

Effets comparés des cendres de *Chromolaena odorata* (L.) King R.M. & H.E. Rob et d'un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15) sur la croissance et le rendement de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Ognalaga^{1*}, C. Moupela¹, G.A. Mourendé¹ & P.I.O. Odjogui¹

Keywords: *Chromolaena odorata*- NPK- *Hibiscus sabdariffa*- Growth- Production- Gabon

Résumé

Les faibles teneurs en éléments minéraux observées dans les sols ferrallitiques du Gabon sont préoccupantes. Un essai en vases de végétation a été conduit selon un dispositif de Fisher complètement randomisé comportant 20 traitements et 3 répétitions. L'expérimentation a consisté à comparer un engrais minéral composé soluble dans l'eau (NPK 15-15-15) apporté aux doses de 0-0-0; 16-7-13; 19-8-16; 23-10-19 mg.kg⁻¹ de sol; les cendres de *Chromolaena odorata* à 0; 500; 667; 834; 1000 mg/kg de sol; et à évaluer les interactions entre les doses des cendres (C) et celles du NPK (M) sur la croissance et la production de *Hibiscus sabdariffa* L. Les apports de cendres augmentent significativement le diamètre des tiges, la hauteur des tiges et la surface foliaire jusqu'à une dose de 667 mg/kg de sol. Parmi les doses NPK comparées, celle de 23-10-19 mg/kg de sol (M₃) induit globalement le plus d'effet sur les paramètres de croissance végétale. La meilleure croissance (167±68 g de matière fraîche par vase de végétation) a été obtenue avec l'apport combiné de cendres à 667 mg/kg et de NPK à 19-8-16 mg/kg (C₂M₂).

Summary

Comparative Effects of *Chromolaena odorata* L. King R.M. & H.E. Rob Ashes and a Soluble Mineral Fertilizer (NPK 15 15 15) on the Growth and Yield of Guinea Sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.)

The low levels of nutrients observed in the lateritic soils of Gabon are a concern. A trial conducted in vegetation pots was laid out in a Fisher randomized complete block design with 20 treatments and 3 replicates. The experiment aimed at comparing the growth and yield of *Hibiscus sabdariffa* L. under different fertilization modalities: a water soluble mineral fertilizer (NPK 15-15-15) added at four doses (0-0-0; 16-7-13; 19-8-16; 23-10-19 mg.kg⁻¹ soil); *Chromolaena odorata* ashes at 0; 500; 667; 834; 1000 mg.kg⁻¹ soil; and comparing the interactions between ash doses (C) and NPK doses (M). The C. *odorata* ash supply increased significantly the diameter of the stems, the height of the stems and the leaf area up to a dose of 667 mg.kg⁻¹ soil. Among the compared doses, the one of 23-10-19 mg.kg⁻¹ soil (M₃) induced the highest effect on the plant growth parameters. The highest growth (167±68 g. fresh vegetal matter per pot) was obtained with the combination of 667 mg.kg⁻¹ ashes at and 19-8-16 mg.kg⁻¹ NPK (C₂M₂).

¹Unité de Recherche Agrobiologie, Université des Sciences et Techniques de Masuku.

*Auteur correspondant: Email: ognalagam@live.fr

Reçu le 03.07.15 et accepté pour publication le 08.12.15

Introduction

L'oseille de Guinée ou Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) représente environ 70% de la production mondiale des fibres d'hibiscus (17). Sa production est estimée à près de 10 à 20 t/ha pour une récolte en branches et de 6 à 8 t/ha pour une récolte de calices (24). *Hibiscus sabdariffa* L. fait partie des espèces à usages multiples. Cette culture contribue efficacement à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté grâce aux revenus générés aux exploitants (8). C'est un légume apprécié dans l'alimentation des ménages en Afrique Centrale, où il est consommé dans des sauces de plats cuisinés ou comme boisson fraîche (bissap).

Au Gabon, *Hibiscus sabdariffa* occuperait la première place parmi les plantes maraîchères traditionnelles (19). Malgré une forte demande sur les marchés locaux, les rendements de *H. sabdariffa* L. restent faibles et l'une des possibilités préconisées est la fertilisation afin d'améliorer les potentialités chimiques des sols (19). Mais compte tenu du coût élevé des engrais chimiques et du faible pouvoir d'achat des exploitants, le recours aux engrais naturels est un moyen pour répondre à ce besoin majeur. Actuellement *Chromolaena odorata* L. occupe les jachères, les bordures de routes et des zones urbaines dénudées. Cette adventice qui se caractérise par sa résistance, sa capacité de dissémination, sa croissance rapide et son caractère envahissant est désormais considérée comme une source d'éléments nutritifs pour les plantes cultivées (4, 14, 22, 23).

Dans la présente étude, nous envisageons de valoriser les cendres de *C. odorata* comme source d'éléments fertilisants pour *H. sabdariffa* et pour leur pouvoir neutralisant de sols acides (3, 10, 18, 14, 23).

Spécifiquement, il s'agit de déterminer:

- (a) l'effet des cendres de *C. odorata* par rapport à un engrais minéral soluble dans l'eau (NPK 15 15 15), et
- (b) l'effet de l'interaction entre les cendres de *C. odorata* et le NPK sur les paramètres de croissance et la production de *H. sabdariffa* L.

L'intérêt de cette étude repose sur les connaissances et informations relatives à la fertilisation qui pourront contribuer à une meilleure

gestion de la fertilité des sols ferrallitiques pour la culture de l'oseille de Guinée.

Pour les paysans et les maraîchers qui considèrent *C. odorata* comme un adventice redoutable, les résultats attendus de l'étude pourront offrir la possibilité d'augmenter leur production et de ne plus envisager sa destruction systématique.

Matériels et méthodes

Site de l'étude

L'essai a été mené sur la plateforme expérimentale de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB) de la ville de Franceville (371 m d'altitude; 1°37'14" de latitude Sud; 13°33'3" de longitude Est). La zone est caractérisée par un climat de type équatorial marqué par deux saisons sèches et deux saisons de pluies.

Matériel végétal

L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) est la plante test utilisée pour cette étude. Les semences issues de la variété Bissap koor rouge sont produites par Technisem (France) et ont été achetées dans le commerce.

La récolte des parties aériennes de *C. odorata* a été effectuée dans la périphérie de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM) où cette plante est présente.

Fumures

Les intrants étaient constitués du NPK 15-15-15 et des cendres de la plante *C. odorata*. Les feuilles et tiges de *C. odorata* sont émietées, puis séchées à l'air libre pour réduire l'humidité à 15%. Elles sont ensuite incinérées à 150 °C pendant 3 heures dans un four de marque Prolabo pour obtenir les cendres utilisées dans le cadre de cette étude.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit pendant la période du 1^{er} mai au 20 août 2014 sur un dispositif complètement randomisé comportant 20 traitements avec 3 répétitions, soit 60 unités expérimentales ou blocs. Chaque bloc représente une répétition et chaque unité expérimentale est un sac contenant 30 kg de sol sec avec ou sans intrant. Cet essai consiste à étudier la réponse de *Hibiscus sabdariffa* L. sous l'effet de deux facteurs:

- La fumure minérale (NPK), facteur principal (M), avec 4 modalités: M_0 , M_1 , M_2 , M_3 .

L'engrais minéral, soluble dans l'eau, utilisé est le NPK 15 15 15 qui a été broyé dans le but de faciliter les pesées et de favoriser sa réaction rapide. Les doses apportées par sac sont les suivantes:

- Dose 0= M_0 : sol sans apport du NPK;
- Dose 1= M_1 : 16 mg N/kg sol; 7 mg P/kg sol; 13 mg K/kg sol;
- Dose 2= M_2 : 19 mg N/kg sol; 8 mg P/kg sol; 16 mg K/kg sol;
- Dose 3= M_3 : 23 mg N/kg sol; 10 mg P/kg sol; 19 mg K/kg sol.

En tenant compte de ce qui précède concernant l'engrais minéral soluble apporté, l'expression NPK à: 16-7-13 mg/kg de sol; 19-8-16 mg/kg de sol et 23-10-19 mg/kg de sol désigne respectivement les doses M_1 ; M_2 et M_3 .

-La fumure minérale ou cendres de *Chromolaena odorata*, facteur secondaire (CO), avec 5 modalités: C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 .

Elle avait une humidité résiduelle de 2%. Les doses apportées par sac, dont la surface exploitable est de 0,5 m², sont les suivantes:

- Dose 0= C_0 : sol sans apport de cendres de *Chromolaena odorata*;
- Dose 1= C_1 : 500 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 2= C_2 : 667 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 3= C_3 : 834 mg/kg sol de cendres *Chromolaena odorata*;
- Dose 4= C_4 : 1000 mg/kg sol de cendres de *Chromolaena odorata*.

Le traitement C_0M_0 , signifie: une unité expérimentale n'ayant reçu ni NPK, ni cendres de *C. odorata*; il correspond au témoin (T_0). Ainsi, les différents traitements testés ont été les suivants: T_0 ; M_1 ; M_2 ; M_3 ; C_1 ; C_2 ; C_3 ; C_4 ; C_1M_1 ; C_1M_2 ; C_1M_3 ; C_2M_1 ; C_2M_2 ; C_2M_3 ; C_3M_1 ; C_3M_2 ; C_3M_3 ; C_4M_1 ; C_4M_2 ; C_4M_3 .

Préparation des échantillons

L'horizon 0-20 cm d'un sol ferrallitique a été prélevé dans la savane vierge du site expérimental de l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB).

Les coordonnées géographiques du prélèvement sont les suivantes: 369 m d'altitude; 1°37.732' de latitude Sud; 13°33.192' de longitude Est. Ce sol a ensuite été émietté et séché à l'air libre dans un hangar à température ambiante (26 °C). Puis 15 jours avant le semis; 30 kg de sol, ayant une humidité résiduelle de 4%, ont été introduits par sac en nylon avant d'y enfouir les intrants.

Semis et suivi de la culture

Le semis s'est fait à raison de 4 graines d'*Hibiscus sabdariffa* L. par sac. La levée a été effective le 5^{ème} jour après semis (JAS) et l'éclaircissage s'est fait deux semaines après le semis, en laissant 2 pieds vigoureux par sac. L'essai a été conduit en saison sèche et les besoins hydriques des plants ont été totalement couverts par des arrosages manuels à raison de 500 ml d'eau par sac et par jour.

Paramètres mesurés

Le principe consiste à repérer les plants vigoureux de l'oseille de Guinée sur lesquels se mesurent à 14; 21; 28; 35; 42 jours après semis (JAS) les paramètres de croissance. Pour la surface foliaire, cinq feuilles bien épanouies sont choisies, sur les plants d'*H. sabdariffa*, et marquées au feutre indélébile. Les photos numériques prises sur ces feuilles, au cours du temps, permettent de déterminer la surface foliaire grâce au logiciel Mesurim Pro. Ainsi, en dehors de la surface foliaire, les paramètres mesurés sur les plants sont:

- Le diamètre de la tige mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au niveau de l'insertion des premières feuilles;

- La hauteur de la tige mesurée du collet jusqu'à l'extrémité de la dernière feuille;
- La production obtenue par pesée de la biomasse fraîche de feuilles et de tiges d'oseille juste après chaque récolte ou coupe réalisée à 10 cm du sol; la première récolte a été effectuée à 43 JAS tandis que la 2^{ème} récolte a eu lieu à 78 JAS, soit 35 jours après la 1^{ère} coupe.

Méthodes d'analyses physico-chimiques

Le sol a été analysé pour sa granulométrie, déterminée après destruction des ciments à la pipette de Robinson-Khön (argiles et les limons fins) et par tamisage (sables), son pH mesuré dans une suspension solide/eau distillée ou KCl 1 N de 1/2,5 (15), son azote total par la méthode Kjeldahl (12) et son carbone organique par la méthode Anne modifiée (2). Le phosphore assimilable dans le sol a été extrait par la méthode Olsen-Dabin (6) tandis que dans les cendres, elle s'est faite à l'eau distillée. Le phosphore en solution a été dosé selon la méthode Murphy et Riley (1962).

Sur 2 g de cendres légèrement humidifiées, 2 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 12 M ont été versés. Chaque échantillon a été filtré par la suite et homogénéisé dans une fiole jaugée de 100 ml (13). La solution obtenue a été soumise au spectromètre ICP-MS pour le dosage des éléments totaux Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ et Na^+ . Le pH des cendres a été mesuré dans une suspension solide/eau distillée de 1/5.

Analyses des résultats et traitement statistique

Les données collectées lors des différentes observations ont été analysées à l'aide du logiciel Xlstat 2007. Elles ont ensuite été soumises à une analyse de la variance au seuil de 5%. Le test de Newman et Keuls a servi pour la comparaison des moyennes.

Résultats

Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les résultats des analyses de sol (Tableau 1) ont montré que le sol était de couleur brun rougeâtre, de texture limoneuse (44,9%), qu'il avait une réaction acide (pH_{eau} de 5,4) et qu'il présentait une teneur élevée en matière organique. La teneur en azote total est correcte (5) tandis qu'en phosphore assimilable elle est très faible (2).

Analyse des cendres

Les cendres de *C. odorata* sont très riches en potassium et magnésium (Tableau 2).

Influence des traitements sur le comportement des plants

La collecte des données relatives à la recherche de l'effet des cendres de *C. odorata*, du NPK et des interactions entre les cendres et le NPK, a fait l'objet d'une analyse de la variance dont les résultats sont consignés dans le tableau 3. En dehors du diamètre qui n'a pas été influencé ($p > 0,05$) par l'apport de cendres et du NPK, tous les traitements à base du NPK ainsi que les interactions Cendres-NPK ont eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur tous les paramètres de croissance et de rendement (Tableau 3).

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur le diamètre de tiges

Les résultats obtenus, après apport des cendres de *C. odorata* et du NPK, sur la croissance diamétrale des tiges des plants d'oseille (*H. sabdariffa* L.) sont présentés à la figure 1. Leur analyse montre que la croissance des plants sur le sol fertilisé avec les différents intrants reste supérieure à celle des plants issus des traitements témoins.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la hauteur de tiges

Les courbes d'évolution de la hauteur des tiges sont présentées dans la figure 2. De 14 à 28 JAS, la croissance des plants de *H. sabdariffa* est similaire pour tous les fertilisants et quelle que soit la dose. La hauteur moyenne des plants est passée de $4,5 \pm 0,4$ cm à $9,4 \pm 1,7$ cm pour les cendres de *C. odorata* et de $5 \pm 0,6$ cm à $10 \pm 1,7$ cm sur les plants fertilisés avec le NPK. Dans la deuxième phase, 28 JAS à 42 JAS, l'augmentation de la hauteur de plants en présence de la dose M_3 (NPK à 23/10/19 mg/kg) a été supérieure aux courbes de croissance des plants fertilisés avec toutes les autres doses quel que soit le fertilisant. Par ailleurs, comme cela est apparu pour le paramètre diamètre de tiges, la hauteur de tiges des plants d'*H. sabdariffa* obtenue avec la dose C_2 (cendres à 667 mg/kg) de la cendre a été de 31% supérieure à celle observée avec la plus forte dose des cendres (cendres à 1000 mg/kg).

Tableau 1

Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0-20 cm du sol utilisé.

Caractéristiques physico-chimiques	pH _{eau}	pH _{KCl}	Phosphore, assimilable (mg/kg)	Carbone organique (g/kg)	Matière organique (g/kg)	Azote total (g/kg)	Argile (%)	Limons (%)	Sables (%)
Valeurs	5,4	4,1	4,8	48	97	3,3	16,6	44,9	38,5

Tableau 2Caractéristiques chimiques des cendres de *C. odorata* utilisées.

Caractéristiques chimiques	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	Na (mg/kg)	Phosphore soluble eau (mg/kg)	Azote total (mg/kg)	pH _{eau}
Valeurs	1208	11 311	65 836	70	650	100	9,6

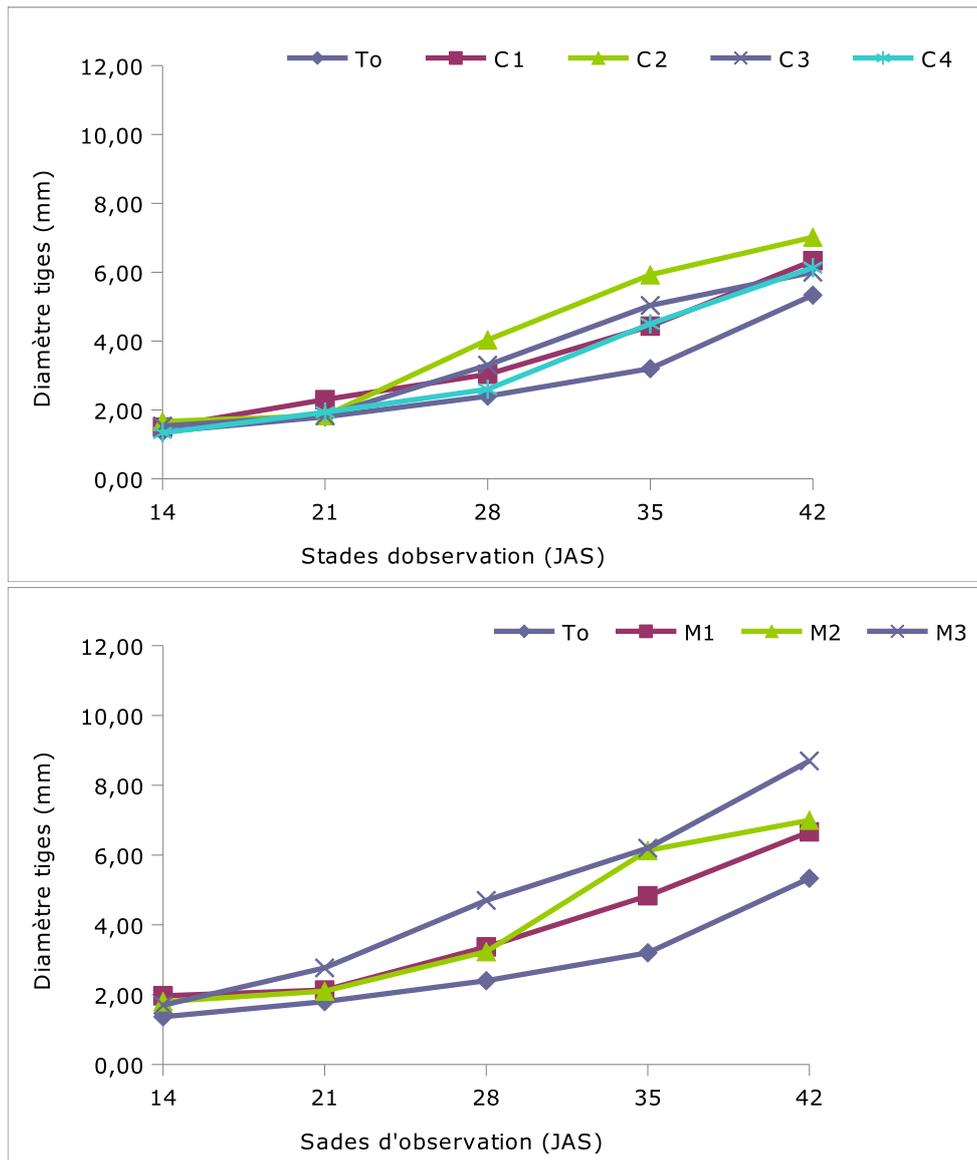
Tableau 3

Effet des traitements sur la croissance (à 42 JAS) et la production (à 43 et 78 JAS).

Traitements	Diamètre de tiges (mm)	Surface foliaire (cm ²)	Hauteur de tiges (cm)	Production 1 (g.sac ⁻¹)	Production 2 (g.sac ⁻¹)
T ₀	5f	100j	16d	71b	8bc
M ₁	7bcdef	137hi	26cd	112ab	15ab
M ₂	7bcdef	168de	31abcd	109ab	12bc
M ₃	8abcdef	172cd	33abc	121ab	15ab
C ₁	7bcdef	129i	27cd	84b	7c
C ₂	7bcdef	161ef	29bcd	101ab	11bc
C ₃	6f	140h	28cd	114ab	8bc
C ₄	6f	107j	20d	77b	9bc
C ₁ M ₁	9abcdef	174cd	37abc	112ab	16ab
C ₁ M ₂	9abcdef	191b	42ab	109ab	12bc
C ₁ M ₃	9abcdef	157f	37abc	121ab	19a
C ₂ M ₁	8abcdef	180c	39abc	106ab	14ab
C ₂ M ₂	10ab	210a	42ab	167a	19a
C ₂ M ₃	11a	198b	44a	118ab	15ab
C ₃ M ₁	8abcdef	180,5c	36abc	104ab	10bc
C ₃ M ₂	9abcdef	190b	37abc	106ab	16ab
C ₃ M ₃	10ab	168de	36abc	108ab	12bc
C ₄ M ₁	7bcdef	148g	34abc	100b	10bc
C ₄ M ₂	9abcdef	191b	36abc	102ab	9bc
C ₄ M ₃	11a	190b	40abc	128ab	12bc

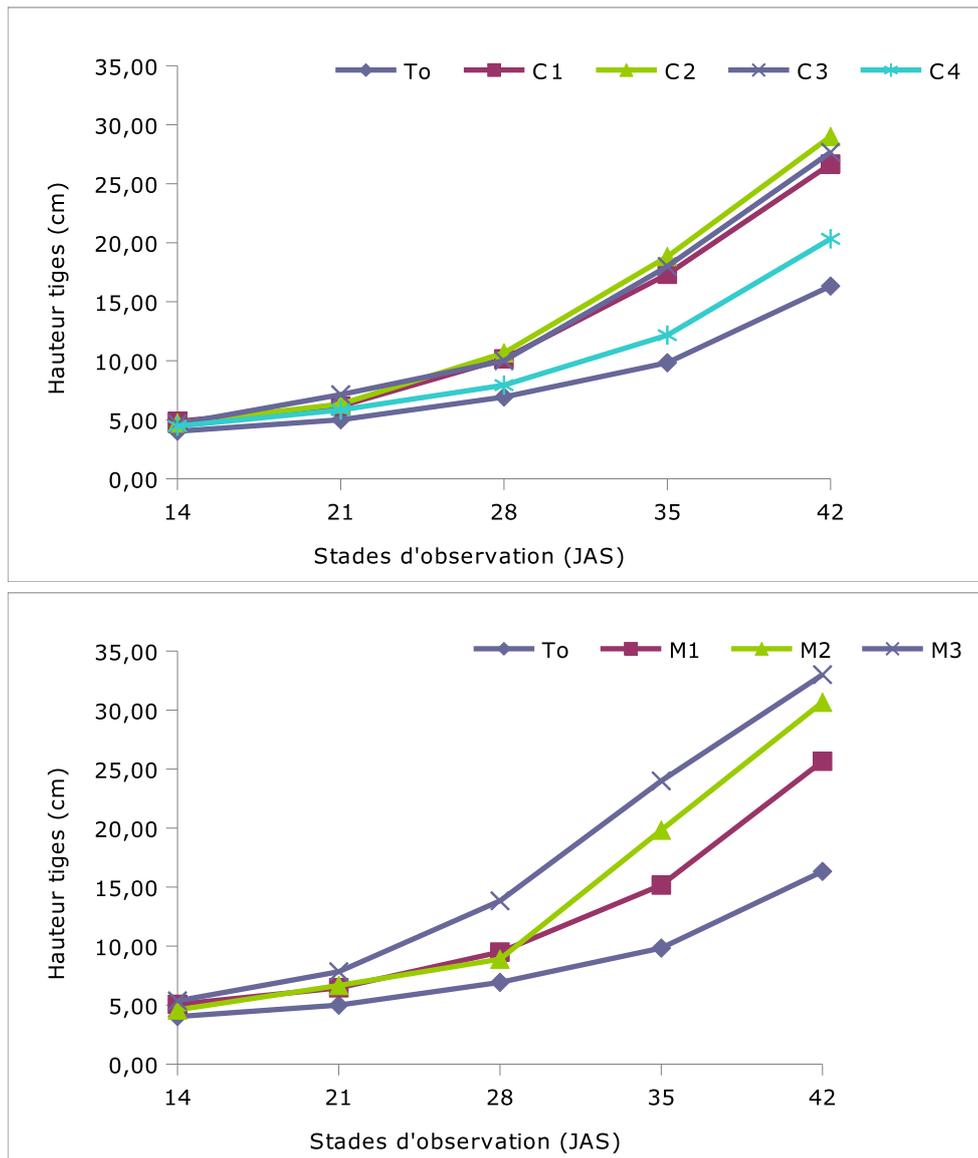
Légende: T₀ = témoin; C₁M₁ = 500 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK;C₁M₂= 500 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK; C₁M₃= 500 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₂M₁= 667 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK; C₂M₂ = 667 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₂M₃= 667 mg/kg cendres+23 mg/kg NPK; C₃M₁= 834 mg/kg cendres+16 mg/kg NPK;C₃M₂= 834 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK; C₃M₃= 834 mg/kg cendres+23mg/kg NPK;C₄M₁= 1000 mg/kg cendres+16-7-13 mg/kg NPK; C₄M₂ =1000 mg/kg cendres+19-8-16 mg/kg NPK;C₄M₃ = 1000 mg/kg cendres+23-10-19 mg/kg NPK.

Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents.



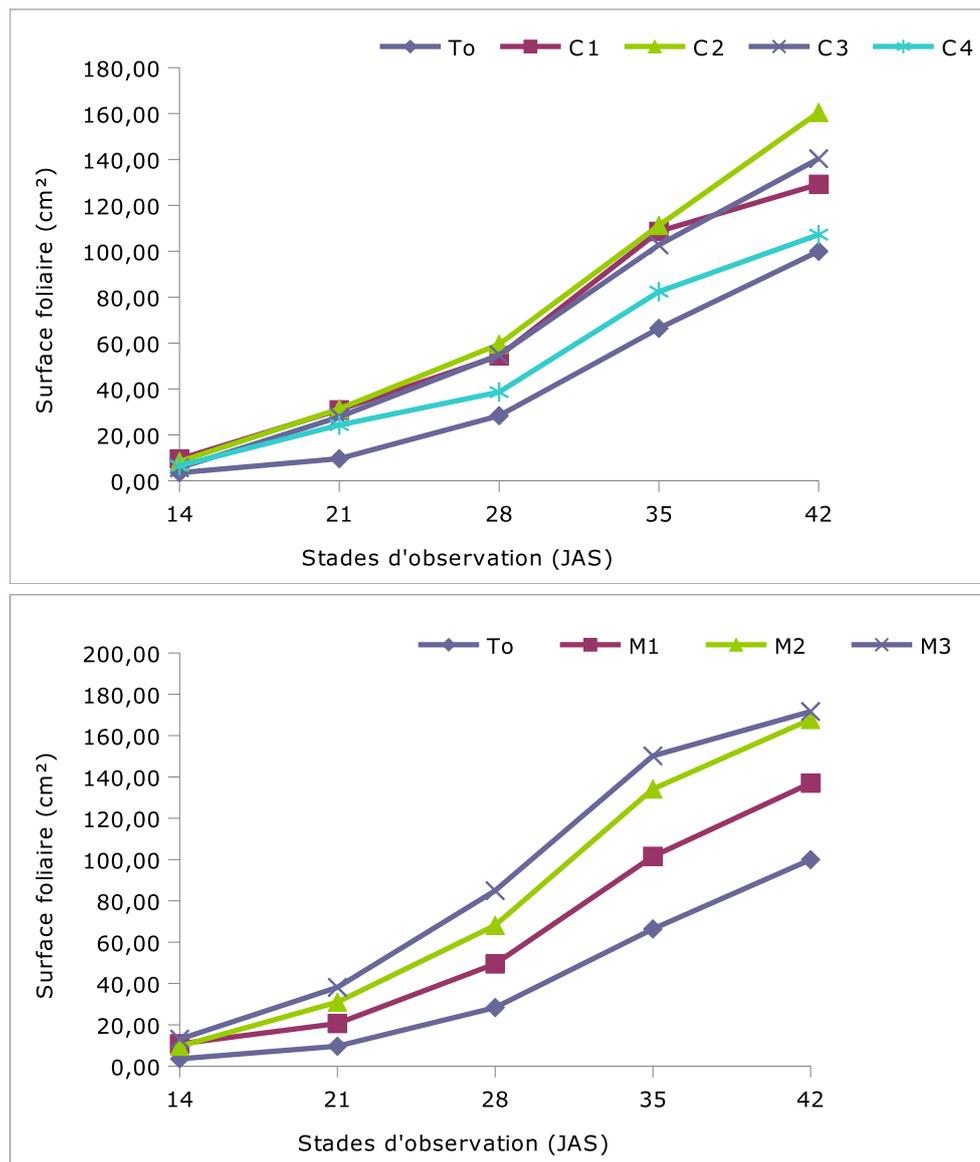
Légende: T_0 = témoin; C = cendres 500 mg/kg; C_2 = cendres 667 mg/sac; C_3 = cendres 834 mg/kg; C_4 = cendres 1000 mg/kg; M_1 = NPK 16-7-13 mg/kg; M_2 = NPK 19-8-16 mg/kg; M_3 = NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 1: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C_1 ; C_2 ; C_3 ; C_4) et de celles du NPK (M_1 ; M_2 ; M_3) sur la croissance du diamètre de tiges au cours du temps.



Légende: T₀= témoin; C₁= cendres 500 mg/kg; C₂= cendres 667 mg/sac; C₃= cendres 834 mg/kg; C₄= cendres 1000 mg/kg; M₁= NPK 16-7-13 mg/kg; M₂= NPK 19-8-16 mg/kg; M₃= NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 2: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C₁; C₂; C₃; C₄) et de celles du NPK (M₁; M₂; M₃) sur la croissance de la hauteur de plant au cours du temps.



Légende: T_0 = témoin; C_1 = cendres 500 mg/kg; C_2 = cendres 667 mg/sac; C_3 = cendres 834 mg/kg; C_4 = cendres 1000 mg/kg; M_1 = NPK 16-7-13 mg/kg; M_2 = NPK 19-8-16 mg/kg; M_3 = NPK 23-10-19 mg/kg.

Figure 3: Effet des doses croissantes des cendres de *C. odorata* (C_1 ; C_2 ; C_3 ; C_4) et de celles du NPK (M_1 ; M_2 ; M_3) sur la croissance de la surface foliaire au cours du temps.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la surface foliaire

L'allure des courbes de croissance de la surface foliaire au cours du temps (Figure 3) est similaire à celles du diamètre de tiges. Pour les cendres de *C. odorata*, de 14 à 35 JAS la surface foliaire a augmenté en moyenne de 88 cm² (soit 93%), tandis que de 35 à 42 JAS cette augmentation a été de 33 cm² (26%). En ce qui concerne le NPK, de 14 à 35 JAS la surface foliaire a augmenté en moyenne de 104 cm² (92%) contre 31 cm² (23%) d'augmentation observée entre 35 et 45 JAS. En présence du NPK, la surface foliaire a augmenté avec la dose apportée (Figure 3) ce qui n'a pas été le cas pour les cendres où les plants ayant reçu la plus forte dose ont présenté la surface foliaire la plus petite même si elle est restée plus élevée que le témoin.

Effet des cendres de *C. odorata* et du NPK sur la production

La production moyenne de biomasse fraîche de tiges et de feuilles était 10 fois supérieure à la première coupe (99 g/sac) à celle obtenue à la deuxième coupe (10 g/sac) (Tableau 3). Lorsqu'on considère uniquement la première coupe, l'ensemble les plants fertilisés ont eu une production significativement ($p < 0,05$) plus élevée et supérieure à celle des plants témoins. Par comparaison entre les deux fertilisants, le NPK a occasionné une réaction positive de *H. sabdariffa* L. non significativement différente de celle des cendres de *C. odorata*. L'application de 4,5 g/sac (M₃) du NPK a induit une production de *H. sabdariffa* L. de 120,7±0,4 g/m² tandis que la plus grande production avec les cendres (114±3,9 g/sac) a été observée en présence de 25 g/sac (C₃).

Ces résultats mettent également en évidence le caractère dépressif des cendres à la dose 30 g/sac (C₄) sur la croissance de *H. sabdariffa* L.

Effet des interactions entre les cendres et le NPK sur la croissance et la production de *H. sabdariffa* L.

Les hauteurs des tiges sont plus faibles dans le témoin T₀ que dans les autres traitements.

Le traitement C₂M₃ (cendres à 667 mg/kg + NPK à 23-10-19 mg/kg) a présenté les plants les plus vigoureux ayant un diamètre de 10,7±1,3 mm. Ensuite c'est en présence de C₂M₂ (cendres à 667 mg/kg + NPK à 19-8-16 mg/kg) que les plants ont mieux réagi et les valeurs obtenues pour la surface foliaire, la première et la seconde production sont respectivement de 209±4,92 cm²; 167±68 g/sac; 18,4±3 g/sac.

L'interaction C₄M₃ (cendres à 1000 mg/kg + NPK à 23-10-19 mg/kg) a présenté des résultats qui ne sont pas significativement différents de ceux observés avec C₂M₃ pour la hauteur de tiges (10,5±1,32 mm). Par ailleurs, les valeurs de la surface foliaire et de la première récolte enregistrées avec ce traitement (C₄M₃) se placent en deuxième position des meilleurs résultats obtenus. La comparaison des résultats obtenus avec les interactions Cendres-NPK par rapport à ceux produits par les cendres et le NPK de façon isolée, toutes doses confondues, révèle que pour tous les paramètres mesurés, les plants de *H. sabdariffa* ont eu une réaction, en présence des interactions (Cendres-NPK), supérieure à l'apport des fertilisants seuls de l'ordre de 22,3%; soient pour le diamètre, la hauteur, la surface foliaire et la production une supériorité respective de 18,5%; 25%; 18,5% et 27,6%.

Discussion

La bonne croissance des plants de *H. sabdariffa* L. et la production élevée observée dans les traitements fertilisés par rapport au témoin traduisent la nécessité de fertiliser ce sol carencé en phosphore et dont la teneur en azote ne serait pas suffisante pour assurer un bon développement du végétal. Le meilleur comportement du végétal a été remarquable avec la forte dose de NPK apporté. La réponse de *H. sabdariffa* en présence des cendres et du NPK peut s'expliquer par une amélioration de la fertilité chimique du sol utilisé. Les cendres de *C. odorata* renferment des teneurs élevées en Ca₂⁺, Mg₂⁺, K₊ et Na⁺ (tableau 2). Il est fort probable que les effets chaulant et fertilisant des cendres de bois révélés par Baziramakenga (5), Hébert et Breton (10); Kilpimaa *et al.* (11) caractérisent aussi les cendres de *C. odorata*.

Les travaux des auteurs cités ci-avant ont révélé que le pH des cendres de bois variait de 12 à 13. Cela a pu favoriser une meilleure absorption racinaire des éléments nutritifs (6, 16, 21). Par ailleurs, il a été démontré que l'apport des cendres de bois augmente la disponibilité en magnésium et améliore la structure dans les sols à cause de la présence de cations Ca_2^+ et Mg_2^+ (14). L'effet fertilisant des cendres a été constaté sur de nombreuses spéculations autres que *H. sabdariffa*. Des travaux rapportés par Hébert et Breton (2008) et réalisés sur les céréales et les cultures maraîchères autres que *H. sabdariffa*, ont permis d'observer une augmentation des rendements suite à l'apport des cendres de bois. En dehors de Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ et Na^+ , les cendres renferment du phosphore, du soufre et des oligoéléments (1, 10) qui jouent un rôle important dans la croissance végétale (10). Cependant, il est apparu qu'à forte dose (1000 mg/kg) les cendres n'assurent pas une bonne croissance des plants de *H. sabdariffa*. Les meilleurs résultats ont été observés avec C_3 (834 mg/kg) pour les cendres et M_3 (23 mg/kg) pour le NPK. La quantité en potasse apportée par les cendres est plus élevée que celles du calcium et du magnésium respectivement de l'ordre de 98% (55 fois) et 83% (6 fois). Ainsi, un excès de K^+ est susceptible de limiter l'absorption du calcium, du magnésium et de réduire la disponibilité du fer et du manganèse (5, 9, 21). Ce résultat ne concorde pas avec les travaux de Hébert et Breton (10) qui proposent, au sujet des cendres de bois, une dose maximum de 14 t/ha (soit 2,5 g/kg de sol) pour la croissance et la production des cultures tels le que maïs, le blé, le haricot et le soja.

Au cours de cette étude, la croissance et la production de *H. sabdariffa* ont été faibles lorsqu'on a appliqué de façon isolée les cendres et le NPK. À l'inverse, les interactions Cendres-NPK ont induit une réaction du végétal plus importante du point de vue croissance et production.

Le traitement C_2M_2 (cendres à 667 mg/kg + NPK à 19/8/16 mg/kg) a présenté les meilleures performances.

Conclusion

La recherche de la réponse de l'oseille à la fumure minérale, aux cendres de *C. odorata* et à la combinaison des deux fumures (NPK- *C. odorata*) a été faite à travers un essai en sacs sur un sol ferrallitique au Sud-Est du Gabon (Franceville). Les résultats ont montré que toutes les modalités de traitements ont engendré une réponse positive plus importante par rapport au témoin quel que soit le paramètre considéré.

En définitive, les résultats obtenus dans cette étude ont montré que les cendres de *Chromolaena odorata* peuvent être utilisées comme fertilisants à une dose raisonnable (667 mg/kg) pour espérer améliorer la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). Toutefois au cours de cet essai, les meilleures réponses du végétal ont été obtenues avec la combinaison C_2M_2 (cendres à 667 mg/kg + NPK 19-8-16 mg/kg).

Remerciements

Les auteurs remercient et l'Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies qui héberge le Laboratoire de sols et Environnement. Nos remerciements vont également aux Responsables de l'Unité de Recherche Agrobiologie de l'Université des Sciences et Techniques de Masuku.

Références bibliographiques

1. Augusto L., Bakker M.R. & Meredieu C., 2008, Wood ash applications to temperate forest ecosystems-potential benefits and drawbacks, *Plant Soil*, **306**, 181-198
2. Aubert G., 1978, *Méthodes d'analyses de sols*. Centre de Documentation Pédagogique de Marseille, CNDRP-CRDP, Marseille, France, 191.
3. Autfray P., 2002, *Effets de litières sur l'offre en azote d'origine organique dans des systèmes de culture de maïs à couvertures végétales: étude de cas dans la zone à forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 102 p.
4. Autfray P. & Gbaka H., 1998, *Chromolaena odorata adventice ou plante de couverture?* Bulletin d'information du CIEPCA, **1**, 3.

5. Baziramakenga R., 2003, Disponibilité du phosphore des biosolides et cendres des papetières, *Agrosol.*, **14**, 3-14.
6. Chamayou H. & Legros J.P., 1989, *Les bases de la science du sol. Techniques vivantes*. Presses Universitaires, Paris, 572 p.
7. Defoer T. & Wopereis M.C.S., 1998, *Challenges and technical opportunities for ricebased production systems for food security and poverty alleviation in Sud-Sahara Africa*. In : *Rice in global markets and Sustainable production systems, International Year of Rice*, FAO rice conference, Rome, Italie, 33.
8. Folefack D.P., Njomaha C. & Djouldé D.R., 2008, Diagnostic du système de production et de commercialisation du jus d'oseille de Guinée dans la ville de Maroua, *Tropicultura*, **26**, 211-215.
9. Gobat J.M., 2010, *Le sol vivant – Bases de pédologie – Biologie des sols*. 3^{ème} édition. Presses Polytechniques Romandes, Paris, 817 p.
10. Hébert M. & Breton B., 2008, Recyclage des cendres de bois au Québec. Etat de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales, *Agrosolutions*, **19**, 18-33.
11. Kilpimaa S., Kuokkanen T. & Lassi U., 2013, Characterization and utilization potential of wood ash from combustion process and carbon residue from gasification process, *Biores.*, **8**, 1011-1027.
12. Koné T., Koné M., Koné D., Traoré S. & Kouadio J.Y., 2011, Multiplication rapide du bananier plantain (*Musa* spp. AAB) *in situ*: une alternative pour la production en masse de rejets, *Agro. Afr.*, **23**, 21-31.
13. Linieres M., 1988, *Etude bibliographique des essais agronomiques relatifs à l'utilisation des composts urbains. Le problème de métaux lourds*. R&D Programme on recycling and utilization of waste. Commission des communautés Européennes (DGXII), 123 p.
14. Litzenger S.C. & Lip H.T., 1961, Utilizing Eupatorium L. to improve Crop yields in Cambodia, *Agron. J.*, **53**, 321-324.
15. Mathieu C. & Pietain F., 2003, *Analyse Chimique des sols: Méthodes Choisies*. Edition Tec et Doc, France 388 p.
16. Mérelle F., 1998, *L'analyse de terre aujourd'hui*. GEMAS, Nantes, 184 p.
17. Ministère des Affaires Etrangères, CIRAD & GRET, 2002. Mémento de l'Agronome, Paris, 1646 p.
18. Moni N.S., & George M.P., 1959, *Eupatorium odoratum* L. - A Common Weed Found in the Teak Plantations of Kerala State, *Indian Forester*, **85**, 728-730.
19. Mouaragadja I. & M'batchi B., 1998, Etude et identification de l'agent de la pourriture de l'Oseille de guinée au Gabon, *CODEN FRUIAS*, **53**, 57-68.
20. Murphy J. & Riley I.P., 1962, A modification single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Anal. Chim. Acta.*, **27**, 6-31.
21. Ondo J.A., 2011, *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville): acidification et mobilité des éléments métalliques*. Thèse de doctorat, Université de Provence, 321 p.
22. Ognalaga M. & Itsoma E., 2014, Effet de *Chromolaena odorata* et de *Leucaena leucocephala* sur la croissance et la production de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Agro. Afr.*, **26**, 45-55.
23. Patterson S.J., Acharya S.N., Thomas J.E., Bertschi A.B. & Rothwell R.I., 2004, Barley biomass and grain yield and canola seed yield response to land application of wood ash, *Agron. J.*, **96**, 971-977.
24. Raemaekers R.H., 2001, *Agriculture en Afrique tropicale*. DGCI, Bruxelles, Belgique.

M. Ognalaga, Gabonais, PhD, Maître-Assistant, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.

C. Moupela, Gabonais, PhD, Maître-Assistant, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.

G.A. Mourendé, Gabonais, Ingénieur Agronome, Enseignant, Ecole Nationale de Développement Rural (ENDR), Gabon.

P.I.O Odjogui, Gabonaise, Ingénieur Agronome, Enseignante-Assistante, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies, Masuku, Gabon.