistance initiale au bichromate de potassium des produits utilisés comme le suggère la supériorité des teneurs en carbone organique théoriques après apports des résidus par rapport aux teneurs mesurées.

Effet sur la conductivité électrique

L'augmentation de la conductivité électrique observée dans cette étude s'est avérée être dépendante des apports des résidus végétaux. Ces résultats corroborent ceux de Carmo *et al.* (2016) et Kabirinejad *et al.* (2014) qui ont montré que l'application des résidus de culture dans le sol augmentait la salinité de la solution du sol. En effet, la décomposition des résidus végétaux entraîne la libération d'éléments minéraux qui sont susceptibles d'accroître la conductivité électrique de la solution du sol (Kabirinejad *et al.*, 2014). Selon Carmo *et al.*, (2016), la quantité de sels et d'ions présents dans la phase liquide du sol est en équilibre avec leurs niveaux dans la phase solide. Ainsi, dans le sol, les facteurs physico-chimiques et biologiques qui régissent les processus de solubilisation, de sorption et de minéralisation/immobilisation exercent une grande influence sur les quantités d'ions régissant la conductivité électrique du sol. L'ajout des résidus organiques au sol modifie considérablement l'ampleur de tous ces processus pédologiques.

Effet sur le potassium échangeable

Des effets très hautement significatifs ont été obtenus par l'utilisation des coques de cacao et des résidus de café par rapport au témoin sur la teneur en potassium échangeable du sol après 60 et 90 jours d'incubation. Des résultats similaires ont été obtenus par Aziabile *et al.* (2014) et Sikusani *et al.* (2014). Ces résultats peuvent s'expliquer d'une part par la teneur élevée de cet élément dans ces résidus (Sikusani *et al.*, 2014) et d'autre part par la libération de cet élément au cours du processus de décomposition des résidus de cultures étudiés (Djeke *et al.*, 2011). Après 90 jours d'incubation, les effets similaires observés entre les traitements à base des doses croissantes des résidus de café corroborent ceux obtenus par Kaho *et al.* (2011) avec des doses croissantes de *Tithonia diversifolia*. Ces résultats montrent qu'il pourrait exister un effet dépressif du facteur dose sur les processus de miné-

ralisation des substrats végétaux dans le sol (Moyin-jesu, 2007). De tels résultats ont été rapportés par Annabi (2005) qui a montré dans ses travaux qu'un facteur limitant apparaissait avec la plus forte dose de compost. La stabilisation de la teneur en potassium échangeable à une valeur optimale observée entre 60 et 90 jours pour tous les traitements, montre aussi que dans les conditions de l'incubation, le temps nécessaire pour la libération optimale du potassium dans les ferralsols de la région de l'Ouest-Cameroun par ces résidus serait de 60 jours.

Relation entre la teneur en potassium échangeable et les autres paramètres étudiés

Des corrélations positives ont été obtenues entre la teneur en potassium échangeable et les autres paramètres étudiés en dehors de la teneur en carbone organique. Ces corrélations n'ont été significatives qu'avec la teneur en carbone organique et avec la conductivité électrique. Des observations similaires ont été rapportées par Akbas *et al.* (2017), Amoakwah et Frimpong (2013) ainsi que Tabi *et al.* (2012) sur les corrélations entre le potassium échangeable, les pH et la conductivité électrique. Ces résultats dénotent l'effet stimulant des coques de cacao et des résidus de café sur l'activité des microorganismes responsables des processus de décomposition et de minéralisation. Aussi, ils montrent que les charges nettes négatives dont la création a été relevée précédemment ont donc une affinité pour les ions K⁺ (Amoakwah et Frimpong, 2013). En effet, les colloïdes des sols tropicaux sont souvent caractérisés par des systèmes de charges variables qui dépendent du pH (Van Ranst, 2006). Ainsi, les charges générées peuvent être soit positives, soit négatives selon le pH du sol (Amoakwah et Frimpong, 2013). Lorsque le pH du sol augmente, les ions H⁺ des groupes fonctionnels de la matière organique se dissocient, ce qui entraîne la création des charges négatives qui justifient la corrélation positive entre le potassium échangeable les pH et la conductivité électrique. La corrélation négative entre la teneur en potassium échangeable et le carbone organique se justifie par la libération de cet élément au cours de la minéralisation de la matière organique.

CONCLUSION

Cette étude a montré que les coques de cacao et les résidus de café peuvent être des solutions pour l'amélioration de la disponibilité du potassium, de l'alcalinité du sol, de la teneur en carbone organique et de la charge nette négative du sol. Par ailleurs, ces résidus ont augmenté la salinité du sol quoique cette augmentation soit restée inférieure au seuil critique pour les cultures. L'étude a aussi montré que la teneur en potassium échangeable était positivement corrélée au pH eau, au pH KCl et à la conductivité électrique. Par contre, une corrélation négative et significative a été obtenue entre le potassium disponible et la teneur en carbone

organique. Seules les corrélations entre la teneur en potassium échangeable, la teneur en carbone organique et la conductivité électrique se sont avérées hautement significatives. Ces résultats ayant été obtenus dans des conditions optimales pour la minéralisation avec des résidus ayant été préalablement séchés et broyés, il serait intéressant d'effectuer des travaux de longue durée en plein champ afin de quantifier la correspondance entre les cinétiques observées en conditions contrôlées rapportées dans l'article, et celles effectives dans les conditions de terrain, afin de faciliter l'extrapolation de nos résultats aux conditions agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

- Adu-Dapaah H.K., Cobbina J., Asare E.O. 1994. Effect of cocoa pod ash on the growth of maize. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 132, pp. 31-32.
- Afe A.I., Atanda S., Aduloju M.O., Ogundare S.K., Talabi A.A. 2015. Response of maize (*Zea mays* L.) to combined application of organic and inorganic (soil and foliar applied) fertilizers. *African journal of biotechnology*, 14 (44), pp. 3006-3010.
- Akbas F., Gunal H., Acir N. 2017. Spatial variability of soil potassium and its relationship to land use and parent material. *Soil & Water Res.*, 12 (4), pp. 202-211.
- Amoakwah E., Frimpong K.A. 2013. Relationships between potassium forms and selected physico-chemical properties of some Ghanaian soils along a toposequence. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8 (7), pp. 525-529.
- Annabi M. 2005. Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: relation avec les caractéristiques de leurs matières organiques. Thèse de doctorat: Institut National Agronomique Paris-Grignon, France. 156 p.
- Ayanlaja S.A., Sanwo J.O. 1991. Management of soil organic matter in farming systems of the lowland humid tropic of West Africa. *Soil technol.*, 4, pp. 265-279.
- Aziabile E., Tchegueni S., Sabi K., Bodjona B.M., Djahini K., Kili A.K., Tchchangbedji G., Baba G. 2014. Etude de la biodisponibilité du phosphore assimilable des composts de déchets urbains dans deux sols différents. *European Scientific Journal*, 10 (6), pp. 156-165.
- Beernaert F., Bitondo D. 1992. Simple and practical methods to evaluate analytical data of soil profiles. Department of Soil Science, University Center of Dchang. Dschang, Cameroun, pp. 1-65.
- Boli Z., Roose 2000. Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. In: Floret C. et Pontanier R., eds. *La jachère en Afrique tropicale*. Paris, John LibbeyEurotext, pp.149-154.
- Bouajila K., Ben Jeddi F., Taamallah H., Jedidi N., Sanaa M. J. 2014. Effets de la composition chimique et biochimique des résidus de cultures sur leur décomposition dans un sol Limono-Argileux du semi aride (Chemical and biochemical composition's effect of crop residues on their decomposition in semi-arid). *J. Mater. Environ. Sci.*, 5 (1), 160 p.
- Carmo D.L., Lima L.B., Silva C.A. 2016. Soil fertility and electrical conductivity affected by organic waste rates and nutrient inputs. *Rev. Bras Cienc. Solo*, 40 (e0150152), pp. 5-13.
- Djeke M. D., Angui P. K. T., Kouadio J. Y. 2011. Décomposition des broyats de coques de cacao dans les ferralsols de la zone d'Oumé, Centre-ouest de la côte d'Ivoire: effets sur les caractéristiques chimiques des sols. *Biotecnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1), pp. 109-117.
- De Toffoli M., Khalidi M., Imbrecht O., Ryckmans D., Lambert R. 2013. Fertilisation organique et minérale en culture de pomme de terre: syn-

- thèse des résultats expérimentaux 2011-2013. Université catholique de Louvain, pp. 10-25.
- Duguet F. 2005. Minéralisation de l'azote et du phosphore dans les sols organiques cultivés du sud-ouest du Québec. Maitrise en sols et Environnement : Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Québec, Canada, pp. 35-77.
- Elherradi E., Soudi B., Elkacemi K. 2003. Evaluation de la minéralisation de l'azote de deux sols amendés avec un compost d'ordures ménagères. *Étude et Gestion des Sols*, Volume 10(3), 141 p.
- Hartemink A.E., O' Sullivan J.N. 2001. Leaf litter decomposition of *Piper aduncum*, *Glicidia sepium* and *Imperata cylindrica* in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Plant Soil*, 230, pp. 115-124.
- INS 2016. Annuaire statistique du Cameroun, édition 2015. Yaoundé, Cameroun, 248 p.
- IUSS Working Group WRB 2015. Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014, mise à jour 2015. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 106. FAO, Rome.
- Kabirinejad S., Kalbasi M., Khoshgoftarmanesh A.H., Hoodaji M., Afyuni M. 2014. Effect of incorporation of crops residues into soil on some chemical properties of soil and bioavailability of copper in soil. *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.*, 2 (11), pp. 2819-2824.
- Kaho F., Yemefack M., Feuilio-Teguefouet P., Tchanchouang J.C. 2011. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais minéraux sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre Cameroun. *Tropicicultura*, 29 (1), pp. 39-45.
- Kasongo L.M.E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Useni S.Y., Mazinga K.M., Nyembo K.L. 2013. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. « Merrill ») à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 63, pp. 4727-4735.
- Kasongo L.M.E. 2008. Système d'évaluation des terres à multiples échelles pour la détermination de l'impact de la gestion agricole sur la sécurité alimentaire au Katanga, RD Congo. Thèse de doctorat, Université de Gand, Belgique. 309 p.
- Lele N. B., Kachaka S. C., Lejoly J. 2016. Effet du biochar et des feuilles de *Tithonia diversifolia* combinés à l'engrais minéral sur la culture du maïs (*Zea mays* L.) et les propriétés d'un sol ferrallitique à Kinshasa (RDC). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2016 20(1), pp. 57-67.
- Morissens P. 1979. Un premier test d'élevage de porcs associé à la pisciculture de *Tilapia nilotica* à la station de Bouaké (Côte d'Ivoire). *Nogent-sur-Marne: GERDAT-CTFT*, 23 p.
- Moyin-Jesu E.I. 2007. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra *Abelmoschus esculentus* L. *Bioresour. Tech.*, 98, pp. 2057-2064.
- N'Goran A. 1995. Intégration des légumineuses dans la culture de maïs comme moyen de maintien de la fertilité des sols et de lutte comme l'enherbement. Rapport de la deuxième réunion du comité de Recherche du WECAMAN, USAIS, IITA, pp. 163-171.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M., Mvondo Ze A. 1992. Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'analyses des sols et des plantes, Equipements, Gestion de stocks de Verrerie et des produits chimiques. Publication agricole 28, AGCD, Dschang-Bruxelles, pp. 3-208.
- Ritchie G.S.P., Dolling P.J. 1985. The role of organic matter in soil acidification. *Aut. J. Soil Re.*, 23, pp. 569-576.
- Sikder R. K., Rahman M. M., Washim Bari S. M., Mehraj H. 2017. Effect of organic fertilizers on performance of seed potato. *Tropical plant research*, 4 (1), pp. 104-108.
- Sikuzani U.Y., Ilunga M.G., Mulembo M.T., Katombe N.B., Lwalaba W.L.J., Lukangila B.A.M., Lubobo K.A., Longanza B.L. 2014. Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi (Katanga, RD Congo) par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. *Journal of Applied Biosciences*, 77, pp. 6523-6533.
- Sommerfeldt T.G., Chang C., Entz T. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *SoilSci. Soc. Am. J.*, 52 p.
- Shutchka M.N., Mubemba M.M., Faucon M-P., Luhembwe M.N., Visser M., Collinet G., Meerts P. 2010. Phytostabilisation of copper-contaminated soil in Katanga: An experiment with three native grasses and two amendements. *International Journal of phytoremediation*. 12(6), pp. 616-632.
- Tabi F.O., Omoko M., Boukong A., Mvondo Ze A. D. Bitondo D., Fuh Che C. 2012. Evaluation of lowland rice (*Oryza sativa*) production system and management recommendations for Logone and Chari flood plain – Republic of Cameroon. *Agric. Sci. Res. J.*, 2(5), pp. 261-273.
- Thuriès L., Pansu M., Larre-Larrow M-C., Feller C. 2002. Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in sandy soil. *Soil biology and biochemistry*, 34, pp. 339-250.
- Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M. 2012. Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54, pp. 3935-3943.
- Vanlauwe B., Diels J., Sanginga N., Merckx R. 2002. Integrated plant nutrient management in Sub-Saharan Africa: from concept to practice. CABI publishing in association with IITA, 352 p.
- Van Ranst E. 2006. Properties and management of soils of the tropics. Chapter 2, pp. 31-32.
- Woomer P.L., Martin A., Albrecht A., Resck D.V.S., Scharpenseel H.W. 1994. The importance and management of soil organic matter in tropics. In: Woomer P.L. & Swift M.J., eds. *Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Chichester, UK: John Wiley and Sons, pp. 47-75.
- Yemefack M., Nounamo L. 2000. Dynamique des sols et durée optimale des jachères agricoles au Sud-Cameroun. In: Floret Ch. et Pontanier R., eds. *La jachère en Afrique tropicale*. Paris : John Libbey Eurotext, pp. 135-141.