



Effet de la densité de plantation sur le rendement et les composantes du rendement de *Lippia multiflora*, cultivée au sud de la Côte d'Ivoire.

[Population density effects on yield and yield components of *Lippia multiflora*, cultivated in south of Côte d'Ivoire]

N'guessan Kouamé Antoine^{1*}, Yao-Kouamé Albert¹, Ballo Koffi Célestin² et Alui Konan Alphonse¹

¹UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières. Université de Cocody-Abidjan ;

²Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire.

* **Auteur correspondant** email : nguessanantoine1@yahoo.fr. (225) 07426965

Original submitted on 24th May 2010. Published online at www.biosciences.elewa.org on September 9, 2010

RESUME :

Objectif : La présente étude a évalué le rendement et les composantes du rendement de *Lippia multiflora* en vue d'identifier la densité de plantation qui génère le rendement optimum.

Méthodologie et résultats : Cinq niveaux de densités (4444 ; 10000 ; 15625 ; 20000 et 40000 plants.ha⁻¹) correspondant respectivement aux écartements 1,5 m x 1,5 m ; 1 m x 1 m ; 0,8 m x 0,8 m ; 1 m x 0,5 m et 0,5 m x 0,5 m ont été testées sur des plants issus de boutures de *L. multiflora*. Le dispositif expérimental est constitué des blocs complètement randomisés avec quatre répétitions. Les résultats indiquent que la densité de plantation affecte significativement les paramètres de croissance (hauteur, nombre de feuilles, envergure, surface foliaire) et le rendement de *L. multiflora*. Ainsi, les plants des traitements à faible densité de plantation produisent davantage de feuilles par rapport aux plants des traitements à forte densité. Au contraire, le rendement à l'hectare augmente avec la densité de plantation. L'optimum du rendement en feuilles sèches par hectare est atteint à la densité 20000 plants.ha⁻¹.

Conclusions et application des résultats : Les densités 20000 et 40000 plants.ha⁻¹ pourraient être recommandées pour l'intensification de la culture de *L. multiflora*.

Mots clés : *Lippia multiflora*, densité de plantation, rendement, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Objective: The present research studied the effects of plant density on yield and yield components of *Lippia multiflora* in order to identify the density that generates optimal yield.

Methodology and results: Five plant density levels (4444 ; 10000 ; 15625 ; 20000 and 40000 plants.ha⁻¹) which corresponded respectively to 1,5 m x 1,5 m ; 1 m x 1 m ; 0,8 m x 0,8 m ; 1 m x 0,5 m and 0,5 m x 0,5 m spacing between plants were tested, using cuttings of *L. multiflora*. The five spacing treatments were set up in a completely randomized block design with four replicates. The results indicated that plant density significantly affected the growth parameters (height, number of leaves, span, foliar area) and yield of *L. multiflora*. Thus, plants grown at low density produced more leaves than at higher density. On the contrary, the yields per hectare increase with plant density. The optimal yield in dry leaves was attained at the density of 20000 plants.ha⁻¹.

Conclusion and application of findings: Planting at 20000 and 40000 plant.ha⁻¹ could be recommended in intensive cropping of *L. multiflora*.

Key words: *Lippia multiflora*; plant density; yield; Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Lippia multiflora (Verbenacée), encore appelé thé de Gambie, ou thé de savane, est une plante aromatique qui pousse spontanément et préférentiellement dans les savanes d'Afrique subtropicale (Yao-Kouamé et Alou, 2008 ; Yao-Kouamé et al., 2009). Des informations fournies par la recherche bibliographique, à partir d'études réalisées au Ghana, au Togo, au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Congo etc., indiquent que la plante présentent d'énormes potentialités économiques (Mwangui et al., 1993 ; N'guessan & Yao-Kouamé, 2010), grâce à ses feuilles qui possèdent une diversité d'usages alimentaires (Abena et al., 2003 ; Etou-Ossibi et al., 2005 ; N'guessan & Yao-Kouamé, 2010), biomédicales et/ou pharmacologiques (Abena et al., 1998 ; Abena et al., 2003 ; Etou-Ossibi et al., 2005 ; Oussou et al., 2008 ; Ameyaw, 2009), cosmétiques (Oladimeji et al., 2000) et pesticides (Bassole et al., 2003).

En dépit de ces énormes potentialités, *L. multiflora* demeure une plante sauvage. En Côte d'Ivoire,

comme dans plusieurs autres pays d'Afrique subtropicale, les programmes de recherche exécutés sur cette plante ont essentiellement porté sur la composition chimique de ses feuilles (Yao-Kouamé et Kané, 2008), particulièrement sur l'extraction et l'étude des propriétés biomédicales et/ou pharmacologiques des huiles essentielles (Abena et al., 2003 ; Kanko et al., 2004 ; Owolabi et al., 2009). Mais, très peu de recherches ont été menées au niveau agronomique sur le développement des techniques culturales appropriées, notamment la densité de plantation, dans la perspective de promouvoir et de vulgariser sa culture en milieu rural.

C'est pourquoi, cette étude a été initiée pour (1) évaluer le rendement et les composantes du rendement des plants de *L. multiflora* cultivés à différentes densités de plantation et (2) de déterminer l'écartement optimum qui permet d'obtenir le meilleur rendement en biomasse foliaire.

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude : L'étude a été réalisée dans la localité d'Azaguié, au Sud de la Côte d'Ivoire dans la période allant de janvier à octobre 2008. Le climat est de type équatorial avec une pluviométrie bimodale caractérisée par quatre saisons bien marquées : deux saisons de pluies intercalées par deux saisons sèches. La pluviométrie moyenne annuelle de la dernière décennie est de 1463 mm, pour un déficit hydrique annuel moyen de 341 mm. Généralement, il y a une courte saison sèche en août et une longue saison sèche entre décembre et mars. Les températures mensuelles moyennes vont de 27°C à 29°C. Les mois de février, mars et avril sont généralement les plus chauds.

Les essais ont été installés au tiers moyen du bas de versant d'un paysage de plateau avec une pente faible

estimée à environ 2 %. La végétation naturelle est une forêt secondaire composée d'arbustes. Le sol est de type ferrallitique (CPCS, 1967) ou Ferralsol (FAO, 2008) fortement désaturé, développé sur schistes birimiens à filons de quartzites (Tamia et al., 1999); ce qui lui confère un caractère graveleux riche en graviers et en sables grossiers.

Dispositif expérimental : L'étude a été conduite avec des plants issus de boutures de *L. multiflora* préalablement préparés en pépinière pendant trois mois. Les densités de plantation testées avec les écartements correspondants sont contenues dans le tableau 1.

Tableau 1 : Densités de plantation testées et écartements correspondants

Code des traitements	Densités (plants.ha ⁻¹)	Ecartements (m x m)
D1	4,444	1,5 x 1,5
D2	10,000	1 x 1
D3	15,625	0,8 x 0,8
D4	20,000	0,5 x 1
D5	40,000	0,5 x 0,5

Le dispositif expérimental utilisé est celui des blocs complètement randomisés, avec quatre répétitions. La superficie totale de l'essai s'étend sur 9,45 ares. Le terrain a été subdivisé en 20 parcelles élémentaires de 16 m² (reparties en quatre blocs), séparées entre elles par une bande de terrain nu, régulièrement sarclée, de 3 m.

Avant la transplantation des plants et pendant l'essai, aucune application d'engrais ni de fumier n'a été effectuée sur l'ensemble des parcelles élémentaires. Pendant le déroulement de l'étude, les parcelles ont été entretenues par un sarclage régulier.

Collecte de données : Le suivi de la croissance en hauteur et du développement des plants, sur chacune des parcelles élémentaires, a été effectué pendant 5 mois consécutifs après la plantation. Des paramètres de croissance et de développement décrits par Koné *et al.*, (2005) ; Amaglo *et al.*, (2006) ; Taffouo *et al.*, (2008) ; Elattir *et al.*, (2009) dans le cas d'études semblables, ont été utilisés pour caractériser le comportement végétatif de *L. multiflora*. Il s'agit de la hauteur des plants, du nombre de feuilles produites par plant, de la biomasse foliaire sèche (g) par plant, de l'envergure (cm) par plant, de la surface foliaire (m²) par plant et du rendement (t. ha⁻¹) en feuilles sèche.

Les observations ont été faites tous les 30 jours (30 ; 60 ; 90 ; 120 et 150 jours après plantation) sur 9 plants choisis au hasard par parcelle élémentaire, soit 36

plants par traitement. Pour évaluer le rendement à chaque période de mesure, un échantillon composite de trente (30) feuilles à été récolté manuellement au hasard par parcelle élémentaire, recueilli dans des sachets plastiques et étiquetés. Ainsi, un total de 20 lots d'échantillons a été constitué, puis, séché à l'ombre, à la température ambiante, jusqu'à stabilisation du poids. Par la suite, ces différents échantillons ont été pesés au laboratoire à l'aide d'une balance électronique de précision (Marque BEL ; Model LB 9004 ; sensibilité 1mg - 500g). Le poids (g) sec individuel des feuilles constitutifs de chaque lot récolté a été déterminé. Cette méthode a permis d'estimer, en fonction des dates de mesure et de la densité de plantation, la biomasse foliaire sèche par plant et par hectare. La méthodologie de mesure des différents paramètres est consignée dans le tableau 2.

Analyse des données: La comparaison des moyennes pour chaque paramètre étudié, suivant la densité de plantation et les dates de mesure a été effectuée par l'analyse de la variance (ANOVA) au seuil de probabilité 5 %. Lorsqu'une différence significative est notée entre les différents facteurs pour un paramètre donné, le test de la plus petite différence significative (ppds) a été réalisé par la méthode de TUKEY. Tous ces tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1.

Tableau 2 : Paramètres agronomiques et méthodes de détermination

Paramètres agronomiques	Codes	Méthodes de détermination
Envergure (cm)	Env	la distance entre les deux feuilles extrêmes suivant l'axe horizontal du plant..
Hauteur (cm)	Hau	La distance séparant l'apex du plant de la surface du sol.
Nombre de feuilles	Nbf	Le nombre de feuilles est déterminé en comptant l'ensemble des feuilles de chaque plant.
Surface foliaire (m ²)	SF	La surface foliaire est la somme des surfaces de toutes les feuilles d'un plant.
Biomasse foliaire sèche (g)	Bfs	La biomasse foliaire sèche par plant est déterminée en multipliant le poids sec moyen d'une feuille par le nombre de feuilles produites par plant, sur une unité de surface donnée.
Rendement l'hectare (t. ha ⁻¹)	à R	Le rendement en biomasse foliaire sèche à l'hectare a été évalué en considérant la biomasse produite par plant et le nombre de plants par unité de surface.

RESULTATS

Effet de la densité de plantation sur les paramètres agronomiques : Le tableau 3 présente l'effet de la densité de plantation sur le rendement et les composantes du rendement des plants de *L. multiflora*. Pour la croissance en hauteur, l'analyse statistique a révélé une différence hautement

significative ($P < 0,01$) entre les plants suivant la densité de plantation. En effet, les plants croissent davantage en hauteur lorsque la densité de plantation augmente. Pour ce paramètre, les plants de la forte densité (40000 plants.ha⁻¹) présentent la valeur moyenne la plus élevée (134,53±3,93 cm), suivis des

plants de densités 20000 plants.ha⁻¹ (132,23±4,21 cm), 15625 plants.ha⁻¹ (125,20±4,28 cm), 10000 plants.ha⁻¹ (118,81±3,95 cm) et ceux de la faible densité 4444 plants.ha⁻¹ (110,21±3,81 cm).

Au contraire, l'augmentation de la densité de plantation réduit significativement ($P < 0,001$) le nombre de feuilles produites par plant, la biomasse foliaire sèche par plant, l'envergure et la surface foliaire par plant. En effet, les valeurs moyennes pour l'ensemble de ces paramètres sont plus élevées au niveau des plants du traitement à faible densité (4444 plants.ha⁻¹), suivis des traitements à moyenne densité 10000 et 15625 plants.ha⁻¹ par rapport aux plants du traitement à forte densité (40000 plants.ha⁻¹).

L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative pour la production de feuilles par plant, la biomasse foliaire sèche par plant, l'envergure et la surface foliaire par plant observée entre les plants de la densité 4444 plants.ha⁻¹ avec ceux de la densité 20000 plants.ha⁻¹. En revanche, lorsque la biomasse foliaire sèche est exprimée à l'hectare, elle décroît significativement ($P < 0,05$) avec la densité de plantation. En effet, le rendement en feuilles sèches à l'hectare est plus important au niveau des traitements à forte densité (40000 et 20000 plants.ha⁻¹), suivi du traitement à moyenne densité (15625 plants.ha⁻¹) par rapport aux traitements à faible densité (4444 et 10000 plants ha⁻¹). L'optimum du rendement en feuilles sèche est atteint à la densité de 20000 plants.ha⁻¹ (2,30±0,38 t ha⁻¹).

Evolution des paramètres agronomiques en fonction du temps : L'analyse des données contenues dans le tableau 4 révèle une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les valeurs moyennes obtenues aux différentes dates de mesure pour tous les paramètres étudiés. Cela se traduit par un accroissement général dans le temps, de la hauteur des plants, du nombre de feuilles produites par plant, de la biomasse foliaire sèche par plant, de l'envergure par plant, de la surface foliaire par plant et du rendement en feuilles sèche à l'hectare. A l'exception de la hauteur des plants et de la biomasse foliaire sèche par plant, cet accroissement présente des variations identiques pour les autres paramètres considérés. En effet, les données collectées montrent que jusqu'à 03 mois après la plantation, le nombre de feuilles produites par plant, l'envergure par plant et la surface foliaire par plant diffèrent significativement ($P < 0,01$) d'une date de mesure à l'autre. Au-delà de ce stade de croissance, l'évolution des plants est

statistiquement identique pour ces paramètres pendant la période allant de 120 à 150 jours après plantation. Cela est également observé pour le rendement en feuilles sèche à l'hectare, enregistré, respectivement, entre 60 et 90 jours et entre 120 et 150 jours après plantation.

Effet de la densité de plantation et des dates de mesure sur les composantes du rendement : Il ressort du tableau 5 que 30 jours après plantation, aucune différence significative n'est notée entre les plants des différentes densités pour la hauteur, le nombre de feuilles produites, la biomasse foliaire sèche, l'envergure et la surface foliaire. Les résultats montrent également que les valeurs moyennes, pour l'ensemble de ces paramètres, augmentent avec le temps et avec les densités de plantation, en mettant en évidence des différences significatives ($P < 0,05$) à partir de 60 jours après plantation.

Pour le paramètre hauteur, les plants des traitements à forte densité (40000 et 20000 plants.ha⁻¹) ont les plus forts accroissements 60 jours après plantation, suivis par les plants des densités 15625 et 10000 plants.ha⁻¹ puis de ceux de la faible densité 4444 plants.ha⁻¹. Au-delà de ce stade de croissance jusqu'à 90 jours après plantation, les plants des traitements à forte densité (20000 et 40000 plants.ha⁻¹) croissent plus vite en hauteur, suivies de ceux des densités 15625 et 10000 plants.ha⁻¹ et de la faible densité 4444 plants.ha⁻¹. A partir de 90 jours après plantation, les plants de la densité 15625 plants.ha⁻¹ s'allongent rapidement en hauteur et rattrapent ceux des fortes densités 20000 et 40000 plants.ha⁻¹. Cinq mois après plantation, la hauteur maximale des plants a été observée au niveau des plants des traitements de forte densité 40000 plants.ha⁻¹, 20000 plants.ha⁻¹ et de moyenne densité 15625 plants.ha⁻¹.

Concernant le nombre de feuilles produites par plant, les résultats indiquent qu'à l'exception des plants de la densité 20000 plants.ha⁻¹, la production individuelle de feuilles est plus importante au niveau des plants des faibles densités (4444 et 10000 plants.ha⁻¹) et moyenne densité (15625 plants.ha⁻¹) par rapport aux plants du traitement à forte densité (40000 plants.ha⁻¹), 60 jours après plantation. A partir de cette date, le nombre de feuilles produites au niveau des plants de la densité 15625 plants ha⁻¹ évolue rapidement pour atteindre la valeur moyenne produite au niveau des plants des traitements de densité 4444 plants.ha⁻¹ et 20000 plants.ha⁻¹, 120 jours après plantation.

Tableau 3: Effet de la densité de plantation sur la croissance et le développement des plants de *L. multiflora*.

Composantes du rendement	Densités de plantation					F	P
	D1	D2	D3	D4	D5		
Hau (cm)	110,21±3,81 ^a	118,81±3,95 ^b	125,20±4,28 ^b	132,23±4,21 ^c	134,53±3,93 ^c	6,08 ^{**}	0,000079
Nbf	154,71±9,09 ^c	129,67±6,27 ^b	135,5±6,81 ^b	159,48±10,10 ^c	103,32±5,23 ^a	8,43 ^{**}	0,000001
Bfs (g)	76,84±5,52 ^c	50,77±2,89 ^b	63,54±4,19 ^b	81,79±6,50 ^c	39,34±2,63 ^a	14,84 ^{**}	< 0,001
Env (cm)	53,59±2,21 ^b	47,39±1,55 ^a	52,62±1,79 ^b	54,15±1,91 ^b	41,02±1,24 ^a	9,86 ^{**}	< 0,001
SF (m ²)	1,24±0,084 ^c	1,01±0,052 ^b	1,14±0,068 ^b	1,51±0,12 ^c	0,76±0,043 ^a	12,91 ^{**}	< 0,001
R (t.ha-1)	0,43±0,085 ^a	0,83±0,11 ^a	1,43±0,23 ^b	2,30±0,38 ^c	1,99±0,29 ^c	9,91 ^{**}	0,000001

Sur une même ligne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à P<0,05. **Hau** : hauteur ; **Nbf** : Nombre de feuilles par plant ; **Bfs** : Biomasse foliaire sèches par plant ; **Env** : envergure ; **SF** : Surface foliaire ; **R** : rendement en biomasse foliaire sèche par hectare. **D₁** : 4444 plants.ha⁻¹ ; **D₂** : 10000 plants.ha⁻¹ ; **D₃** : 15625 plants.ha⁻¹ ; **D₄** : 20000 plants.ha⁻¹ ; **D₅** : 40000 plants.ha⁻¹.

Tableau 4: Evolution des paramètres agronomiques de *L. multiflora* en fonction du temps.

Composantes du rendement	Nombre de jours après planting					F	P
	30	60	90	120	150		
Hau (cm)	67,37±1,46 ^a	93,69±2,05 ^b	118,55±2,43 ^c	156,16±3,03 ^d	185,21±3,53 ^e	329,77 ^{**}	< 0,001
Nbf	31,26±1,31 ^a	122,39±4,38 ^b	150,65±5,86 ^c	180,29±6,44 ^d	198,08±10,78 ^d	100,9 ^{**}	< 0,001
Bfs (g)	6,56±0,23 ^a	38,40±1,83 ^b	56,36±2,97 ^c	95,73±3,57 ^d	115,23±6,70 ^e	136,49 ^{**}	< 0,001
Env (cm)	23,27±0,45 ^a	38,72±0,86 ^b	54,39±1,27 ^c	64,11±1,49 ^d	68,29±1,96 ^d	202,27 ^{**}	< 0,001
SF (m ²)	0,15±0,005 ^a	0,87±0,037 ^b	1,25±0,063 ^c	1,63±0,062 ^d	1,76±0,11 ^d	97,74 ^{**}	< 0,001
R. (t.ha-1)	0,20±0,037 ^a	0,91±0,15 ^b	1,28±0,20 ^b	2,14±0,27 ^c	2,45±0,35 ^c	16,43 ^{**}	< 0,001

Sur une même ligne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à P<0,05. **Hau** : hauteur ; **Nbf** : Nombre de feuilles par plant ; **Bfs** : rendement en biomasse foliaire sèche par plant ; **Env** : envergure ; **SF** : Surface foliaire ; **R** : rendement en biomasse sèche par hectare.

Tableau 5 : Effet de la densité de plantation sur les composantes du rendement au cours de la croissance de la plante chez *L. multiflora*.
(NAJP : Nombre de Jours Après Planting ; Sur une même ligne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P < 0,05$.)

Composantes du rendement	NJAP	Densités de plantation des boutures					F	P
		D1	D2	D3	D4	D5		
Hauteur des plants (cm)	30	66,24±3,67 ^a	67,00±3,06 ^a	65,93±3,60 ^a	69,40±3,56 ^a	68,28±2,41 ^a	0,19ns	0,941056
	60	81,41±4,24 ^a	93,97±4,38 ^b	89,36±5,14 ^b	100,53±4,23 ^c	103,17±4,05 ^c	3,89**	0,004696
	90	101,61±4,67 ^a	111,58±6,07 ^b	118,72±5,10 ^b	126,36±5,56 ^c	134,47±4,11 ^c	6,13**	0,000122
	120	140,72±8,12 ^a	141,47±6,54 ^a	157,94±6,46 ^b	166,81±5,91 ^b	173,83±4,80 ^b	5,29**	0,000483
	150	161,08±8,37 ^a	180±8,53 ^b	194,03±7,58 ^c	198,03±7,49 ^c	192,92±6,08 ^c	3,88**	0,00481
Nombre de feuilles produites par plant	30	30,03±3,08 ^a	27,58±2,68 ^a	31,44±2,49 ^a	34,58±2,61 ^a	32,67±3,66 ^a	0,81ns	0,517324
	60	128,19±7,05 ^b	126,56±12,41 ^b	114,03±7,89 ^b	141,47±10,22 ^b	101,69±9,66 ^a	2,45*	0,047545
	90	151,94±9,35 ^b	157,19±13,07 ^b	149,81±13,22 ^b	189,92±17,49 ^c	104,39±5,65 ^a	6,04**	0,000141
	120	216,53±16,69 ^c	168,36±12,54 ^b	180,31±12,85 ^c	197,28±13,42 ^c	139±13,47 ^a	4,47**	0,001813
	150	246,83±29,49 ^c	168,64±10,44 ^b	201,92±16,31 ^b	234,14±36,47 ^c	138,86±12,81 ^a	3,68**	0,006636
Envergure par plant (cm)	30	22,58±1,02 ^a	22,67±1,29 ^a	24,50±1,06 ^a	23,12±0,80 ^a	23,49±0,78 ^a	0,59ns	0,666627
	60	39,08±1,78 ^b	36,79±1,33 ^a	39,19±1,90 ^b	45,24±2,49 ^c	33,28±1,33 ^a	5,76**	0,000223
	90	54,93±2,19 ^b	54,00±2,50 ^b	56,26±2,79 ^b	63,00±3,46 ^c	43,75±2,16 ^a	6,74**	0,000046
	120	70,92±4,30 ^c	59,26±2,81 ^b	71,46±2,93 ^c	67,83±2,65 ^b	51,09±2,48 ^a	7,97**	0,000006
	150	80,43±5,90 ^c	64,25±3,11 ^a	71,69±3,54 ^b	71,56±4,66 ^b	53,51±2,85 ^a	5,81**	0,000206
Surface foliaire par plant (m ²)	30	0,14±0,016 ^a	0,15±0,014 ^a	0,16±0,015 ^a	0,15±0,01 ^a	0,13±0,006 ^a	0,75ns	0,556434
	60	0,78±0,05 ^b	0,82±0,07 ^b	0,77±0,06 ^b	1,29±0,11 ^c	0,65±0,06 ^a	10,98**	<0,00001
	90	1,13±0,07 ^b	1,24±0,12 ^b	1,28±0,11 ^b	1,81±0,23 ^c	0,81±0,05 ^a	7,48**	0,000014
	120	1,95±0,15 ^c	1,39±0,09 ^b	1,72±0,15 ^b	1,94±0,14 ^c	1,16±0,12 ^a	7,15**	0,000024
	150	2,21±0,26 ^c	1,42±0,09 ^b	1,76±0,16 ^b	2,54±0,42 ^c	1,05±0,09 ^a	5,03**	0,000738
Biomasse des feuilles sèches par plant (g)	30	6,38±0,53 ^a	6,26±0,61 ^a	6,96±0,69 ^a	6,76±0,33 ^a	6,46±0,34 ^a	0,31ns	0,871797
	60	42,32±4,49 ^b	31,59±1,83 ^a	33,24±2,57 ^a	54,74±5,98 ^c	30,11±2,78 ^a	7,20**	0,000022
	90	57,95±4,65 ^b	46,51±3,26 ^b	56,84±6,28 ^b	89,913±9,63 ^c	30,59±2,68 ^a	13,75**	<0,00001
	120	111,3±8,61 ^c	89,02±6,27 ^b	100,94±7,16 ^c	113,54±8,18 ^c	63,86±6,95 ^a	7,35**	0,000017
	150	166,22±14,68 ^c	80,49±5,00 ^a	119,73±10,09 ^b	144,01±23,69 ^c	65,68±6,37 ^a	9,41**	0,000001

En définitive, à 150 jours après plantation, les plants de la faible densité (4444 plants.ha⁻¹) produisent davantage de feuilles, avec une différence hautement significative ($P < 0.01$), suivis par les plants des densités 10000 et 15625 plants.ha⁻¹ puis de ceux de la densité 40000 plants.ha⁻¹. A ce stade de la croissance végétative, le nombre de feuilles produites au niveau des plants de la densité 20000 plants.ha⁻¹ est statistiquement identique à celui des feuilles produites au niveau des plants de la faible densité 4444 plants.ha⁻¹. Cette évolution est identique à celle observée au niveau de l'accroissement dans le temps, de la biomasse foliaire sèche produite par plant, de l'envergure et de la surface foliaire par plant suivant les densités de plantation, les dates de mesure et leur interaction.

En effet, 150 jours après plantation, l'envergure est maximale au niveau des plants de la faible densité 4444 plants.ha⁻¹, suivis des plants des traitements de densités 15625 et 20000 plants.ha⁻¹ et de ceux de la forte densité 40000 plants.ha⁻¹. A cette même date, la biomasse foliaire sèche par plant et la surface foliaire par plant a atteint l'optimum au niveau des traitements de densité 20000 et 4444 plant.ha⁻¹.

Effet de la densité de plantation et des dates de mesure sur le rendement à l'hectare : La combinaison densités de plantation et dates de mesure influence le rendement en feuilles sèches à l'hectare sur l'ensemble des traitements. En effet, le rendement (t.ha⁻¹) augmente avec le temps et la densité de plantation (tableau 6).

Tableau 6 : Effet de la densité de plantation et des dates de mesure sur le rendement à l'hectare.

Source de variation	NJAP	Densités de plantation					F	P
		D1	D2	D3	D4	D5		
Rendement (t.ha ⁻¹)	30	0,03±0,005a	0,32±0,16a	0,15±0,03a	0,19±0,008a	0,33±0,018a	2,25ns	0,112629
	60	0,24±0,06a	0,49±0,027a	0,75±0,15b	1,54±0,38c	1,52±0,16c	9,09**	0,000617
	90	0,33±0,06a	0,73±0,11a	1,28±0,27b	2,53±0,41c	1,55±0,13b	13,02**	0,00009
	120	0,62±0,10a	1,39±0,15a	2,27±0,21b	3,19±0,36c	3,23±0,58c	11,91**	0,000148
	150	0,94±0,22a	1,26±0,16a	2,69±0,32b	4,05±1,09c	3,32±0,42c	5,77**	0,00512

Sur une même ligne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à $P < 0,05$. **NJAP :** nombre de jours après planting ; **D₁ :** 4444 plants.ha⁻¹ ; **D₂ :** 10000 plants.ha⁻¹ ; **D₃ :** 15625 plants.ha⁻¹ ; **D₄ :** 20000 plants.ha⁻¹ ; **D₅ :** 40000 plants.ha⁻¹.

L'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative pour les valeurs moyennes du rendement, enregistrées aux différents traitements, 30 jours après plantation. Pour cette valeur, la différence est décelée qu'à partir de 60 jours après plantation.

Sur l'ensemble des cinq dates de mesure, le rendement en feuilles sèches est important au niveau des traitements de forte densité par rapport à ceux des faibles densités. Ainsi, cinq mois après la plantation, la

valeur optimale est atteinte au niveau de la moyenne densité 20000 plants.ha⁻¹. Elle est suivie de la forte densité 40000 plants.ha⁻¹, de la moyenne densité 15625 plants.ha⁻¹ et des faibles densités 10000 et 4444 plants.ha⁻¹. Toutefois, il n'existe pas de différence statistique entre la valeur moyenne de la biomasse obtenue au niveau du traitement de densité 40000 plants.ha⁻¹ avec celle du traitement de densité 20000 plants.ha⁻¹.

DISCUSSION

Les données de croissance et de développement obtenus montrent un accroissement important de l'ensemble des paramètres étudiés en fonction du temps et de la densité de plantation. Cet accroissement est imputable au passage de la phase jeune culture à la phase culture adulte. Pour la hauteur des plants, les traitements de fortes densités ont donné les croissances en valeurs les plus élevées, tandis que ceux des faibles densités ont donné des accroissements plus faibles. Ce résultat pourrait

s'expliquer par le fait que, lorsque la population de plants augmente par unité de surface, on atteint un point où les plants sont en compétition pour les facteurs essentiels de croissance comme les nutriments, la lumière et l'eau. Ce résultat est également confirmé par les travaux de Taffouo *et al.* (2008). Ainsi, la croissance en hauteur dépend d'une interaction entre facteurs internes et externes, dans un système hautement ordonné et organisé.

Par ailleurs, nos résultats ont montré que l'augmentation de la densité de plantation baisse significativement le nombre de feuilles produites par plant ainsi que la biomasse foliaire sèche par plant. Ces résultats concordent avec ceux de Taffouo *et al.* (2008).

Ils corroborent également les conclusions de Pageau *et al.* (2006) qui, au Canada, ont observé qu'une augmentation de la densité de peuplement du pois, réduit le nombre de grains par gousse ainsi que le nombre de gousses par plant. Au Maroc, Elattir *et al.* (2009), comparant deux cultivars d'artichauts plantés à quatre densités (5500 ; 7300 ; 8300 et 11000 plants.ha⁻¹), révèlent que le nombre moyen de feuilles par plant le plus élevé a été enregistré à la faible densité (5500 plants.ha⁻¹). L'augmentation de la densité de peuplement a permis d'accroître la surface de photosynthèse du pois mais a réduit le rendement en grains chez le cultivar de pois à feuillage normal et à feuillage semi-aphylle (Pageau *et al.*, 2006). Foidl (2001) rapportent que l'augmentation de la densité de plantation n'affecte pas individuellement les plants dès lors que l'on se situe en dessous du seuil de compétition. Cependant, quand la densité de plantation est élevée et que la compétition apparaît, le rendement par plant baisse.

Remisson (1980) a noté que le niébé produit plus de feuilles par plant à faible densité qu'à forte densité de peuplement. En effet, lorsque les écartements sont plus réduits, les plants créent de l'ombre au fur et à mesure qu'ils se développent. Ainsi, les feuilles situées vers la base du végétal sont privées de lumière. Elles ne peuvent plus, de ce fait, participer à la réalisation de l'acte photochimique. La quantité de substances élaborées par la plante diminue, la rendant de moins en moins capable d'initier la formation des nouvelles feuilles (Taffouo *et al.*, 2008). Remisson (1980) attribue

cette réduction de néoformation foliaire à une diminution des produits de la photosynthèse.

En revanche, Les données obtenues montrent que l'augmentation de la densité de plantation permet d'accroître le rendement (t.ha⁻¹) en feuilles sèches. Cette tendance d'évolution du rendement concorde avec celle obtenue par Pageau *et al.* (2006) dans l'essai densité de semis du pois sec au Canada. Des résultats similaires ont été obtenus par Elattir *et al.*, (2009) qui ont indiqué que le meilleur rendement à l'hectare a été atteint au niveau de l'interaction Impérial star et forte densité (11000 plants.ha⁻¹). Nos résultats corroborent également les conclusions obtenues par Mohdnoor (1980) qui a rapporté que le rendement en grains du niébé augmente avec la densité de semis.

Nos observations sont cependant contraire à celles de Taffouo *et al.*, (2008), qui ont constaté que dans la parcelle correspondant à la plus forte densité de semis (250000 plants ha⁻¹), le rendement en grains baisse de plus de 50% chez toutes les variétés de niébé testées comparativement à la densité normale. Des résultats similaires ont été signalés par Mkandawire et Sibuga (2002), en Tanzanie chez l'arachide bambara.

Nos données révèlent par ailleurs que la valeur maximale du rendement (t.ha⁻¹) est atteinte à la densité de 20000 plants.ha⁻¹. Même si la production individuelle des plants est très faible à la densité de 40000 plants.ha⁻¹, l'on a observé au niveau de ce traitement que la biomasse foliaire sèche par hectare est très élevée et statistiquement identique à celui du traitement de densité 20000 plants.ha⁻¹. Ainsi, le rendement en feuilles par plant décroît de la faible densité à la forte densité tandis que la production totale de biomasse par unité de surface augmente avec la densité. La faible production par plant est alors compensée par le plus grand nombre de plants par unité de surface.

REMERCIEMENTS : Les auteurs remercient KOUAKOU Konan Elie ; DOUFFI Kouakou Casimir; KOUAKOU Kouakou Kan Samuel, pour leur

contribution significative à la réalisation des travaux sur le terrain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abena AA, Ngondzo-Kombeti GR, et Bioka D, 1998. Propriétés psychopharmacologiques de *Lippia multiflora*. *L'Encéphale*. 24 (5): 449-454.

Abenaa AA, Diatewaa M, Gakossoa G, Gbeassorc M, Hondi-Assaha TH, Ouamba JM, 2003. Analgesic, antipyretic and anti-inflammatory effects of essential oil of *Lippia multiflora*. *Fitoterapia* 74: 231-236.

Amaglo NK, Timpo GM, Ellis WO et Bennett RN, 2006. Effet de l'écartement et la fréquence des récoltes sur la croissance et le rendement en feuilles de *Moringa oleifera* Lam. Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique. Accra, Ghana, 16-18 novembre 2006. 11p.

- Ameyaw Y, 2009. A growth regulator for the propagation of *Lippia multiflora* Moldenke, a herbal for the management of mild hypertension in Ghana. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3 (9) : 681-262.685.
- Bassolé, IH, Guelbeogo WM, Nebie R, Costantini C, Sagnon N, Kaboré ZI, et Traoré SA, 2003. Ovicidal and larvicidal activity against *Aedes aegypti* and *Anopheles gambiae* complex mosquitoes of essential oils extracted from three spontaneous plants of Burkina Faso. *Parassitologia*. 45: 23-26
- Elattir H, Skiredj A, Ait-Ben Oussaiden R, et Chtaina N, 2009. Comparaison de cultivars d'artichaut multipliés par semis et plantés sous quatre densités dans la région du Gharb au Maroc. Symposium international « agriculture durable en région Méditerranéenne AGDUMED. Rabat, Maroc 14-16 mai 2009 : 224-234.
- Etou-Ossibi W, Nzonzi J, Mombouli JV, Nsondé-Ntandou GE, Ouamba JM, et Abena AA, 2005. Screening chimique et effet de l'extrait aqueux de *Lippia multiflora* Moldenké sur le cœur isolé de crapaud. *Phytotherapie*. 3 (5): 193-1998.
- Foidl N, Harinder PS, Markar et Klaus Becker, 2001. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and Industrial uses. In: The Miracle Tree Edited by Lowell J. Fuglie, Darkar, Senegal. 45-76.
- Kanko C, Koukoua G, N'Guessan YT, Fournier J, Pradère JP, et Toupet L, 2004. Contribution à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae). *C. R. Chimie*. (7): 1029-1032.
- Knott CM. et Belcher SJ, 1998. Optimum sowing dates and plant populations for winter peas (*Pisum sativum*). *J. Agric. Sci. (Camb.)* 131: 449-454.
- Koné B, Ballo K, Konan E, N'diaye O, et Pené BC, 2005. Caractérisation de quatre clones de palmier à huile, plantés à différentes densités : 1. La croissance végétative. *Agronomie Africaine*. 279.17 (1) : 19-28.
- Mkandawire F. L. et Sibuga K. P. 2002. Yield response of Bambara groundnut to plant population and seedbed type. *African Crop Science Journal*. 10 (1): 39-49.
- Mohdnoor RB, 1980. Effects of plant density of the dry seed yield of cowpea. *Tropical Grain Legume Bulletin*.17(18): 11-13.
- Mwangui JM, Addae Mensah I, Muriuki G, Munavu R, Lwande W, 1993. The potential for commercialization of three African *Lippia* species as sources of essential oils for perfumery and medicinal purposes. Actes du colloque de Chicoutimi, 22 au 25 août 1993. 205-216 p.
- N'guessan Kouamé A. & Yao-kouamé A. 2010. Filière de commercialisation et usages des feuilles de *Lippia multiflora* en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*. 29: 1743-1752.
- Oladimeji FA., Orafidiya OO, Ogunniyi TA, et Adewunmi TA, 2000. Pediculocidal and scabidical properties of *Lippia multiflora* essential oil. *Journal of Ethnopharmacol.* 72, 305-311
- Oussou KR, Yolou S, Boti JB, Guessennnd KN, Kanko C, Ahibo C, et 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 MS, Ogundajo A, Lajide L, Oladimeji MO, Setzer WN et Palazzo MC, 2009. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Nigeria. *Rec. Nat. Prod.* 3 (4) : 170-177.
- Pageau D, Lajeunesse J, et Lafond J, 2006. Influence de la densité de semis sur la productivité du pois sec cultivé sous un climat frais. *Canadian Journal of Plant Science*. 41-48.
- Remission SU, 1980. Varietal response of cowpea to range of densities in a forest zone. *Experimental Agriculture*. 16(2): 201-2006.
- Taffouo VD, Etamé J, Din N, Nguelemen MLP, Eyambé YM, Tayou RF, et Akoa A, 2008. Effets de la densité de semis sur la croissance, le rendement et les teneurs en composés organiques chez cinq variétés de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Applied Biosciences*. (12): 623 - 632.
- Tamia A., Moreau R., Fortier M., et Yoro G. 1999. Influence du travail du sol sur l'évolution physique d'un sol forestier ferrallitique après défrichement motorisé. *Etude et gestion des sols*. 6 (1) : 27-39.
- Yao-kouamé A, et allou K, 2008. Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (Verbenacée) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*. 20 (1): 97-107.
- Yao-kouamé A. and Kane F, 2008. Biochemical characteristics of *Lippia multiflora* (Verbenaceae) leaves with respect to fertilizer

applied to the soil. *J. Plant Sci.* 3 (4) : 287-291.

Yao-kouamé A, Nangah KY, Alui KA, N'guessan KA, Yao GF and Assa A, 2009. Pedo-landscape and development of *Lippia multiflora* in Southern Côte d'Ivoire. *J. Environ. Sci. Technol.* 2 (1): 56-62.