



Les teneurs en carbone, azote et phosphore du sol sur l'occurrence de *Lippia multiflora* M. (théier de savane) et la composition chimique de son huile essentielle extraite des feuilles au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire

Loua Barthélémy DIOMANDE^{1*}, Weiléko Hélène DOUGBA¹, Coffi KANKO²,
Brahima KONE³ et Albert YAO-KOUAME³

¹ Université Peleforo Gon Coulibaly (Korhogo, Côte d'Ivoire), Institut de Gestion Agropastorale,
Département Agriculture, 01 BP 2486 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

² Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), UFR SSMT,
Laboratoire de Chimie Organique Structurale, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

³ Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), UFR des Sciences de la Terre et des
Ressources Minières, Département des Sciences du sol, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

* Auteur correspondant, E-mail : dibalne@yahoo.fr, Tel : (225)09208426

RESUME

Pour améliorer les productions quantitative et qualitative de l'huile essentielle de *Lippia multiflora*, l'influence du sol via ses teneurs en carbone (C), azote total (NT), phosphore total (PT) et phosphore assimilable (PA) a été évaluée sur les Coefficients d'Abondance-Dominance (CAD) de la plante, le rendement et les teneurs des composés volatils. Trois peuplements naturels de *L. multiflora* ont été choisis le long d'une toposéquence dans la zone de Séguéla. Sur chaque peuplement, les CAD ont été évalués, les échantillons de feuilles et sol ont été prélevés. Le rendement des huiles essentielles a été calculé et la composition chimique de ces huiles a été analysée. Les teneurs en C, NT, PT et PA du sol ont été déterminés. Des corrélations ont été établies entre les nutriments du sol et les CAD ainsi que les rendements et les teneurs des constituants majoritaires des huiles essentielles. Les résultats ont montré l'influence significative du phosphore assimilable et de l'azote total du sol sur l'occurrence, le rendement et les teneurs des constituants majoritaires des huiles essentielles de *L. multiflora*. La culture de *L. multiflora* nécessiterait un apport de phosphore et d'azote au sol pour produire une huile essentielle de chémotype *1,8-Cinéole* dans les feuilles.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Lippia multiflora*, huile essentielle, chémotype, toposéquence, nutriments du sol.

INTRODUCTION

Lippia multiflora Moldenke (théier de savane), est un arbuste aromatique boisé, en végétation naturelle, dans les écologies tropicales. Cette plante a été identifiée dans les savanes de l'Afrique occidentale, de la Gambie au Nigéria. En Côte d'Ivoire, elle se développe depuis la zone de contact forêt-

savane jusqu'aux régions du Nord en passant par les régions du Centre. *Lippia multiflora* connaît, aujourd'hui, un intérêt grandissant à cause de ses vertus biomédicales, pesticides et cosmétiques. En effet, elle offre une diversité d'usages en pharmacopée et en médecine : les infusions de ses feuilles sont traditionnellement utilisées pour le traitement

de la bronchite, de l'entérite, du paludisme, de la toux, des fièvres et des troubles gastro-intestinaux (Pascual et al., 2001). Outre son potentiel médical, *L. multiflora* pourvoit des adjuvants cosmétiques (Oladimeji et al., 2000) et pesticides (Etienne et al., 2011).

Toutes ces qualités lui sont attribuées essentiellement par l'huile essentielle extractible des feuilles (Pascual et al., 2001). A cet effet, plus de 42 composés volatils ont été identifiés dans l'huile de *L. multiflora* (Diomandé, 2014) avec des propriétés spécifiques pour chaque composé (Abena et al., 2001).

Vu l'intérêt présenté par les composés chimiques de l'huile essentielle de *L. multiflora*, son utilisation peut être un atout supplémentaire pour les industries pharmaceutique et cosmétique dans les zones de sa prévalence, telles qu'en Afrique subsaharienne. Cette éventualité y constituerait un moyen de réduction substantielle de la pauvreté et un atout supplémentaire pour les populations rurales, dépendantes d'une économie tertiaire.

Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de produire de l'huile essentielle en quantité et en qualité voulues pour soutenir durablement une telle industrialisation. Or, *L. multiflora* demeure surtout une plante invasive et la qualité de l'huile essentielle est très variable (Oussou et al., 2008), même à l'intérieur d'une zone écologique et pour un génotype donné avec des effets saisonniers et environnementaux incluant ceux du sol (Owolabi et al., 2009). A cet effet, des travaux visant à développer des systèmes de cultures de *L. multiflora* sont connus (Yao-Kouamé et Fako, 2008) alors que la détermination des chémotypes n'a été que descriptive pour différentes zones écologiques (Folashade et Omoregie, 2012) en absence d'analyse explicative et compréhensive qui permettraient une maîtrise des quantités et qualités de la production. Une telle analyse est possible du fait qu'il est établi des relations entre certaines caractéristiques chimiques du sol et l'occurrence de certaines adventices dans certains écosystèmes de l'Afrique subsaharienne (Koné et al., 2013). C'est pourquoi, une étude de prospection, dans une

zone d'occurrence naturelle de *L. multiflora* en Cote d'Ivoire, a lieu pour la cueillette des feuilles, l'extraction et l'analyse chimique de l'huile essentielle en rapport avec trois segments topographiques du paysage en considérant les teneurs du sol en carbone (C), azote total (NT), phosphore total (PT) et phosphore assimilable (PA). L'objectif étant d'identifier les nutriments du sol qui affecteraient l'occurrence de *L. multiflora*, le rendement et la nature chimique de son huile essentielle. A terme, on devra recommander une stratégie de gestion de la fertilité des sols pour une production quantitative et qualitative de *L. multiflora*.

MATERIEL ET METHODES

Zones d'étude

L'étude a été conduite dans le département de Séguéla, précisément dans la localité de Niangoro, au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. La zone de Séguéla se situe dans une zone de contact de forêt-savane dans le domaine guinéen, s'étendant sur une largeur de 30 à 40 km. Dans cette région, règne un climat de transition entre deux types différents, l'un équatorial, à deux saisons des pluies et l'autre, subéquatorial, avec disparition de la petite saison sèche. La pluviométrie annuelle oscille autour de 1300 mm. La saison pluvieuse part de mai à mi-octobre, avec un maxima d'environ 250 mm. Les variations de la température sont plus importantes en savane qu'en forêt. Pendant la dernière décennie, l'ETP est passée d'environ 1480 mm, dans le Sud, à 1580 mm au Nord de la zone. Le déficit hydrique pendant la saison sèche, dans cette zone, est d'environ 500 mm pour 7 mois (SODEXAM, 2012). Dans le département de Séguéla, deux catégories de roches peuvent être observées : des roches cristallines et des roches métamorphiques. Le relief est fait essentiellement de plateaux et de collines granitiques, avec une altitude moyenne de 260 m. La savane est de type herbeux. La taille moyenne des espèces herbacées avoisine 5 m de haut. C'est ce type de savane qui constitue le biotope de *L. multiflora* (Figure 1) à Séguéla.

Le site d'étude, dont les coordonnées géographiques sont 08°00,970' N –

006°39,480' W, est situé sur le versant d'un plateau (Figure 2) à sommet gravillonnaire, haut de 295 m. Le sol est profond d'environ 40 cm au sommet, d'environ 60 cm en haut de versant et de plus de 2 m au bas et à mi-versant. Au sommet et en haut de versant, le sol est du type Umbric leptosol. Tandis que, sur la mi-versant et le bas de versant, les sols sont respectivement du type Paraplinthic ferralsol et Dystric gleysol (Diomandé, 2014). Le peuplement naturel de *L. multiflora* s'étend du haut jusqu'au bas de versant avec un Coefficient d'Abondance-Dominance (CAD) égal à deux (2), selon l'échelle d'abondance-dominance de Braun-Blanquet sur au moins un hectare (Diomandé et al., 2014a).

Echantillonnage des feuilles et du sol

Au niveau de chaque segment topographique, un échantillonnage stratifié égal a été réalisé (Diomandé et al., 2015). Les feuilles de *L. multiflora* ont été prélevées, au stade de floraison (en novembre 2012), sur trente deux (32) pieds choisis au hasard sur 1 ha, au zénith (11 h -12 h). Les feuilles prélevées ont été mélangées afin d'homogénéiser l'ensemble. De cet ensemble, 1 kg d'échantillon composite de feuilles a été confectionné et conservé à la carboglace jusqu'au lieu de séchage. Durant l'échantillonnage des feuilles, à l'aide d'une tarière, un échantillon composite de sol (1 kg) a été également prélevé, là où les feuilles ont été récoltées. Les prélèvements ont eu lieu à des profondeurs 0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm et 60 – 80 cm, sauf au sommet et en haut de versant où le sol est profond respectivement d'environ 40 cm et 60 cm. A la même position topographique, aux mêmes profondeurs, à 50 m de la parcelle de peuplement naturel de *L. multiflora* étudiée, des échantillons similaires de sol ont été également confectionnés là où ne poussent pas *L. multiflora*. Au total, 24 échantillons de sol ont été prélevés contre 3 échantillons de feuilles.

Extraction, calcul de rendement et analyse de l'huile essentielle

Avant l'extraction des huiles, les échantillons de feuilles ont été séchés à l'ombre durant au moins sept jours. Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation durant 3 heures à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Le rendement d'extraction de l'huile essentielle est déterminé à partir la formule ci-après :

Rendement (%) = [Masse de l'huile essentielle (MHE) / Masse de feuilles séchées] x 100 ; avec la masse exprimée en gramme (g).

L'analyse des huiles essentielles a été effectuée par la chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse. Le couple chromatographe en phase gazeuse et spectromètre de masse est de type Hewlett-Packard (GC 5890 série II). Le mode opératoire utilisé a été décrit par Etienne et al. (2011). Les spectres de masse des différents constituants sont analysés par un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse (NBS75K/NIST98) et comparés individuellement aux données de la littérature (Adam's, 2007) afin d'identifier les différents composants des huiles essentielles.

Analyse du sol

Les analyses du sol en laboratoire ont concerné la détermination des teneurs du sol en carbone total (C) par la méthode de Walkley et Black, en azote par la méthode Kjeldhal et en phosphore par la méthode de Olsen modifiée par Dabin (Pansu et Gautheyrou, 2003).

Analyses statistiques

Des analyses de corrélation ont été effectuées entre les teneurs des nutriments du sol (C, N, PT et PA) et CAD (Coefficient d'Abondance-Dominance) ainsi que le rendement et les teneurs des composés volatils de *L. multiflora* en différentes profondeurs du sol (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm et 60 – 80 cm). Les analyses de corrélation de Pearson ont été faites à l'aide du logiciel SAS version 8 au seuil de $\alpha = 5\%$.



Figure 1 : Des pieds de *Lippia multiflora* au stade de floraison en milieu naturel.

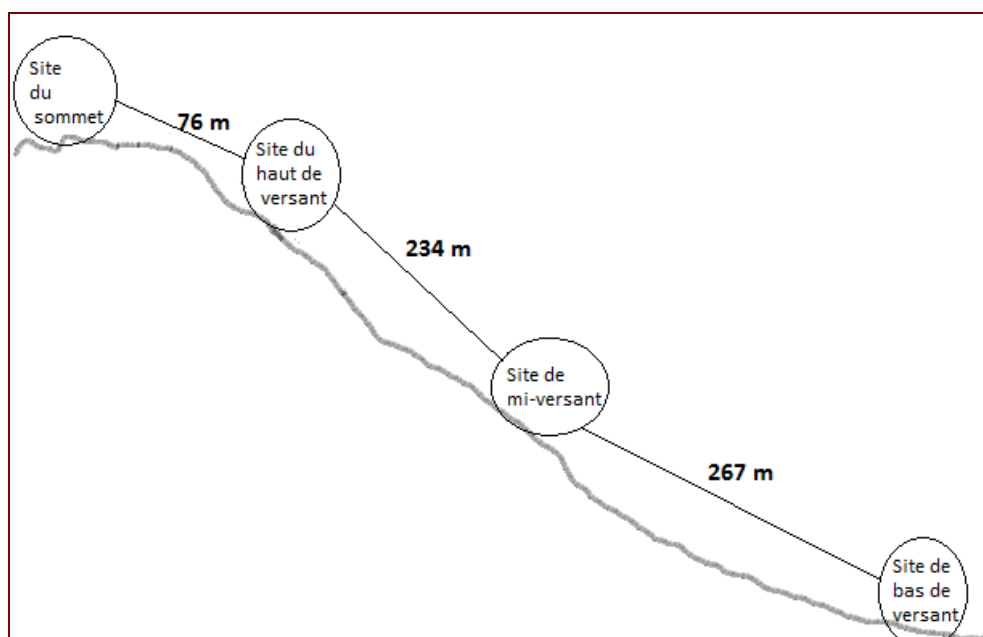


Figure 2: Schéma de la toposéquence avec les sites d'étude.

RESULTATS

Nutriments du sol

Les teneurs du sol en C, N, PT et PA, après analyse, sont présentées dans le Tableau 1.

Ce tableau révèle que les sols étudiés ont des teneurs en C et N exclusivement faibles ($< 1 \text{ g.kg}^{-1}$) et les teneurs moyennes en PT élevées ($> 50 \text{ mg.kg}^{-1}$) aussi bien sous occurrence que sans occurrence de *L. multiflora*. Quant au PA, au niveau de chaque segment topographique, sa teneur moyenne reste faible ($< 25 \text{ mg.kg}^{-1}$) dans les sols sans occurrence de *L. multiflora* tandis qu'elle est normale (comprise entre 25 et 50 mg.kg^{-1}) sous occurrence de *L. multiflora*.

Rendement et composition chimique des huiles essentielles

Les rendements des huiles essentielles associés aux CAD sont consignés dans le Tableau 2. Ce tableau montre que les rendements sont inférieurs à un (1) et décroissent du haut vers le bas de versant.

La nature, le nombre et la teneur des constituants chimiques des huiles essentielles sont présentés dans le Tableau 3. Ce tableau met en évidence la présence de trente cinq (35) composés volatils dans l'huile essentielle de *L. multiflora* à Séguéla. Cette huile se distingue par une forte teneur des monoterpènes oxygénés. Les composés majoritaires sont 1,8-cinéole, sabinène, linalol, α -terpinéol, myrcène, (E)- β -farnésène et (E)- β -caryophyllène. Ils représentent plus de 80% de la teneur des constituants totaux. Parmi ceux-ci, 1,8-cinéole, seul, fait plus de 40% de la teneur des constituants totaux ;

donc l'huile essentielle obtenue est de race chimique ou chémotype 1,8-cinéole.

Corrélation entre les nutriments du sol et le CAD ainsi que le rendement

Le Tableau 4 présente les coefficients de corrélation, avec leur probabilité, entre les nutriments du sol et le CAD ainsi que le rendement.

Ce tableau montre une corrélation non significative ($p > 0,05$) entre les teneurs du sol en C, NT et PT du sol et le CAD. Par contre, on note une forte corrélation positive ($r > + 0,80$) et significative ($p < 0,05$) entre le CAD et PA sur une profondeur de 0 à 40 cm du sol ; au delà de cette profondeur, la corrélation n'est plus significative. Concernant le rendement, il ne corrèle positivement ($r > + 0,60$) et significativement qu'avec les teneurs du sol en NT et PA pour les profondeurs comprises entre 0 et 40 cm.

Corrélation entre les nutriments du sol et la teneur des composés volatils

Le Tableau 5 présente les coefficients de corrélation, avec sa probabilité, entre les nutriments du sol et la teneur des composés volatils.

Ce tableau met en évidence une corrélation non significative ($p > 0,05$) entre les teneurs du sol en C, NT et PT du sol et les composés majoritaires de l'huile essentielle. Cependant, la corrélation entre les composés majoritaires et PA du sol est fortement positive ($r \geq 0,75$) et significative.

Tableau 1 : Teneurs des nutriments du sol.

SEG TOPO	P (cm)	C (gkg ⁻¹)	N (gkg ⁻¹)	PT (mgkg ⁻¹)	PA (mgkg ⁻¹)
St	0-20	0,80	0,04	118	16
	20-40	0,80	0,03	72	13
HVL	0-20	0,82	0,08	141	33
	20-40	0,82	0,08	118	44
	40-60	0,80	0,07	142	55
HVS	0-20	0,41	0,05	259	16
	20-40	0,38	0,03	119	11
	40-60	0,22	0,02	95	14
MVL	0-20	0,62	0,05	118	45
	20-40	0,46	0,04	72	21
	40-60	0,42	0,04	118	65
	60-80	0,40	0,04	112	71
MVS	0-20	0,21	0,05	141	15
	20-40	0,43	0,03	118	13
	40-60	0,38	0,02	142	12
	60-80	0,22	0,01	121	17
BVL	0-20	0,53	0,14	259	56
	20-40	0,38	0,03	119	28
	40-60	0,22	0,02	95	12
	60-80	0,21	0,01	92	10
BVS	0-20	0,43	0,06	118	15
	20-40	0,38	0,03	72	13
	40-60	0,22	0,02	118	10
	60-80	0,21	0,01	112	11

SEG TOPO : Segment topographique, St: Sommet, H: Haut, M : Mi, B : Bas, V: Versant, L: Présence de *Lippia multiflora*, S : Absence de *Lippia multiflora*.

Tableau 2 : CAD de *L. multiflora* et rendement des huiles essentielles.

Segment topographique	CAD	Rendement (%)
Sommet	0	0
Haut de versant	2	0,53
Mi-versant	2	0,48
Bas de versant	2	0,22

CAD : Coefficient d'Abondance-Dominance.

Tableau 3 : Composition chimique des huiles essentielles.

Constituants chimiques	Séguéla		
	Haut de versant	Mi-versant	Bas de versant
Monoterpènes hydrocarbonés			
α -Thujène	0,2	0,3	0,2
α -Pinène	3	2,7	2,2
Camphène	tr	Tr	tr
Sabinène	11,4	11,6	10,2
β -Pinène	1,7	1,5	1,3
Myrcène	3,4	3,1	2,1
α -Phellandrène	1	5,2	1,8
Para-Cymène	3,2	1,4	1
Terpinolène	tr	0,1	Tr
(Z)- β -Ocimène	0,3	0,8	0,9
(E)- β -Ocimène	tr	Tr	0,1
% des monoterpènes hydrocarbonés	24,2	26,7	19,8
Monoterpènes oxygénés			
6-methyl-5-hepten-2-one	0,2	Tr	0,1
Cis-Sabinène hydrate	0,4	0,5	0,4
1,8 Cinéole	45,6	40,7	40,4
Linalol	8,7	10,1	17,4
Trans-Pinocarvéol	0,1	Tr	0,1
Trans-limonène oxide	0,1	Tr	0,2
δ -Terpinéol	0,4	0,5	0,5
Terpinèn-4-ol	0,5	Tr	0,3
α -Terpinéol	5,4	6,8	7,8
Néral	0,9	0,9	0,1
Géranol	0,6	Tr	0,1
Géranial	1,2	1,2	0,2
% des monoterpènes oxygénés	64,1	60,7	67,6
Sesquiterpènes hydrocarbonés			
α -Copaène	0,2	Tr	0,2
β -Bourbonène	0,1	Tr	0,1
β -Cubébène	0,3	Tr	0,2
(E)- β -Caryophyllène	3,2	4,2	3,3
(E)- β -Farnésène	3,3	2,8	3,6
Sesquisabinène	0,9	0,4	0,6
Germacrène D	1,6	4,1	2
α -Muuroolène	0,4	Tr	0,1
β -Bisabolène	0,1	Tr	0,3
δ -Cadinène	0,2	Tr	0,3
% des sesquiterpènes hydrocarbonés	10,3	11,5	10,7
Sesquiterpènes oxygénés			
(E)-Nérolidol	0,6	Tr	0,4
Oxide de Caryophyllène	0,4	Tr	0,2
% des sesquiterpènes hydrocarbonés	1	Tr	0,6
Total	99,6%	98,9%	98,7%

Tr : Trace

Tableau 4 : Coefficients de corrélation, avec sa probabilité, entre les nutriments du sol et le CAD ainsi que le rendement et la teneur des composés volatils

Nutriments du sol	Coefficients de corrélation avec sa probabilité							
	CAD				Rendement			
	0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
C	r=0,65 p=0,11	r=0,15 p=0,75	r=0,44 p=0,31	r=0,53 p=0,22	r=0,56 p=0,13	r=0,23 p=0,55	r=0,45 p=0,41	r=0,49 p=0,32
NT	r=0,62 p=0,14	r=0,57 p=0,18	r=0,65 p=0,11	r=0,68 p=0,09	r=0,76 p=0,01	r=0,61 p=0,03	r=0,71 p=0,16	r=0,65 p=0,19
PT	r=0,11 p=0,81	r=0,17 p=0,72	r=0,002 p=0,99	r=-0,04 p=0,93	r=0,23 p=0,14	r=0,34 p=0,15	r=0,47 p=0,11	r=0,29 p=0,67
PA	r=0,92 p=0,003	r=0,82 p=0,02	r=0,72 p=0,07	r=0,65 p=0,11	r=0,78 p=0,01	r=0,89 p=0,03	r=0,91 p=0,17	r=0,84 p=0,20

Tableau 5 : Coefficients de corrélation, avec sa probabilité, entre les nutriments du sol et la teneur des composés volatils.

Nutriments du sol	Coefficients de corrélation avec sa probabilité						
	1,8-cinéole	sabin-ène	Linalol	α -Terpinéol	mycrène	(E)- β -farné-sène	(E)- β -caryophyllène
C	r=0,75 p=0,11	r=0,35 p=0,55	r=0,44 p=0,31	r=0,53 p=0,22	r=0,51 p=0,13	r=0,23 p=0,55	r=0,45 p=0,41
NT	r=0,62 p=0,14	r=0,57 p=0,18	r=0,65 p=0,11	r=0,58 p=0,16	r=0,76 p=0,31	r=0,61 p=0,23	r=0,71 p=0,16
PT	r=0,11 p=0,81	r=0,17 p=0,77	r=0,41 p=0,69	r=-0,04 p=0,93	r=0,23 p=0,19	r=0,37 p=0,11	r=0,57 p=0,11
PA	r=0,86 p=0,01	r=0,82 p=0,02	r=0,76 p=0,01	r=0,75 p=0,04	r=0,78 p=0,01	r=0,89 p=0,03	r=0,91 p=0,00

DISCUSSION

Les teneurs en carbone et azote dans les sols, de nos différentes zones d'étude, sont faibles ($< 1 \text{ g.kg}^{-1}$ (Assa, 2005)). Ces niveaux faibles de carbone et d'azote caractérisent bien les sols sous savane guinéenne (Diomandé et al., 2014b). En effet, le carbone et l'azote du sol proviennent essentiellement des végétaux supérieurs, après décomposition de la litière. Dans cette savane, la plupart des facteurs, influençant la dynamique de cette litière, favorise la perte du carbone et de l'azote du sol. Il s'agit principalement des feux de brousse cycliques et les systèmes de culture itinérante (Koné et al., 2009). Les feux de brousse consomment toute la matière végétale sèche pour la transformer en cendre (matière très érodable). Les systèmes de culture itinérante ne donnent pas le temps nécessaire au sol de reconstituer son stock naturel de carbone et d'azote (Bationo et Buerkert, 2000).

La teneur en phosphore total est beaucoup supérieure à celle du phosphore assimilable. En effet, dans les sols tropicaux, seulement quelques kilogrammes de phosphore sont présents en solution dans les sols, sous forme de composés anioniques tels que le P (HPO_4^{2-} , HPO_4^-), directement assimilables par les plantes. Les phosphates se trouvent, généralement, associés à des cations, à des oxydes ou à des hydroxydes métalliques dans les sols (Craaq, 2008). Le niveau de disponibilité des différentes formes d'orthophosphates varie grandement. Certains se retrouvent rapidement en solution, d'autres migrent plus lentement, de la phase solide vers la solution, et d'autres ne se solubilisent qu'avec l'activité d'organismes vivants (Lompo et al., 2008). Le pH, dans la zone de Séguéla, variant autour de 5,6 (Diomandé, 2014). Le phosphate de chaux est beaucoup plus soluble, d'où le niveau normal (compris entre

25 et 50 mg.kg^{-1} (Assa, 2005)) du phosphore assimilable dans le sol étudié (Michaud et Laverdière, 2004).

Les rendements en huile essentielle sont inférieurs à un (1) et décroissent du haut vers le bas de versant. Le faible rendement ($r < 1$) serait lié à l'âge de la plante. En effet, à la floraison, le métabolisme produisant de l'huile serait plus intense au niveau des fleurs que les feuilles. Ce qui explique le rendement en huile essentielle généralement plus élevée au niveau des fleurs que les feuilles (Kanko et al., 2004). La décroissance du rendement de l'huile essentielle du haut au bas de versant serait due à la durée de l'insolation que connaît chaque position topographique. En effet, les points situés plus hauts reçoivent l'insolation avant ceux qui sont plus bas, donc ils sont plus exposés aux fortes températures. Or, Cicile (2002) a montré que le rendement de l'huile essentielle diminue avec la température.

Les huiles essentielles obtenues sur les trois sites ont une forte teneur en monoterpènes, précisément en monoterpènes oxygénés. Cette caractéristique est conforme aux huiles essentielles de *L. multiflora* telle que décrite par Diomandé (2014) dans quatre différentes zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire.

La corrélation positive et significative entre la teneur du sol en NT et le rendement indique que l'azote du sol agit sur le rendement de l'huile essentielle. En effet, la teneur en azote du sol exerce une action déterminante sur la production de l'huile essentielle de *L. multiflora* (Diomandé et al., 2014a).

La forte corrélation positive et significative entre PA du sol et le CAD ainsi que le rendement et les teneurs des composés majoritaires de l'huile essentielle met en évidence l'influence de la teneur du phosphore assimilable du sol sur l'occurrence

de *L. multiflora* et la production de son huile essentielle. En effet, la teneur du phosphore assimilable augmente avec l'occurrence de *L. multiflora* et la production de son huile essentielle. Ce résultat s'expliquerait par le caractère temporel du phosphore fixé aux cations, composés majoritairement, d'aluminium, du fer et du calcium dans des conditions de pH faible (<5,5), contrastant avec les caractéristiques du sol des zones d'étude. Il va s'en dire que ces liaisons chimiques sont formées dans des conditions précaires, les prédisposant facilement à une rupture. En effet, diverses interactions chimiques dans le sol faisant intervenir des anions peuvent libérer le phosphore pour sa biodisponibilité (Craaq, 2008), dépendant des conditions locales. A la lumière de cette analyse, le phosphore est indiscutablement le nutriment du sol le plus important pour la production de *L. multiflora* et de son huile essentielle. Ce rôle du phosphore a été mis en exergue par Diomandé et al. (2014ab, 2015). Sur le cumin, Tunctürk et Tunctürk (2006) a également indiqué une dose optimale de phosphore (40 kg.ha⁻¹) pour l'obtention de fortes concentrations d'huile essentielle de cumin. En effet, le phosphore rentre dans la constitution de l'isoprène actif ou IPP (Isopentenyl pyrophosphate), l'unité de base de l'enchaînement des terpènes. Il joue un rôle important dans la physiologie des plantes aromatiques (Simard et al., 2013).

Conclusion

Outre les travaux déjà réalisés qui indiquent le rôle prépondérant du phosphore du sol sur l'occurrence et la biosynthèse des composés aromatiques de *L. multiflora* au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire, cette étude révèle également l'importance de la biodisponibilité du phosphore dans le sol au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Dans la zone d'étude, la teneur du phosphore influence,

non seulement, l'occurrence de *L. multiflora* mais aussi, le rendement et la synthèse des composés volatils de son huile essentielle extraite des feuilles. Les composés volatils dominants identifiés sont 1,8-cinéole, sabinène, linalol, α -terpinéol, myrcène, (E)- β -farnésène et (E)- β -caryophyllène. Pour ces composés, le phosphore a montré une influence sur leurs concentrations respectives.

Une contribution essentielle de cette étude est l'identification des nutriments du sol pouvant influencer l'occurrence et la production de l'huile essentielle de *L. multiflora* faisant ainsi une ouverture pour l'approfondissement des connaissances en vue d'une maîtrise des stratégies de production de cette espèce végétale à fort potentiel économique qui reste néanmoins, une espèce adventice.

Il est recommandé d'approfondir ces résultats par des tests impliquant la réponse aux doses de phosphore pour développer une stratégie de production quantitative et qualitative de *L. multiflora*.

REFERENCES

- Abena AA, Atipo-Ebata JK, Hondi AT, Diatewa M. 2001. Psychopharmacological properties of crude extract and essential oil of *Lippia multiflora*. *Encephale*, **27**(4): 360-364.
- Adam's RP. 2007. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry* (4th edn). Carol Stream: USA.
- Assa A. 2005. *Précis de pédologie à l'Usage des Etudiants du Second Cycle des Etudes Universitaires*. Editions Universitaires : Côte d'Ivoire ; 92.
- Cicile J-C. 2002. Distillation. Absorption Etude pratique. Techniques de l'Ingénieur J 2610, pp1-20.

- Craaq. 2008. Les sources, les formes et la gestion du phosphore en milieu agricole. Fiche technique n°2, pp 1-3.
- Bationo A, Buerkert A. 2000. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **61**:131-142.
- Diomandé LB. 2014. Incidence des caractéristiques morphologiques et chimiques du sol sur l'occurrence du théier de savane (*Lippia multiflora*, Verbenaceae) et la composition chimique de son huile essentielle extraite des feuilles en régions nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, p. 86.
- Diomandé LB, Brahim K, Etienne VT, Tié BT, Yao-Kouamé A. 2014a. Occurrence and leave extractable essential oil of *Lippia multiflora* M. (Verbenaceae) as affected by soil acidity, carbon, nitrogen and phosphorus contents in north Côte d'Ivoire. *Environment and Natural Resources Research*, **4**(2): 115-127.
- Diomandé LB, Kanko C, Tia VE, Koné B, Yao-Kouamé A. 2014b. Occurrence et composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora* M. (thé de savane) selon le pH, les teneurs en Carbone, en Azote et Phosphore du sol en zones de savane guinéenne en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, **10**(4): 93 – 108.
- Diomandé LB, Akotto OF, Kanko C, Tia VE, Yao-kouamé A. 2015. Occurrence and chemical composition of essential oil from *Lippia multiflora* M. (Verbenaceae) leaves as affected by soil carbon, nitrogen and phosphorus contents in the centre Côte d'Ivoire. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, **3**(1): 44-52.
- Etienne VT, Augustin AA, Sébastien LN, Gnago A, Jean TMPL, Menut C. 2011. Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential oils of two Aromatic plants from Ivory Coast against *Bemisia tabaci* G. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Natural Product Communications*, **6**(8): 1183-1188.
- Folashade KO, Omoregie EH. 2012. Essential oil of *Lippia multiflora* Moldenke: A review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **2**(01): 15-23.
- Kanko C, Sawaliho BE, Koné S, Koukoua G, N'guessan YT. 2004. Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. *Comptes Rendus Chimie*, **7**: 1039–1042.
- Koné B, Diatta S, Oikeh S, Gbalou Y, Camara M, Dohm DD, Assa A. 2009. Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur : usage de la couleur en morphopédologie. *Canadian Journal of Soil Science*, **89**(3): 331-342.
- Koné B, Amadji GL, Touré A, Togola A, Mariko M, Huat J. 2013. A Case of *Cyperus* spp. and *Imperata cylindrica* Occurrences on Acrisol of the Dahomey Gap in South Benin as Affected by Soil Characteristics: A Strategy for Soil and Weed Management. *Applied and Environmental Soil Science*, (ID 601058) : 7p.
- Lompo F, Bonzi M, Bado BV, Gnankambary Z, Ouandaogo N, Sedogo MP, Assa A. 2008. Influence à long terme des modes de gestion de la fertilité sur les formes,

- les fractions et le bilan minéral du phosphore d'un Lixisol du Burkina Faso en culture continue de sorgho. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2**(2): 175 – 184.
- Michaud A, Laverdière M. 2004. Cropping, soil type and manure application effects on phosphorus export and bioavailability. *Can. J. Soil Sci.*, **84**(3): 295-305.
- Oussou KR, Yolou S, Boti JB, Guessennd KN, Kanko C, Ahibo C, Casanova J. 2008. Etude chimique et activité antidiarrhéique des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne. *European Journal of Scientific Research*, **24**(1): 94-103.
- Owolabi SM, Ogundajo A, Lajide L, Oladimeji OM, Setzer NW, Palazzo CM. 2009. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Nigeria. *Rec. Nat. Prod.*, **3**(4): 170-177.
- Pascual ME, Slowing K, Carretero E, Sánchez MD, Villar A. 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, **76**(3): 201-214.
- Pansu M., Gautheyrou J. 2003. *L'Analyse du Sol - Minéralogique, Organique et Minérale* (2^{ème} edn). Springer-Verlag: Paris.
- Simard F, Rioux JA, Trépanier M, Lamy MP. 2013. *Stimulation par les Champignons Endomycorhiziens de la Synthèse de Composés Nutraceutiques et Aromatiques dans les Fruits et Légumes*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec : Canada ; 2p.
- SODEXAM. 2012. Données climatiques : zone Daloa. Base de données, SODEXAM (Côte d'Ivoire), 2 p.
- Tunctürk R, Tunctürk M. 2006. Effects of Different Phosphorus Levels on the Yield and Quality Components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, **2**: 336–340.
- Yao-Kouamé A, Fako K. 2008. Biochemical characteristic of *Lippia multiflora* (Verbenaceae) leaves with respect to fertilizer applied to the soil. *J. Plant Sci.*, **3**(4): 287 – 291.