

République de Côte d'Ivoire

Année Universitaire 2013-2014

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique



Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Cocody

N° d'ordre : 818 / 2013



UFR des Sciences de la Terre et des
Ressources Minières

THÈSE

Présentée à l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières de
l'Université Félix HOUPHOUËT BOIGNY de Cocody

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITE FELIX HOUPHOUËT- BOIGNY DE COCODY

Spécialité : Pédologie

Par

ALUI Konan Alphonse

THÈME :

Occurrence et multiplication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae)
sur Ferralsols (sols ferrallitiques) de la région savannicole du Bélier
(Yamoussoukro et Tiébissou) en moyenne Côte d'Ivoire.

Soutenue publiquement le 19 octobre 2013 devant le jury composé de :

M. AKA Kouamé	Professeur Titulaire, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY	Président
M. YAO-KOUAME Albert	Professeur Titulaire, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY	Directeur de Thèse
M. BIEMI Jean	Professeur Titulaire, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY	Rapporteur
M. ALLOU Kouassi René	Maître de Recherche, CNRA	Rapporteur
M. KATI-COULIBALY Séraphin	Professeur Titulaire, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY	Examineur
M. KOUADIO Yatty Justin	Professeur Titulaire, Université Jean LOROUGNON GUEDE	Examineur
M. YAPI Ahoua	Maître de Conférences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY	Examineur

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	i
DEDICACE.....	viii
REMERCIEMENTS	ix
SIGLES ET ABREVIATIONS	xii
LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE DES TABLEAUX	xviii
RESUME	xx
ABSTRACT	xxii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : Généralités.....	6
CHAPITRE I : Revue de littérature sur <i>Lippia multiflora</i>.....	7
Introduction	7
1.1. Origine et aires de distribution	7
1.2. Botanique.....	8
1.2.1. Systématique.....	8
1.2.2. Description de la plante	8
1.2.2.1. Système racinaire.....	9
1.2.2.2. Rejets ou branches	9
1.2.2.3. Feuilles	10
1.2.2.4. Floraison	11
1.2.2.5. Caractéristiques agromorphologiques	12
1.3. Ecologie de la plante	13
1. 4. Composition physico-chimique des feuilles et fleurs de <i>Lippia multiflora</i>	14
1. 5. Importance socio économique	18
1.5.1. Propriétés nutritionnelles	18
1.5.2. Propriétés biomédicales et/ou pharmacologiques	18
1.5.3. Propriétés cosmétiques	20
1.5.4. Propriétés pesticides	20

1.6. Technique culturale	21
1.6.1. Modes de multiplication	21
1.6.2. Installation et conduite de la culture	21
1.7. Quelques ravageurs potentiels	22
Conclusion partielle	25
CHAPITRE II: Contextes physiographique et socio-économique	
de la région du Bélair	26
Introduction	26
2.1. Situation géographique	26
2.2. Milieu physique	26
2.2.1. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	26
2.2.2. Végétation.....	28
2.2.3. Contexte géomorphologique	28
2.2.4. Structure du réseau hydrographique	29
2.2.5. Contexte géologique de la zone d'étude	31
2.2.6. Sols	32
2.2.7. Environnement humain et socio-économique	32
2.2.7.1. Environnement humain	32
2.2.7.2. Environnement socio –économique	33
2.2.7.2.1. Agriculture.....	33
2.2.7.2.2. Elevage et ressources halieutiques	33
2.2.7.2.3. Tourisme.....	34
2.2.7.2.4. Ressources minières	34
Conclusion partielle	34
DEUXIEME PARTIE : Matériel et Méthodes	35
CHAPITRE III: Matériel	36
Introduction	36

3.1. Matériel biologique	36
3.1.1. Echantillons de sol.....	36
3.1.2. Echantillons végétaux.....	37
3.1.2.1. Souches	38
3.1.2.2. Boutures.....	38
3.1.2.3. Graines.....	39
3.2. Matériel technique de terrain et de laboratoire	39
3.2.1. Matériel de prospection	39
3.2.2. Matériel pour la confection des fosses pédologiques	40
3.2.3. Matériel pour le prélèvement et le conditionnement des échantillons	
de sol et de végétaux.....	40
3.2.4. Matériel pour les analyses de sol.....	41
3.2.5. Matériels d'usage spécifique	43
3.2.6. Autre matériel scientifique et technique	43
Conclusion partielle	43
CHAPITRE IV: Méthodes d'étude	44
Introduction	44
4.1. Collecte des plantes de <i>Lippia multiflora</i> et végétaux caractéristiques.....	44
4.2. Méthodes utilisées pour la caractérisation physique des sols des sites expérimentaux	45
4.3. Choix et préparation des terrains des sites expérimentaux.....	47
4.4. Multiplication par culture des souches	48
4.4.1. Prélèvement et sélection des souches	48
4.4.2. Culture des classes de souches	49
4.4.3. Evaluation de la multiplication par culture des éclats de souches.....	50
4.4.3.1. Taux de survie (Ts) dans le temps	50
4.4.3.2. Nombre moyen de rejets par plant (Nmrp) dans le temps	50
4.4.3.3. Hauteur moyenne des rejets (Hmr).....	51

4.4.3.4. Masse moyenne de feuilles sèches par plante (Mmfp).....	51
4.5. Multiplication par culture des boutures	52
4.5.1. Prélèvement et sélection des boutures	52
4.5.2. Pépinière des boutures	53
4.5.3. Estimation du taux de survie et du nombre de racines produites par les boutures	53
4.5.3.1. Taux de survie par traitement au niveau des boutures (Tsb)	53
4.5.3.2. Nombre moyen de racines produites par bouture (Nmrp).....	
et longueur moyenne de la racine pivotante (Lrp), par plant et par traitement	54
4.6. Multiplication par culture des graines	54
4.6.1. Prélèvement et sélection des graines	54
4.6.2. Test de germination des graines	56
4.6.2.1. Durée de conservation, choix des semences et densité de semi	
pour les différents tests de germination.....	56
4.6.2.2. Choix de substrats pour l'obtention d'un taux élevé de germination	56
4.6.2.2.1. Fumier.....	56
4.6.2.2.2. Sols	56
4.6.2.2.3. Mélange sols-fumier	57
4.6.2.2.4. Remplissage, pesées, dispositif et semis	57
4.6.2.3. Méthodes d'expression des résultats et formules d'analyses	58
4.6.2.3.1. Taux moyen de germination	58
4.6.2.3.2. Vitesse de germination	59
4.6.2.3.3. Croissance des plantules	59
4.6.2.3.4. Pépinière des plants issus de la germination de graines	59
4.7. Culture des plants provenant, de souches sélectionnées et de différentes.....	
pépinières (plants provenant des boutures et de graines)	60
4.8. Evaluation des différents modes de multiplication	61
4.9. Analyses statistiques.....	61

4.9.1. Traitement des données des inventaires floristiques	61
4.9.2. Traitements des données d'analyse de sol et des paramètres	
de croissance végétale	62
Conclusion partielle	63
TROISIEME PARTIE : Résultats et Discussion	64
CHAPITRE V : Résultats	65
Introduction	65
5.1. Inventaires floristiques	65
5.1.1. Inventaires floristiques par des indices écologiques	65
5.1.2. Relation entre quelques paramètres des sols de prospection	
et l'occurrence de <i>Lippia multiflora</i>	67
5.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols des différents sites inventoriés,	
du fumier de poulet (fiente + copeaux de bois) et du mélange fiente + sols	70
5.2.1. Caractéristiques physiques des sols	70
5.2.1.1. Description morphologique des différents sites	70
5.2.1.2. Composition granulométrique	71
5.2.2. Caractéristiques chimiques des sols	74
5.2.2.1. Acidité, azote et matière organique	74
5.2.2.2. Phosphore total et phosphore assimilable.....	75
5.2.2.3. Bases échangeables et capacité d'échange cationique (CEC)	75
5.3. Caractéristiques physico-chimiques du fumier, de quelques sols	
et du mélange fumier-sol	76
5.3.1. Granulométrie et indice de battance (IB)	76
5.3.2. Matière organique, azote et phosphore.....	78
5.3.3. Acidité, bases échangeables et capacité d'échange cationique (CEC)	79
5.4. Etude comparée des différents modes de multiplication	80
5.4.1. Sélection des éclats de souche	80

5.4.1.1. Taux de survie (%)	81
5.4.1.2. Nombre moyen de rejets produits par classe d'éclat de souches (Nmrp).....	82
5.4.1.3. Hauteur moyenne des rejets produits par classe d'éclats de souches (Hmr)	84
5.4.1.4. Masse moyenne des feuilles sèches produites par classe d'éclat	
de souches (Mmfp)	84
5.4.2. Choix de la meilleure classe d'éclats de souche.....	85
5.5. Sélection de la meilleure portion du rejet en fonction de l'âge de la plante,	
pour le bouturage.....	86
5.5.1. Taux de survie	87
5.5.2. Nombre de racines produites et longueur moyenne (cm) des racines	87
5.5.3. Nombre de rejets, hauteur moyenne des rejets et masse des feuilles	
produites par plante	87
5.5.4. Sélection de la meilleure portion du rejet.....	88
5.5.5. Détermination de la durée optimale de la pépinière établie avec des boutures	90
5.6. Germination des graines de <i>Lippia multiflora</i>	91
5.6.1. Durée de conservation et choix des semences pour les différents tests	
de germination	91
5.6.2. Effet de la densité de semi sur le taux de germination des graines en pépinière	93
5.6.3. Choix de substrats pour une germination optimale	95
5.6.3.1. Taux de germination et temps moyen de germination	95
5.6.3.1.1. Taux de germination (% G).....	95
5.6.3.1.2. Temps moyen de germination (TMG) et choix des meilleurs traitements	96
5.6.3. 2. Rythme de croissance des plantules issues de la germination.....	98
5.6.3. 2.1. Hauteur de la tige.....	98
5.6.3. 2.2. Nombre de feuilles	98
5.6.3. 2.3. Croissance du système racinaire.....	98
5.6.4. Relation entre les paramètres physico-chimiques des différents	

traitements et le rythme de croissance des plantules de <i>Lippia multiflora</i>	100
5.6.5. Choix de substrats pour la germination des graines et	
le développement des plantules	103
5.6.7. Temps moyen pour le démariage et le repiquage des plantules issues	
de la pépinière des graines	103
5.7. Comparaison des plants issus des différents modes de multiplication	105
5.7.1. Taux de survie	106
5.7.2. Nombre moyen de rejets produits	106
5.7.3. Hauteur moyenne des rejets	110
5.7.4. Biomasse foliaire sèche obtenue par les différents modes de multiplication,	
au bout de 360 jours de culture	112
5.8. Interaction entre les paramètres de croissance des plants issus	
des différents modes de culture	113
5.8.1. Interaction entre les paramètres de croissance des plants du site	
expérimental de Tiébissou	113
5.8.1.1. Plants issus du morphotype M1	113
5.8.1.2. Plants issus du morphotype M2	116
5.8.2. Interaction entre les paramètres de croissance des plants du site	
expérimental de Yamoussoukro	119
5.8.2.1. Plants issus du morphotype M1	119
5.8.2.2. Plants issus du morphotype M2	122
Conclusion partielle	124
CHAPITRE VI : Discussion	126
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	127
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	127
ANNEXES	cxxvii

DEDICACE

A toi feu mon père ALUI N'Dri, que je n'ai même pas eu le temps de connaître et qui nous a quitté tôt, repose en paix et que la terre de tes ancêtres te soit légère.

A feues mes sœurs ALUI Aya Martine et KOFFI Amino Nadège, reposez en paix.

A ma mère KOUAME Oussou, si douce, tu as accepté que ton fils aille loin de toi, à des centaines de kilomètres. Trouve, dans ce travail, les fruits de ton courage, de ta patience et de ton amour pour moi. Ce travail est le tien, puisse Dieu combler le reste de tes jours de bonheur.

A toi ma chérie KOKO Amina Nina, qui a bien voulu partager avec moi le meilleur et le pire, toi qui, durant ces nombreuses années de traversée du désert, a dû consommer tout le pire. Dans les moments les plus durs, tu m'as apporté amour, affection et encouragements. Ma chérie, mon amie, ma confidente et bientôt, mon épouse, je te dédie ce travail ainsi qu'à nos deux adorables enfants, ALUI Fôhouni Jean-Christ Ariel et ALUI Yémi Eunice Marie-Justine, qui ont souffert de mes absences répétées de la maison. Que Dieu vous bénisse !

REMERCIEMENTS

Les remerciements sont le moyen de montrer qu'un mémoire de Thèse est le résultat d'un travail d'équipe qui aboutit, uniquement, parce qu'un grand nombre de personnes y ont contribué. C'est pourquoi, au terme de ce travail de mémoire, qui a été fastidieux, il me plaît de témoigner ma reconnaissance aux personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Mes premiers mots sont adressés au Professeur BOFFOUE Moro Olivier, Doyen de l'UFR STRM de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, qui n'a jamais fait de difficulté pour la signature de mes documents. Qu'il veuille bien recevoir ici l'expression de mon infinie gratitude.

J'adresse mes sincères remerciements au Professeur AKA Kouamé Raphaël, Doyen honoraire et Président de la Commission Scientifique de l'UFR STRM de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, pour ses conseils, ses suggestions. Merci cher maître.

J'adresse respectueusement mes vifs remerciements au Professeur DIGBEHI Zéli Bruno, responsable du troisième cycle, qui n'a jamais fait la moindre difficulté à apposer sa signature sur les différents documents d'inscription qui lui ont été soumis.

Professeur YAO-KOUAME Albert, Professeur Titulaire et Directeur du Département des Sciences du sol, Directeur de cette thèse, depuis notre inscription en Maîtrise, à l'Université Nangui Abrogoua, puis en DEA, et au Doctorat, à l'Université Félix Houphouët-Boigny, vous nous avez inculqué la rigueur scientifique que doit acquérir un chercheur. Votre disponibilité, vos conseils et vos encouragements, lorsque l'horizon paraissait sombre, nous ont été très précieux durant toutes ces années. C'est grâce à vos successives et méticuleuses corrections, que cette Thèse a été rendue sous sa forme actuelle. Vous m'avez encouragé, du début à la fin de ce travail laborieux, à persévérer, à être rigoureux sur les méthodes de travail. Et si ce travail de recherche dont vous êtes l'initiateur, a pu arriver à son terme, c'est toujours à vous que nous le devons. Merci cher maître de nous avoir accordé votre confiance en nous acceptant dans votre équipe de recherche.

Mes sincères remerciements au Professeur BIEMI Jean, Doyen honoraire de l'UFR STRM de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, pour s'être prêté au rôle de rapporteur. Ses nombreux conseils, ses encouragements concernant les thèmes de recherche abordés, ainsi que sa sympathie ont été fort appréciés.

Le Professeur KOUADIO Yatty Justin, Vice-Président de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE, pour avoir accepté de me confier au Professeur YAO-KOUAME Albert pour la suite de mes travaux, après ma Maîtrise en Protection des végétaux et de l'Environnement de l'Université Nangui Abrogoua. J'ai trouvé en lui, un père conseiller, aimable, tolérant et lent à la colère. C'est ici l'occasion pour moi, de vous rendre un vibrant hommage pour tous vos bienfaits à mon endroit. Professeur, Soyez assuré de ma très profonde gratitude.

Le Professeur KATI-COULIBALY Séraphin, Directeur Général de la Recherche qui m'a fait le plaisir de participer au jury de ma Thèse. Il m'a manifesté une grande disponibilité, malgré ses multiples responsabilités. Qu'il daigne agréer l'expression de mon infinie gratitude.

Le Professeur ALLOU Kouassi René, Directeur de la station Marc Delorme du CNRA, qui s'être prêté au rôle de rapporteur. Ses remarques constructives et les échanges que nous avons eus, à chaque étape ont été l'occasion pour moi d'améliorer ce document. Son analyse a été d'un grand intérêt dans l'examen de ce travail. Merci pour tout, Professeur.

Je suis sincèrement reconnaissant à l'endroit du Professeur YAPI Ahoua, Maître de Conférences de l'UFR Biosciences de l'Université Felix Houphouët-Boigny. Toutes ses remarques constructives et les échanges que nous avons eus, à chaque étape de ces travaux, ont été l'occasion de nombreuses remises en question et réflexions qui ont efficacement contribué à améliorer ce document. Merci pour tout, Professeur.

J'adresse un vif remerciement au Docteur BALLO Koffi Célestin, Maître de Recherche au CNRA, qui a suivi avec beaucoup d'intérêt l'évolution de ces travaux, malgré ses nombreuses occupations. Ses précieuses remarques, sa constante disponibilité et son soutien financier m'ont été d'un grand appui. Docteur, je ne vous remercierai jamais assez pour tout le temps que vous m'avez consacré durant ces travaux.

J'aimerais ensuite adresser toute ma gratitude à tous les membres du Département des Sciences du Sol de l'UFR STRM, notamment les Docteurs KOUADIO Konan – Kan Hyppolite, TOURE Nantarie *épouse* LOUKOU, KOUADIO Koffi Patrice, ETIEN Jean Baptise, KONE Brahim, GALA BI Jérémie, AFFI Bongoua Jeanne, YEBOUET Kouadio Emile, pour leurs conseils et encouragements, chaque fois que nous avons eu l'occasion d'échanger avec eux.

Aux Docteurs N'GUESSAN Kouamé Antoine, BAKA Derving, TEHOUA Lazare, KOUAKOU Yao Kouman Nestor et aux doctorants, Ekissi Alise Christine *épouse*

N'Guessan, KOUAKOU Kouassi Josselin, GUETY Thierry, N'GUETTA Adelaïde, YAO Guy Fernand, NANGAH Krogba Yves, je dis merci pour vos encouragements.

Je salue le travail remarquable réalisé, pendant le déroulement de cette Thèse, par N'GUESSAN Kouassi Jean Claude, Doctorant à l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody. Il m'a souvent accompagné sur le terrain et m'a beaucoup aidé dans la collecte de données sur le terrain. C'est une joie pour moi de lui exprimer ma profonde reconnaissance pour sa sympathique collaboration, dans la courtoisie et le dévouement.

Que mon père adoptif, mes frères et sœur, TRAORE Mamadou, N'GUESSAN Kouassi Ferdinand, N'GUESSAN Aya Lydie, ALUI Koffi Edmond, ALUI Kouamé Albert, KOFFI N'Guessan Antoine et leurs familles respectives, trouvent ici l'expression de ma vive reconnaissance, pour les nombreux conseils et encouragements qu'ils m'ont apportés durant mon parcours scolaire et universitaire.

Je tiens ici à rendre un hommage tout particulier aux membres de la famille DIAN, au Professeur KOUASSI Jérôme, DIAN Iréné, DIAN Martin, SIDIBE Kouakou Joli Saint, SIDIBE Ahou Madeleine, DIAN Yves, DIAN Akissi Antoinette, DIAN Affoué Natacha et leurs familles respectives, qui ont su allier patience, confiance et disponibilité pour me soutenir, tant moralement que matériellement. Ils ont su, chaque fois, trouver les mots justes pour me redonner confiance, pour m'aider à réorienter mon travail et me remettre sur le chemin. Qu'ils reçoivent ici l'expression de mon infinie reconnaissance.

Mes remerciements vont également à l'endroit des populations des villages et villes visitées. Toute ma gratitude à toutes ces personnes pour l'affection qu'elles m'ont témoignée durant mes visites, qui ont gracieusement contribué à la réussite de ce travail. Je remercie particulièrement le chef de Village de Bofia (S/P Tiébissou), le responsable des jeunes, ainsi que tous les habitants de ce village, qui ont bien voulu accepter de mettre à ma disposition une portion de leur terre, pour les essais in situ.

SIGLES ET ABREVIATIONS

A	: Argile
ACC	: Analyse Canonique des Correspondances
ACP	: Analyse en Composante Principale
ANOVA	: Analyse de la Variance
B	: Bouture
CANOCO	: Canonical Community Ordination
C/N	: rapport Carbone/Azote
CEC	: Capacité d'Echange Cationique
CPCS	: Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
G	: Graine
g.kg⁻¹	: gramme par kilogramme
GPS	: Global Positioning System (Système global de position)
IB	: Indice de Battance
INS	: Institut National de la Statistique
Hmr	: Hauteur moyenne du rejet
Hmrp	: Hauteur moyenne des rejets par plante
kg.ha⁻¹	: kilogramme par hectare
Lf	: Limon fin
Lg	: Limon grossier
Mmfp	: Masse moyenne des feuilles produites
MO	: Matières organiques

mg.kg⁻¹	: milligramme par kilogramme
,	: Minute
N	: Nord
pH	: potentiel Hydrogène
P.V.E	: Protection des Végétaux et de l'Environnement
S	: Souche
SAA	: Spectromètre d'Absorption Atomique
Sf	: Sable fin
Sg	: Sable grossier
SSR	: Simple Sequence Repeat
sp.	: Espèces
STRM	: Sciences de la Terre et des Ressources Minières
Ts	: Taux de survie
Tsb	: Taux de survie par traitement des boutures
TMG	: Taux moyen de germination
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
W	: Ouest
WRB	: World Reference Base
YR	: Yellow Red (jaune rouge)

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Peuplement sauvage de plants de <i>Lippia multiflora</i> dans une zone de Takissalèkro (Tiébissou).....	7
Figure 2 : Système racinaire de <i>Lippia multiflora</i>	9
Figure 3: Rejets ou branches de <i>Lippia multiflora</i>	10
Figure 4: Vue d'ensemble de différentes feuilles de <i>Lippia multiflora</i> rencontrées sur les sites de production naturels.	10
Figure 5 : Epis et fleurs de <i>Lippia multiflora</i>	11
Figure 6 : Aspect général des graines de <i>Lippia multiflora</i>	12
Figure 7 : Aspect général des feuilles caractérisant les différents morphotypes.....	12
Figure 8 : Galles sur la face supérieure d'une feuille de <i>Lippia multiflora</i>	23
Figure 9 : Insectes gallicoles des feuilles et des tiges de <i>Lippia multiflora</i>	23
Figure 10: Différents stades de développement d'une abeille <i>Braunsapis sp</i> dans les branches de <i>Lippia multiflora</i>	24
Figure 11: Différents stades de développement d'une guêpe..... Crabronidae mineuse de branches de <i>Lippia multiflora</i>	24
Figure 12: Situation géographique de la zone d'étude.....	27
Figure 13: Carte du modèle numérique d'altitude (MNA) de la zone d'étude.....	29
Figure 14: Réseau hydrographique de la zone d'étude.....	30
Figure 15: Carte géologique de la zone d'étude.....	31
Figure 16: Echantillons de sols et de fumier.....	36
Figure 17: Morphotypes de <i>Lippia multiflora</i> utilisés pour diverses expériences.....	37
Figure 18: Souches de <i>Lippia multiflora</i> utilisées pour diverses expériences.....	38
Figure 19: Boutures de <i>Lippia multiflora</i> prélevées sur différents rejets.....	38
Figure 20: Graines de <i>Lippia multiflora</i> (grossissement x 2, 9).....	39
Figure 21: GPS de marque Garmin (modèle 72).....	39
Figure 22 : Quelques verreries et appareils pour les différentes analyses de laboratoire.....	42
Figure 23 : Schéma des placettes telles que réalisées sur le terrain pour les relevés de surfaces.....	45
Figure 24 : Défrichage et ramassage des végétaux sur l'un des sites expérimentaux.....	48
Figure 25 : Prélèvement et sélection des éclats de souches de <i>Lippia multiflora</i>	49
Figure 26 : Représentation générale des parcelles	

expérimentales (Yamoussoukro et Tiébissou) pour la culture	
des éclats de souche.	50
Figure 27: Différentes classes de boutures pour la réalisation de la pépinière.	52
Figure 28: Différentes étapes pour la réalisation de la pépinière de	
boutures de <i>Lippia multiflora</i>	53
Figure 29: Différentes étapes de prélèvement et sélection des graines	
de <i>Lippia multiflora</i>	55
Figure 30: Exemple de dispositif pour le morphotype M1.	58
Figure 31: Dispositif expérimental tel que réalisé sur les différentes parcelles.	60
Figure 32: Quelques espèces floristiques inventoriées sur les	
différents sites de productions naturelles de <i>Lippia multiflora</i>	
à Tiébissou et à Yamoussoukro.	66
Figure 33: Peuplement naturel et densité de <i>Lippia multiflora</i>	66
Figure 34: Analyse canonique des correspondances réalisée	
sur les indices écologiques et les paramètres physico-chimiques	
des sols des sites prospectés.	69
Figure 35 : Plinthic Ferralsol sur le site expérimental de Yamoussoukro.	70
Figure 36 : Plinthic Ferralsol sur le site expérimental de Tiébissou.	70
Figure 37a : Triangle textural des sols de Tiébissou (texture : sablo-argileuse).	72
Figure 37b : Triangle textural des sols de Yamoussoukro (texture : sablo-argileuse).	73
Figure 38 : Répartition de la granulométrie dans les différents sols,	
quel que soit le site (a = Tiébissou, b = Yamoussoukro).	73
Figure 39 : Évolution du taux de survie (TS) des éclats de souches	
de <i>Lippia multiflora</i> pendant 60 jours de culture	
en fonction des deux morphotypes et en deux endroits de culture.	82
Figure 40 a : Évolution du nombre moyen de rejets (Nmrp)	
des éclats de souches de <i>Lippia multiflora</i> pendant	
60 jours de culture, en fonction des deux morphotypes	
et en deux endroits de culture.	83
Figure 40 b: Bourgeons et jeunes plants (rejets) de <i>Lippia multiflora</i>	
observés sur des éclats de souches.	83
Figure 41 : Hauteur moyenne des rejets (Hmr) des éclats	
de souches de <i>Lippia multiflora</i> pendant 60 jours de culture,	
en fonction des deux morphotypes, en deux endroits de culture.	84

Figure 42 : Evolution de la masse des feuilles sèches des éclats de souches de <i>Lippia multiflora</i> pendant 60 jours de culture en fonction des deux morphotypes cultivés à Yamoussoukro et Tiébissou.....	85
Figure 43 : Pépinière de 2 mois des boutures de <i>Lippia multiflora</i>	88
Figure 44 a : Pépinière des graines de <i>Lippia multiflora</i> en fonction du temps de conservation, du lieu de provenance et du morphotype.....	92
Figure 44 b: Plants de <i>Lippia multiflora</i> issus de la germination des lots de graines en fonction du temps de conservation.....	92
Figure 45 a: Taux de germination des graines de <i>Lippia multiflora</i> en fonction de la surface de semi (77,04 cm ²).....	93
Figure 45 b : Taux de germination des graines de <i>Lippia multiflora</i> , après 1 jour, quel que soit le morphotype.....	94
Figure 45 c : Taux de germination de la pépinière des graines de <i>Lippia multiflora</i> , après 5 jours.....	94
Figure 46 a: Evolution du taux de germination en fonction des différents traitements au niveau du morphotype M1.....	97
Figure 46 b: Evolution du taux de germination en fonction des différents traitements au niveau du morphotype M2.....	97
Figure 47: Plantules de <i>Lippia multiflora</i> (morphotype M1) après 60 jours de semis.....	100
Figure 48: Système racinaire des plantules de <i>Lippia multiflora</i> (morphotype M1) après 60 jours de semis.....	100
Figure 49: Plantules de <i>Lippia multiflora</i> (morphotype M2) 2 jours après repiquage.....	104
Figure 49: Eclats de souches et plants de <i>Lippia multiflora</i> utilisés pour les différents modes de multiplication.....	105
Figure 50: Evolution du taux de survie après repiquage durant les 360 jours de culture.	106
Figure 51 a: Evolution du nombre de rejets par plant durant les 360 jours de culture.	107
Figure 51 b: Evolution du nombre de rejets par plant au bout de 30 jours de culture.	107
Figure 51 c: Evolution du nombre de rejets par plant, 6 mois après le planting.....	108
Figure 51 d: Evolution du nombre de rejets par plant, 12 mois après le planting.....	109
Figure 52: Evolution de la hauteur moyenne des plants durant les 360 jours de culture.	110
Figure 53: Evolution de la hauteur des rejets 12 mois après le planting.....	111
Figure 54: Evolution de la masse des feuilles sèches durant les 360 jours de culture.	113

Figure 55 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.....	115
Figure 56 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.....	118
Figure 57 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.....	121
Figure 58 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.....	123

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Principaux végétaux rencontrés.	14
Tableau II. Composition chimique, concentration minimale inhibitrice et bactéricide des huiles essentielles de <i>Lippia multiflora</i>	17
Tableau III : Fréquence d'occurrence (F%), abondance relative (Arel%) et densité (D) des espèces inventoriées.	67
Tableau IV a: Pourcentage d'informations exprimées par les deux axes de l'analyse canonique des correspondances.	68
Tableau IV b: Coefficients de corrélation inter-set des variables avec les deux premiers axes de l'analyse canonique des correspondances.	68
Tableau V. Granulométrie des sols des différents sites.	72
Tableau VI. Acidité, azote et matière organique dans les sols des différents sites.	74
Tableau VII. Dynamique du phosphore dans les sols des différents sites.	75
Tableau VIII. Bases échangeables et capacité d'échange cationique dans les sols des différents sites.	76
Tableau IX. Granulométrie des sols et substrats utilisés pour les différents tests de germination des graines de <i>Lippia multiflora</i>	77
Tableau X. Matière organique, Azote et Phosphore des sols et substrats utilisés pour les différents tests de germination des graines de <i>Lippia multiflora</i>	79
Tableau XI. Acidité, bases échangeables et capacité d'échange cationique dans le fumier, sols et substrats.....	80
Tableau XII : Paramètres agronomiques permettant le choix de la meilleure classe des éclats de souches.	86
Tableau XIII: Paramètres agronomiques évalués, permettant le choix de la meilleure portion du rejet pour le bouturage.	89
Tableau XIV: Temps moyen mis en pépinière par les plants issus de boutures pour le repiquage.	90
Tableau XV : Variation de la hauteur, du nombre moyen de feuilles et de la longueur moyenne de la racine principale des jeunes plants de <i>Lippia multiflora</i> , après 60 jours de culture, pour différents traitements.	99
Tableau XVI a: Corrélation entre les paramètres des différents	

traitements et le rythme de croissance des plantules de <i>Lippia multiflora</i>	
(Morphotype M1)	102
Tableau XVI b: Corrélation entre les paramètres des différents	
traitements et le rythme de croissance des plantules de <i>Lippia multiflora</i>	
(Morphotype M2)	103
Tableau XVII: Age des plantules et taux de survie en pépinière	104
Tableau XVIII: Matrice des valeurs propres, corrélations entre	
les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en	
composantes principales (ACP) au niveau plants issus	
du morphotype M1, sur le site expérimental de Tiébissou	114
Tableau XIX: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes	
principales (ACP) au niveau plants issus du	
morphotype M1, sur le site expérimental de Tiébissou	116
Tableau XX: Matrice des valeurs propres, corrélations entre les	
variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes	
principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype	
M2, sur le site expérimental de Tiébissou	117
Tableau XXI: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes	
principales (ACP) réalisée avec les paramètres agronomiques	
des plants issus du morphotype M2 sur le site expérimental de Tiébissou. ...	119
Tableau XXII: Matrice des valeurs propres, corrélations entre	
les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes principales	
(ACP) au niveau plants issus du morphotype M1	
sur le site expérimental de Yamoussoukro.	120
Tableau XXIII: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes	
principales (ACP) au niveau des plants issus de M1	
(site expérimental de Yamoussoukro).	121
Tableau XXIV: Matrice des valeurs propres, corrélations	
entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en	
composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M2,	
sur le site expérimental, de Yamoussoukro.	122
Tableau XXV: Matrice de corrélation de l'analyse en	
composantes principales (ACP) au niveau plants issus	
des différents modes de multiplication, sur le site expérimental	
de Yamoussoukro (Morphotype M2).	124

RESUME

En Afrique subsaharienne et particulièrement en Côte d'Ivoire, pousse *Lippia multiflora* (Verbenaceae), communément connu sous l'appellation de « thé de savane » ou « thé de Gambie ». Cette plante offre une diversité d'usages en pharmacopée et en médecine. Mais, en dépit de son intérêt grandissant, *Lippia multiflora* demeure un produit de cueillette ; c'est pourquoi, il est apparu opportun de procéder à sa domestication. C'est dans ce cadre que des investigations ont été menées, entre 2009 et 2013, dans deux zones de la région savannicole de la région du Béliér (Yamoussoukro et Tiébissou), au centre de la Côte d'Ivoire, pour apprécier l'occurrence et la multiplication de la plante sur quelques sols ferrallitiques (ferralsols).

Les résultats obtenus indiquent que les sols sur lesquels la plante pousse naturellement se caractérisent par une texture sableuse ou sablo - argileuse et un pH faiblement acide. Les indices écologiques déterminés indiquent que sur 21 végétaux identifiés, 5 sont constants, car présentant une fréquence d'occurrence $F \geq 50\%$, et les autres accessoires ($25\% \leq F \leq 49\%$). Les analyses canoniques des correspondances effectuées sur les données d'occurrence et quelques paramètres du sol, indiquent que la présence et le regroupement de *Lippia multiflora* dans les zones investiguées sont influencés par la matière organique (MO), dont les teneurs varient de 0,25 à 1,06 mg.kg⁻¹, le calcium (Ca²⁺) à des teneurs de 0,52 à 2,8 cmol.kg⁻¹, et le potassium (K⁺), pour des teneurs de 0,12 à 1,6 cmol.kg⁻¹ dans le sol. Les différents modes de multiplication opérés indiquent que la meilleure façon d'utiliser la souche pour une multiplication efficiente est de la diviser en 2 parties égales, afin d'obtenir des organes dont la masse varie entre 400 g et 699 g avec un taux de survie (Ts) variant entre 80,45 à 85,56%, pour une masse de feuille sèche produite par plante (Mmfp), comprise entre 92,82 à 95,96 g, quels que soient le morphotype et le lieu de culture. En ce qui concerne la multiplication par bouture, la partie basale des rejets de 12 mois résiste mieux en pépinière, avec un taux de survie variant de 77,86 à 79,8 %, et une masse de feuilles sèches comprise entre 12,21 à 12,33 g. Toute fois, le passage par l'étape de pépinière est nécessaire à cause du fort taux de mortalité. Au niveau de la multiplication par graines, les résultats obtenus ont montré que les organes conservés pendant 2 mois offrent un taux de germination élevé ($G = 66\%$), quel que soit le morphotype. Des trois modes de multiplication expérimentés, celui réalisé avec les graines semble être le meilleur, car un plant de *Lippia multiflora* donne, en moyenne, 800 graines, avec un taux de germination variant de 61,76 à 65,62%, soit environ 494 à 525, graines qui, effectivement, vont germer et donner chacune, des plants formant 2 rejets, pour une biomasse foliaire variant de 43,29 à 43,88 g. Ainsi donc une plante mère permet, par

multiplication à partir de graines, d'avoir un grand nombre de plants (494 à 525 plants), totalisant un poids de biomasse foliaire égal à $43,29 \times 500 = 21385,26$ g, pour M1 et, $43,88 \times 525 = 23037$ g, pour M2.

Mots - clés: *Lippia multiflora*, multiplication, éclats de souches, boutures, graines, Ferralsols, savanicole, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Lippia multiflora (Verbenaceae), commonly known as "savanna tea" or "Gambia tea", grows in Saharan Africa, particularly in Côte d'Ivoire. This plant is used in different ways in medicine and pharmacopoeia. Despite the growing interest, *Lippia multiflora* remains a picking product. Therefore, it is appropriate to proceed with its domestication. It is in this context that investigations were carried out between 2009 and 2013 in two areas of savanna system of "Belier" region (Yamoussoukro and Tiébissou), in central Côte d'Ivoire. The aim was to understand the occurrence and multiplication of the plant on some lateritic soils (ferralsols).

The results indicate that soils where the plant grows naturally were characterized by a sandy or sandy-clay texture, with a pH moderately to weakly acidic. The ecological indices performed indicate that among 21 plants identified, five are constant because having a frequency of occurrence $F \geq 50\%$ and the other accessory ($25\% \leq F \leq 49\%$). The canonical correspondence analysis performed on the occurrence data and some soil parameters indicate that the presence and consolidation of *Lippia multiflora* in the investigated areas are influenced by soil organic matter (MO) (0,25 to 1.06 mg.kg⁻¹), calcium (Ca²⁺) (0,52 to 2,8 cmol.kg⁻¹) and potassium (K⁺) (0,12 to 1.6 cmol.kg⁻¹). About the modes of multiplication, the results indicate that the best way to use the stumps for efficient multiplication is to divide them into two equal parts with a mass ranging from 400 g to 699 g; that method enables to have a survival rate (Ts) ranging from 80.45 to 85.56 % with a mass in a dry sheet produced by plant (mmfP) between 92.82 to 95.96 g; regardless the morphotype and the place of cultivation. Regarding the multiplication by cuttings, basal portion of 12 months old shoots are more resistant in nursery with a survival rate ranging from 77.86 to 79.8% and a mass of dry leaves ranging from 12,21 to 12,33 g. Cuttings must necessarily go through the nursery stage because of high mortality. About propagation by seeds, the results showed that organs kept for two months give a high germination rate (G = 66%) regardless the morphotype. The correlation tests indicate that soil organic matter affects seed germination and good seedling development in *Lippia multiflora*. Among the three modes of propagation, the one made with the seeds seems to be the best, because a plant of *Lippia multiflora* gives an average of 800 seeds, which have a germination rate ranging from 61.76 to 65.62% and about 494 to 525 seeds that will really germinate and develop to plants giving each two shoots on average, for foliar biomass ranging from 43.29 to 43.88 g. Therefore, a mother plant, through multiplication by seeds, results in the production of a great number of plants (494-525 plants)

with a total leaf biomass equal to $43.29 \times 500 = 21,385.26$ g for M1 and $43.88 \times 525 = 23,037$ g for M2.

These results provide a large database that will enable to identify strategies for collecting and better conservation of genetic resources of *Lippia multiflora* and their utilisation, promotion and popularisation.

Keywords: *Lippia multiflora*, multiplication, stump, stem cuttings, seeds, Ferralsol, savanna region, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION GENERALE

Dans les pays tropicaux, et en Afrique sub-saharienne, en particulier, plus de 80 % de la population rurale continuent de recourir aux plantes sauvages, pour l'alimentation et les soins de santé primaire (Ambé, 2001). Dans leur majorité, les populations africaines utilisent la riche et diversifiée flore de leur environnement, pour la préparation de certaines recettes médicinales.

De nombreuses espèces végétales sont ainsi utilisées pour des soins thérapeutiques à travers toute l'Afrique. C'est le cas du néré (*Parkia biglobosa* : Mimosaceae), dont les feuilles et les écorces sont utilisées pour la préparation de remèdes contre le ver de Guinée. Les écorces sont aussi utilisées comme une drogue à activité analgésique dans le traitement de douleurs dentaires (Pelissier *et al.*, 1998). C'est aussi le cas du baobab (*Adansonia digitata* : Bombacaceae), dont les feuilles sont parfois utilisées seules dans le traitement des ulcères, ou en combinaison avec *Parkia biglobosa*, dans le traitement des ulcères gastro duodénaux et autres affections comme les coliques (Adjanooum et Aké, 1999).

La lutte contre les insectes et autres agents pathogènes des plantes constitue une préoccupation pour les agriculteurs. Devant les dangers que présente l'utilisation des produits chimiques pour l'environnement, la recherche s'intéresse de plus en plus à l'utilisation des produits naturels à base de plantes, pour lutter contre les agents responsables des pathologies végétales. Certains travaux ont ainsi montré que les extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis*) et du bois de thuya (*Tetracclinis articulata*), présentent des effets toxiques sur les larves de moustiques culicidés (Brahim *et al.*, 2006). L'utilisation de cette plante comme fertilisant diminue significativement l'effet de *Pyricularia oryzae* sur le riz (Oussou *et al.*, 2008).

Certaines espèces sauvages sont utilisées, pour leur arôme, dans les confiseries, pour leur parfum, dans les soins de beauté, et aussi comme breuvage. C'est le cas de *Lippia multiflora* (Verbenaceae), qui est une plante herbacée des régions de savane d'Afrique, bien connue des populations pour ses propriétés pesticides, médicinales et nutritionnelles (Jim *et al.*, 2001).

Lippia multiflora est utilisée par les populations africaines, depuis longtemps, comme thé ayant des effets relaxants. L'infusion des feuilles est utilisée comme breuvage pour lutter contre la fièvre, les entérites, la toux et la grippe (Kanko, 1995). Les feuilles de la plante sont aussi usuellement utilisées contre les insectes tels que les moustiques et les charançons du maïs (Addae-Mensah, 1992).

Les différentes propriétés médicinales et insecticides de *Lippia multiflora* font de cette plante une espèce très prisée par les populations rurales, surtout celles des zones de savanes.

Lippia multiflora est une espèce qui pousse spontanément dans les zones de savanes, mais dont le développement est menacé par la déforestation et les feux de brousse. Pourtant, cette espèce pourrait représenter une spéculation économique importante, si une politique adéquate de gestion de son développement et de sa production est menée. C'est le cas au Ghana où la gestion des populations sauvages de *Lippia multiflora* a permis de récolter 1,5 tonnes par hectare, de feuilles sèches, destinées à l'exportation (Spore, 2006). Cette plante, qui entre dans la composition de certains médicaments traditionnels africains améliorés (*Malarial*® au Mali, et le *Tétra*® au Congo), est utilisée pour le traitement de diverses maladies (Etou-Ossibi *et al.*, 2005), dont l'hyperthermie et la tension artérielle (Abena *et al.*, 2003). De nombreuses études indiquent que l'extrait aqueux et l'huile essentielle de *Lippia multiflora* ont des propriétés pharmacologiques (Hondi-Assah, 2003), pesticides (Oladimeji *et al.*, 2000; Oussou *et al.*, 2008), et cosmétiques (Kanko *et al.*, 2004).

Aujourd'hui, *Lippia multiflora* est commercialisée et, constitue une culture d'exportation de la Côte d'Ivoire (Yao-Kouamé *et al.*, 2009; N'guessan *et al.*, 2010). Mais, tout comme la diversité d'espèces végétales vendues sur le marché horticole, *Lippia multiflora* ne se cultive pas encore en Côte d'Ivoire ; et, l'approvisionnement en feuilles se fait uniquement à partir des peuplements naturels. Dès lors, de graves problèmes se posent. Le premier de ces problèmes a trait à l'appauvrissement et la diminution de la taille des peuplements, pouvant conduire, à long terme, à une éventuelle extinction. Le second problème réside dans ce que les pratiques de sa cueillette s'avèrent très destructrices, car les tiges sont cassées au cours de sa collecte, (Alui *et al.*, 2011).

De plus, les zones agro-écologiques où se rencontrent la plus part des peuplements de *Lippia multiflora* appartiennent à des écosystèmes reposant sur la coexistence entre une strate herbacée et une strate ligneuse, dont l'existence dépend de l'intensité de facteurs environnementaux (sécheresse, feux, élevage, culture...). Tout comme les autres espèces végétales des savanes, *Lippia multiflora* est fréquemment détruite lors des feux de brousse et les défrichements, au profit des cultures (Yao-Kouamé *et al.*, 2009).

Pour éviter la disparition de la plante, il apparaît opportun d'envisager sa protection. Aussi, est-il nécessaire de chercher à comprendre la vie de la plante et son environnement, à travers l'étude de sa biologie et son mode de multiplication, afin de proposer un itinéraire technique approprié pour sa mise en culture.

La présence de *Lippia multiflora* dans la plus part des savanes de la région du Bélier, surtout la densité des peuplements, relativement, importante, est la preuve qu'elle trouve en ces lieux, des conditions favorables à son épanouissement. Il peut se produire que, sous l'action d'un changement des conditions locales, la plante n'ait pas eu le temps nécessaire à son adaptation, ou qu'elle en soit évincée, sous la pression d'autres plantes, mieux adaptées pour occuper l'espace considéré (Arnesen *et al.*, 2008).

Dès lors, un certain nombre d'interrogations se pose, à savoir:

- ✓ quelles variables du sol (paramètres physico-chimiques) permettent d'expliquer l'occurrence et l'abondance de *Lippia multiflora* dans le système savanique de la région du Bélier (Yamoussoukro et Tiébissou) ?
- ✓ Quelle est le mode de multiplication de la plante le plus efficace pour sa propagation à grande échelle ?

L'objectif général de ce travail est de valoriser *Lippia multiflora* à travers sa domestication. Les objectifs spécifiques qui sous-tendent cet objectif général sont de:

- déterminer les variables du sol (paramètres physico-chimiques) qui ont une incidence sur l'occurrence et l'abondance de *Lippia multiflora* dans la région savanique du Bélier ;
- déterminer le mode de multiplication le plus efficace pour la propagation, en vue d'accroître l'accessibilité et la disponibilité de *Lippia multiflora*.

La réalisation d'une telle étude a été fondée sur les trois hypothèses de recherche suivantes:

- l'occurrence et l'abondance de *Lippia multiflora* permettent de définir et d'interpréter les causes de sa répartition dans la zone savanique du Bélier (Yamoussoukro et Tiébissou) ;

- la présence et l'abondance de *Lippia multiflora* dans la zone savanicole du Bélier (Yamoussoukro et Tiébissou) sont conditionnées par la composition chimique et/ou autres variables du sol ;
- la voie de propagation la plus efficace, pour un besoin de domestication, se dégage aisément de l'évaluation de différents modes de multiplication.

Pour rendre compte du travail réalisé, le présent mémoire est structuré en trois grandes parties. La première partie est consacrée à la revue bibliographique sur la plante et présente le cadre physique de l'étude. La deuxième partie traite du matériel et des méthodes de travail utilisés. La troisième partie présente les principaux résultats auxquels l'étude a abouti et leur discussion. Une conclusion, des références bibliographiques et des annexes complètent le document.

PREMIERE PARTIE : Généralités

CHAPITRE I : Revue de Littératures sur *Lippia multiflora*

CHAPITRE II : Site de l'étude

CHAPITRE I : Revue de littérature sur *Lippia multiflora*

Introduction

Dans le présent chapitre, une synthèse des connaissances sur la systématique, la botanique, et la culture de *Lippia multiflora* est faite. Nos recherches de littérature se sont focalisées, sur l'importance biomédicale et économique de la plante. L'état des connaissances sur la domestication de la plante a été fait, car elle constitue le centre d'intérêt de ce travail. Nous avons également abordé les potentialités que peut fournir la plante en matière d'industrialisation aux plans national et international.

1.1. Origine et aires de distribution

Appartenant à la famille des Verbenaceae, *Lippia multiflora* est une plante couramment rencontrée dans les savanes d'Afrique de l'Ouest (de la Gambie au Nigéria). C'est l'une des espèces qui est beaucoup connue dans cette partie de l'Afrique (Mwangui *et al.*, 1993). En Côte d'Ivoire, *Lippia multiflora* se développe dans la savane (**Figure 1**), depuis la zone de contact forêt-savane, communément appelée le « V Baoulé » (département de Tiassalé), en passant par les régions du Bélier (Yamoussoukro, Tiébissou et Didiévi), du N'Zi (Toumodi et Dimbokro), du centre (Bouaké, Béoumi, Sakassou, Katiola et Dabakala), jusqu'aux régions du Nord, Nord-Ouest et Nord-Est, dans les départements de Korhogo, Odienné, Séguéla, Bouna, Bondoukou, etc. (Yao-Kouamé *et al.*, 2009).



Figure 1 : Peuplement sauvage de plants de *Lippia multiflora* dans une zone de Takissalékro (Tiébissou).

1.2. Botanique

Pour l'amélioration de la production des cultures, il est nécessaire d'obtenir le maximum d'informations sur la valeur et le type de variabilité génétique correspondant à l'héritabilité du caractère d'intérêt (Holland *et al.*, 2003). En effet, la sélection des génotypes supérieurs est proportionnelle à la valeur de la variabilité génétique et à l'étendue des caractères héréditaires (Omoigui *et al.*, 2005).

1.2.1. Systématique

Selon les travaux de Aké (2002 a), la position systématique de *Lippia multiflora* est la suivante :

Règne :.....Végétal

Embranchement :.....Spermaphytes

Sous-embranchement :.....Angiospermes

Classe :.....Dicotylédones

Sous classe :.....Gamopétales

Ordre :.....Laminales

Famille :.....Verbenaceae

Sous famille :.....Verbenoïdeae

Tribu :.....Lantaceae

Genre :.....*Lippia*

Espèce :.....*multiflora*

1.2.2. Description de la plante

Les verbénacées constituent une famille de plantes herbacées, d'herbes et d'arbustes, souvent aromatisées. *Lippia multiflora*, qui fait partie de cette famille de plantes, a une odeur prononcée, apparentée à celle de la citronnelle. C'est une plante pluriannuelle d'environ 2 à 4 mètres de haut (Eyog *et al.*, 2000).

Elle est composée d'une tige souterraine ou souche, comportant un collet au niveau duquel se développent plusieurs rejets, ou tiges aériennes, portant les feuilles et les épis floraux.

1.2.2.1. Système racinaire

La souche de *Lippia multiflora* porte de nombreuses racines dont une racine principale, qui a une orientation verticale, et de nombreuses racines secondaires, à orientation subhorizontale, qui ne s'entrelacent presque jamais. Les racines secondaires peuvent avoir une taille allant jusqu'à 2 mètres de long. Leur épaisseur est de l'ordre du centimètre pour les plus grosses, et de l'ordre du millimètre pour les plus petites. La masse des souches à l'état frais peut varier de 300 à 1000 g selon l'âge de la plante et ses habitats naturels (**Figure 2**).

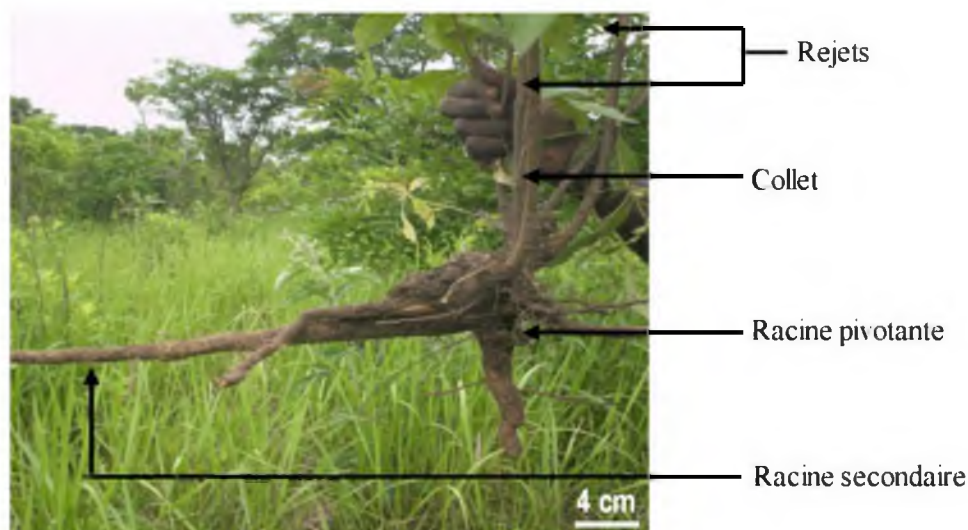


Figure 2 : Système racinaire de *Lippia multiflora*.

1.2.2.2. Rejets ou branches

Les rejets présentent, généralement, une couleur violette ou verte lorsqu'elles sont jeunes et une couleur brune lorsqu'elles sont âgées. Une coupe transversale du rejet présente une forme carrée, avec des veines apparentées. Une fois écrasée, il dégage une forte odeur, semblable à celle du citron. Le nombre moyen de rejets par souche âgée varie de 5 à 12 en fonction des habitats et/ou du morphotype (Alui, 2009). La taille moyenne des rejets est de l'ordre de 2 à 3 mètres (**Figure 3**).

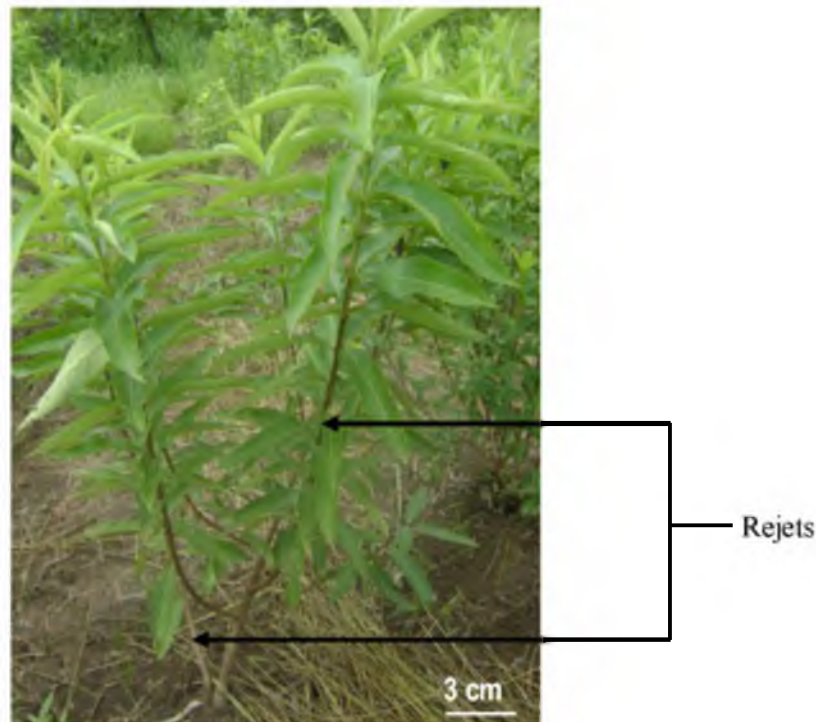


Figure 3: Rejets ou branches de *Lippia multiflora*.

1.2.2.3. Feuilles

La forme et la couleur des feuilles de *Lippia multiflora* diffèrent d'un morphotype à l'autre. Certains plants ont des feuilles luisantes, souples, de couleur vert claire, de forme elliptique et de taille variant de 3 à 6 cm, avec un parfum agréable et piquant. D'autres ont des feuilles d'aspect oblong, de couleur vert sombre, et longues de 15 à 20 cm, avec un parfum doux et agréable (Eyog *et al.*, 2000). Entre ces deux types de feuilles se situe une multitude de formes intermédiaires. Les feuilles sont regroupées par 3 ou 4 au niveau des nœuds, rarement par 2. La bordure des feuilles est finement dentée, avec une pubescence blanchâtre à la face inférieure. Elles comportent 7 à 8 nervures latérales, bien visibles tout le long de la feuille, ainsi qu'une nervure principale (**Figure 4**).



a = feuilles de bordure finement dentée, b = feuilles d'aspect oblong, c = feuilles de forme elliptique et d = feuilles de couleur vert-marine.

Figure 4: Vue d'ensemble de différentes feuilles de *Lippia multiflora* rencontrées sur les sites de production naturels.

1.2.2.4. Floraison

Les fleurs de *Lippia multiflora* sont regroupées en épis, qui naissent à l'aisselle des bourgeons de feuilles terminales, sur de petites pousses latérales de taille variant entre 4 et 8 cm. On dénombre 35 à 40 fleurs par épi, jusqu'à la maturité du fruit. Les épis mesurent environ 1 à 2 cm lorsqu'elles sont à maturité. Pendant la floraison, chaque branche comporte 12 à 16 épis.

Les fleurs de *Lippia multiflora* sont de petite taille, de couleur blanchâtre (Ameyaw, 2009 ; Owalabi *et al.*, 2009), larges de 5 à 7 mm, et longues de 5 mm à 2 cm (Eyog *et al.*, 2000). Elles sont disposées en panicule (Owalabi *et al.*, 2009 ; (Eyog *et al.*, 2000). Les fleurs sont gamosépales, gamopétales, hermaphrodites, et possèdent un androcée d'étamines (**Figure 5**). L'ovaire est en position supère.

A maturité, les épis portent des graines et se présentent, dans ce cas, généralement sous une forme sphérique (Alui, 2009). Les graines de *Lippia multiflora* sont petites et sèches (**Figure 6**). L'observation à la loupe montre que ces graines ont une forme sphéroïdale, légèrement aplatie, du côté de l'hile. Un même locule contient, habituellement, une graine, quelque fois 2, rarement 3. Quand il se forme plusieurs graines dans le même locule, elles sont plates du côté où elles sont en contact. Chaque épi contient environ 35 à 40 graines (Alui, 2009).



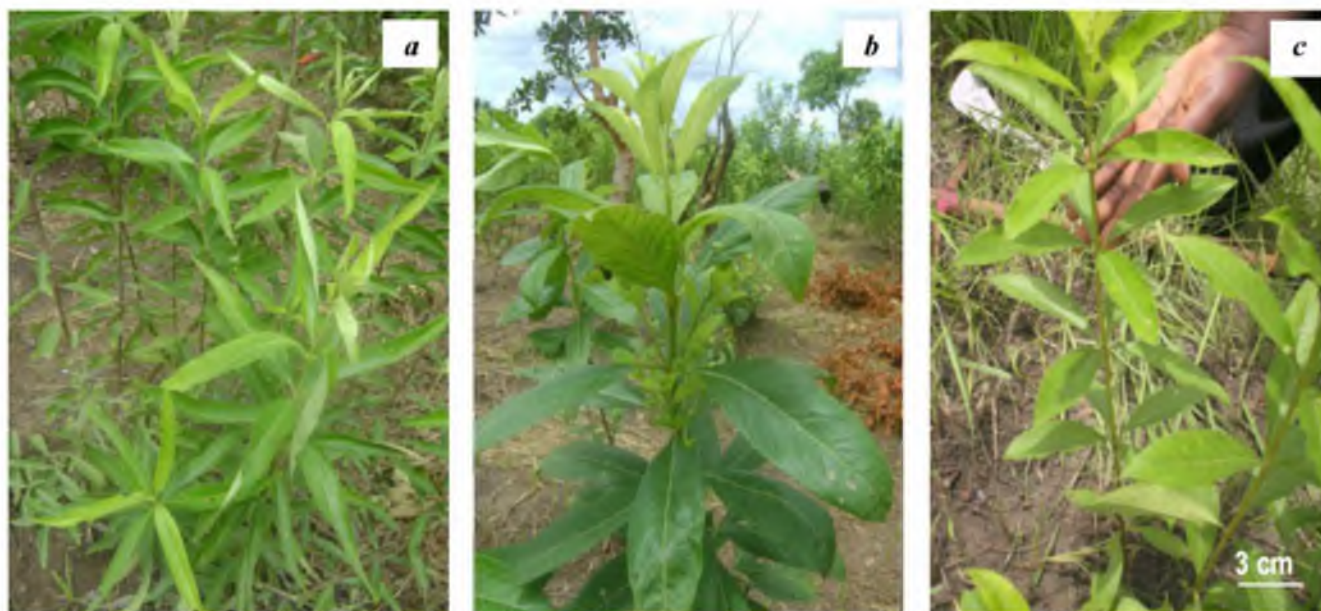
Figure 5 : Epis et fleurs de *Lippia multiflora*.



Figure 6 : Aspect général des graines de *Lippia multiflora* (grossissement x 2,9).

1.2.2.5. Caractéristiques agromorphologiques

En se basant sur plusieurs caractéristiques agromorphologiques (Adou *et al.*, 2011), il existe plusieurs morphotypes de *Lippia multiflora* (**Figure 7**) dans un même système savanicole. La forme des feuilles, les rameaux, la rigidité des feuilles, la hauteur du plant, la longueur des entrenœuds, la pilosité des jeunes plants de 2 semaines, et, surtout, la couleur des feuilles (vert-citron, vert-marin et vert clair), diffèrent d'une plante à une autre.



a = feuilles minces et longues de couleur vert claire, b = feuilles larges et longues de couleur vert marin, c = 4 feuilles insérées au niveau des nœuds.

Figure 7 : Aspect général des feuilles caractérisant les différents morphotypes.

1.3. Ecologie de la plante

En Côte d'Ivoire, *Lippia multiflora* se trouve dans la zone de savane, depuis le «V» Baoulé jusqu'aux savanes herbeuses du Nord. Les peuplements naturels de cette plante sont, le plus souvent, observés dans un environnement topographique de bas de versant, sur une bande allant de 75/100 m à 350/400 m du lit de cours d'eau; quelques peuplements ont été observés à la mi- versant, mais, rarement au sommet (Yao-Kouamé *et al.*, 2009).

Les milieux dans lesquels se développent naturellement les foyers de thé de savane sont arrosés par des cours d'eau, qui sont généralement des affluents de rivières, plus ou moins, importantes, tarissant en période de sécheresse prononcée.

Les peuplements naturels de *Lippia multiflora* sont toujours associés à la présence de végétaux caractéristiques que l'on observe, quel que soit l'endroit (**Tableau I**). On note que la strate herbacée est dominée par les poacées, tandis que la strate arbustive est surtout marquée par la présence de peuplements de *Piliostigma thonningii* (Yao-Kouamé *et al.*, 2009).

Lippia multiflora pousse sur divers types de sols, notamment sur des sols sableux, des sols rajeunis et des sols remaniés, voire sur des sols évoluant vers des sols indurés ou cuirassés, à moyenne profondeur, ou en profondeur. Les sols des différents sites prospectés par Yao-Kouamé *et al.*, (2009) présentent, dans leur grande majorité, les caractéristiques descriptives suivantes: une humidité moyenne à faible; une coloration brun foncée à brun rouge ou brune (2,5 YR à 7,5YR), le plus souvent, tachetée; une imprégnation humifère faible à moyenne; une texture sablo argileuse à argilo sableuse, à sables moyens et grossiers, avec une teneur en argile estimée à 10/15% dans les horizons de surface et 60/65, voire 70 %, en profondeur; une porosité moyenne à bonne; une présence d'assez nombreuses à de nombreuses racines, de taille essentiellement millimétrique et à orientation préférentielle sub horizontale; une structure polyédrique subanguleuse à tendance grumeleuse au niveau des racines; une cohérence relativement moyenne à forte, due à la présence de très nombreux éléments grossiers (70 à 80 %), notamment, des concrétions et nodules ou des grains de quartz, qui ont tendance à se prendre en masse et à s'indurer. Ce sont des sols relativement profonds, dont la profondeur moyenne tourne autour du mètre (Yao-Kouamé et Allou, 2008).

Tableau I: Principaux végétaux rencontrés (Yao-Kouamé *et al.*, 2009).

Genre et espèce	Famille
<i>Aframomum latifolium</i>	Zingiberaceae
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae
<i>Cochlospermum planchonii</i>	Cochlospermaceae
<i>Crossopterix febrifuga</i>	Rubiaceae
<i>Eriosema glomeratum</i>	Fabaceae
<i>Ficus capensis</i>	Moraceae
<i>Fimbristylis exilis</i>	Cyperaceae
<i>Flueggea virosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Hyparrhenia dissoluta</i>	Poaceae
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae
<i>Loudetia arundinaceae</i>	Poaceae
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae
<i>Panicum maximum</i>	Poaceae
<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae
<i>Penisetum polystachion</i>	Poaceae
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fiabaceae
<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpiniaceae
<i>Pseudarthia hookeri</i>	Fabaceae
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Fiabaceae
<i>Tephrosia bracteolata</i>	Fabaceae
<i>Terminalia glaucescens</i>	Cambietaceae
<i>Uraia picta</i>	Fabaceae
<i>Vernonia guineensis</i>	Asteraceae
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae

1. 4. Composition physico-chimique des feuilles et fleurs de *Lippia multiflora*

L'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora* suscite davantage d'intérêt (Lamaty *et al.*, 1990), car les différents travaux indiquent une variation importante de sa composition chimique selon les pays et les sites écologiques. En effet, les huiles essentielles de *Lippia multiflora* du Ghana sont riches en camphre et celles du Togo sont composées de l'ensemble géraniol-limonène (Kunle *et al.*, 2003).

Les analyses chimiques des huiles essentielles des feuilles de *Lippia multiflora* révèlent la présence de divers composés du groupe des flavonoïdes, des glycosides et des alcaloïdes (Porspi, 1992; Oladimedji *et al.*, 2000).

Au Congo, deux types d'huiles essentielles ont été décrits. Le premier est riche en composés aromatiques comme le p-cymène, le thymol et le carvacrol (Abena *et al.*, 2003) alors que le second contient essentiellement des produits aliphatiques tels que la tagétone et l'ipsénone (Koumaglo *et al.*, 1996).

Au Nigéria, Owalabi *et al.* (2009) indiquent que l'huile essentielle de *Lippia multiflora* est caractérisée par sa richesse en 1,8-cineole (60,5%), en sabinène (16,9%), en terpinéol (14,1%) et en pinène (4,4%). Cette composition chimique diffère de celles rapportées par Oladimedji *et al.* (2000) ; Koumaglo *et al.* (1996) ; Juliani *et al.* (2008); Kanko *et al.* (2004) ; Lamaty *et al.* 1990 ; Abena *et al.* 2003 et Bassolé *et al.* (2003).

En Côte d'Ivoire, Kanko (1995) a isolé de cette plante trois flavonoïdes (5-hydroxy-6,7,4'-triméthoxyflavone ou salvigénine, 5-hydroxy-3,6,4'5'-tétraméthoxyflavone et 3',5-dihydroxy- 3,7,4'5'-tétraméthoxyflavone), un triterpénoïde (Acide ursolique), cinq acides gras (acide palmitique ou hexadécanoïque (C16), acide stéarique ou octadécanoïque (C18), acide arachidique ou eicosanoïque (C20), acide béhénique ou docosanoïque (C22), acide lignocérique ou cosanoïque (C24)) et un alcanélinéaire à longue chaîne (le n-tritriacontane). L'étude de l'huile essentielle des fleurs et des feuilles de cette plante (Kanko *et al.*, 2004) a permis d'identifier trois principaux composés majoritaires: le 1,8- Cinéol, le Géraniol et le Nérol. Les travaux sur la viscosité et l'indice de réfraction révèlent que cette essence n'est pas newtonienne. Elle a un faible indice de réfraction (1,4710), ce qui pourrait favoriser son utilisation en cosmétique (Kanko *et al.*, 2004). Péliissier *et al.* (1998), en étudiant l'effet antibactérien de l'huile essentielle de *Lippia multiflora*, y ont identifié la transtagétone (30,2%) comme étant le composé prédominant. Les résultats d'analyses décrites par Oussou *et al.* (2008) révèlent que plus des deux tiers (78,6%) des constituants de cette essence sont des Monoterpènes oxygénés. Les composés majoritaires de l'échantillon d'huile essentielle de *Lippia multiflora* sont le 1,8-Cinéol (48,9%), le Géraniol (15,1%) et l' α Terpinéol (8,5%). Ces résultats sont en accord avec ceux décrits par Kanko *et al.* (2004). Ils diffèrent cependant, de ceux de Péliissier *et al.* (1998) qui ont identifié la tagétone (41,5%), le myrcène (14,5%) et l'ipsénone (8,9%) comme composés majoritaires de cette huile. Cela était lié au site de cueillette des feuilles ; Péliissier *et al.* (1998) ayant travaillé sur l'essence de cette même espèce végétale d'une localité (Toumodi) située à 60 km du site de cueillette de Oussou *et al.* (2008). Ainsi, il existe deux chémotypes différents de l'huile essentielle des feuilles de cette plante en Côte d'Ivoire: le chémotype à cinéol, à Dimbokro, et le chémotype à tagétone, à Toumodi. Les analyses physico-chimiques réalisées par Ekissi *et al.* (2011) confirment les

valeurs nutritionnelles que l'on prête aux feuilles de *Lippia multiflora*. En effet, la teneur en cendres est de $10,26 \pm 0,048\%$ dans les bourgeons, $10,95 \pm 0,15 \%$ dans les jeunes feuilles et de $9,63 \pm 0,57\%$ pour les feuilles matures. Les minéraux majoritaires contenus dans les feuilles sont le potassium ($1,71 \pm 0,88 \text{ mg/g}$), le calcium ($1,67 \pm 0,48 \text{ mg/g}$), le magnésium ($0,59 \pm 0,14 \text{ mg/g}$), le fer ($0,07 \pm 0,02 \text{ mg/g}$) et le sodium ($0,05 \pm 0,02 \text{ mg/g}$). Ces résultats indiquent aussi que le taux de protéines est de $12,95 \pm 0,073\%$ dans les bourgeons, $11,21 \pm 0,14\%$, dans les jeunes feuilles et $9,63 \pm 0,57\%$ dans les feuilles matures. Quant à la teneur en matière sèche, elle est de $19,86 \pm 0,13\%$; $20,36 \pm 0,31\%$ et $36,82 \pm 1,50\%$, respectivement, dans les bourgeons, les jeunes feuilles et les feuilles matures. Le taux de lipides est moins de 1 % à tous les stades végétatifs des feuilles. La teneur en vitamine C est de $22,8 \pm 1,67 \text{ mg/L}$ dans les bourgeons, de $41,04 \pm 0,83 \text{ mg/L}$ dans les jeunes feuilles et de $36,48 \pm 4,33 \text{ mg/L}$ dans les feuilles matures. Concernant les sucres totaux et réducteurs, leur teneur est moins de 3%. Ces résultats corroborent les conclusions de Yao-Kouamé et Kané, (2008).

Toute fois, les fortes concentrations de 1,8-cinéole et sabinene dans ces échantillons les rendent semblables à ceux trouvés dans les huiles essentielles des feuilles du Togo (Koumaglo *et al.*, 1996), de la Côte d'Ivoire (Kanko, 1999), du Bénin (Avlessi *et al.*, 2005), et du Ghana (Juliani *et al.*, 2008).

Au total, l'huile essentielle de *Lippia multiflora* présente une très grande variabilité chimique. Owalabi *et al.* (2009) y ont identifié au moins 13 chemotypes distincts, riches dans les composés suivants: le 1,8 cinéole, thymol, geranial/neral, farnésène, tagetone, époxymyrcène, linalol, nérolidol, p-cymène, myrténol, farnésol, germacrène D, et geraniol. Une étude antérieure, réalisée au Ghana, par Juliani *et al.* (2008), avait permis d'identifier des chemotypes semblables. Koumaglo *et al.* (1996) avait analysé plusieurs échantillons de *Lippia multiflora* et décrit trois chemotypes différents: le geranial/neral, le thymol, et le 1,8 cineole. Les travaux réalisés par Oussou *et al.* (2008) ont montré qu'il y a une forte diversité des chémotypes et des activités biologiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*. Ainsi, le **tableau II** montre quelques corrélations établies entre la composition chimique et l'activité anti-diarrhéique in vitro des huiles essentielles.

Tableau II. Composition chimique, concentration minimale inhibitrice et bactéricide des huiles essentielles de *Lippia multiflora* (Oussou *et al.*, 2008).

	Composés	Proportion (%)
	α -Thujène	0,2
Composition chimique des huiles essentielles	α -Pinène	3,1
	Sabinène	5,1
	β -Pinène	4,1
	β -Myrcène	2,7
	Limonène	2
	1,8 - cinéol	48,9
	γ -Terpinène	0,1
	Linalol	1,9
	Terpinène 4ol	1,1
	α-Terpinéol	8,5
	Néral	0,9
	Geraniol	2,1
	Gernial	15,1
	Carvacrol	0,1
	β -Caryphyllène	0,2
	β -Humulène	0,2
	Germacrène D	1,2
	ζ -Cadinène	0,1
	Benzoate de benzyl	0,2
	TOTAL	97,8
	Monoterpènes hydrocarbonés	17,3
	Monoterpènes oxygénés	78,6
	Sesquiterpènes hydrocarbonés	1,7
	Sesquiterpènes oxygénés	0,2
	Bactéries	Concentration (mg/ml)
	<i>Escherichia coli</i>	33
Concentration minimale inhibitrice des huiles essentielles	<i>Shigelladys enteriae</i>	32
	<i>Salmonella Typhi</i>	25
	<i>E. coli ATCC 25922</i>	2
	<i>E. coli ATCC 35218</i>	1,5
	Bactéries	Concentration (mg/ml)
	<i>Escherichia coli</i>	70
Concentration minimale bactéricide des huiles essentielles	<i>Shigelladys enteriae</i>	69
	<i>Salmonella Typhi</i>	73
	<i>E. coli ATCC 25922</i>	3,5
	<i>E. coli ATCC 35218</i>	2,5

1. 5. Importance socio économique

Plusieurs résultats de recherches au Ghana, au Togo, au Benin, en Côte d'Ivoire, au Congo etc., ont confirmé les propriétés nutritionnelles, biomédicales et/ou pharmacologiques (Pélissier *et al.*, 1994), cosmétiques et pesticides (Kanko *et al.*, 2004) de *Lippia multiflora*.

1.5.1. Propriétés nutritionnelles

Les populations des différentes régions d'Afrique Occidentale et Centrale utilisent le thé de savane, surtout les feuilles, pour faire des boissons, à cause de son arôme. Ces feuilles fraîches ou séchées sont communément utilisées comme thé ou sous forme de boisson chaude, au petit déjeuner (Abena *et al.*, 2003 ; Kanko *et al.*, 2004 ; Etou-Ossibi *et al.*, 2005 ; N'guessan et Yao-Kouamé, 2010). Cette boisson est conseillée juste après le déjeuner ou le dîner pour faciliter la digestion (N'guessan et Yao-Kouamé, 2010). Pendant la période de jeûne musulman, l'infusion ou la boisson chaude des feuilles de *Lippia multiflora*, mélangée au jus du citron, permet d'étancher la soif, et de tenir pendant la journée de travail (N'guessan et Yao-Kouamé, 2010). Dans la médecine moderne, le centre de Collaboration pour la Recherche Scientifique sur la Médecine a utilisé les feuilles de cette plante comme thé pendant plus de 25 années, sans observer d'effets secondaires défavorables. Des études cliniques faisant participer 50 personnes n'ont montré, non plus, aucun effet secondaire ni aucune toxicité dû à la consommation de ce thé (Pelissier *et al.*, 1998).

1.5.2. Propriétés biomédicales et/ou pharmacologiques

Les feuilles sont couramment consommées comme boisson théiforme (Abena *et al.*, 2003) ou en infusion, pour prévenir et lutter contre la fièvre et le paludisme (Eyog *et al.*, 2000). Sa consommation combat les affections du foie, le manque d'appétit, l'anémie, la grippe, les candidoses bucco-anales et digestives (Moses *et al.*, 2009). Cette boisson est particulièrement recommandée pour les personnes souffrant d'hypertension artérielle (Etou-Ossibi, 2005 ; Oussou *et al.*, 2008). Les travaux de Abena *et al.* (1998) ont montré que les feuilles de *Lippia multiflora* possèdent des propriétés sédatives, antalgiques, relaxantes et musculaires.

D'ailleurs, cet effet décontractant de muscle avait déjà été rapporté par Mwangui *et al.* (1991) et confirmé par Mwangui *et al.* (1993).

En Côte d'Ivoire, cette plante est utilisée pour traiter les affections bronchiques (Oussou *et al.*, 2008), les accès fébriles et les ictères (Oussou *et al.*, 2008 ; Aké, 2002 b ; Adjanohoun *et al.*, 1992). Gouollaly *et al.* (2010) révèlent les actions hypotensives et anti-thromboxane de l'extrait phénolique des feuilles. L'huile essentielle possède également des propriétés antipyrétiques, anti-inflammatoires (Abena *et al.*, 2003), hépatoprotecteurs (Hondi-Assah, 2003), bactéricide et antidiarrhéique (Oussou *et al.*, 2008). Des contrôles galéniques et biogaléniques à base d'huile essentielle de *Lippia multiflora*, destinés au traitement des affections bucco-pharyngées, après administration perlinguale, se sont avérés satisfaisants (Luczaj et Skrzydlewska, 2005). En effet, toutes les bactéries, à l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*, étaient sensibles à l'action des tablettes à la dilution 2/5. Ce pouvoir bactéricide est dû à la présence de composés antibactériens dans cette essence (Oussou *et al.*, 2008), tels que le carvacrol (0,1%), le linalol (1,9%), le terpinène (0,1%) et le sabinène (5,1%). Ce résultat est cependant contraire à celui obtenu par Owalabi *et al.* (2009). En effet, les travaux de ce dernier n'ont démontré aucune activité antibactérienne contre *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* (MIC = 1250 g/mL). Owalabi *et al.* (2009) attribue ce résultat à l'absence de composés phénoliques ou d'agents antimicrobiens tels que le carvacrol, dans ses échantillons le thymol, ou l'eugénol, comme l'ont indiqué Luczaj et Skrzydlewska, (2005) et Oussou *et al.* (2008). Par ailleurs, les tablettes obtenues par Abena *et al.* (2003) avaient également montré une activité antifongique sur *Candida albicans*, à différentes dilutions, avec un seuil d'activité, à la dilution 1/5. L'huile essentielle de *Lippia multiflora*, formulée en tablettes, a conservé ses propriétés anti microbiennes sur des germes pathogènes de la muqueuse bucco-pharyngée. Une étude clinique réalisée à la faculté de pharmacie de Montpellier montre que les huiles essentielles de *Lippia multiflora* guérissent les plaies buccales et les candidoses, en application sous forme de bain de bouche (Pelissier *et al.*, 1998).

Pelissier *et al.* (1998), en étudiant l'effet antibactérien, ont montré que l'huile de *Lippia multiflora*, a des propriétés bactériostatiques sur *Staphylococcus aureus* et les entérocoques. Ils ont identifié la transtagétone (30,2 %) comme étant le composé majoritaire de cette huile essentielle. Les résultats toxicologiques, antibactériens et chimiques leur ont permis de mettre au point un bain de bouche expérimental à base de *Lippia multiflora*.

Etou-Ossibi *et al.* (2005) ont démontré que l'extrait aqueux des feuilles de *Lippia multiflora* provoque une diminution de l'amplitude et la fréquence des contractions du cœur isolé de crapaud.

L'extrait exerce donc des effets inotrope et chronotrope négatifs, qui pourraient contribuer à la diminution du débit cardiaque. Cette diminution du débit cardiaque pourrait participer à l'effet anti hypertenseur de *Lippia multiflora*, signalé dans la littérature par Oladimeji *et al.* (2000). L'extrait aqueux s'oppose à l'effet inotrope positif du CaCl_2 , alors qu'il est sans effet sur l'effet chronotrope négatif de cette substance. Il est également sans effet sur l'effet inotrope de l'adrénaline, mais, s'oppose à l'augmentation de la fréquence des contractions qu'induit cette substance.

Au Ghana, Koumaglo *et al.* (1996) rapportent que la pharmacopée, à ce niveau, utilise les feuilles sous forme d'infusion pour soigner les maux de ventre, sous forme de bain de vapeur, contre la toux, les rhumes, les maladies du sommeil et la fièvre jaune. L'huile essentielle agit au niveau de la première division nucléaire de *Plasmodium falciparum* (Avlessi *et al.*, 2005), démontrant ainsi son effet antipaludique, confirmé par Etou-Ossibi *et al.* (2005).

Des informations recueillies auprès de la population par N'guessanet Yao-Kouamé, (2010) révèlent que l'infusion des feuilles, consommée, sert à stimuler l'excrétion urinaire ou à réguler le taux de sel dans le sang, notamment chez les femmes enceintes.

1.5.3. Propriétés cosmétiques

Les extraits et l'huile essentielle de *Lippia multiflora* servent d'adjuvant dans les shampoings pour humains et animaux de compagnie (Porspi, 1992 ; Oladimeji *et al.*, 2000). Au Nigeria, les caractéristiques cosmétiques, qui permettent d'améliorer le teint et la qualité des cheveux ont été démontrées par Oladimeji *et al.* (2000).

1.5.4. Propriétés pesticides

Les feuilles de *Lippia multiflora* possèdent des propriétés insecticides. En effet, l'essence qui se dégage des feuilles et fleurs fraîches, dans une chambre, sert à chasser les moustiques. Addae-Mensah (1992) ; Eyog *et al.* (2000) ; Bassole *et al.* (2003) ont démontré les activités larvicides (larves d'*Anopheles aegypti*) et ovicide (œufs d'*Anopheles gambiae*) des huiles essentielles de *Lippia multiflora*. Ces résultats confirment l'usage traditionnel des feuilles dans le traitement des maladies de type microbienne, comme l'ont indiqué Kunle *et al.* (2003). Au Bénin, l'huile essentielle de *Lippia multiflora* est utilisée pour lutter contre les poux et les punaises (Kanko, 1995). Au Congo, de faibles quantités d'huiles essentielles,

additionnées au malt, inhibent la germination des sclérotés et la croissance du thalle de *Corticium rolfsii*, champignon responsable de la pourriture de la tomate et de l'arachide.

1.6. Technique culturale

1.6.1. Modes de multiplication

Les travaux effectués sur les différents modes de multiplication de *Lippia multiflora* indiquent que la multiplication peut se faire par voie asexuée ou par la voie sexuée (Ameyaw, 2009 ; Alui, 2009). La production de plants par la voie asexuée se fait, soit à partir des éclats de souches, soit à partir des boutures de rejets, en passant préalablement par une pépinière. Il en est de même de la reproduction par graines (Alui *et al.*, 2011). Sur le site naturel, le vent est un facteur de transport et de propagation des graines.

Le stade de pépinière peut durer 2 à 3 mois, pour les boutures et graines, avant la transplantation définitive au champ. La pépinière est conduite dans des sachets de polyéthylène, de dimensions 25 cm x 30 cm. Elle doit être située le plus près possible d'un point d'eau, pour faciliter l'arrosage. La satisfaction des besoins en eau est une priorité durant toute la durée de la pépinière. Pour cette raison, l'arrosage des plants pourrait s'effectuer quotidiennement.

1.6.2. Installation et conduite de la culture

La plantation peut être installée après défrichement de la végétation naturelle existante. Ces défriches seront regroupées en tas, après séchage et, si possible soumises à un brûli rapide. Le terrain pourra alors subir les opérations suivantes : dessouchage, mise en tas, quadrillage du terrain et piquetage. Après trouaison, les plants issus de la pépinière sont replantés en pleine terre ou sur des billons, favorisant ainsi leur développement rapide (Alui *et al.*, 2011). En dehors de la pépinière, des parcelles de culture peuvent être mises en place à partir du planting direct des semences issues des éclats de souches ou de rejets (Alui, 2005 ; Alui, 2009). La densité de 10000 plants/hectare pourrait être conseillée dans le cas d'une culture pure de *Lippia multiflora* (N'guessan *et al.*, 2011). Pendant la phase végétative, le paillage dans les allées et l'apport d'urée, à la dose de 500 kg/ha (Yao-Kouamé *et al.*, 2008) favorisent une bonne croissance des plants (>150 cm après 10 jours), et une importante production de biomasse (>8 T/ha). Pendant la récolte, le recepage des rejets plagiotropes

favorise la croissance latérale de la plante, permettant ainsi de réduire la taille du végétal (Akassimadou, 2006).

1.7. Quelques ravageurs potentiels

Un inventaire préliminaire des insectes qui ravagent *Lippia multiflora* (Verbenaceae) réalisé en Côte d'Ivoire par Kwadjo *et al.* (2009), révèle que les différents organes de la plante sont sujettes à des attaques de ravageurs. En effet, la plupart des insectes phyllophages capturés sont les cochenilles du genre *Pseudococcus* (Pseudococcidae); les larves d'*Empoasca* (Cicadellidae), une colonie de mouches blanches, *Bemisia tabaci* (Aleyrodidae), *Tingis* sp. (Tingidae), *Zonocerus variegatus* ou criquet puant, et des galeries de mouches mineuses (Agromyzidae). Les dégâts les plus importants pourraient être causés par les criquets. En effet, l'espèce *Zonocerus variegatus* a été la plus observée, aussi bien au niveau des peuplements naturels du Centre (Toumodi, Dimbokro, Yamoussoukro et Tiébissou), que dans la parcelle mise en place à Toumodi. Des galles ont été observées sur la face supérieure des feuilles de *Lippia multiflora*, uniquement dans les peuplements naturels. Elles sont situées sur la nervure principale (**Figure 8**). De ces galles, ont émergé une mouche de la famille des Cecidomyiidae et un parasitoïde Pteromalidae (Kwadjo *et al.*, 2009) (**Figure 9**).

En ce qui concerne les fleurs, elles sont sujettes aux attaques de deux punaises (Hétéroptères) : *Tingis* sp. (Tingidae) et *Poecilacorislatus* Dall. (Scutelleridae). Le cycle de développement de ces piqueurs suceurs se déroule sur la face inférieure des feuilles de la plante. Ces insectes n'ont pas été observés à Abidjan. Sur les tiges ou branches, les cochenilles du genre *Pseudococcus* (Homoptères) sont présentes, le plus souvent, au niveau du nœud. Les mêmes galles de Cecidomyiidae, observées sur les feuilles, apparaissent sur certaines tiges feuillées. Plusieurs taxons minent les tiges de la plante. Les branches de *Lippia multiflora* sont minées par deux Hyménoptères : l'abeille *Braunsapis* sp. (Apidae, Xylocopinae) et une espèce de guêpe Crabronidae (**Figure 9**).

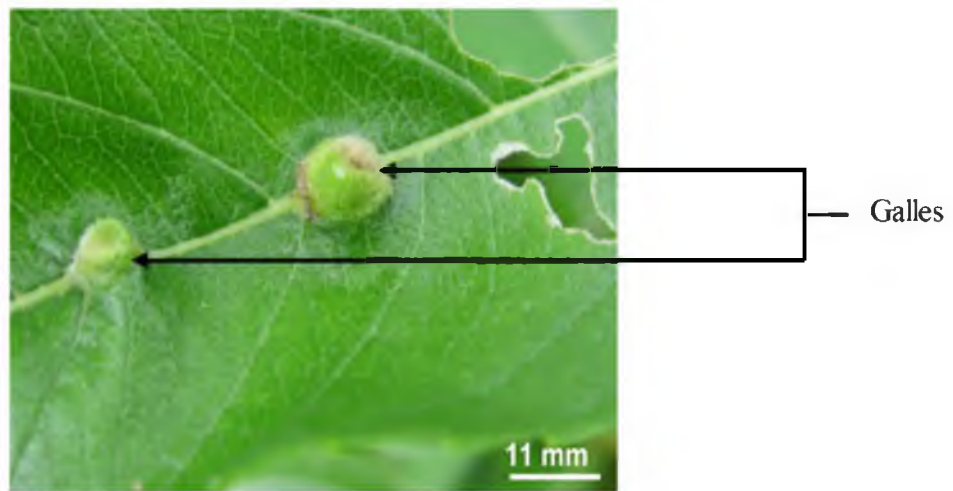
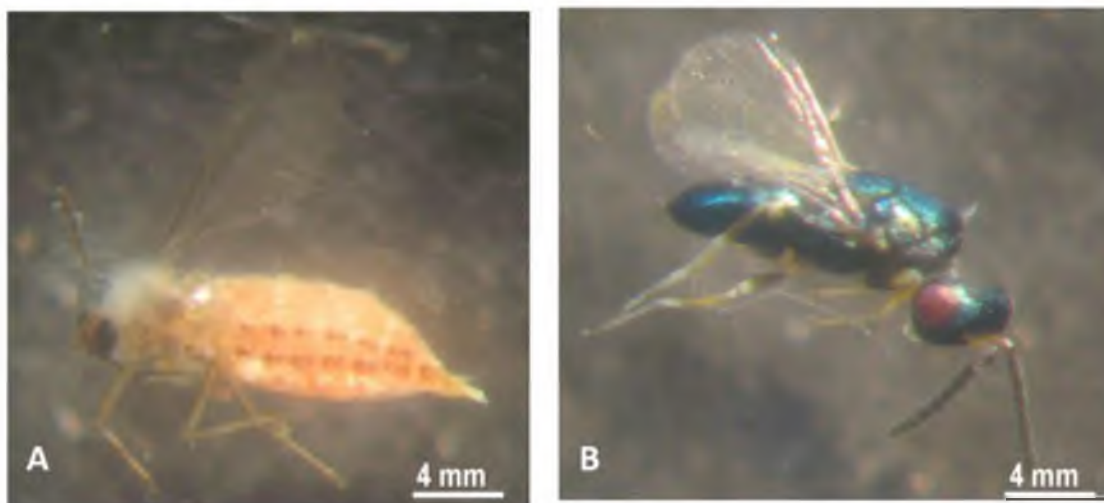


Figure 8 : Galles sur la face supérieure d'une feuille de *Lippia multiflora*. (Kwadjó *et al.*, 2009).



A : Cecidomyiidae ; B : Pteromalidae (Kwadjó *et al.*, 2009).

Figure 9 : Insectes gallicoles des feuilles et des tiges de *Lippia multiflora*.

Ils réalisent tout leur cycle de développement, généralement, dans des branches mortes, pour l'abeille (**Figure 10**), et dans des branches vertes, pour la guêpe (**Figure 11**). Par ailleurs, des galeries de termites et des fourmis sont souvent présentes dans certaines tiges.

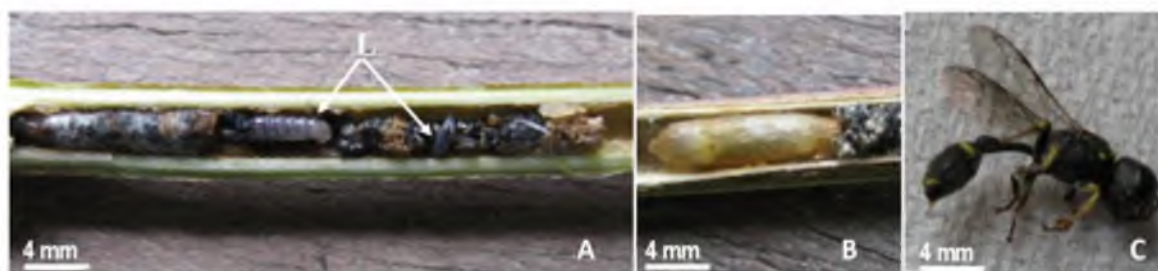
Les galles observées sur les feuilles et les branches de *Lippia multiflora* semblent être causées par un même type d'insectes, par une mouche de la famille des Cecidomyiidae, et un

parasitoïde de la famille des Pteromalidae. Plusieurs études ont mis en évidence la production de galles sur diverses plantes par les Cecidomyiidae (Mcleish *et al.*, 2011 ; Groom et Schwarz, 2011). Le Pteromalidae pourrait donc être un parasitoïde de la cécidomyie de *Lippia multiflora*. La plupart des guêpes Crabronidae nidifient dans du bois ou dans la tige des plantes selon les travaux de Turbull *et al.* (2012). Ce qui pourrait expliquer la nidification de Crabronidae dans les branches de Xylocopinae. Ce comportement de nidification est aussi observé chez les abeilles allodapines (Apidae : Xylocopinae). Divers travaux sur les espèces du genre *Braunsapis* (Rosée *et al.*, 2012 ; Harradine *et al.*, 2012) révèlent que ces insectes nidifient dans des tiges mortes des plantes. Cette affirmation est vérifiée chez les *Braunsapis* qui minent les tiges et branches de *Lippia multiflora*.



A : Œufs (1) et larves (2) ; B : Nymphes ; C : Adulte (Kwadjo *et al.*, 2009).

Figure 10: Différents stades de développement d'une abeille *Braunsapis* dans les branches de *Lippia multiflora*.



A : Larves (L) au milieu des proies ; B : Nymphes ; C : Adulte. (Kwadjo *et al.*, 2009).

Figure 11: Différents stades de développement d'une guêpe Crabronidae mineuse de branches de *Lippia multiflora*.

Conclusion partielle

Lippia multiflora est une plante connue et exploitée depuis de longues années par les populations urbaines et rurales, notamment celles de l'Afrique Occidentale, pour des usages alimentaires, médicinales, cosmétiques et pesticides. Au plan chimique, l'huile essentielle des feuilles présente une très grande variabilité de composition, selon les pays et les sites écologiques. La plante présente une bonne plasticité en ce qui concerne les conditions pédologiques et climatiques. La plupart des pays tropicaux pourraient consentir à sa culture à grande échelle (plantations industrielles), dès lors que les techniques agronomiques appropriées sont correctement appliquées.

CHAPITRE II: Contextes physiographique et socio-économique de la région du Béliér

Introduction

Les travaux de recherche dont les résultats sont analysés dans ce document ont été effectués à Yamoussoukro et Tiébissou, deux principales zones naturelles de développement de *Lippia multiflora*. Les principales caractéristiques environnementale et sociale de ces deux sites, localisés, dans la Région administrative du Béliér, au centre de la Côte d'Ivoire, sont décrites dans le présent chapitre.

2.1. Situation géographique

La région du Béliér, au centre de la Côte d'Ivoire, comprend le District de Yamoussoukro (Didiévi, Attiéguakro, Tié-N'dièkro) et le département de Tiébissou (**Figure 12**). Elle est limitée, au Sud, par le département de Toumodi, à l'Ouest par, la région du Fromager et celle de la Marahoué, à l'Est, par la région du N'Zi Comoé et, au Nord, par la région de la Vallée du Bandama. Elle couvre une superficie d'environ 6000 km², avec une population estimée à 413 900 habitants, en 2000 (INS, 2001). Située entre 6°30 et 7°35 de latitude Nord et 4°40 et 5°40 de longitude Ouest, cette zone est dotée d'un dense réseau routier, dont la grande partie a reçu des couches de bitume.

2.2. Milieu physique

2.2.1. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

La zone d'étude est soumise au climat équatorial de transition atténué (climat baouléen), entre les climats de type guinéen et de type soudanien (N'guessan, 1990 ; Brou, 2001). Il est caractérisé par quatre saisons :

- une grande saison sèche, s'étendant de mi-novembre à mi-mars, marquée par la présence d'un vent frais et sec (l'harmattan), de mi-décembre à mi-février;
- une grande saison pluvieuse, de mi-mars à mi-juillet;
- une petite saison sèche, marquée par un ralentissement des précipitations, de mi-juillet à mi-septembre;
- une petite saison pluvieuse à grosses averses, de mi-septembre à mi-novembre.

Selon les travaux de Brou *et al.* (2005), ce découpage peut être ramené à deux saisons. Il y a une saison sèche, de novembre à avril, marquée par la présence de l'harmattan, et une saison des pluies (mai à octobre), avec deux maxima pluviométriques, en juin et en septembre. Ces saisons sont sous l'influence de la mousson du Sud-Ouest et de l'harmattan. La hauteur des précipitations de la zone varie de 1200 à 1600 mm/an, avec un déficit hydrique cumulé allant de 205 mm à 450 mm (Brou, 2005).

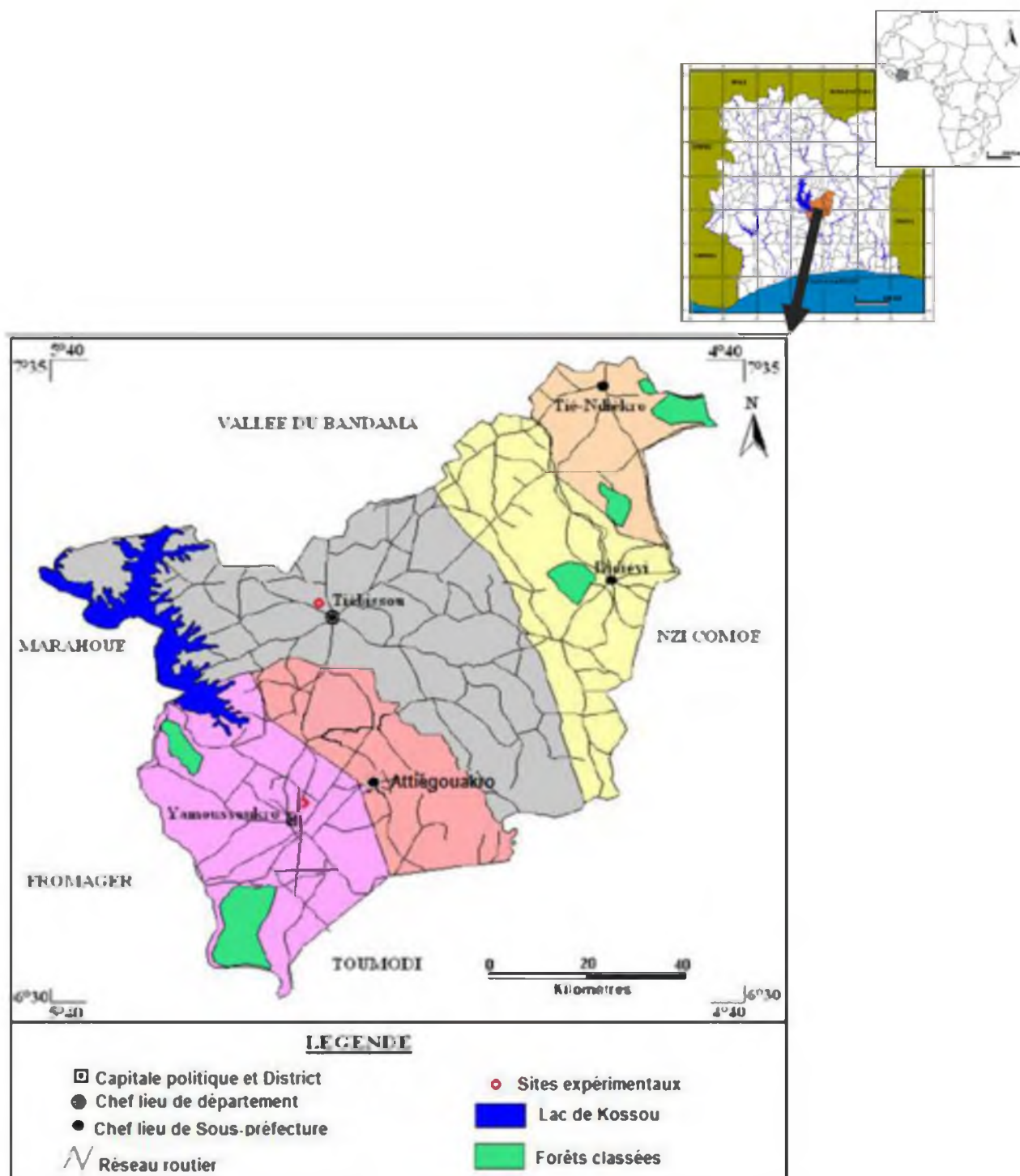


Figure 12 : Situation géographique de la zone d'étude (Soro, 2008).

2.2.2. Végétation

La végétation est constituée de forêts mésophiles, de forêts-galeries, de savanes arbustives et de savanes à rôniers (*Borassus aethiopum* : Borassoïdeae). La limite de la grande forêt équatoriale et de la grande savane subtropicale traverse la partie Sud de la région étudiée. La savane s'enfonce dans la forêt suivant un golfe célèbre en forme de V, appelé le « V baoulé » (Verheyne, 1972 in Leblond, 1984). Elle est composée de hautes graminées parmi lesquelles, on distingue des arbres et arbustes, de dimensions variables, et des forêts galeries densément boisées, autour des cours d'eau. Au sud de cette limite, il y a le secteur mésophile, caractérisé par la forêt dense humide, semi décidue, de type *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* (Sterculiaceae) et de type à *Aubrevillea kerstingii* (N'guessan, 1990). A l'Ouest, on a une végétation arborée, relativement homogène, sans limite apparente entre les forêts galeries et les interfluves boisés. Vers l'Est, la végétation des interfluves est très clairsemée et est représentée par une savane arbustive ou une savane à rôniers (*Borassus aethiopum*). On rencontre également dans la région, des zones de reboisement, à espèce unique, de *Tectona grandis*, à Raviart, au Nord, et à Zambakro au Sud de la zone. La région du Bélier compte six forêts classées totalisant 22 310 hectares, régulièrement menacées par les feux de brousse et les coupes clandestines (Soro *et al.*, 2007).

2.2.3. Contexte géomorphologique

La région est une large pénéplaine entourée par les monts du Yaouré au Nord-Ouest, et la chaîne de Fétékro, au Sud Est, qui culminent, respectivement, à 623 m à l'Ouest du barrage de Kossou, et à 646 m au Sud Est de Yamoussoukro (Leblond, 1984). L'altitude moyenne de la région comprise entre ces deux massifs est de 200 m, la plaçant ainsi à la limite méridionale de la zone dite « des plateaux » (200 et 500 m). Les altitudes les plus élevées sont voisines de 240 m. Le paysage est constitué d'un ensemble de collines à profil peu élevé, séparé par des vallées peu profondes, avec des versants ayant de faibles pentes : l'amplitude maximum des reliefs y est de l'ordre d'une cinquantaine de mètres, et la pente moyenne est rarement supérieure à 4 %. Toute la zone est dominée par les altitudes de 100 à 200 m et 200 à 300 m. Dans la partie Est de la zone, on rencontre la chaîne des collines de Fétékro, d'orientation SSO-NNE. C'est le domaine des hauts plateaux. De même, au Sud du barrage de Kossou, on trouve des altitudes supérieures à 600 m (**Figure 13**).

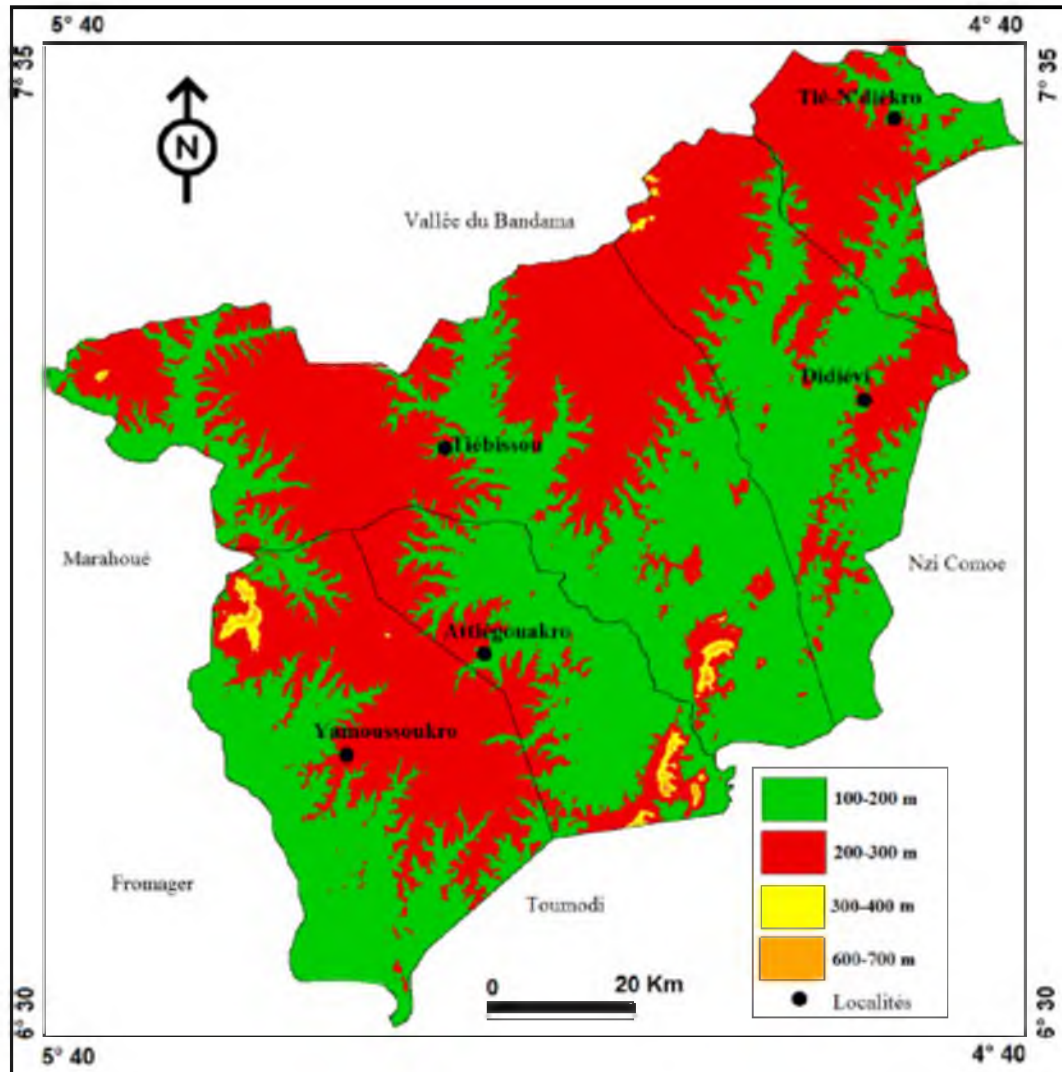


Figure 13 : Carte du modèle numérique d'altitude (MNA) de la zone d'étude (Soro, 2008).

2.2.4. Structure du réseau hydrographique

Dans l'ensemble, le réseau hydrographique de la zone d'étude présente un aspect polygonal, caractéristique des zones à substratum granitique (Leblond, 1984 ; Faillat, 1987) (**Figure 14**). Cet aspect est plus marquant dans les zones de savane que dans les zones forestières. Le drainage de la région se fait vers deux directions, Sud-Ouest et Nord-Est. Une moitié est drainée vers le Sud Ouest, en direction du Bandama, dont le niveau moyen se situe à la côte +140 m. Celle-ci se compose des rivières tributaires du Bandama, dont les plus importantes sont Godiliba, Tanonzue Nord, Koffi, Adjidoba, Tanonzue Sud, Diaba et Yoara. Les eaux de la moitié orientale s'écoulent vers le Nord Est, en direction du Kan, affluent du N'zi, qui se jette dans le Bandama, dans la zone de Tiassalé, à 100 Km au Sud Est de Yamoussoukro. Toutes ces eaux proviennent des affluents du Kan que sont : Languira, Nanizué, Bagbariba, Koubékié, Bétrikan, Kongoulo.

Les valeurs de densité de drainage données par la littérature varient de 0,8 à 2,03 km/km², avec une moyenne de 1,22 km/km². Les valeurs les plus élevées correspondent aux zones à relief tourmenté : la chaîne de Fétékro, au Sud-Est et le massif du Yaouré, au Nord-Ouest. A part ces deux secteurs, les valeurs de densité de drainage du Kan sont, généralement, plus élevées que celles obtenues sur le Bandama (0,94 km/km²), avec une moyenne de 1,29 km/km². Cette différence témoigne du comportement variable des sols sous deux types de couvert végétal : tendance au ruissellement et à l'érosion, sous savane arbustive, à l'infiltration, sous couvert forestier. Cette observation va influencer l'alimentation des nappes sous les deux types de couvert végétal.

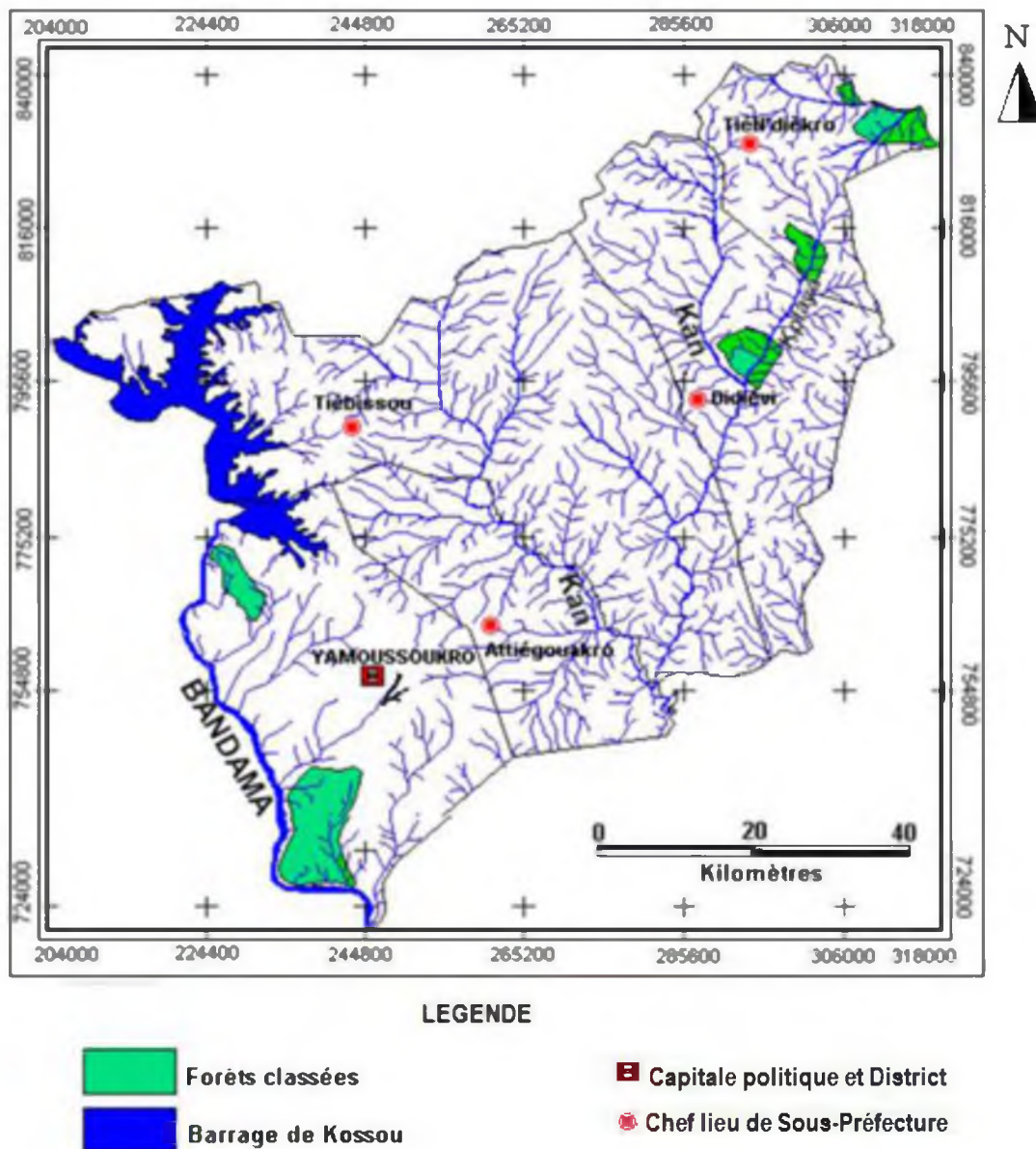


Figure 14 : Réseau hydrographique de la zone d'étude (Soro, 2008).

2.2.5. Contexte géologique de la zone d'étude

La région du Bélier, particulièrement, la zone d'étude, appartient au domaine protérozoïque de la dorsale de LEO. Elle est située dans le domaine Birimien de la Côte d'Ivoire. La synthèse bibliographique sur la géologie de la zone d'étude s'appuie sur les travaux de Yacé (2002), de Leblond (1984), de N'guessan (1985), ainsi que sur des observations faites sur le terrain. On rencontre, dans le secteur d'étude, deux principales formations géologiques : les roches magmatiques, les granitoïdes éburnéens (granites à biotite, granites à deux micas, migmatites, granodiorites concordants, pegmatites) et les roches métamorphiques (volcano-sédimentaires) du Birimien (**Figure 15**).

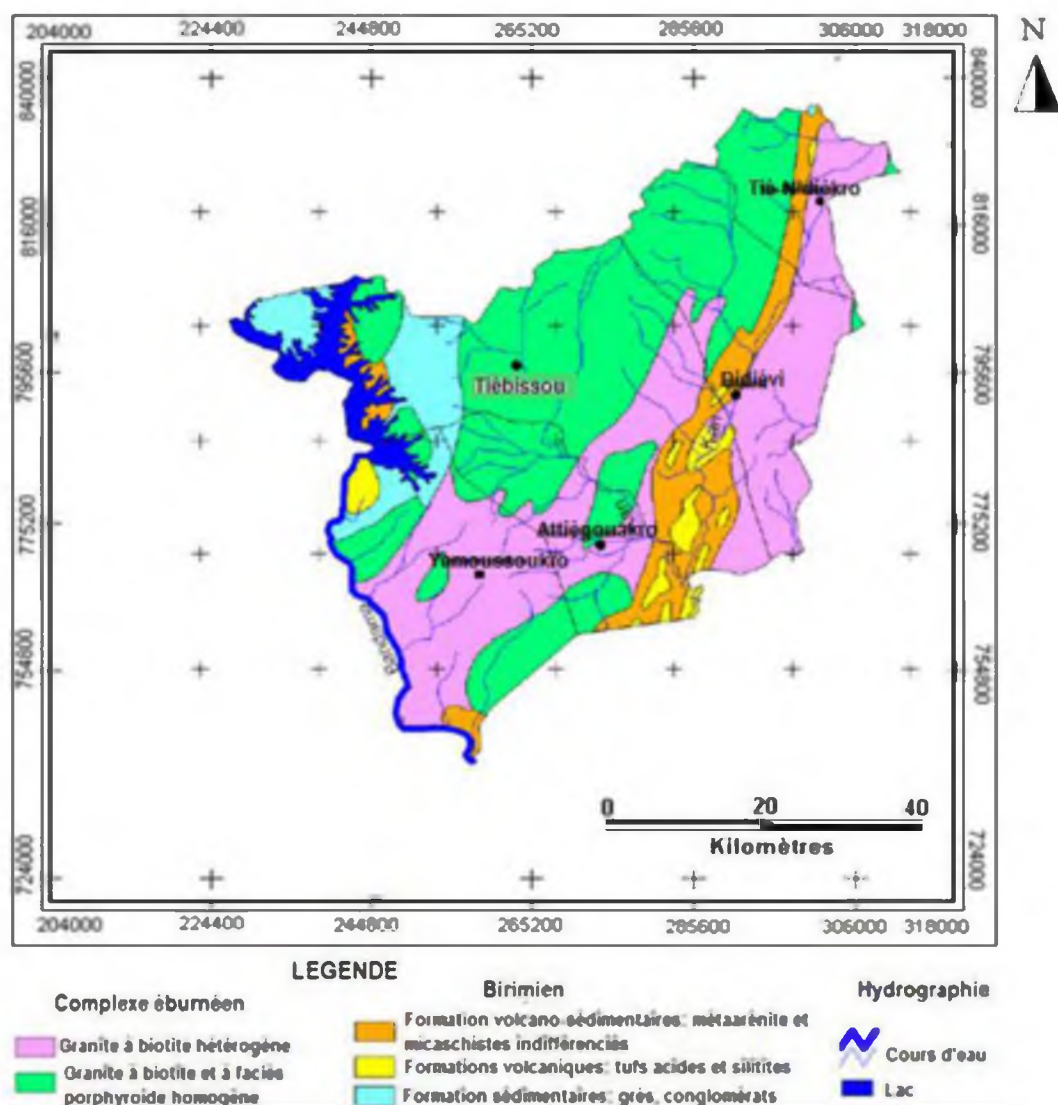


Figure 15 : Carte géologique de la zone d'étude (Soro, 2008).

2.2.6. Sols

Les sols de la région sont homogènes. Au sommet des interfluvés, les sols sont profonds, de couleur ocre rouge, à texture argilo-sableuse, gravillonnaires et latéritiques à la base. Il s'agit essentiellement des ferralsols (Akado et Djidji, 1990). On y note aussi la présence de brunisols, au niveau des plateaux et reliefs, de fluvisols, dans les plaines et les bas-fonds. Les ferralsols sont soit de type modal, soit typiques, à faciès rajeuni en profondeur, soit typiques à faciès remanié, soit peu évolués. Quant aux fluvisols, ils sont à gley ou à pseudo-gley (Kouakou, 2006).

Selon Leblond (1984), le rôle joué par la géologie sur la répartition spatiale des sols n'est que secondaire. On observe cependant une augmentation de leur épaisseur moyenne et de leur teneur en argiles lorsqu'on passe des granites, ou des roches acides, aux schistes et aux roches volcaniques basiques. Malgré cette homogénéité des sols, on constate, dans la région, une nette hétérogénéité dans la répartition du couvert végétal (Soro, 2008 ; Zoro *et al.*, 2012).

2.2.7. Environnement humain et socio-économique

2.2.7.1. Environnement humain

La région du Béliér fait partie de l'aire traditionnelle des Baoulés, un sous-groupe Akan. On y distingue quatre tribus : les Akoué, les Nanafoué, les N'zikpli, les Nghan. A côté de cette population autochtone, on note la présence de populations d'origines diverses. Avec une population urbaine d'environ 275 000 habitants, le taux d'urbanisation du District est de l'ordre de 55 %, contre 45 % de populations vivant en milieu rural. Le taux d'accroissement annuel observé sur la période de 1988-1998 est de 2,6% (INS, 2001). Celui-ci pourrait augmenter, considérablement, avec le transfert effectif de la capitale administrative et politique. Cette région compte environ 477 156 habitants répartis entre : 210 300 habitants, pour la population rurale, et 266 806, pour la population urbaine (INS, 2001). La population du district est estimée à 300 000 habitants pour une superficie totale d'environ 3500 km², donnant une densité de population de 86 habitants par km², bien supérieure à la moyenne nationale, estimée à 50 habitants au km², et un taux d'urbanisation de 55 %. La population de Tiébissou est de 71 337 habitants. Du point de vue des infrastructures routières, l'on peut dire que la région est très bien desservie, avec les grands axes, tous bitumés, et de nombreuses pistes carrossables, relativement en bon état.

2.2.7.2. Environnement socio –économique

2.2.7.2.1. Agriculture

La région du Bélier est une zone agricole, à l'instar des autres régions du pays. L'agriculture y représente l'activité économique la plus pratiquée. Les investissements réalisés ont été particulièrement importants, à travers des aménagements hydro-agricoles, contribuant ainsi au développement de la riziculture. La superficie totale aménagée en riziculture, en double culture annuelle, est estimée à 2 260 ha (Soro, 2008). L'activité agricole est assez variée : culture de caféiers, cacaoyers, différentes cultures vivrières (igname, maïs, riz irrigué, manioc, banane plantain, etc...), maraîchères (carotte, salade, etc.....) et légumières (tomate, gombo, etc.....) (Soro, 2008).

2.2.7.2.2. Elevage et ressources halieutiques

A l'instar des autres régions de la Côte d'Ivoire, un certain nombre de projets de développement de l'élevage ont été mis en œuvre dans la région du Bélier, particulièrement dans la sous-préfecture de Yamoussoukro. Globalement, ces projets ont impulsé à l'élevage, un rythme de croissance soutenu. Il s'agit :

- ✓ du ranch d'Abokouamékro, créé en 1962, qui a constitué le point de départ du développement de l'élevage ivoirien. Ce ranch est aujourd'hui transformé en parc animalier ;
- ✓ du Projet SODEPRA-CENTRE, démarré en 1976, qui a permis l'encadrement de nombreux éleveurs de la région. Il en est de même du projet de développement de l'élevage phase II.

A côté de ces projets d'élevage, on note aussi un développement des ressources halieutiques. En effet, la région dispose d'importantes retenues hydro-agricoles et d'un barrage hydroélectrique, couvrant des milliers d'hectares en plan d'eau stable, facilement aménageable pour la pêche. L'exploitation, dans la région de Yamoussoukro, du plan d'eau du barrage hydroélectrique, estimé à 15 000 hectares, produit plus de 1000 tonnes de poissons frais par an. A cela, il convient d'ajouter les 60 retenues d'eau à vocation hydro-agricoles disséminées, dans la région, dont les caractéristiques générales de plans d'eau sont également favorables à la pêche (Soro, 2008).

2.2.7.2.3. Tourisme

La région du Bélier, notamment le district de Yamoussoukro, regorge d'importants sites et attractions touristiques, qui en font l'une des principales destinations touristiques du pays. L'aéroport international de Yamoussoukro constitue la porte d'entrée de nombreux touristes. Parmi les nombreux sites, on peut citer, entre autres, la réserve de faune d'Abokouamékro, avec plus de 20 430 hectares, la Basilique Notre Dame de La Paix, la Fondation Félix Houphouët-Boigny pour la recherche de la « paix », les lacs aux crocodiles et le barrage hydro-électrique de Kossou (Soro, 2008).

2.2.7.2.4. Ressources minières

Plusieurs zones aurifères ont été découvertes dans la région, mais à l'exception de la mine d'or d'Angovia, qui fait frontière avec le barrage de Kossou, l'exploitation d'or est essentiellement artisanale. Dans la région, cinq carrières d'exploitation de granite et une carrière de production de sable éluvial existent. Ces exploitations sont étroitement liées aux activités du secteur du bâtiment et des travaux publics (Soro, 2008).

Conclusion partielle

La région du Bélier a un climat de type tropical humide de transition, entre les climats de type guinéen et soudanien. L'année est scindée en quatre saisons, avec une prépondérance des saisons pluvieuses sur les saisons sèches. La végétation est constituée de forêt mésophile, de forêts galeries, de savanes arbustives ou de savanes à rôniers. Les sols ferrallitiques (ferralsols) constituent la majeure partie des sols. On y note, cependant, la présence de brunisols au niveau des plateaux, et de fluvisols dans les plaines et les bas-fonds. C'est une zone qui bénéficie d'un dense réseau routier, d'importantes infrastructures touristiques, et surtout de la présence de nombreuses retenues d'eaux aménagées sur les différents cours d'eau, drainant la zone, permettant la pratique d'une agriculture durable.

DEUXIEME PARTIE : Matériel et Méthodes

CHAPITRE III : Matériel

CHAPITRE IV : Méthodes

CHAPITRE III: Matériel

Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter l'ensemble du matériel utilisé pour réaliser l'étude. En effet, la connaissance exacte du type d'échantillonnage, de sa représentativité et une description des instruments, sont la base d'une bonne recherche (Affou et Gourène, 2005). C'est pourquoi, nous nous employons à rapporter ici les divers matériels utilisés lors de cette étude. Il s'agit de matériel biologique (échantillons de sol, fientes de poulet de chair et pondeuses, échantillons végétaux), de matériel technique de terrain, de matériel d'étude en laboratoire et de matériel d'usage commun (matériel de bureau et logiciels de traitement des données).

3.1. Matériel biologique

3.1.1. Echantillons de sol

Des échantillons de sols ont été utilisés pour les différentes analyses de laboratoire. Ils ont été prélevés sur des sites représentatifs de peuplement naturel, à proximité de ceux-ci et sur les parcelles expérimentales de *Lippia multiflora*, à Yamoussoukro et à Tiébissou. Du sable tertiaire, de la fiente de poulet de chair et de pondeuses ont été prélevés à Abidjan, pour conduire les tests de germination des graines et de développement des plantules de *Lippia multiflora* (Figure 16).



Figure 16: Echantillons de sols et de fumier.

3.1.2. Echantillons végétaux

Les deux modes de multiplication, à savoir: la multiplication végétative et la multiplication sexuée, ont été entrepris à partir des souches, de boutures et de graines de *Lippia multiflora*. Plusieurs cultivars ont été signalés par certains auteurs (Watson et Dallwitz, 1992; Adou *et al.*, 2011); mais, seuls deux ont été utilisés pour conduire nos expériences, du fait de leur abondance sur les sites de production naturelle. Les plants de *Lippia multiflora* utilisés ont, pour certains, des feuilles luisantes, souples, de forme elliptique, de couleur vert claire, longues de 3 à 6 cm, avec un parfum agréable et piquant : c'est le morphotype M1, et, pour d'autres, le morphotype M2, à feuilles dures, de couleur vert sombre ou vert marin, longues de 15 à 20 cm, avec une forme oblongue, un parfum doux et agréable (**Figure 17**).



a = feuilles de couleur vert claire (M1), b = feuilles de couleur vert marin (M2).

Figure 17: Morphotypes de *Lippia multiflora* utilisés pour diverses expériences.

3.1.2.1.Souches

Les souches utilisées, représentées par la tige souterraine, comportent au moins deux rejets, et, pèsent, en moyenne, entre 200 et 1000 g (Alui, 2005). Elles comportent un collet, qui est le point de liaison entre les racines et les rejets (**Figure 18**).

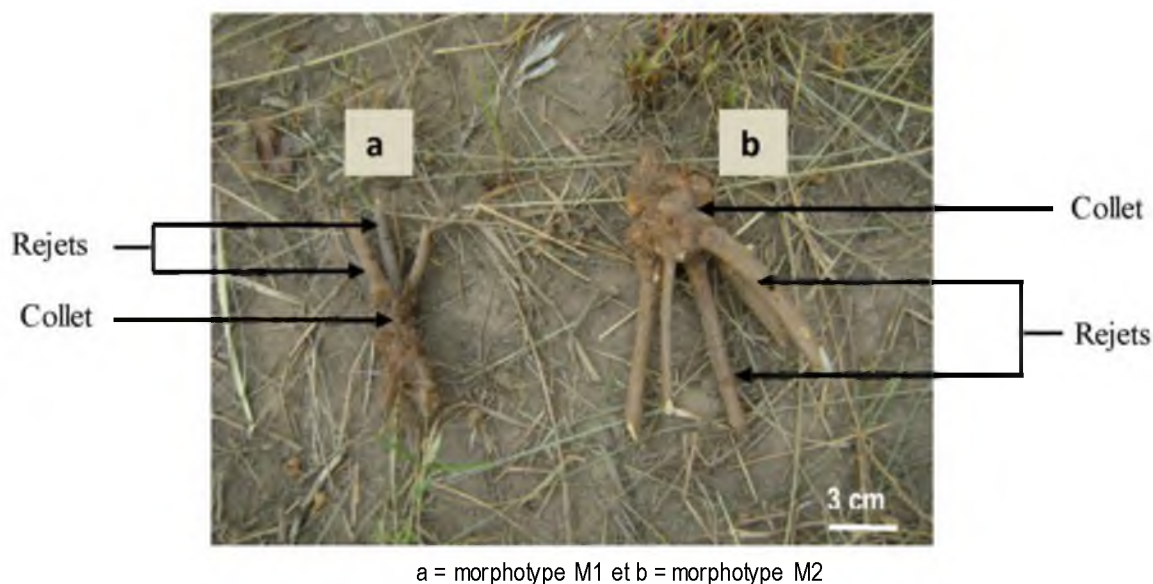


Figure 18: Souches de *Lippia multiflora* utilisées pour diverses expériences.

3.1.2.2.Boutures

Les boutures utilisées sont constituées de portions de rejets comportant 2 nœuds. Elles sont, pour la plus part, longues de 7 à 11 cm. Elles comportent, dans leur ensemble, à l'aisselle des feuilles des bourgeons à peine gonflés ou dormants. Les sections prélevées concernent la région apicale, comportant, les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} nœuds à partir de l'apex ; la région médiane (5^{ème} au 11^{ème} nœuds) et, la région basale, (12^{ème} au 19^{ème} nœuds). Très souvent, les premières boutures qui sont rattachées au collet ne comportent pas de feuilles (**Figure 19**).

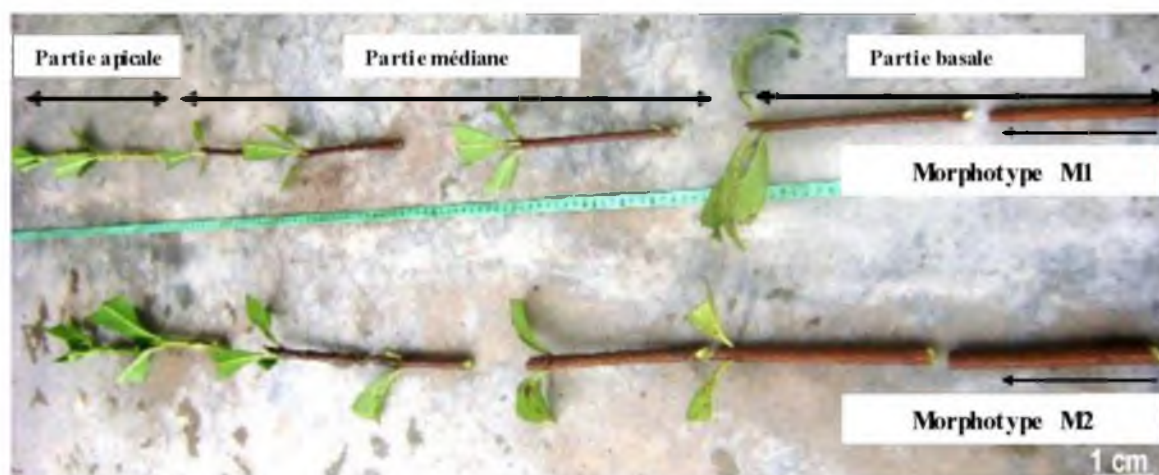


Figure 19: Boutures de *Lippia multiflora* prélevées sur différents rejets.

3.1.2.3. Graines

Les graines utilisées sont récoltées après la déhiscence du fruit sur le rejet, lorsque les fleurs sont sèches. Ces graines sont, généralement, très petites et sèches. L'observation à la loupe montre qu'elles ont une forme sphéroïde, légèrement aplatie du côté du hile. La surface de l'enveloppe qui recouvre la graine est tapissée par de nombreux poils (**Figure 20**). Certaines graines sont de petites tailles (M1), et d'autres, légèrement plus grandes (M2). Dans l'ensemble, la taille des graines est de l'ordre du millimètre ($M1 \approx 2,4 \text{ mm}$ et $M2 \approx 4,17 \text{ mm}$).

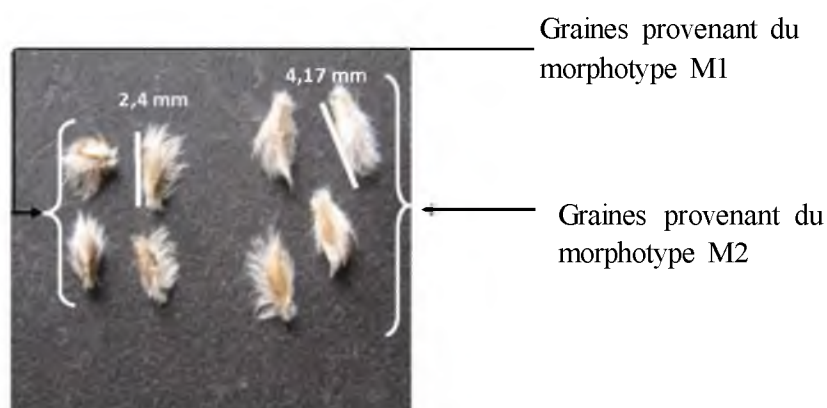


Figure 20. Graines de *Lippia multiflora* (grossissement $\times 2,9$).

3.2. Matériel technique de terrain et de laboratoire

3.2.1. Matériel de prospection

Pour les travaux de terrain, nous avons eu besoin de matériel de prélèvement et de conditionnement des échantillons de sol destinés aux analyses de laboratoire. Pour les levées topographiques et les relevées des coordonnées géographiques des différentes placettes et sites expérimentaux, nous avons utilisé un GPS de marque Garmin, modèle 72 (**Figure 21**). Les prises de vues ont été effectuées à l'aide d'un appareil photonumérique, de marque Sony, à 8 mégapixels de résolution, avec une précision de 3m.



Figure 21. GPS de marque Garmin (modèle 72).

3.2.2. Matériel pour la confection des fosses pédologiques

Pour l'ouverture des différentes fosses pédologiques, nous avons eu besoin du matériel ci-après :

- ✓ machette, pour déblayer le site des fosses ;
- ✓ pic-hache, pour le creusement des fosses ;
- ✓ pelle, pour l'évacuation de la terre ;
- ✓ cuvette plastique, pour recueillir les échantillons de terre ;
- ✓ ruban métrique, pour mesurer l'épaisseur des différentes couches de sol.

3.2.3. Matériel pour le prélèvement et le conditionnement des échantillons de sol et de végétaux

Le matériel utilisé pour le prélèvement des échantillons de sol et leur conditionnement a été composé des éléments suivants :

- ✓ piquets, pour quadriller le terrain, identifier les zones de placettes et de plantations;
- ✓ outils (machettes, dadas, pioches, limes, etc.), pour le défrichage du terrain, le dessouchage, le piquetage, la trouaison et le recépage des plants ;
- ✓ mètre ruban de 100 m, pour la mesure des distances ;
- ✓ bouteille d'eau, pour humecter le sol en vue de la détermination tactile de la texture du sol et de la perméabilité;
- ✓ mètre de menuisier de 1 m, pour la mesure des épaisseurs des horizons constitutifs des profils et la hauteur des plants;
- ✓ code Munsell, pour la détermination des couleurs des différents horizons;
- ✓ balance de ménagère, de marque Terrillon, pour peser les différentes fractions de sol;
- ✓ récipient, pour recueillir le sol tamisé;
- ✓ marteau de géologue, pour rafraichir le profil de sol;
- ✓ couteau de pédologue, pour la délimitation, la description des différents horizons et le prélèvement des échantillons de sols.

Pour la préparation des échantillons destinés aux analyses de laboratoire, nous avons utilisé :

- ✓ un tamis à maille carrée de 2 mm de côté, pour séparer la terre fine et les éléments grossiers ;
- ✓ des étiquettes en papier, pour la numérotation des échantillons de sol ;

- ✓ du papier journal, pour les herbiers constitués;
- ✓ des sachets plastiques, pour le conditionnement des échantillons de sol et de végétaux prélevés;
- ✓ de marqueur, pour identifier les différents sachets d'échantillons de sols et de végétaux;
- ✓ d'étiquettes en papier, pour y inscrire les références de chaque échantillon prélevé;
- ✓ de loupe, pour l'observation et la reconnaissance des éléments de très petite taille;
- ✓ de carnet de terrain, dans lequel sont notées toutes les observations;
- ✓ de crayon de papier, pour écrire les notes de terrain;
- ✓ des enveloppes en papier, pour les prélèvements de feuilles ;
- ✓ une gomme, pour effacer chaque fois que de besoin.

3.2.4. Matériel pour les analyses de sol

Pour le séchage des différents échantillons de sols, nous avons eu recours à une étuve de marque Memmert. Pour la détermination de la granulométrie, du complexe adsorbant et des propriétés physico-chimiques en laboratoire, nous avons eu besoin de :

- ✓ un pH-mètre à électrodes combinées, pour mesurer l'acidité;
- ✓ des pipettes de Robinson-Köhn, pour suivre la vitesse de sédimentations des différents constituants du sol mis en suspension ;
- ✓ un spectromètre d'absorption atomique (SAA), pour doser le magnésium (**Figure 22**);
- ✓ un spectromètre à flamme, pour doser le potassium et le calcium (**Figure 22**);
- ✓ des mortiers, pour broyer les échantillons de sol ;
- ✓ d'un mortier en porcelaine, pour écraser et réduire en poudre les échantillons;
- ✓ d'une centrifugeuse, pour effectuer la séparation granulométrique par densité;
- ✓ d'un colorimètre, pour doser les éléments chimiques;
- ✓ d'un spectrophotomètre d'émission pour doser l'azote;
- ✓ des fioles et béchers, pour recueillir les solutions ;
- ✓ d'un broyeur centrifuge à bille, pour broyer finement les échantillons de sol;
- ✓ d'un agitateur mécanique à mouvement de va et vient, de marque HS 500, pour homogénéiser les échantillons et ;
- ✓ d'une balance électronique de précision (marque BEL ; Model LB 9004 ; sensibilité 1mg - 500g), pour peser les échantillons de sol.



Figure 22 : Quelques éléments de la verrerie et appareils pour les différentes analyses de laboratoire.

3.2.5. Matériels d'usage spécifique

Les produits chimiques utilisés ont été essentiellement des réactifs de laboratoire qui ont servi pour les différents dosages. Il s'agit de:

- ✓ acétate d'ammonium 1 M, tamponné à pH 4;
- ✓ acide nitrique 1 N ;
- ✓ acide sulfurique 1 N ;
- ✓ sel de bichromate 1 N ;
- ✓ eau oxygénée ;
- ✓ eau distillée.

3.2.6. Autre matériel scientifique et technique

Pour l'exploitation des données recueillies et la rédaction du mémoire, nous avons eu besoin de matériel de bureautique (papier, stylos, crayons, etc.), de matériel informatique (ordinateurs, imprimante) et de logiciels tels que Word et Excel, pour le traitement des données et du texte. Les logiciels Statistica 7.1, Xlstat 7.01, Tanagra 1. 4. 21 et Canoco 4.5, ont été utilisés pour l'analyse statistique des données numériques. Le logiciel Paint a servi pour la réalisation de certains schémas.

Conclusion partielle

Le choix du matériel a été fait en fonction des objectifs spécifiques que nous nous sommes fixés. Ainsi, nous avons utilisé du matériel biologique, échantillons de sols et fiente de poulet de chair et de pondeuse, souches, boutures, graines et feuilles des végétaux caractéristiques, du matériel de terrain et de laboratoire.

CHAPITRE IV: Méthodes d'étude

Introduction

La précision de la démarche expérimentale permet de vérifier les hypothèses émises dans le cadre théorique de la conception de l'étude (Gauthier *et al.*, 1997). Ce chapitre est destiné à faire le point complet des méthodes mises en œuvre pour parvenir aux résultats obtenus. Il s'agit de consigner tous les renseignements nécessaires qui permettront à d'autres personnes de refaire la démarche, de répéter l'expérience et d'en vérifier les conclusions (Dubois, 2005). De plus, une démarche méthodologique aide souvent à la compréhension du travail réalisé, car elle permet de représenter, le cas échéant, la chronologie de l'expérimentation (Lussier, 1997 in Yao-Kouamé *et al.*, 2008). Ce chapitre se propose de préciser comment les travaux de recherche ont été pratiquement menés.

4.1. Collecte des plantes de *Lippia multiflora* et de végétaux caractéristiques

La méthode d'échantillonnage utilisée a consisté essentiellement à effectuer des relevés de surface, notamment à l'inventaire de la flore (*Lippia multiflora* et végétaux caractéristiques). Le plan d'échantillonnage a été développé dans un raisonnement probabiliste (Goedickemeier *et al.*, 1997), c'est-à-dire par tirage aléatoire de zones, puis de placettes, en regardant d'anciennes cartes existantes. Pour se rendre compte de l'évolution ou pas des peuplements de *Lippia multiflora*, plusieurs missions d'inventaires de la flore ont été effectuées dans les régions savanicoles de Yamoussoukro (227 logements, N'Guessou et Lolobo) et de Tiébissou (Ayaprikro, Bofia, Takisalékro et Minabo). Les périodes concernent les mois de mars, après les premières pluies, de juin, au début de la première floraison de *Lippia multiflora*, et de novembre, pendant la deuxième floraison, durant 3 années successives. Au niveau des parcelles sélectionnées, nous avons posé des placettes de taille 25 x 25 m (625 m²), selon les méthodes décrites par N'Da *et al.* (2008), que nous avons légèrement modifiée pour le prélèvement des échantillons de sol (**Figure 23**).

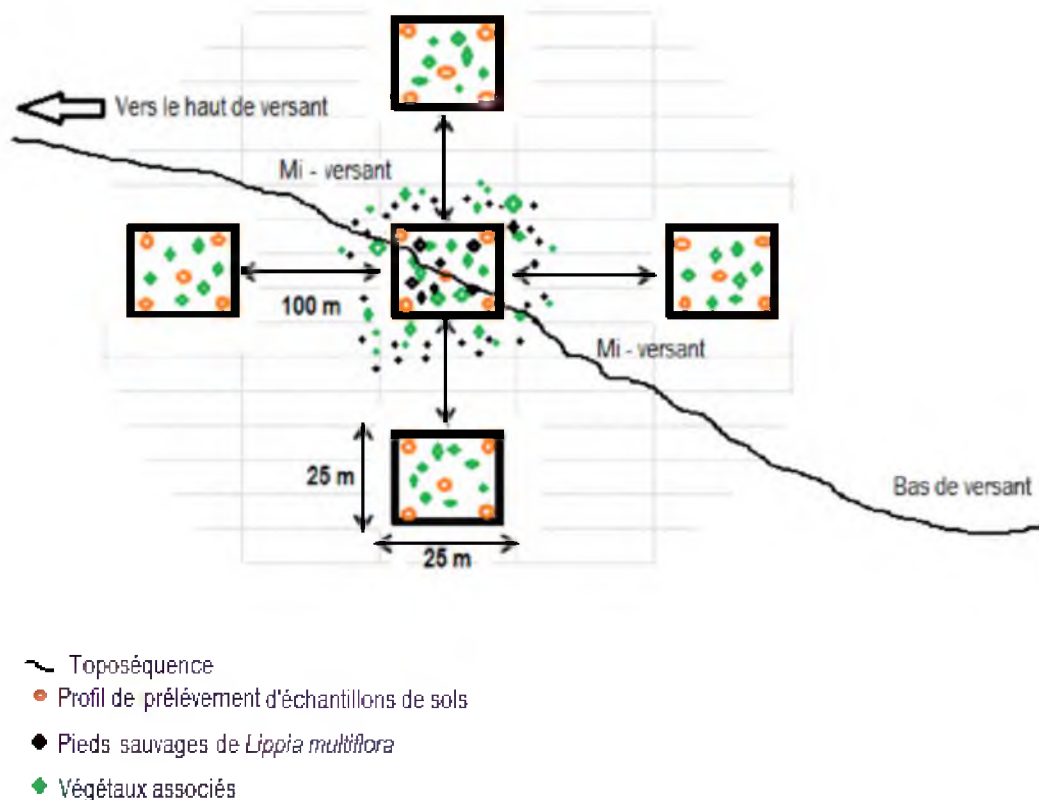


Figure 23 : Schéma des placettes telles que réalisées sur le terrain pour les relevés de surfaces.

4.2. Méthodes utilisées pour la caractérisation physique des sols des sites expérimentaux

Les sites retenus pour l'étude (sites de peuplements naturels et sites expérimentaux), dont le choix a été inspiré par les lois de zonalité horizontale ou latitudinale, ainsi que celles des zonalités verticales (Fauck *et al.*, 1979), nous ont permis de déterminer, à l'aide de la boussole, des directions azimutales suivant lesquelles nous avons ouvert des layons, pour atteindre les points les plus bas, généralement, les lits de cours d'eau. Le levé topographique a été possible grâce au GPS (marque Garming). Pour permettre d'obtenir les coordonnées géographiques, il suffit simplement de déposer l'appareil à côté de chaque jalon et d'en lire les différentes coordonnées U.T.M indiquées sur l'écran. Les fosses pédologiques ont été ouvertes sur chaque layon, avec pour dimensions :

- 1,20 m de profondeur;
- 1.00 m de longueur;
- 0.80 m de largeur.

Dans la pratique, la fosse est orientée de manière à ce que la face qui servira à la description puisse être éclairée au coucher du soleil. Et, dans ce cas, le grand axe du profil est orienté d'Est en Ouest (E-W).

Les différents profils de sol ont été décrits en prenant soin d'indiquer la date, le lieu, la feuille cartographique, la végétation, la pente locale, la position topographique, le micro relief, suivant l'approche "ORSTOM" inspirée de la méthode de Boulet *et al.* (1982), basée sur l'observation de caractères tels:

- la profondeur ou épaisseur de l'horizon, mesurée à l'aide d'un mètre ruban;
- la couleur du sol, déterminée au code Munsell;
- la présence ou non de matière organique, révélée par l'observation ou non d'une coloration sombre;
- l'état d'humidité du sol, apprécié au toucher;
- la texture du sol, déterminée par la méthode tactile, en indiquant, le cas échéant, la teneur estimée d'argile;
- la teneur et les différents types d'éléments grossiers (concrétions et nodules, quartz, mottes de terre et débris végétaux), déterminés à la pesée pour la teneur et à la loupe pour le type;
- la structure générale et la structure du débit, déterminées par examen à l'œil nu, en précisant la taille (millimétrique, centimétrique ou décimétrique);
- la cohésion générale et la cohésion des agrégats, observées sur une motte de terre prélevée;
- la porosité générale et la taille des pores, déterminées à la loupe;
- l'abondance des racines, leur taille (diamètre: millimétrique, centimétrique ou décimétrique) et leur orientation préférentielle, appréciées par observation visuelle et à l'aide d'un mètre ruban pour la taille;
- la classe de drainage, déterminée par l'observation de taches d'hydromorphie;
- la transition entre un horizon et celui qui lui succède, par observation du changement de couleur ou de consistance, et mesure de l'épaisseur sur laquelle s'opère le changement ;
- la limite de l'horizon, déterminée par l'observation de la régularité de la ligne de base;

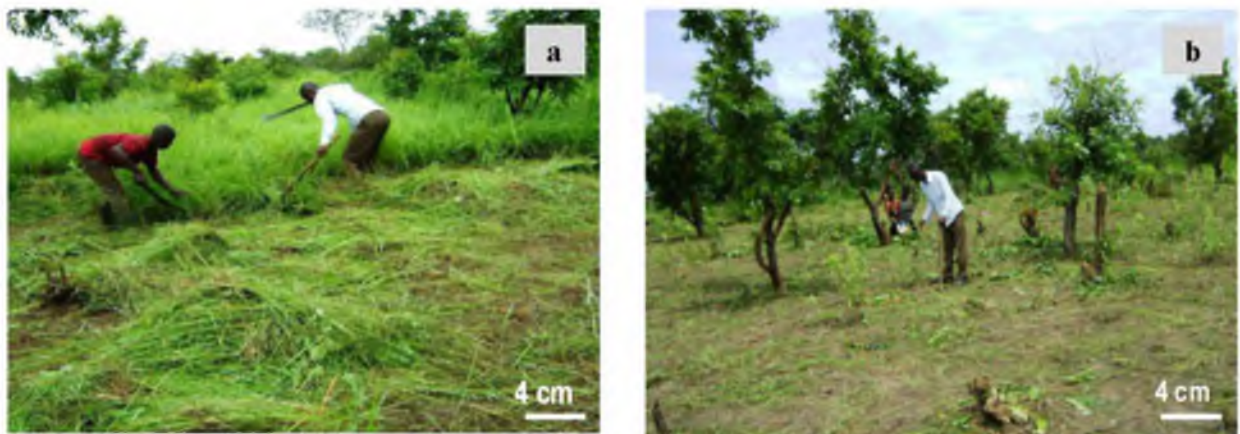
- les contraintes éventuelles à la mise en valeur de l'horizon considéré, appréciées à partir des caractères décrits;
- le type d'horizon, indiqué conformément à la nomenclature des horizons universellement admise (horizons: A, B ou C);
- les observations complémentaires, qui viennent compléter les caractères décrits;
- le type de sol, déterminé par rapport aux classifications CPCS (1967) et WRB (2006).

Après la description, certains échantillons de sols ont été prélevés pour les analyses au laboratoire. Le prélèvement a été effectué sur une bande, large de 10 cm, dans un horizon donné, sur toutes les quatre faces du profil. Chaque échantillon de sol prélevé a été conditionné dans un sachet plastique attaché à l'aide d'un bracelet en caoutchouc, et étiqueté avec les mentions de la date, du lieu de prélèvement, des numéros de la toposéquence et du profil, de la profondeur et du type d'horizon. Afin de minimiser des risques de déchirure au cours du transport, les sachets contenant les échantillons ont été systématiquement doublés.

4.3. Choix et préparation des terrains des sites expérimentaux

Les parcelles expérimentales ont été installées sur les positions topographiques de mi versant et/ou bas de versant (à 100 m du lit des cours d'eau), en se basant sur les lieux, où se trouvent généralement les peuplements naturels (Yao-Kouamé et Allou, 2008 ; Yao-Kouamé *et al*, 2009).

La méthode de préparation des parcelles expérimentales a été identique, quel que soit le site (Yamoussoukro et Tiébissou). Elle a démarré par le défrichement, l'abattage des végétaux existants, le ramassage et le labour manuel (**Figure 24**). Chaque terrain a été laissé libre pendant 2 mois, pour permettre aux défriches de sécher et se décomposer. Quelques jours avant la mise en terre des plants et, sur chaque site, des micro-parcelles ont été délimitées et quadrillées en blocs de Fischer, à l'aide de piquets en bois, et d'un mètre ruban de 100 m. Sur les parcelles élémentaires, des billons ont été confectionnés.



a = défrichement de la parcelle et b = ramassage des végétaux coupés

Figure 24 : Défrichement et ramassage des végétaux sur l'un des sites expérimentaux.

4.4. Multiplication par culture des souches

4.4.1. Prélèvement et sélection des souches

Le prélèvement des souches s'est effectué à l'aide de dabet et de machettes. Il a consisté à creuser autour des pieds de *Lippia multiflora*, à environ 10 à 15 cm de profondeur, afin de libérer les racines. Ces racines sont sectionnées à 20 cm de leur base. Après le dessouchage, les rejets sont aussi sectionnés à 5 cm du collet de la plante.

Afin de voir l'influence de la taille des souches sur la multiplication de la plante, 3 classes de masse de souche ont été utilisées :

- la classe de l'éclat de souches dont les organes pèsent au plus 399 g, comportant 1 rejet, qui correspond au quart de la souche entière de la plante ;
- la classe de l'éclat de souches variant de 400 g à 699 g, comportant 2 rejets, qui correspond à la moitié de la souche d'une plante entière;
- la classe de l'éclat de souches dont les organes pèsent plus de 700 g, comportant 3 à 8 rejets, qui correspond à la souche entière.

Les éclats de souches sont, par la suite, rangés dans des sacs, en fonction du morphotype et par classe de masse de souche (**Figure 25**). Elles sont aussitôt plantées sur les billons confectionnés à cet effet, afin d'éviter leur dessèchement.

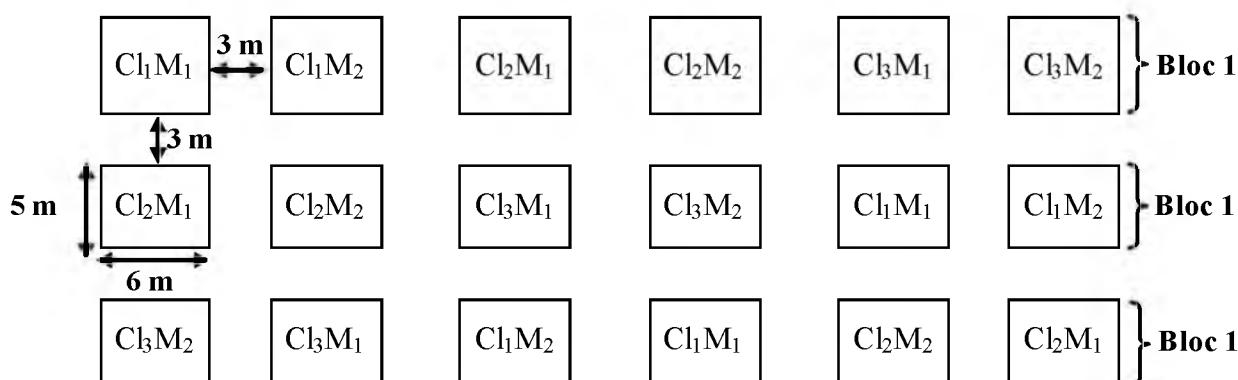


a = plantes de *Lippia multiflora* déterrées, b = éclats de souches mis en tas, c = éclats de souches triés et mis en tas et d et d' = éclats de souches rangés dans des sacs en fonction des deux morphotypes et par classe.

Figure 25 : Prélèvement et sélection des éclats de souches de *Lippia multiflora*.

4.4.2. Culture des classes de souches

Les souches sélectionnées par classe et par morphotype ont été mises en culture sur 18 micro parcelles, chacune mesurant 30 m², avec une densité de 30 éclats de souche par micro parcelle. Les micro parcelles sont espacées de 3 m, les unes des autres. Ces sous parcelles ont été disposées selon un dispositif en blocs de Fischer (**Figure 26**). Les classes de souches ont été plantées sur des billons mesurant chacun 6 m de long, 50 cm de large, et 25 cm de hauteur, dans des poquets de 10 cm de profondeur. La largeur des poquets dépend de la taille des éclats de souches. La souche est mise dans le trou de plantation jusqu'à l'intersection des rejets. Le planting est fait en respectant un intervalle de 1 m entre deux souches voisines, et en quinconce. Afin de s'assurer de l'homogénéité des données qui seront relevées, trois répétitions par traitement ont été faites, ce qui donne un total de 18 micro parcelles. La classe de souches qui donne le plus de rejets est utilisée pour établir la comparaison avec les autres modes de multiplication.



Cl₁ = Classe de l'éclat de souches dont les organes pèsent au plus de 399 g ; Cl₂ = classe de l'éclat de souche variant de 400 g à 699 g ; Cl₃ = classe de l'éclat de souches dont les organes pèsent plus de 700 g ; M1 = Morphotype 1 et M2 = Morphotype 2.

Figure 26 : Représentation générale des parcelles expérimentales (Yamoussoukro et Tiébissou) pour la culture des éclats de souche.

4.4.3. Evaluation de la multiplication par culture des éclats de souches

4.4.3.1. Taux de survie (Ts) dans le temps

Le taux de survie des plants produits par les différentes modes de multiplication revêt un intérêt particulier, dans la mesure où ce taux permet de connaître leur fragilité ou leur résistance. Ce taux est noté tous les 10 jours, jusqu'à la fin de l'expérimentation (60 jours). Ainsi, au cours de l'expérience sur l'évaluation de la multiplication par culture des éclats de souches, pour un morphotype donné, la méthode de calcul suivante a été utilisée :

$$Ts(\%) = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

Avec, **n** = nombre d'organe vivants par classe de souches et **N** = nombre d'organes initiaux plantés par classe.

4.4.3.2. Nombre moyen de rejets par plant (N_{mrp}) dans le temps

La formation des rejets commence par l'apparition des bourgeons sur chaque éclat de souches. Le temps d'apparition des bourgeons et le nombre de rejets développés à partir de ces bourgeons est noté tous les 10 jours, jusqu'à la fin de l'expérimentation (60 jours de culture). Le décompte des rejets se fait en choisissant, de façon aléatoire, 4 éclats de souches par micro parcelle de même traitement.

Ainsi, par jour de mesure, une moyenne des décomptes est effectuée pour obtenir le nombre moyen de rejets par plante. La méthode de calcul est exprimée de la manière suivante :

$$\mathbf{Nmrp} = \frac{\sum_{k=1}^n \mathbf{Nrp}}{\mathbf{N}} \quad (2)$$

Avec, **Nrp** = Nombre de rejets par plant par traitement sur une micro parcelle, **N** = Nombre d'éclats de souches décomptés par traitement.

4.4.3.3. Hauteur moyenne des rejets (Hmr)

La croissance en hauteur des rejets formés est déterminée par la mesure de leur taille tous les 10 jours. La hauteur est mesurée à l'aide d'un mètre de menuisier. La partie mesurée, part du collet jusqu'à l'apex. Le plus grand rejet par éclat de souche est choisi et mesuré. Ainsi, la hauteur moyenne des rejets est déterminée par l'expression suivante :

$$\mathbf{Hmr} = \frac{\sum_{k=1}^n \mathbf{Hmrp}}{\mathbf{N}} \quad (3)$$

Avec, **Hmrp** = Hauteur moyenne de rejets par plant par traitement sur une parcelle élémentaire, **N** = Nombre d'éclats de souches décompté par traitement.

4.4.3.4. Masse moyenne de feuilles sèches par plante (Mmfp)

Les feuilles développées par les rejets sont comptées, individuellement, pour chaque plant, tous les 10 jours. La masse moyenne des feuilles produites par les rejets est déterminée en pesant la plus petite feuille, la feuille de taille moyenne et la plus grande feuille de la plante. La somme des masses obtenues est divisée par 3, et, cette moyenne est multipliée par le nombre total de feuilles sur les rejets d'un seul éclat de souches. L'expression résumant cette opération est la suivante :

$$\mathbf{Mmfp} = \frac{\left[\frac{(\sum_{k=1}^n \mathbf{mpfp} + \mathbf{mfmp} + \mathbf{mgfp})}{3} \times \mathbf{Ntfp} \right]}{\mathbf{N}} \quad (4)$$

Avec, **mpfp** = masse de la plus petite feuille produite par plante, **mfmp** = masse de la feuille moyenne produite par plante, **mgfp** = masse de la grande feuille produite par plante, **Ntfp** = Nombre total de feuilles produites par plante et **N** = Nombre d'éclats de souches décomptés par traitement.

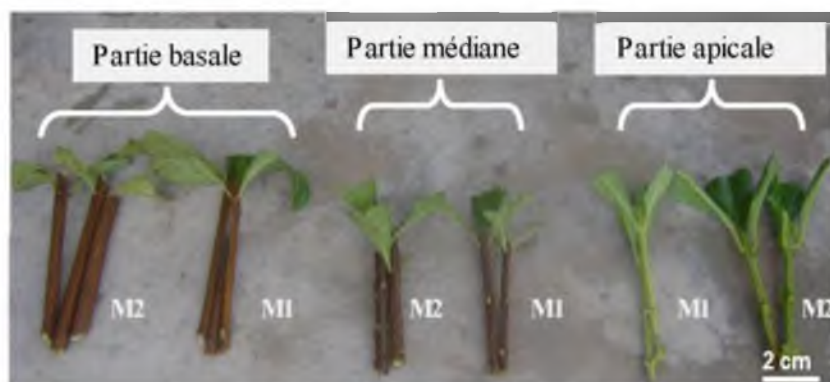
4.5. Multiplication par culture des boutures

4.5.1. Prélèvement et sélection des boutures

La sélection des boutures, pour la réalisation de ce mode de multiplication, est faite à partir d'essais portant sur des plants âgés de 6 et 12 mois. Le choix de ces âges de la plante s'est fait en fonction du nombre de nœuds que comportent les rejets par tranche d'âges. Le comportement des plants issus de la bouture des différentes portions du rejet, diffère, significativement, d'un plant à un autre, et est fonction de la position de la bouture sur le rejet (Kouadio et Phan, 1987). Les boutures ont été prélevées tôt le matin, avant que le soleil ne chauffe, pour réduire au minimum la transpiration et, donc, le dessèchement. Les feuilles ont été taillées avant que les pousses ne soient détachées de la plante mère, pour réduire la surface évaporante et, donc, les déperditions d'eau. Toutefois, une surface foliaire de 50 cm² a été préconisée afin de garantir un juste équilibre entre la photosynthèse et la transpiration (Leakey et Storeton-West, 1992). Les pousses n'ont pas été transportées sur une longue distance, ce qui n'a pas nécessité une glacière. Trois classes de boutures ont ainsi été constituées (**Figure 27**):

- la classe de boutures comportant les nœuds apicaux (partie apicale flexible de la plante) ;
- la classe de boutures comportant les nœuds médians (partie médiane, ni trop tendre, ni trop dure) ;
- la classe de boutures comportant les nœuds en position basale (partie dure et ligneuse du rejet).

Les boutures obtenues mesurent entre 7 à 11 cm, et comportent, en moyenne, 2 nœuds.



M1 = Morphotype 1 et M2 = Morphotype 2

Figure 27: Différentes classes de boutures pour la réalisation de la pépinière.

4.5.2. Pépinière des boutures

Les boutures ont été plantées dans des sachets en polyéthylène, de dimensions 25 cm x 30 cm, remplis de sol des sites expérimentaux, à raison d'une bouture par sachet. Les sachets contenant les boutures sont ainsi disposés sous une ombrière constituée de feuilles de palmier et/ou de rônier (**Figure 28**). L'ensemble a reçu, chaque matin, un arrosage constant et régulier, pendant 60 jours. Le pourcentage de survie des boutures de chaque classe est déterminé sur 8 semaines. La classe de boutures présentant le plus faible pourcentage de mortalité par morphotype, est utilisée pour établir la comparaison avec les autres modes de multiplication.



a = remplissage des sachets, b = disposition des sachets remplis par lot de traitements, c = planting des lots de boutures dans les sachets remplis de sol et d = vue générale des lots de traitements.

Figure 28 : Différentes étapes pour la réalisation de la pépinière de boutures de *Lippia multiflora*.

4.5.3. Estimation du taux de survie et du nombre de racines produites par les boutures

4.5.3.1. Taux de survie par traitement au niveau des boutures (Tsb)

Du début de la pépinière, jusqu'à 60 jours après repiquage, c'est-à-dire à la fin de l'expérimentation, les taux de bourgeonnement et de survie des boutures (**Tsb**) ont été évalués. Ces taux sont notés tous les 10 jours, jusqu'à la fin de l'expérimentation. Ainsi, pendant les essais portant sur la pépinière des boutures, la méthode de calcul utilisée par lot de traitements est la suivante :

$$\mathbf{Tsb} = \frac{\mathbf{nbv}}{\mathbf{Nbi}} \times 100 \text{ (5)}$$

Avec, **nbv** = nombre de boutures viables en fonction de l'âge du rejet et du morphotype ; **Nbi** = Nombre de bouture initialement planté en fonction du traitement.

4.5.3.2. Nombre moyen de racines produites par bouture (Nmrp) et longueur moyenne de la racine pivotante (Lrp), par plant et par traitement

Les mesures ont été réalisées tous les 10 jours, pendant 60 jours, après la mise en sachet des organes. Certains sachets ont été détruits pour permettre d'estimer, efficacement, le nombre de racines, et de mesurer la longueur de la racine pivotante. Le décompte du nombre de racines, par plant, par traitement et la longueur de la racine pivotante par plant, ont été évalués de la manière suivante :

$$\mathbf{Nmrp} = \frac{\sum_{k=1}^n \mathbf{Nrp1} + \mathbf{Nrp2} + \mathbf{Nrp3}}{\mathbf{N}} \text{ (6)}$$

Avec **Nrp** = Nombre de racines par plant par traitement et **N** = Nombre de plants observés par de traitements.

$$\mathbf{Lmr} = \frac{\sum_{k=1}^n \mathbf{Imr1} + \mathbf{Imr2} + \mathbf{Imr3}}{\mathbf{N}} \text{ (7)}$$

Avec **lmr** = longueur moyenne des racines par plant par traitement et **N** = Nombre de plants observés par traitements.

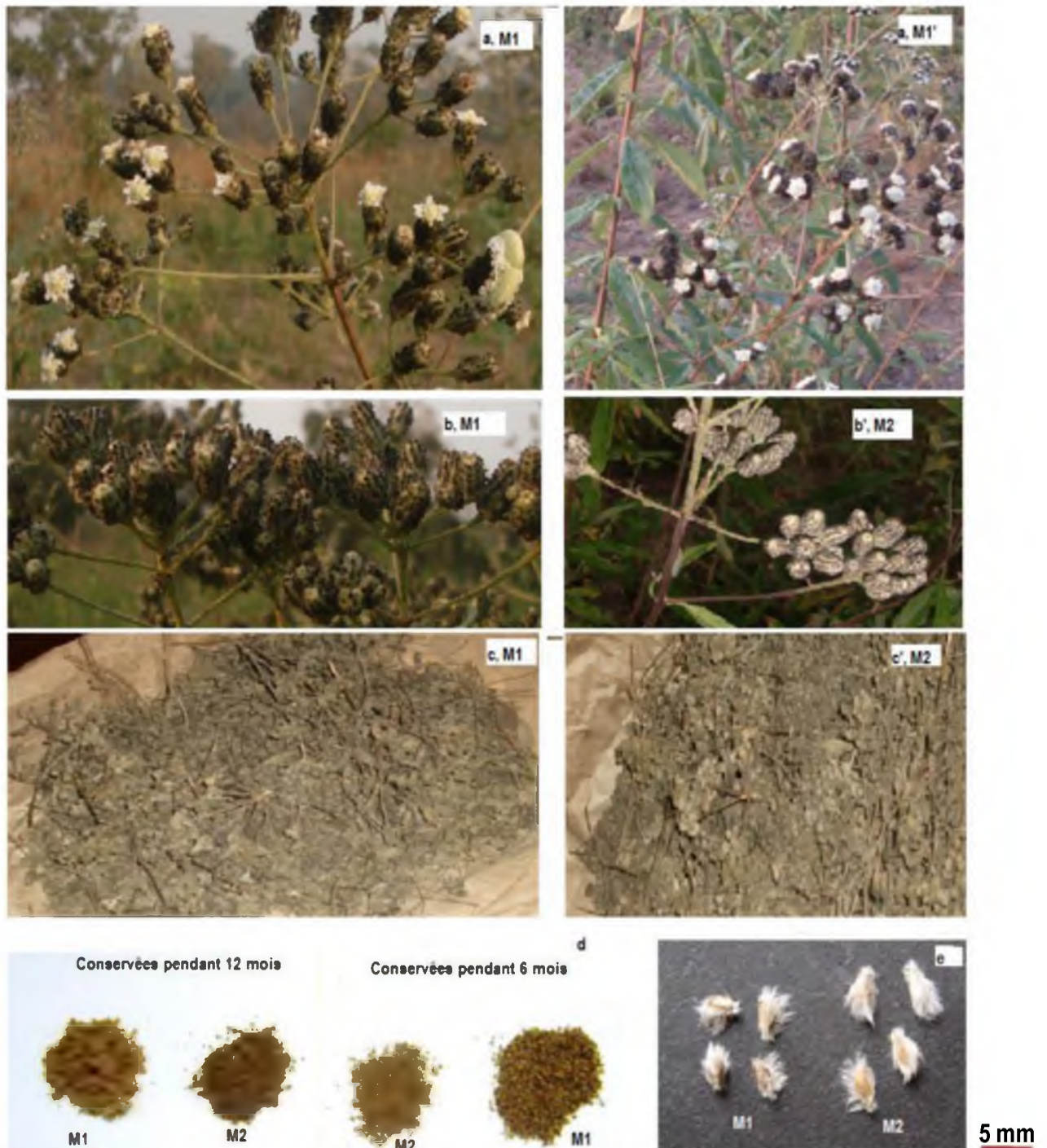
Pour l'exploitation des données portant sur le nombre de rejets, la hauteur des réjets et la masse foliaire, nous avons utilisé les formules 2, 3 et 4 précédemment développées.

4.6. Multiplication par culture des graines

4.6.1. Prélèvement et sélection des graines

Les semences sur lesquelles ont porté les essais de germination (graines de *Lippia multiflora*), ont été collectées à leurs maturités morphologique et physiologique optimales (**Figure 29**). Les différents prélèvements ont été effectués sur les plants de *Lippia multiflora* des sites expérimentaux (Tiébissou et Yamoussoukro), aux mois d'août et de décembre, périodes de floraison et de production des graines. Pour prélever les graines, il faut d'abord attendre la déhiscence du fruit sur le rejet.

Les capsules de la plante sont cueillies et séchées à la température ambiante, pendant 5 jours. Les capsules séchées sont frottées avec la main, sur du papier blanc, et les graines sont séparées du reste des éléments de la capsule, sous une loupe (**Figure 29**). Les graines intègres ont été sélectionnées et conservées dans du papier cartonné, dans un endroit bien aéré, jusqu'au moment des essais de germination.



a et a' = épis 30 jours après floraison ; **b et b'** = épis à maturité (60 jours après floraison) ; **c et c'** = épis séchés sur du papier et conservés ; **d** = capsules séchées et frottées avec la main ; **e** = graines séparées du reste des éléments de la capsule (grossissement x 2,9) ; M = Morphotype.

Figure 29 : Différentes étapes de prélèvement et sélection des graines de *Lippia multiflora*.

4.6.2. Test de germination des graines

4.6.2.1. Durée de conservation, choix des semences et densité de semis pour les différents tests de germination

Afin de déterminer le temps de conservation des semences de *Lippia multiflora*, après récolte, un test préliminaire de germination a été effectué avec des graines conservées pendant 1 ; 2 ; 4 ; 6 et 12 mois. Ce test a porté sur les 2 deux morphotypes (M1 et M2). Il a consisté à prélever des échantillons de sol sur chacune des parcelles expérimentales (Yamoussoukro et Tiébissou) où pousse naturellement la plante. Ces échantillons de sol ont été chauffés à l'étuve, à 100 °c, pendant 24 heures, afin de les débarrasser des micro organismes et des semences des autres espèces de plantes susceptibles d'influencer la germination des graines. Après refroidissement, à la température ambiante, pendant 24 heures, ces sols sont placés, chacun dans des boîtes en aluminium ou en plastique (rayon = 6 cm, hauteur = 6 cm et poids = 10 g), soigneusement, perforées, pour laisser un passage à l'eau. Vingt-cinq graines de *Lippia multiflora* sont légèrement enfouies dans chaque boîte remplie de sol, à raison de 3 répétitions par traitement. Pour l'expérience de la densité de semis, au total 1 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 et 35 graines ont été enfouies dans les mêmes types de boîte. Chaque lot de boîtes a subi un arrosage constant et régulier, pendant 14 jours.

4.6.2.2. Choix de substrats pour l'obtention d'un taux élevé de germination

Les différents éléments naturels utilisés pour la germination sont composés de fumier, de sols et de différents mélanges sols-fumier, prélevés en différents endroits.

4.6.2.2.1. Fumier

Le fumier, noté F, dans l'expérimentation, est composé de fientes et de litière en copeaux de bois, issues d'élevage au sol, de poulet de chair. Le fumier a été récupéré et stocké à l'air libre, durant 43 jours, car, ne pouvant être incorporé au sol à l'état frais, à cause des pathogènes qu'il contient (Aba *et al.*, 2011).

4.6.2.2.2. Sols

Les échantillons de sol utilisés, pour la réalisation de l'essai de germination, ont été prélevés, dans trois zones distinctes (Abidjan, Yamoussoukro et Tiébissou).

A Abidjan, les prélèvements ont été effectués dans des espaces destinés à des cultures maraichères, au quartier de Port-Bouët, il s'agit essentiellement de sable tertiaire, noté Sol₁ dans notre expérimentation. A Yamoussoukro et Tiébissou, les échantillons de sols ferrallitiques (ferralsols) ont été prélevés à la fois, dans une zone de peuplement naturel de *Lippia multiflora* (Sol₂ pour Tiébissou et Sol₂' pour Yamoussoukro), et dans une autre zone où la plante n'a pas été observée (Sol₃ pour Tiébissou et Sol₃' pour Yamoussoukro). Tous ces prélèvements ont été effectués sur une épaisseur de 0 à 60 cm, puis conditionnés dans un sachet plastique, attaché à l'aide d'un bracelet en caoutchouc. Les sachets ont été étiquetés avec les mentions de la date et du lieu de prélèvement. Afin de minimiser des risques de déchirure au cours des différentes manutentions, les sachets contenant les échantillons ont été systématiquement doublés.

4.6.2.2.3. Mélange sols-fumier

Les différents échantillons obtenus sont issus du mélange de :

- fumier et Sol₁ (50% de F + 50% de Sol₁), pesant 92,5 g chacun, pour un poids total de 185 g, noté S1;
- fumier et Sol₂ (50% de F + 50% de Sol₂), pesant 92,5 g chacun, pour un poids total de 185 g, noté S2;
- fumier et Sol₂' (50% de F + 50% de Sol₂'), pesant 92,5 g chacun, pour un poids total de 185 g, noté S2';
- fumier et Sol₃ (50% de F + 50% de Sol₃), pesant 92,5 g chacun, pour un poids total de 185 g, noté S3 et ;
- fumier et Sol₃' (50% de F + 50% de Sol₃'), pesant 92,5 g chacun, pour un poids total de 185 g, noté S3'.

Ces différents traitements ont été réalisés pour chacun des 2 morphotypes (M1 et M2).

4.6.2.2.4. Remplissage, pesées, dispositif et semis

Fumier, sols et substrats sont déposés, chacun, dans des boîtes en aluminium (rayon = 6 cm, hauteur = 6 cm et poids = 10 g), soigneusement, perforées pour laisser un passage à l'eau (**Figure 30 a, 30 b et 30 c**). Des échantillons ayant des poids d'environ 195 g ont été choisis pour conduire l'expérimentation. Au total 7 substrats pour chaque morphotype, répétés 3 fois (21 boîtes par morphotype), ont été obtenus, puis disposés en blocs de Fischer, dans un espace aménagé. Les graines ont été semées à raison de 25 par conteneur, en position verticale, à cause de leur petite taille. Une fine couche de chaque substrat a été délicatement déposée sur chaque graine (**Figure 30 d**).



a = boîtes en aluminium perforées à la base, b = pesée de la boîte (10 g); c = pesée du substrat fabriqué et d = indications des différents traitements et dispositif en bloc de Fischer.

Figure 30: Exemple de dispositif pour le morphotype M1.

4.6.2.3. Méthodes d'expression des résultats et formules d'analyses

4.6.2.3.1. Taux moyen de germination

Le comptage des graines germées et les pourcentages cumulés de germination ont été effectués, une fois tous les 3 jours, pendant 10 jours. Une graine est considérée comme ayant germé lorsque la radicule devient visible (Mbaye *et al.*, 2002). Ainsi, le taux de germination (% G), à un temps donné, est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines semées, selon la formule :

$$\% G = \frac{n}{N} \times 100 \quad (8)$$

Avec **n** = nombre de graines germées et **N** = nombre total de graines semées.

4.6.2.3.2. Vitesse de germination

La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination (Scott *et al.*, 1984) ou par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on obtient 50% des graines germées) (Côme, 1970). Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé le temps moyen de germination (**TMG**), calculé de la manière suivante :

$$\text{TMG} = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} n_i t_i}{N} \quad (9)$$

Avec **n_i** = nombre de graines germées au temps **t_i** (i allant de 1 à 10) et **N** = nombre de graines germées à la fin de l'essai.

4.6.2.3.3. Croissance des plantules

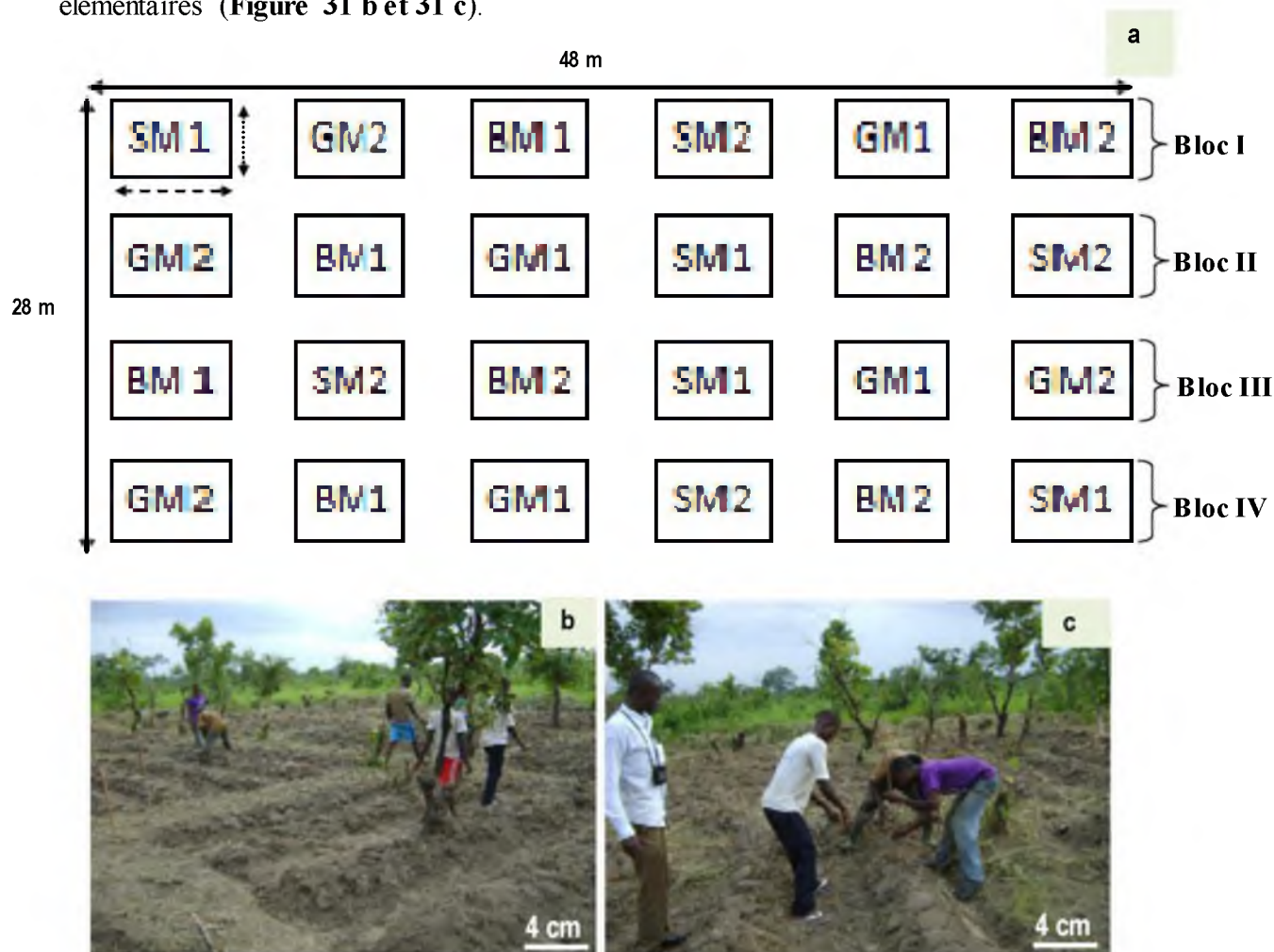
L'étude de la croissance des plantules vise à caractériser la vitesse de développement morphologique permettant à la plantule de s'adapter aux conditions réelles du milieu. Les paramètres étudiés sont la croissance en hauteur, la morphologie et l'état sanitaire. Ainsi, à l'aide d'un mètre ruban de menuisier, la hauteur (**Hmr** = évolution de la tige) des plantules a été suivie pendant 60 jours. Aussi, de façon simultanée, un décompte du nombre de feuilles (**nF**) fonctionnelles a-t-il été effectué. En ce qui concerne l'étude morphologique, 3 plantules choisies, de façon aléatoire, sont extraites par traitement, tous les 10 jours, pour observation en vue d'évaluer l'évolution du système racinaire (**Nmrp** et **Lmrp**).

4.6.2.3.4. Pépinière des plants issus de la germination de graines

Les plants issus de la germination sont mis en pépinière dans des sachets en polyéthylène, de dimensions 25 cm x 30 cm, remplis de sol des sites expérimentaux, à raison d'un plant par sachet. Les sachets sont disposés sous une ombrière fait de feuilles de palmier, et subissent, chaque matin, un arrosage constant et régulier. Le pourcentage de survie des plants de chaque morphotype est déterminé sur 4 semaines. Les plants sont retirés au bout de 30 jours, et mis en plantation, afin d'établir la comparaison avec les autres modes de multiplication.

4.7. Culture des plants provenant, de souches sélectionnées et de différentes pépinières (plants provenant des boutures et de graines)

Le dispositif par site expérimental comportait 24 micro parcelles, mesurant, chacune, 30 m², et, contenant 42 pieds de *Lippia multiflora*. Ces microparcelles ont été disposées selon un dispositif en blocs de Fischer (**Figure 31 a**). Les souches sélectionnées, les boutures possédant des bourgeons (issues de la pépinière) et les plants issus de la pépinière des graines, ont été plantées sur des billons mesurant, chacun, 6 m de long, 50 cm de large, et 25 cm hauteur, dans des poquets de 10 cm de profondeur. La largeur des poquets dépend de la taille des différents organes. Les souches ont été enfouies dans le trou de plantation jusqu'à l'intersection des rejets. Quant aux plants provenant des pépinières de boutures et graines, les contenus des sachets ont été mis dans le trou de plantation jusqu'à l'intersection des rejets. Chaque lot de matériel végétal a été planté par individu, à un intervalle de 1 m, l'un de l'autre, avec des espacements de 1 m entre les différents billons, et 2 m entre les parcelles élémentaires (**Figure 31 b et 31 c**).



a = dispositif en bloc de Fischer, **b** = vue général du dispositif sur le terrain, **c** = planting en quinconce, **M** = Morphotype, **S** = souche, **G** = plants issus de graine et **B** = plants issus de bouture

Figure 31 : Dispositif expérimental tel que réalisé sur les différentes parcelles.

4.8. Evaluation des différents modes de multiplication

Sur chacun des deux sites d'études, le taux de survie (**TS**), le nombre de rejets développés (**Nmrp**), la croissance en hauteur des rejets formés (**Hmr**) et la masse moyenne des feuilles produites (**Mmfp**) par les différents modes de multiplication ont été relevés tous les 30 jours, pendant 12 mois. Les différentes méthodes de calcul énumérées antérieurement ont été utilisées. Au total, chaque expérience a été répétée sur trois campagnes, de fin 2009 à fin 2012.

4.9. Analyses statistiques

4.9.1. Traitement des données des inventaires floristiques

Les données botaniques sont traitées en vue de la détermination de la fréquence d'occurrence, l'abondance et la densité. La fréquence d'occurrence d'une espèce est le rapport, exprimé en pourcentage, du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvement effectués (Dajoz, 1985).

$$F = \frac{Pa}{P} \times 100 \quad (10)$$

F = Fréquence d'occurrence de l'espèce, **Pa** = nombre total de prélèvements contenant l'espèce considérée, **P** est le nombre total de prélèvements effectués. Selon Dajoz (1985), on distingue : les espèces constantes ($F \geq 50\%$), les espèces accessoires ($25\% < F < 50\%$) et les espèces accidentelles ($F \leq 25\%$).

L'abondance relative d'une espèce correspond au rapport du nombre des individus de cette même espèce au nombre total des individus de toutes espèces confondus.

$$Arel = \frac{Na}{Na + Nb + Nc + N \dots} \times 100 \quad (11)$$

Arel = abondance relative de l'espèce considérée, respectivement, **Na**, **Nb**, **Nc**... = nombre des individus des espèces a ; b ; c... L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce, par rapport à l'ensemble des espèces présentes.

La densité d'un peuplement est le nombre d'individus vivants de toutes les espèces, par unité de surface.

$$D = \frac{N}{P} \quad (12)$$

Où **D** = Densité de l'espèce ; **N** = Nombre total d'individus d'une espèce récoltée dans le peuplement considéré. **P** = Nombre total de prélèvements effectués dans le peuplement considéré, sur une surface donnée.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'équitabilité, ont permis d'évaluer la diversité floristiques des placettes (Yamoussoukro et Tiébissou), et de comparer, entre elles, les végétaux des différents milieux, lorsque le nombre d'individus récoltés est très différent. Les indices de Shannon-Weaver et d'équirépartition s'expriment par les formules suivantes :

$$H' = - \sum q_i \log_2 q_i \quad (13)$$

$H'_{\max} = \log_2 S$ (S = nombre d'espèces), H' = Indice de diversité exprimé en bits , $H'_{\max}$ = Diversité maximale, exprimée en bits

L'équitabilité (**E**) est définie comme le rapport de la diversité calculée à la diversité maximale.

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (14)$$

4.9.2. Traitements des données d'analyse de sol et des paramètres de croissance végétale

Les résultats des analyses sols et de croissance végétale obtenus ont été traités, statistiquement, à l'aide du logiciel STATISTICA7.1, par l'analyse de la variance (ANOVA); chaque fois qu'une différence significative est révélée, l'ANOVA est complétée par le test de TUKEY, qui permet d'identifier la/ou les variable (s) très significativement différente (s) des autres. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil de probabilité $P < 0,005$, puis à $P < 0,001$. Une analyse en composantes principales normées (ACP) a été appliquée aux différentes variables et, à partir des matrices des variables originelles, l'on a extrait un nombre réduit de combinaisons corrélées entre elles. La projection de l'ensemble des individus sur les plans des axes des principales composantes a, ensuite, permis d'apprécier la dispersion des individus, et de mieux comparer leur variabilité, selon l'approche de Manly (1994). Pour admettre que le phénomène est suffisamment exprimé, la somme cumulée des contributions des principaux facteurs retenus doit être d'environ 70 % (Thomassone *et al.*, 1993)

Les tests de corrélation entre variables ont été effectués à l'aide du logiciel Tanagra. La corrélation mesure la relation entre deux variables ou plus. Le coefficient de corrélation utilisé est le coefficient r , de Pearson, également appelé coefficient de corrélation linéaire.

Les coefficients de corrélation sont compris dans l'intervalle -1,00 à +1,00. Les valeurs -1,00 et +1,00 représentant, respectivement, une parfaite corrélation négative ou positive, et la valeur 0,00 représente une absence de corrélation ou l'indépendance entre les variables.

Une analyse canonique de correspondance (ACC) a été réalisée avec le logiciel Canoco 4.5, afin d'apprécier les relations qui existent entre l'occurrence, l'abondance de *Lippia multiflora* et quelques paramètres du sol.

Conclusion partielle

Les méthodes utilisées sur le terrain ont été celles habituellement adoptées pour les prospections pédologiques par l'ORSTOM, basées sur l'étude des caractères morphopédologiques des sols suivant des toposéquences. Des inventaires floristiques ont été effectués afin d'apprécier les relations qui existent entre l'occurrence de *Lippia multiflora* et quelques paramètres de l'environnement, notamment, ceux du sol. Les analyses ont été réalisées dans des laboratoires établis en Côte d'Ivoire, selon des méthodes classiques, éprouvées. Les différents essais ont été réalisés sur des sous parcelles disposées en blocs de Fischer. Des analyses statistiques ont été appliquées aux différents résultats obtenus pour mettre en évidence les éventuelles corrélations entre les variables déterminées.

TROISIEME PARTIE : Résultats et Discussion

CHAPITRE V: Résultats

CHAPITRE VI : Discussion

CHAPITRE V : Résultats

Introduction

Les différents résultats auxquels l'on s'attend, pourraient constituer des témoignages permettant, soit d'approuver, soit de désapprouver les hypothèses émises; ils visent également à concourir à la validation des objectifs annoncés. Ainsi, le présent chapitre fait d'abord une synthèse des résultats des différentes prospections, c'est-à-dire l'inventaire floristique et la prospection pédologique (caractéristiques morpho-pédologiques des sites). Ensuite, les résultats des essais agronomiques sont présentés. Enfin, la mise en relation des différents résultats (inventaires floristiques, caractéristiques morpho-pédologiques et essais agronomiques) est effectuée, au moyen d'analyses statistiques.

5.1. Inventaires floristiques

5.1.1. Inventaires floristiques par des indices écologiques

L'ensemble des espèces floristiques inventoriées (**Figure 32**) sont prises en considération pour le calcul des indices écologiques (fréquence d'occurrence, abondance relative, densité, indice de diversité et d'équirépartition). Ainsi, le **tableau III** montre que sur l'ensemble des sites inventoriés, les fréquences d'occurrence du morphotype M1 de *Lippia multiflora* sont de 42,23% et 43,22%, respectivement, à Yamoussoukro et Tiébissou. La moyenne des deux fréquences indique que le morphotype M1 est une espèce qui est de type accessoire dans les zones d'étude. Quant au morphotype M2, les fréquences d'occurrence en fonction des deux systèmes savanicoles sont, respectivement, de l'ordre de 52,17% et 65,22%, à Yamoussoukro et Tiébissou. La fréquence d'occurrence moyenne (58,69%) fait dire que ce morphotype est de type constant. Le morphotypes M1 (Arel = 4,01% et 5,02%, respectivement, à Yamoussoukro et à Tiébissou) est moins abondant que le morphotype M2 (Arel = 5,08% et 7,61% respectivement à Yamoussoukro et Tiébissou) dans les deux zones de prospection. Les résultats des traitements des données des prospections floristiques indiquent que le morphotype M1 a une densité de l'ordre de 8, et 11, dans un espace de 625 m², respectivement, à Yamoussoukro et Tiébissou, contre 17 et 20, pour M2 (**Figure 33**). L'équirépartition E, évaluée (0,99, pour Yamoussoukro, et 0,97, pour Tiébissou), indique un équilibre entre les effectifs des différentes espèces présentes pour l'ensemble des zones prospectées.

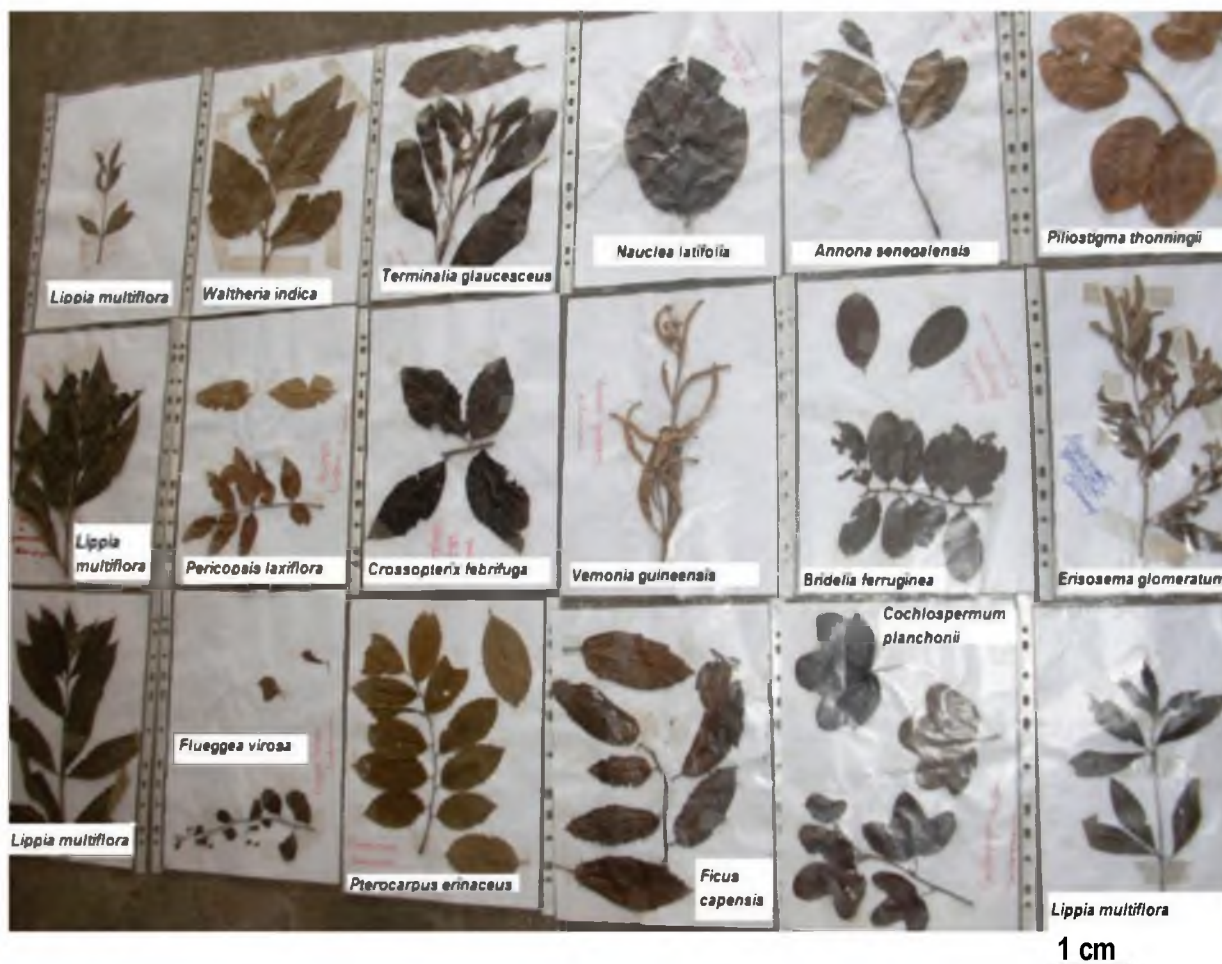
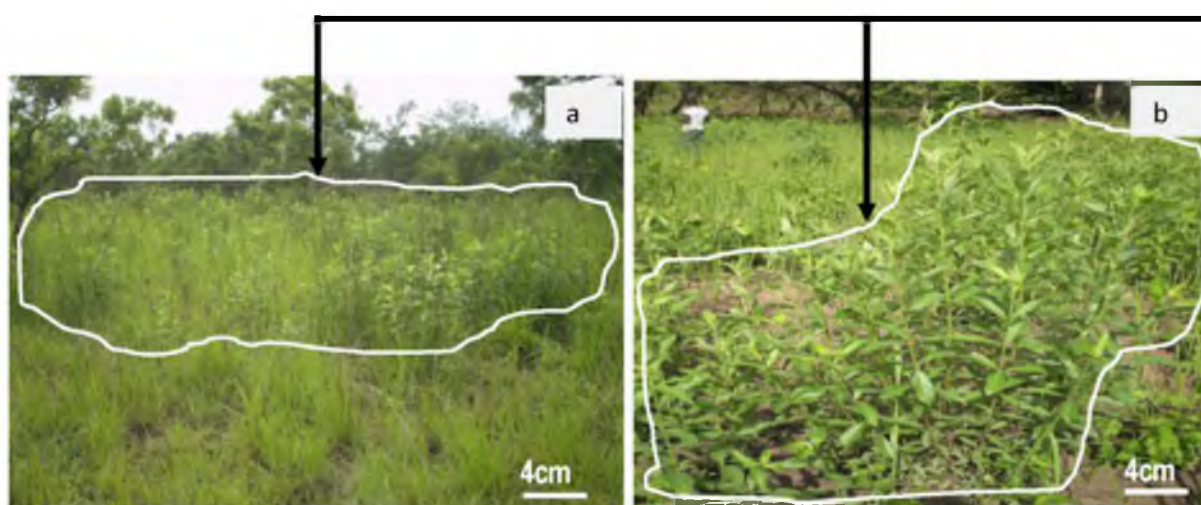


Figure 32 : Quelques espèces floristiques inventoriées sur les différents sites de productions naturelles de *Lippia multiflora* à Tiébissou et à Yamoussoukro.



(a = Tiébissou et b = Yamoussoukro)

Figure 33 : Peuplement naturel et densité de *Lippia multiflora*.

Tableau III :Fréquence d'occurrence (**F%**), abondance relative (**Arel%**) et densité (**D**) des espèces inventoriées.

Espèce observée		Sites de Yamoussoukro			Sites de Tiébissou			Moyenne	Type d'espèce
		F (%)	Arel (%)	D	F (%)	Arel (%)	D	F (%)	
<i>Aframomum latifolium</i>	Zingiberaceae	39,13	3,81	6	39,13	4,57	8	39,13	accessoire
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	52,17	5,08	2	60,87	7,11	3	56,52	constante
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae	26,09	2,54	1	47,83	5,58	1	36,96	accessoire
<i>Cochlospermum planchonii</i>	Cochlospermaceae	26,09	2,54	1	34,78	4,06	1	30,43	accessoire
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae	43,48	4,24	2	43,48	5,08	3	43,48	accessoire
<i>Eriosema glomeratum</i>	Fabaceae	52,17	5,08	1	30,43	3,55	1	41,30	accessoire
<i>Ficus capensis</i>	Moraceae	34,78	3,39	1	26,09	3,05	1	30,43	accessoire
<i>Fimbristylis exilis</i>	Cyperaceae	60,87	5,93	1	17,39	2,03	4	39,13	accessoire
<i>Flueggea virosa</i>	Euphorbiaceae	43,48	4,24	1	26,09	3,05	3	34,78	accessoire
<i>Lippia multiflora (M1)</i>	Verbenaceae	42,23	4,01	08	43,22	5,02	11	42,72	accessoire
<i>Lippia multiflora (M2)</i>	Verbenaceae	52,17	5,08	17	65,22	7,61	20	58,69	constante
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae	39,13	3,81	2	26,09	3,05	2	32,61	accessoire
<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae	52,17	5,08	1	17,39	2,03	1	34,78	accessoire
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fiabaceae	52,17	5,08	2	47,83	5,58	1	50,00	constante
<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpiniaceae	39,13	3,81	2	65,22	7,61	2	52,17	constante
<i>Pseudarthria hookeri</i>	Fabaceae	39,13	3,81	1	26,09	3,05	2	32,61	accessoire
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Fiabaceae	47,83	4,66	1	26,09	3,05	2	36,96	accessoire
<i>Terminalia glaucesceus</i>	Cambretaceae	21,74	2,12	1	47,83	5,58	3	34,78	accessoire
<i>Uraria picta</i>	Fabaceae	52,17	5,08	1	52,17	6,09	1	52,17	constante
<i>Vernonia guineensis</i>	Asteraceae	34,78	3,39	1	34,78	4,06	2	34,78	accessoire
<i>Waltheriaindica</i>	Sterculiaceae	56,52	5,51	2	39,13	4,57	1	47,83	accessoire
H'		3,135464			3,06365				
E		0,99			0,97				

5.1.2. Relation entre quelques paramètres des sols de prospection et l'occurrence de *Lippia multiflora*.

Les ordinations canoniques partielles de l'ACC, réalisées afin d'évaluer les influences respectives des deux ensembles de variables exploratoires (paramètres physico chimiques des sols et indices écologiques liés à l'occurrence de *Lippia multiflora*), montrent que la variation totale expliquée par cette analyse est de 80,96% (**Tableau IV a**). Les tests de permutation de type Monte-Carlo (999 permutations, intervalle de confiance à $P \leq 5\%$) montrent que cette variation expliquée est significative. A partir de ce test, nous avons retenu 12 variables significatives sur 20. L'axe 1, qui exprime 29,35% de l'information totale, est influencé par le sable fin (Sf), l'azote (N), le phosphore assimilable (P_2O_{5ass}) et le fer (Fe), qui sont uniquement les paramètres physico-chimiques des sols des sites de prospections (**Figure 34**).

Il est positivement corrélé avec les Sf, N, et P₂O₅ass; et négativement corrélé à Fe (**Tableau IV b**). L'axe 2, qui exprime la majeure partie de l'information (51,61%) est surtout influencé par les indices écologiques et certains paramètres des sols. Il est négativement corrélé avec l'argile (A), et positivement avec la fréquence d'occurrence (F), l'abondance relative (A rel), la densité (D), la matière organique (MO), le calcium (Ca²⁺) et le potassium (K⁺) (**Figure 34**). Cet axe permet de montrer que l'occurrence de *Lippia multiflora* est influencée par MO (0,24 à 1,06 mg.kg⁻¹), par Ca²⁺ (0,52 à 1,35 cmol.kg⁻¹) et par K⁺ (0,12 à 0,14 cmol.kg⁻¹) des sols des sites investigués.

Tableau IVa: Pourcentage d'informations exprimées par les deux axes de l'analyse canonique des correspondances.

	Axe I	Axe II
Valeurs propres	5,870297	4,453322
Pourcentage cumulé	29,35148	51,61809

Tableau IV b: Coefficients de corrélation inter-set des variables avec les deux premiers axes de l'analyse canonique des correspondances.

Variables	Axe I	Axe II
Fréquence d'occurrence (F)	-0,029989	0,957450
Abondance relative (A rel)	-0,034966	0,957324
Densité (D)	-0,029569	0,958859
A	0,139923	-0,713095
Lf	-0,350009	-0,264112
Lg	0,144279	0,341280
Sf	0,973688	-0,001895
Sg	0,561499	-0,100229
pH	0,229701	-0,099411
C	0,352739	0,861875
MO	0,352739	0,861875
N	0,742965	0,068245
Ca ²⁺	-0,295340	0,845934
Mg ²⁺	0,198901	-0,593797
K ⁺	-0,263992	0,897607
CEC	0,303057	0,061835
P ₂ O ₅ t	-0,307375	0,352964
P ₂ O ₅ ass	0,780886	-0,077390
Fe	-0,737353	-0,033601
Mn	-0,300032	-0,616162

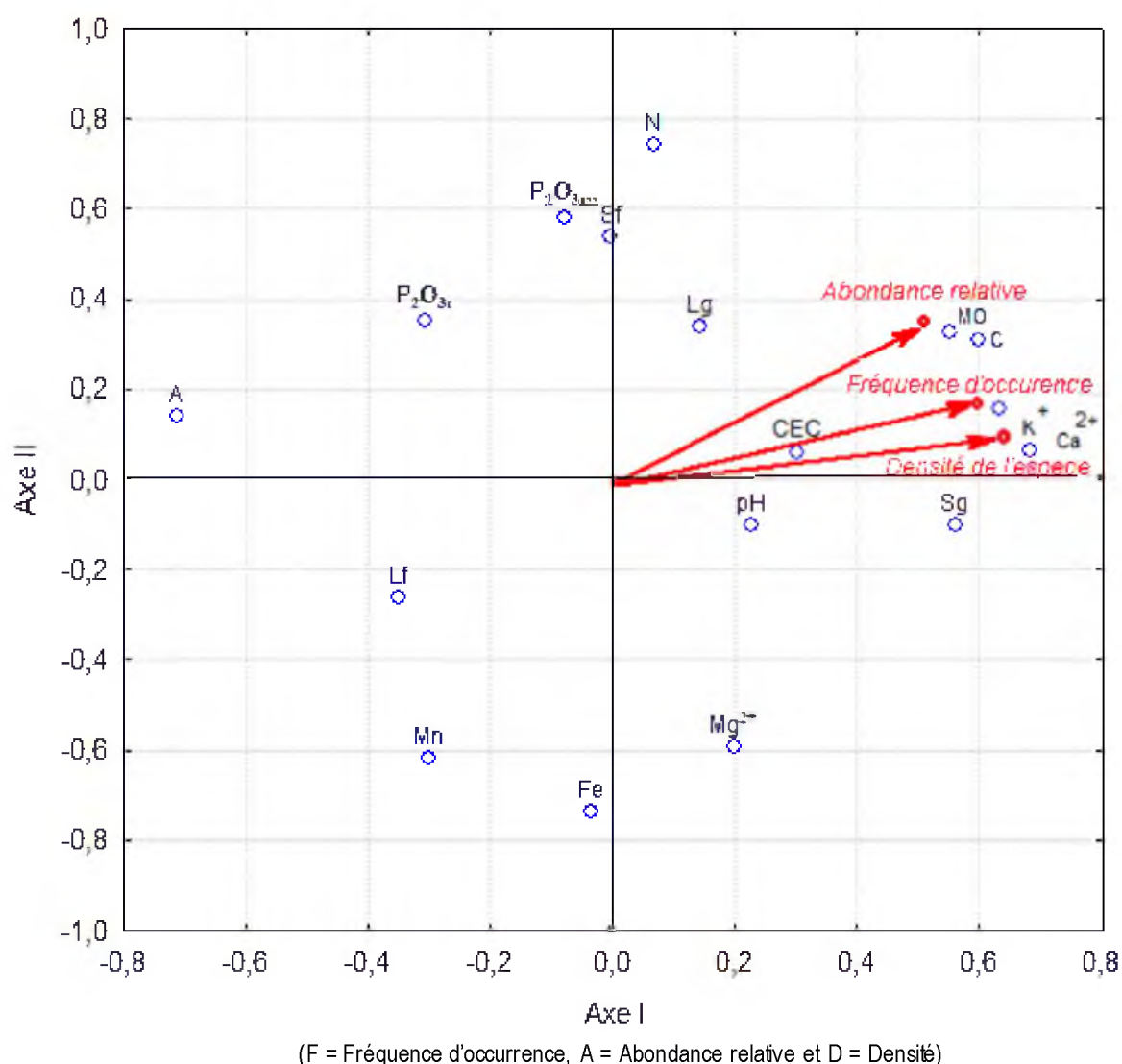


Figure 34 : Analyse canonique des correspondances réalisée sur les indices écologiques et les paramètres physico-chimiques des sols des sites prospectés.

Après avoir recherché les végétaux qui cohabitent avec *Lippia multiflora*, l'occurrence, la densité des peuplements de la plante, et les caractéristiques physico-chimiques des sols des peuplements naturels, nous avons établi quelques relations entre ces différents paramètres. Des essais de modes de multiplication ont été effectués sur différents sols ferrallitiques (féralsoils) et sols fabriqués (anthroposols), afin de comprendre, comment la plante se multiplie. Les parties ci-après illustrent ses différents aspects.

5.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols des différents sites inventoriés, du fumier de poulet (fiente + copeaux de bois) et du mélange fiente +sols

5.2.1. Caractéristiques physiques des sols

5.2.1.1. Description morphologique des différents sites

Dans ce paragraphe, il s'agit de faire la synthèse de quelques aspects des caractères morphologiques des sols observés. Les **figures 35** et **36** présentent, successivement, les profils de sol de la parcelle expérimentale de Yamoussoukro (227 logements) et celle de Tiébissou (Bofia), en zone de savane humide.

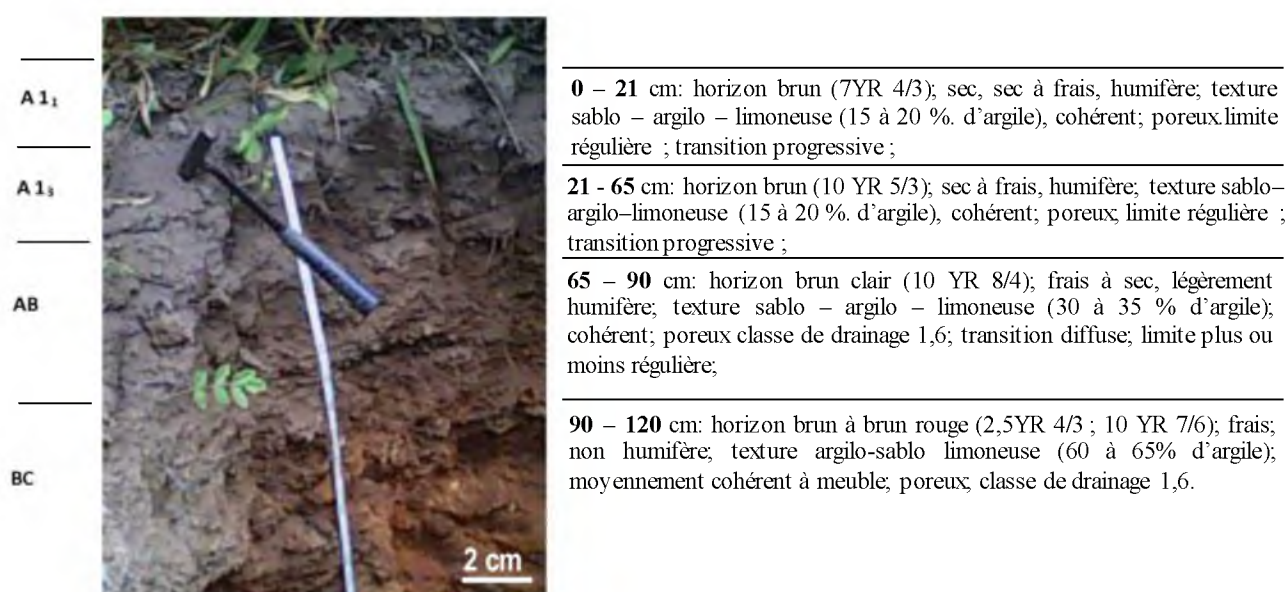


Figure 35. Plinthic Ferralsol sur le site expérimental de Yamoussoukro (classification WRB, 2006).

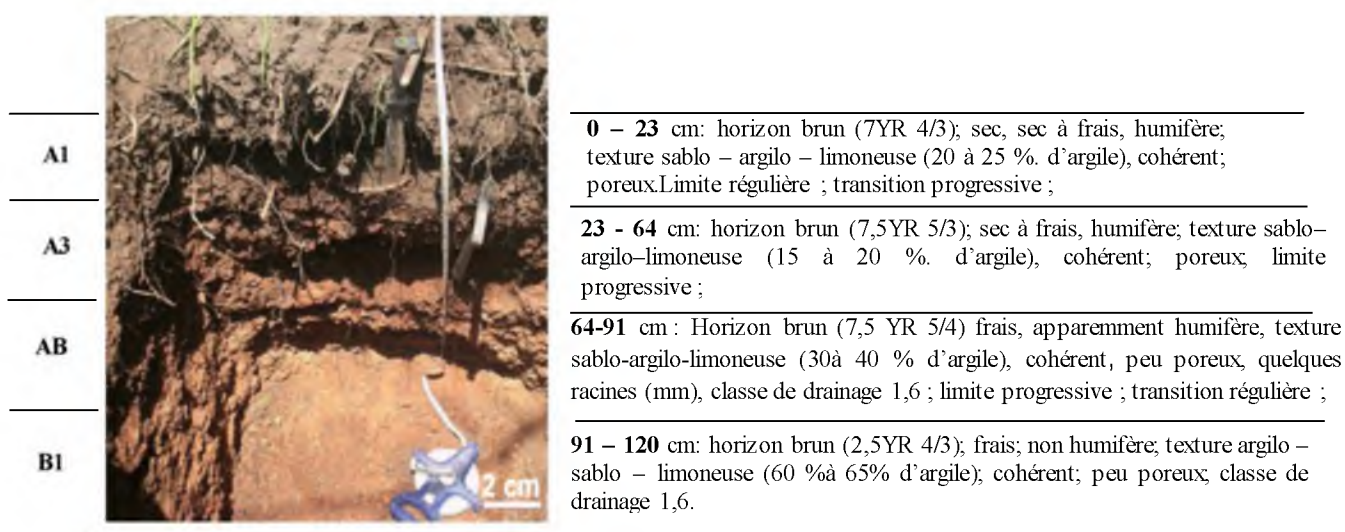


Figure 36. Plinthic Ferralsol sur le site expérimental de Tiébissou (classification WRB, 2006).

Les sols des différents sites expérimentaux et sites prospectés présentent, dans leur grande majorité, les caractéristiques descriptives suivantes : une humidité moyenne à faible ; une coloration brun foncé à brun rouge ou brune (2,5 YR à 7,5YR), le plus souvent tachetée (2,5YR/4/3) ; une pénétration humifère faible à moyen ; une texture sablo argileuse, à argilo sableuse à sables moyen et grossier, avec une teneur en argile estimée, de 10 à 15 % dans les horizons de surface, et 60/65 , voire 70 %, en profondeur. L'ensemble de la porosité est moyenne à bonne avec, une présence d'assez nombreuses racines, de taille, essentiellement, millimétrique, et à orientation préférentielle sub horizontale. La structure de ses sols est polyédrique sub anguleuse à tendance grumeleuse au niveau des racines, tant au niveau de l'ensemble de l'horizon qu'à celui du débit. La cohérence est relativement moyenne à forte, due à la présence de très nombreux éléments grossiers (70 à 80%), notamment, des concrétions et nodules, ainsi que des grains de quartz, qui ont tendance à se prendre en masse et à s'indurer. Ce sont des sols relativement profonds, dont la profondeur moyenne tourne autour du mètre.

5.2.1.2. Composition granulométrique

Le **tableaux V** présente la teneur moyenne d'argile, de limon fin, de limon grossier, de sable fin et de sable grossier contenus dans les premiers horizons de sol des sites prospectés et des parcelles expérimentales de *Lippia multiflora*. Les horizons 0-30 et 30-60 cm ont été choisis du fait de la profondeur maximale de prospection des racines de *Lippia multiflora*. Les analyses en laboratoire appliquées aux différents échantillons de sols issus des différents sites d'étude indiquent, en général, que les sols des différentes localités sont relativement pauvres en argile (la teneur ne dépassant pas 50 g.kg⁻¹). En effet, les différents sols sont significativement plus riches en sables grossiers (40,66 à 58,1 g.kg⁻¹) et sables fins (22,33 à 28,7 g.kg⁻¹) qu'en argiles (4,2 à 16,63 g.kg⁻¹) ; limons fin (4,33 à 11 g.kg⁻¹) et limons grossiers (4,14 à 5,75 g.kg⁻¹). Les teneurs en limons des sols sont relativement faibles, car n'excédant pas 15 g.kg⁻¹. Hormi les horizons des parcelles expérimentales, la teneur en argile augmente avec la profondeur. Au total, les différents sols sont caractérisés par une teneur de plus de 50 g.kg⁻¹ en sables, quel que soit le site. Le **tableau V**, les **figures 37 a** et **37 b** permettent de confirmer que les sols ont une texture à dominance sablo-argilo-limoneuse. Les camemberts représentés par la **figure 38 a**, indiquent que la granulométrie est, généralement, dominée par les sables (59 à 66%), suivis de l'argile (22 à 25%) et des limons (9 à 19%), quel que soit le site.

Tableau V. Granulométrie des sols des différents sites.

		Profondeur de prélèvement (cm)	A (g.kg ⁻¹)	lf (g.kg ⁻¹)	Lg (g.kg ⁻¹)	Sf (g.kg ⁻¹)	Sg (g.kg ⁻¹)
Tiébissou	Site de Ayaprikro	0 - 30	13,7 ± 0,2 b	4,74 ± 0,01 c	4,85 ± 0,047 ab	23,38 ± 0,031 b	53,25 ± 0,21 b
		30 - 60	13,92 ± 0,01 b	4,33 ± 0,05 c	4,14 ± 0,12 b	22,41 ± 0,031 c	55,16 ± 0,19 b
	Parcelle expérimentale Bofia	0 - 30	16,63 ± 0,21 a	7,3 ± 0,02 b	5,59 ± 0,25 a	22,33 ± 0,83 c	47,96 ± 1,05 c
		30 - 60	16,5 ± 0,45 a	11 ± 0,09 a	5,06 ± 0,05 a	26,7 ± 0,61 a	40,66 ± 1,15 c
Yamoussoukro	Site de N'Guessou	0 - 30	4,2 ± 0,14 c	8,65 ± 0,07 b	5,75 ± 0,01 a	22,5 ± 1,05 c	58,1 ± 1,27 a
		30 - 60	7,3 ± 0,1 c	8,1 ± 0,01 b	5,1 ± 0,05 a	28,7 ± 0,60 a	50,66 ± 1,15 b
	Parcelle expérimentale 227 logements	0 - 30	11,2 ± 0,1 b	7,3 ± 0,26 b	4,25 ± 0,21 b	23,2 ± 0,14 b	53,65 ± 0,21 b
		30 - 60	10,7 ± 0,1 b	9,66 ± 0,05 a	4,23 ± 0,32 b	21,96 ± 0,58 c	53,9 ± 0,96 b
F_{cal}			152,22 **	387,41**	32,71**	29,08**	262,02**
P_{cal}			0,00073	0,00098	0,00435	0,00218	0,00081
P_{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes, au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

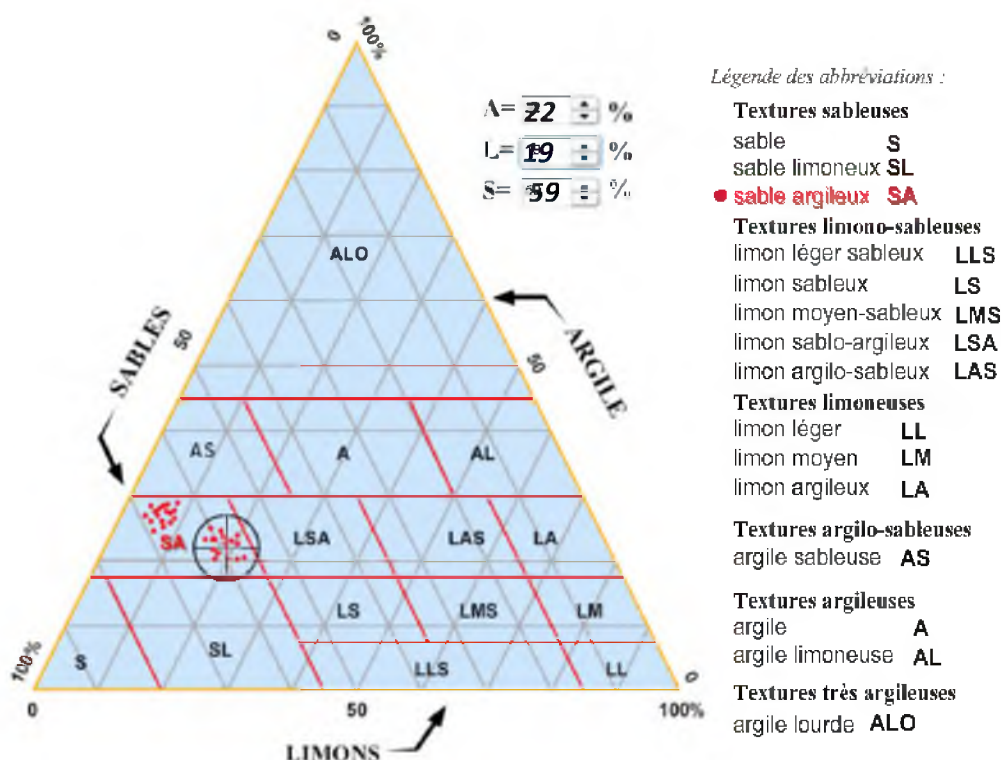


Figure 37a : Triangle textural des sols de Tiébissou (texture : sablo-argileuse).

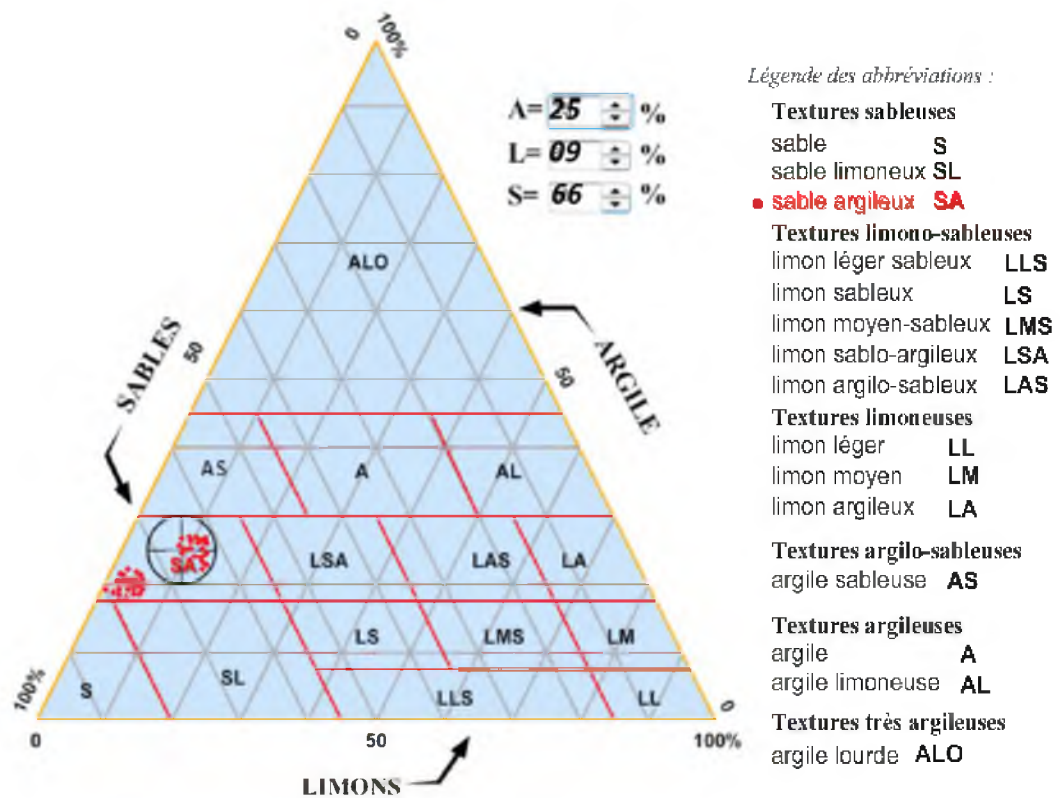
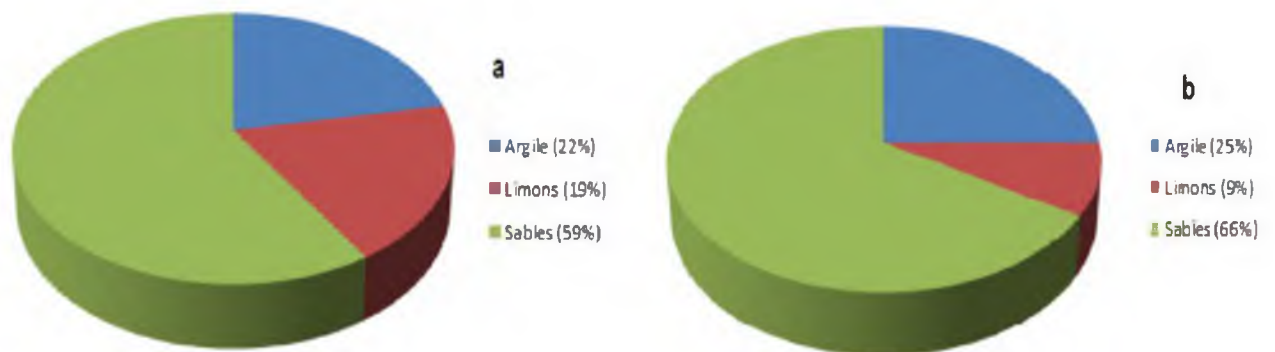


Figure 37b : Triangle textural des sols de Yamoussoukro (texture : sablo-argileuse).



(a = Tiébissou, b = Yamoussoukro).

Figure 38 : Répartition de la granulométrie dans les différents sols, quel que soit le site

5.2.2. Caractéristiques chimiques des sols

5.2.2.1. Acidité, azote et matière organique

Selon leurs propriétés analytiques, les sols des différents sites d'étude sont moyennement à faiblement acides, les valeurs de pH obtenues variant de 5,6 à 6,3. Ces valeurs de pH augmentent avec la profondeur, excepté celles du site expérimental de Yamoussoukro, qui passent de 6,3, pour l'horizon de surface, à 6, pour les horizons plus profonds.

Après examen des résultats obtenus, les analyses en laboratoire appliquées aux échantillons de sols révèlent que les teneurs en N (azote) sont relativement faibles, le plus souvent, en dessous de 1 mg.kg^{-1} . Les analyses statistiques des données de sol des différents sites révèlent une différence hautement significative entre les teneurs en carbone (C) et en matière organique (MO), en fonction des différents horizons. Ces teneurs ne dépassent pas $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$; et restent, relativement, faibles. Le rapport C/N est souvent utilisé pour prédire la stabilité d'une matière organique simple dans le sol. Les valeurs obtenues comportent une différence hautement significative ($F_{\text{cal}} = 7,64^{**}$; $P_{\text{cal}} = 0,00513$). La plus part de ces valeurs (0,16 à 7,54) témoignent d'une minéralisation rapide de la matière organique car les valeurs sont inférieures à 8, sauf au niveau de l'horizon 30-60 du site naturel de N'Gbéssou, dont la valeur 37,94 dépassant 12, indique une très lente minéralisation de la matière organique (Tableau VI).

Tableau VI. Acidité, azote et matière organique dans les sols des différents sites.

		Profondeur de prélèvement (cm)	pHeau	pHKcl	N (mg.kg ⁻¹)	C (mg.kg ⁻¹)	C/N	MO (mg.kg ⁻¹)
Tiébissou	Site naturel de Ayapikro	0 - 30	6,1 ± 0,15 a	5,26 ± 0,11 a	0,355 ± 0,007 ab	0,24 ± 0,02 b	3,19 ± 0,77 c	0,41 ± 0,01 b
		30 - 60	5,8 ± 0,1 b	4,36 ± 0,2 b	0,92 ± 0,01 a	0,16 ± 0,02 c	2,12 ± 0,64 c	0,28 ± 0,008 c
	Parcelle expérimentale Bofia	0 - 30	6,2 ± 0,15 a	5,66 ± 0,25 a	0,05 ± 0,01 c	0,24 ± 0,017 b	2,34 ± 2,29 c	0,41 ± 0,01 b
		30 - 60	5,6 ± 0,1 b	4,36 ± 0,11 b	0,02 ± 0,01 c	0,28 ± 0,01 b	1,18 ± 0,02 c	0,48 ± 0,02 b
Yamoussoukro	Parcelle expérimentale 227 logements	0 - 30	6,3 ± 0,14 a	5,3 ± 0,14 a	0,08 ± 0,02 c	0,14 ± 0,007 c	0,40 ± 0,011 d	0,24 ± 0,007 c
		30 - 60	6 ± 0,17 a	4,56 ± 0,15 a	0,08 ± 0,01 c	0,15 ± 0,01 c	0,16 ± 0,009 d	0,25 ± 0,006 c
	Site naturel de N'Gbéssou	0 - 30	6,2 ± 0,15 a	5,66 ± 0,25 a	0,17 ± 0,1 b	0,36 ± 0,001 b	7,54 ± 1,51 b	0,63 ± 0,03 b
		30 - 60	5,7 ± 0,08 b	4,3 ± 0,1 b	0,2367 ± 0,01 b	0,62 ± 0,01 a	37,94 ± 21,5 a	1,06 ± 0,12 a
F _{cal}			16,17**	32,85**	160,35**	320,44**	7,64**	321,34**
P _{cal}			0,006	0,00015	0,0000081	0,0000076	0,00513	0,0000058
P _{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.2.2.2. Phosphore total et phosphore assimilable

Les proportions de phosphore total et phosphore assimilable des différents sols montrent une différence hautement significative. En effet, les sols du site naturel de N'Gbéssou, notamment, l'horizon 0-30, sont plus pourvus en phosphore (total et assimilable). Les valeurs comprises, respectivement, entre 576 à 862 mg.kg⁻¹ et 21,37 à 32 mg.kg⁻¹, pour le P_t et le P_{ass} restent tout de même faible (**Tableau VII**).

Tableau VII. Dynamique du phosphore dans les sols des différents sites.

		Profondeur de prélèvement (cm)	P _t (mg.kg ⁻¹)	P _{ass} (mg.kg ⁻¹)
Tiébissou	Site naturel de Ayaprikro	0 - 30	785 ± 21,41 ab	29,64 ± 0,47 a
		30 - 60	620 ± 19,34 b	21,37 ± 0,01 b
	Parcelle expérimentale Bofia	0 - 30	611 ± 18,27 b	29,62 ± 0,33 a
		30 - 60	576 ± 17,84 c	21,37 ± 0,01 b
Yamoussoukro	Parcelle expérimentale 227 logements	0 - 30	711,33 ± 21,02 ab	31,33 ± 0,98 a
		30 - 60	676,33 ± 19,89 b	25,32 ± 2,66 ab
	Site naturel de N'Guéssou	0 - 30	862,66 ± 22,23 a	32 ± 1,34 a
		30 - 60	724,66 ± 22,18 b	24 ± 1,11 ab
F _{cal}			816,08**	40,57**
P _{cal}			0,00087	0,00023
P _{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.2.2.3. Bases échangeables et capacité d'échange cationique (CEC)

Le potassium (K⁺), le magnésium (Mg⁺²) et le calcium (Ca⁺²), appelés bases échangeables, sont intimement liés entre eux. Un manque ou un excès de l'un de ces cations métalliques a des influences sur la disponibilité des autres. Ils sont retenus sur l'argile et la matière organique. Les teneurs comportent des différences hautement significatives sur les différents sites (**Tableau VIII**). Les valeurs en K⁺ varient de 0,03 à 1,6 cmol.kg⁻¹, elles sont relativement importantes sur le site naturel de Bofia (1,38 à 1,6 cmol.kg⁻¹). Quant aux teneurs de Mg²⁺, elles sont plus importantes sur les sites de Yamoussoukro (1,09 à 1,12 cmol.kg⁻¹) que ceux de Tiébissou (0,25 à 0,6 cmol.kg⁻¹). Les teneurs de Ca²⁺ des sols du site naturel de N'Gbéssou sont plus faibles (0,52 à 0,79 cmol.kg⁻¹), contrairement aux autres sites.

La CEC traduit, la capacité du sol à fixer et à libérer certains éléments nutritifs sur l'argile et la matière organique. Ainsi, les valeurs de la capacité d'échange cationique (**Tableau VIII**) obtenues après les différentes analyses traduisent une différence hautement significative ($F_{cal} = 376,88^{**}$; $P_{acl} = 0,0000967$), en fonction des zones agro écologiques. Elles sont faibles, surtout au niveau des sols de Tiébissou (2,64 à 6,8 cmol.kg⁻¹), comparés aux sols de Yamoussoukro (14,55 à 14,67 cmol.kg⁻¹).

Tableau VIII. Bases échangeables et capacité d'échange cationique dans les sols des différents sites.

		Profondeur de prélèvement (cm)	Ca ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	K ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	CEC(cmol.kg ⁻¹)
Tiébissou	Site naturel de Ayaprikro	0 - 30	1,35 ± 0,007 b	0,03± 0,0007 c	0,25 ± 0,07 b	3,05 ± 0,007 b
		30 - 60	1,22 ± 0,01 b	0,14± 0,19 b	0,6 ± 0,1 b	2,64 ± 0,01 b
	Parcelle expérimentale Bofa	0 - 30	2,8 ± 0,1 a	1,38 ± 0,01 a	0,6 ± 0,1 b	6,8 ± 0,1 b
		30 - 60	2,3 ± 0,2 a	1,6 ± 0,1 a	0,37 ± 0,09 b	5,2 ± 0,1 b
Yamoussoukro	Parcelle expérimentale 227 logements	0 - 30	1,37 ± 0,36 b	0,13 ± 0,02 b	1,11 ± 0,04 a	14,62 ± 0,16 a
		30 - 60	1,16 ± 0,04 b	0,18 ± 0,01 b	1,09 ± 0,05 a	14,55 ± 0,18 a
	Site naturel de N'Guessou	0 - 30	0,79 ± 0,11 c	0,12 ± 0,01 b	1,12 ± 0,08 a	14,67 ± 0,22 a
		30 - 60	0,52 ± 0,04 c	0,12 ± 0,01 b	1,12 ± 0,08 a	14,67 ± 0,22 a
F _{cal}			241,06**	97,35**	141,55**	376,88**
P _{cal}			0,00112	0,0023	0,00485	0,0000967
P _{théor}			≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.3. Caractéristiques physico-chimiques du fumieret du mélange fumier-sol

5.3.1. Granulométrie et indice de battance (IB)

Les teneurs moyennes des éléments de la granulométrie présentées dans le **tableaux IX**, indiquent qu'au niveau de l'argile il y a une différence significative ($F_{cal} = 89,65^{*}$; $P_{cal} = 0,00376$) du point de vue statistique, entre les valeurs obtenues. En effet, les sols provenant des sites où la présence de la plante n'a pas été remarquée (Sol 3 et Sol 3'), avec les substrats issus de ces sols (S3 et S3'), donnent des teneurs relativement plus élevées en argile (21,17 à 24,84 g.kg⁻¹) que les sols Sol 2 et Sol 2' (14,11 à 16,7 g.kg⁻¹); et les substrats issus de ces sols (13,88 à 16,7g.kg⁻¹). Le sol provenant d'Abidjan Port-Bouët et le substrat issu du mélange de ce sol et le fumier sont relativement plus pauvres en argile (7,5 à 7,11g.kg⁻¹). Le limon fin reste plus important dans les sols notés Sol 2 et Sol 2', avec le substrat S3 (5,67 à 7,67 g.kg⁻¹) que les autres sols et substrats (teneur variant de 2,11 à 5,58g.kg⁻¹).

Les valeurs obtenues au niveau du limon grossier, montrent une différence significative après les tests statistiques réalisés ($F_{cal} = 8,12^*$, $P_{cal} = 0,0434$). Le sol prélevé à Abidjan Port-Bouët (Sol 1) et le substrat issu de ce sol (S1) ont une plus faible teneur en sable fin (14 à $14,2 \text{ g.kg}^{-1}$) que les autres sols et substrats, dont les valeurs se situent entre $21,42$ et $23,04 \text{ g.kg}^{-1}$. Mais, les teneurs en sable grossier, au niveau des Sol 1 et S1 sont plus importantes ($72,2$ à $72,89 \text{ g.kg}^{-1}$) que celles des autres sols et substrats ($41,38$ à $55,32 \text{ g.kg}^{-1}$).

L'examen du **tableau IX** permet de confirmer que les sols et subtrats ont une texture à dominance sablo-argilo-limoneuse. Les indices de battances calculés à partir des résultats granulométriques de ces sols et substrats indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ($F_{cal} = 1,34ns$, $P_{cal} = 0,0657$) entre les valeurs obtenues ($0,41$ à $0,57$).

Tableau IX. Granulométrie des sols et substrats utilisés pour les différents tests de germination des graines de *Lippia multiflora*.

Fumier, sols et substrats		Granulométrie (g.kg^{-1})					Indice de battance
		A	Lf	Lg	Sf	Sg	IB
Fumier	F						
	Sol ₁ (Abidjan Port-Bouët)	$7,5 \pm 0,05 \text{ c}$	$2,11 \pm 0,006 \text{ c}$	$3,8 \pm 0,008 \text{ b}$	$14,2 \pm 0,15 \text{ b}$	$72,2 \pm 5,21 \text{ a}$	$0,46 \pm 0,00007 \text{ a}$
	Sol ₂ (Tiébissou)	$16,7 \pm 0,21 \text{ b}$	$7,67 \pm 0,07 \text{ a}$	$5,5 \pm 0,047 \text{ a}$	$22,45 \pm 0,37 \text{ a}$	$47,45 \pm 3,22 \text{ b}$	$0,49 \pm 0,00009 \text{ a}$
Sols	Sol _{2'} (Yamoussoukro)	$14,11 \pm 0,14 \text{ b}$	$7,3 \pm 0,061 \text{ a}$	$4,12 \pm 0,036 \text{ b}$	$23,04 \pm 0,41 \text{ a}$	$51,41 \pm 4,45 \text{ b}$	$0,47 \pm 0,00007 \text{ a}$
	Sol ₃ (Tiébissou)	$23,21 \pm 0,32 \text{ a}$	$5,58 \pm 0,046 \text{ b}$	$6,41 \pm 0,067 \text{ a}$	$21,56 \pm 0,32 \text{ a}$	$43,23 \pm 3,11 \text{ b}$	$0,41 \pm 0,00005 \text{ a}$
	Sol _{3'} (Yamoussoukro)	$24,82 \pm 0,41 \text{ a}$	$5,11 \pm 0,042 \text{ b}$	$6,15 \pm 0,063 \text{ a}$	$22,54 \pm 0,34 \text{ a}$	$41,38 \pm 3,03 \text{ b}$	$0,42 \pm 0,00004 \text{ a}$
	S1 (Abidjan Port-Bouët)	$7,11 \pm 0,045 \text{ c}$	$2,14 \pm 0,007 \text{ c}$	$3,72 \pm 0,007 \text{ b}$	$14 \pm 0,16 \text{ b}$	$72,89 \pm 5,34 \text{ a}$	$0,44 \pm 0,00006 \text{ a}$
	S2 (Tiébissou)	$15,2 \pm 0,19 \text{ b}$	$4,25 \pm 0,037 \text{ c}$	$4,15 \pm 0,042 \text{ b}$	$22,24 \pm 0,36 \text{ a}$	$54 \pm 4,78 \text{ b}$	$0,57 \pm 0,00011 \text{ a}$
Substrats	S2' (Yamoussoukro)	$13,88 \pm 0,017 \text{ b}$	$3,22 \pm 0,031 \text{ c}$	$4,67 \pm 0,044 \text{ b}$	$22,11 \pm 0,38 \text{ a}$	$55,32 \pm 4,85 \text{ b}$	$0,55 \pm 0,00011 \text{ a}$
	S3 (Tiébissou)	$23,54 \pm 0,38 \text{ a}$	$5,67 \pm 0,041 \text{ a}$	$6,85 \pm 0,076 \text{ a}$	$21,42 \pm 0,34 \text{ a}$	$42,34 \pm 3,12 \text{ b}$	$0,57 \pm 0,00011 \text{ a}$
	S3' (Yamoussoukro)	$21,17 \pm 0,28 \text{ a}$	$6,34 \pm 0,065 \text{ a}$	$5,42 \pm 0,045 \text{ a}$	$22,16 \pm 0,43 \text{ a}$	$44,91 \pm 3,45 \text{ b}$	$0,56 \pm 0,0001 \text{ a}$
	F_{cal}	89,65 *	68,89*	8,12*	89,65 *	68,89*	1,34ns
	P_{cal}	0,00376	0,0241	0,0434	0,00376	0,0241	0,0657
	P_{théor}	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	$\geq 0,05$

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.3.2. Matière organique, azote et phosphore

L'examen des résultats obtenus après les analyses en laboratoire des échantillons de sols, de fumier et substrats révèle une différence hautement significative ($F_{\text{cal}} = 767,91^{**}$, $P_{\text{cal}} = 0,0000221$) entre les teneurs, en ce qui concerne la matière organique (MO). La valeur obtenue au niveau du fumier ($60,88 \text{ g.kg}^{-1}$) dépasse largement les mélanges sols-fumier ($25,9$ à $46,97 \text{ g.kg}^{-1}$) et les sols ($1,06$ à $2,35 \text{ g.kg}^{-1}$). Au regard de ces résultats (**Tableau X**), après le mélange du fumier aux sols, il y a une augmentation de la teneur en matière organique au niveau des substrats. Le sol recueilli au niveau d'Abidjan Port-Bouët est très pauvre en matière organique. En mélangeant le fumier à ce sol, la valeur de la matière organique est passée de $1,06$ à $25,9 \text{ g.kg}^{-1}$, soit une augmentation d'environ 98%.

Les teneurs en azote des différents échantillons (**Tableau X**) sont faibles, car ne dépassant pas 2 g.kg^{-1} . Mais, la valeur obtenue au niveau du fumier ($1,56 \text{ g.kg}^{-1}$) dépasse celles des mélanges sols-fumier ($0,45$ à $0,81 \text{ g.kg}^{-1}$) et des sols ($0,04$ à $0,81 \text{ g.kg}^{-1}$).

Au niveau du rapport C/N, les valeurs obtenues comportent une différence hautement significative ($F_{\text{cal}} = 432,44^{**}$; $P_{\text{cal}} = 0,0000721$). Les valeurs obtenues au niveau des sols 2, 2', 3, et 3' ($4,2$ à $6,22$) témoignent d'une minéralisation rapide de la matière organique. En effet, les rapports obtenus sont inférieurs à 8, tandis que ceux obtenus au niveau du fumier, du sol 1 et des sols fabriqués ($15,5$ à $38,52$) dépassent 12, indiquant une lente minéralisation de la matière organique (**Tableau X**).

Les proportions de phosphore total et de phosphore assimilable des différents sols montrent des différences hautement significatives ($F_{\text{cal}} = 503,92^{**}$; $P_{\text{cal}} = 0,0000732$ pour $\text{P}_2\text{O}_5\text{t}$ et; $F_{\text{cal}} = 518,72^{**}$; $P_{\text{cal}} = 0,0000729$ pour $\text{P}_2\text{O}_5\text{t}$). En ce qui concerne le phosphore total, le fumier utilisé a des valeurs très faibles ($16,32 \text{ mg.kg}^{-1}$) par rapport au sol 1, S1 ($132,4$ à $143,1 \text{ mg.kg}^{-1}$), aux autres sols et substrats ($288,66$ à 321 mg.kg^{-1}). Les mêmes tendances se résument au niveau des teneurs en phosphore assimilable. Les informations obtenues révèlent que les teneurs au niveau du fumier ($1,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) sont faibles par rapport au sol 1, S1 ($11,75$ à $14,5 \text{ mg.kg}^{-1}$) et les autres traitements ($22,38$ à $29,33 \text{ mg.kg}^{-1}$) (**Tableau X**).

Tableau X. Matière organique, Azote et Phosphore des sols et substrats utilisés pour les différents tests de germination des graines de *Lippia multiflora*.

Fumier, sols et substrats		Carbone, Azote (g.kg ⁻¹)				Phosphore (mg.kg ⁻¹)	
		C	MO	N	C/N	P ₂ O ₅ t	P ₂ O ₅ ass
Fumier	F	35,4 ± 2,33 a	60,88 ± 4,67 a	1,56 ± 0,044a	22,69 ± 2,78 a	16,32 ± 1,57 c	1,4 ± 0,034 c
Sols	Sol ₁	0,62 ± 0,0002 c	1,06 ± 0,015 c	0,04 ± 0,00005 c	15,5 ± 1,45 b	132,4 ± 13,56 b	11,75 ± 1,21 b
	Sol ₂	1,37 ± 0,032 bc	2,35 ± 0,035 c	0,22 ± 0,0011 c	6,22 ± 0,71 c	288,66 ± 22,5 a	29,33 ± 1,76 a
	Sol ₂ '	1,12 ± 0,021 bc	1,92 ± 0,017 c	0,21 ± 0,0011 c	5,33 0,62 c	234 ± 21,14 a	23,45 ± 1,65 a
	Sol ₃	1,05 ± 0,017 bc	1,8 ± 0,018 c	0,25 ± 0,0013 c	4,2 ± 0,32 c	319 ± 22,87 a	22,58 ± 1,54 a
	Sol ₃ '	1,34 ± 0,031 bc	2,13 ± 0,023 c	0,19 ± 0,0001 c	6,11 ± 0,68 c	278 ± 22,42 a	24,76 ± 1,52 a
Substrats	S1	15,06 ± 1,05 b	25,9 ± 1,62 b	0,45 ± 0,0022 b	33,46 ± 2,92 a	143,1 ± 13,69 b	14,5 ± 1,21 b
	S2	25,81 ± 1,61 ab	44,39 ± 2,38 ab	0,67 ± 0,0034 b	38,52 ± 3,05 a	295,87 ± 22,64 a	30,11 ± 1,87 a
	S2'	26,23 ± 1,83 ab	45,11 ± 2,45 ab	0,74 ± 0,0038 b	35,44 ± 3,02 a	284 ± 21,76 a	29,78 ± 1,64 a
	S3	27,31 ± 1,07 b	46,97 ± 2,88 ab	0,81 ± 0,0045 b	21,37 ± 2,45 a	321 ± 22,96 a	23,62 ± 1,22 a
	S3'	25,67 ± 1,65 ab	44,15 ± 2,37 ab	0,78 ± 0,0057 b	32,91 ± 2,83 a	302 ± 22,78 a	29,11 ± 1,67 a
F _{cal}		655,78**	767,91**	327,13**	438,44**	503,92**	518,72**
P _{cal}		0,0000543	0,0000221	0,0000115	0,0000721	0,0000732	0,0000729
P _{théor}		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.3.3. Acidité, bases échangeables et capacité d'échange cationique (CEC)

Selon leurs propriétés analytiques, les différents pH_{eau} déterminés sont: neutres, pour le fumier (7,9), moyennement acide, pour les sols 1, 2 et 2' (5,3 à 5,6), et faiblement acide, pour les sols 3, 3' et les substrats (6,1 à 6,6). Il faut remarquer que l'apport du fumier au sol a contribué à relever les pH_{eau}, qui tendent vers des valeurs neutres. Cela se vérifie surtout au niveau du sol 1 (pH_{eau} = 5,3), car, après les différents mélanges, le substrat obtenu devient faiblement acide, avec un pH_{eau} de 6,1 (**Tableau XI**).

Pour ce qui est de Ca²⁺, les teneurs comportent une différence hautement significative (F_{cal} = 36,54**, P_{cal} = 0,00433). En effet, la valeur obtenue après analyse au niveau de F (7,42 cmol.kg⁻¹) est largement supérieure à celles obtenues pour les sols (0,02 à 0,07 cmol.kg⁻¹) et les substrats (0,45 à 0,85 cmol.kg⁻¹).

Les valeurs de K⁺ figurant dans le **tableau XI**, varient de 0,11 à 2,77 cmol.kg⁻¹. Elles sont relativement importantes dans le fumier (2,77cmol.kg⁻¹). Il en est de même en ce qui concerne les teneurs en Mg²⁺: elleest plus importantedans F (2,51 cmol.kg⁻¹) que dans les autres traitements (0,11 à 0,98 cmol.kg⁻¹).

Les valeurs de CEC obtenues après les différentes analyses traduisent une différence significative ($F_{cal} = 55,91^*$; $P_{cal} = 0,0262$), selon les différents traitements. Elles sont faibles au niveau des sols et des mélanges sols-fumier (7,88 à 15,37 cmol.kg⁻¹).

Tableau XI. Acidité, bases échangeables et capacité d'échange cationique dans les fumiers, sols et substrats

Fumier, sols et substrats		Acidité		Base échangeables et capacité d'Echange Cationique (cmol.kg ⁻¹)			
		pH _{eau}	pH _{ke1}	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	CEC
Fumier	F	7,9 ± 0,21 a	7,7 ± 0,2 a	7,42 ± 0,22 a	2,77 ± 0,08 a	2,51 ± 0,06 a	18,15 ± 3,21 a
Sols	Sol ₁	5,3 ± 0,11 c	5 ± 0,1 c	0,02 ± 0,0001 c	0,03 ± 0,0001 c	0,11 ± 0,0012 c	7,88 ± 0,23 c
	Sol ₂	5,7 ± 0,12 c	5,4 ± 0,11 c	0,07 ± 0,0003 c	0,06 ± 0,0003 c	0,31 ± 0,0012 c	13,66 ± 0,42 b
	Sol _{2'}	5,6 ± 0,11 c	5,4 ± 0,11 c	0,02 ± 0,0001 c	0,08 ± 0,0003 c	0,35 ± 0,0014 c	14,35 ± 0,45 b
	Sol ₃	6,2 ± 0,16 b	5,8 ± 0,14 c	0,07 ± 0,0003 c	0,09 ± 0,0005 c	0,33 ± 0,0017 c	15,37 ± 0,47 b
	Sol _{3'}	6,3 ± 0,17 b	5,8 ± 0,14 c	0,04 ± 0,0002 c	0,06 ± 0,0003 c	0,31 ± 0,0016 c	13,89 ± 0,39 b
Substrats	S1	6,1 ± 0,16 b	5,8 ± 0,14 c	0,45 ± 0,0012 b	0,11 ± 0,0011 b	0,47 ± 0,0021 c	10,6 ± 0,32 b
	S2	6,5 ± 0,18 b	5,9 ± 0,15 c	0,87 ± 0,0024 b	0,15 ± 0,0016 b	0,97 ± 0,0027 b	11,22 ± 0,38 b
	S2'	6,3 ± 0,17 b	5,8 ± 0,14 c	0,85 ± 0,0023 b	0,15 ± 0,0016 b	0,98 ± 0,0025 b	13,66 ± 0,43 b
	S3	6,3 ± 0,17 b	5,8 ± 0,14 c	0,62 ± 0,0018 b	0,17 ± 0,0019 b	0,84 ± 0,0024 b	15,65 ± 0,47 b
	S3'	6,6 ± 0,19 b	6,1 ± 0,19 b	0,83 ± 0,002 b	0,16 ± 0,0018 b	0,88 ± 0,0041 b	14,11 ± 0,43 b
F_{cal}		87,78**	91,11**	36,54**	91,33**	81,27**	55,91*
P_{cal}		0,000465	0,000276	0,000433	0,000872	0,000762	0,0262
P_{théor}		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

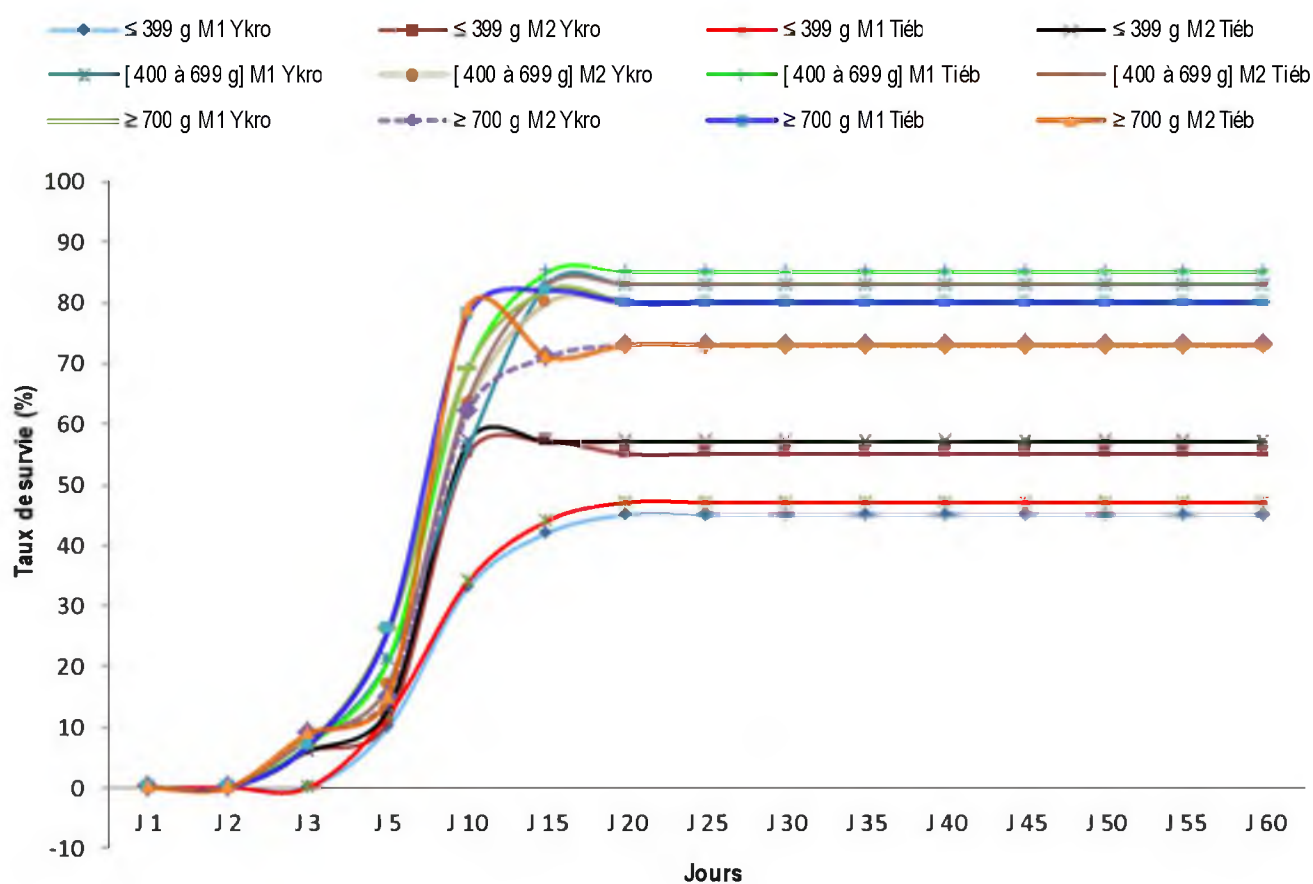
5.4. Etude comparée des différents modes de multiplication

5.4.1. Sélection des éclats de souche

La comparaison du comportement des éclats de souches, dans le but de choisir la meilleure classe de masse, s'est faite en déterminant le taux de survie (%), le nombre de rejets formés par chaque classe d'organes, la hauteur moyenne du plus grand rejet sur la souche et la masse des feuilles sèches produites par souche, dans le temps (60 jours), en fonction des deux morphotypes (M1 et M2). Après les différentes comparaisons des paramètres agronomiques, la classe qui donne les meilleurs résultats a été choisie pour poursuivre les expérimentations, c'est-à-dire la comparaison des différents modes de multiplication de la plante.

5.4.1.1. Taux de survie (%)

La **figure 39** représente l'évolution du taux de survie (TS) des organes de *Lippia multiflora* pendant 60 jours de culture, en fonction des différents morphotypes. Le taux de survie dans cette expérience est assimilé au taux de bourgeonnement et à la différenciation de ces bourgeons en des jeunes plants. Ainsi, l'allure de l'ensemble des courbes est représentée par 4 phases dont la première commence de 0 au 5^{ème} jour, marquée par un début de bourgeonnement des organes, quelle que soit la classe des éclats de souche. La phase II, qui se situe entre le 5^{ème} et le 10^{ème} jours est caractérisée par une évolution exponentielle des courbes, due à un fort taux de bourgeonnement. La troisième phase (10^{ème} au 15^{ème} jours) est marquée par une légère chute de quelques courbes, surtout la classe des éclats de souches comprise entre [400 à 699 g] et celles ayant une masse ≥ 700 g. La phase IV, comprise entre le 15 et le 60^{ème} jours est marquée par une allure horizontale des courbes. C'est véritablement pendant cette dernière phase que le taux de survie est resté constant, pour toutes les classes des éclats de souche. Au regard de la **figure 39**, le meilleur taux de survie (80,45 et 85,56%) est obtenu par la classe des éclats de souche, comprise entre [400 à 699 g] quels que soient le morphotype et le lieu de culture. La classe qui suit est celle représentée par la classe des organes dont la masse est ≥ 700 g du morphotype M2, avec un taux de survie variant de 73,81 à 80,45%. Les organes provenant du morphotype M2, ayant une masse ≤ 399 g, dont le taux de survie est compris entre 55,34 et 57,23%, sont classés en 3^{ème} position. La classe des éclats de souches provenant du morphotype M1, dont la masse est ≤ 399 g, vient en 4^{ème} position, car le taux de survie obtenue (45,65 à 47,11%) est inférieure à 50%.

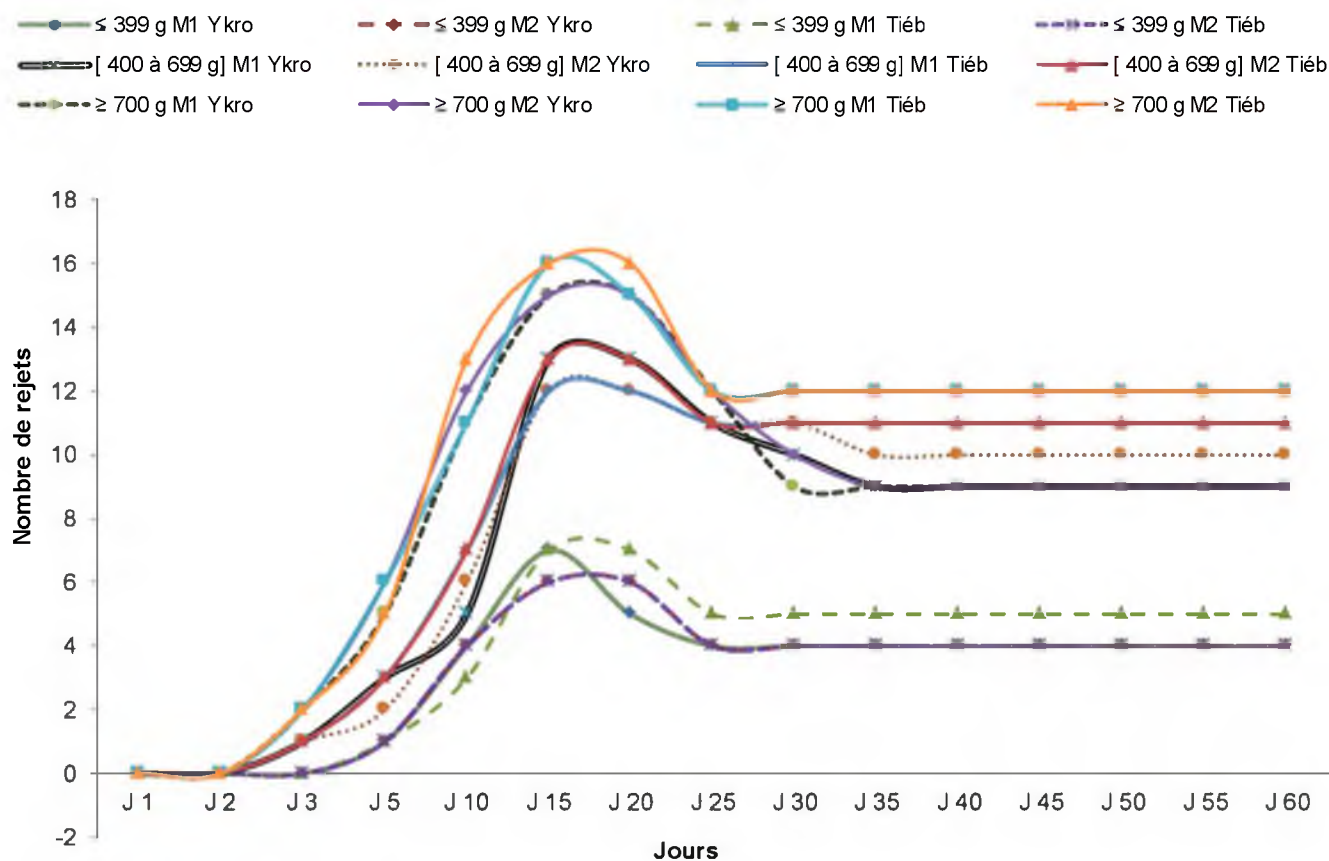


M = Morphotype; Ykro = Yamoussoukro et Tiéb = Tiébissou.

Figure 39 : Évolution du taux de survie (TS) des éclats de souches de *Lippia multiflora* pendant 60 jours de culture en fonction des deux morphotypes et en deux endroits de culture.

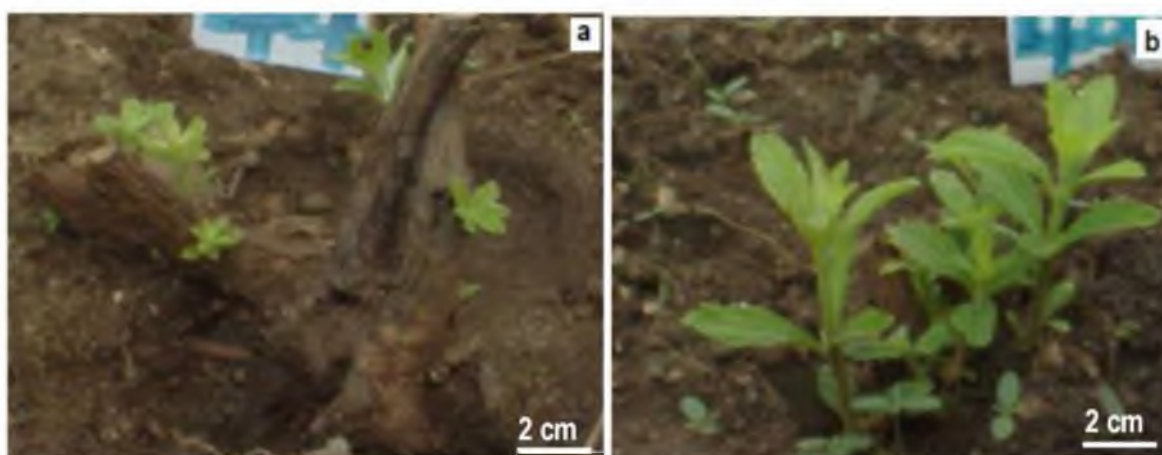
5.4.1.2. Nombre moyen de rejets produits par classe d'éclat de souches (Nmrp)

Dans l'ensemble, au regard de la **figure 40 a**, les courbes ont à peu près la même allure d'évolution, avec 3 phases observation. La 1^{ère}, comprise entre le 1^{er} et le 15^{ème} jours, consiste en l'apparition des bourgeons et leur différenciation en de jeunes plants (rejets). Entre le 15^{ème} et le 25^{ème} jours (phase II), il y a une légère chute de l'ensemble des courbes, due certainement à des mortalités, et, donc, une baisse du nombre de rejets. La phase III est caractérisée par une constance de l'allure de l'ensemble des courbes. Les rejets sont plus perceptibles à partir du 15^{ème} jour, quels que soient le lieu de culture et le morphotype utilisé (**Figure 40 b**). Les organes appartenant aux classes d'éclats de souches comprises dans l'intervalle [400 à 699 g] et ≥ 700 g donnent plus de rejets (9 à 12 rejets) que ceux appartenant à la classe ≤ 399 g (4 à 5 rejets).



M = Morphotype; Ykro = Yamoussoukro et Tiéb = Tiébissou.

Figure 40a : Évolution du nombre moyen de rejets (Nmrp) des éclats de souches de *Lippia multiflora* pendant 60 jours de culture, en fonction des deux morphotypes et en deux endroits de culture.



(a = bourgeons obtenus à 3 jours de culture sur organes appartenant à la classe d'éclat comprise entre [400 à 699 g] ; b = jeunes plantes de *Lippia multiflora* observés sur organe d'éclats de souches appartenant à la classe ≤ 399 g, quel que soit le morphotype.

Figure 40 b: Bourgeons et jeunes plants (rejets) de *Lippia multiflora* observés sur des éclats de souches.

5.4.1.3. Hauteur moyenne des rejets produits par classe d'éclats de souches (Hmr)

La **figure 41** indique deux phases, dont la première montre une faible croissance des rejets entre le 1^{er} et le 20^{ème} jours, quels que soient le morphotype et la classe des éclats de souches. Les tailles obtenues n'atteignent pas de 10 cm. Cette première phase est suivie d'une deuxième, à croissance exponentielle, qui se situe entre le 20^{ème} et le 60^{ème} jours. Au cours de cette phase, les plants provenant de la culture des organes ayant une masse ≤ 399 g donnent des tailles relativement plus élevées (36,4 à 37,7 cm) par rapport aux autres rejets dont les tailles varient entre 24,6 et 28,5 cm.

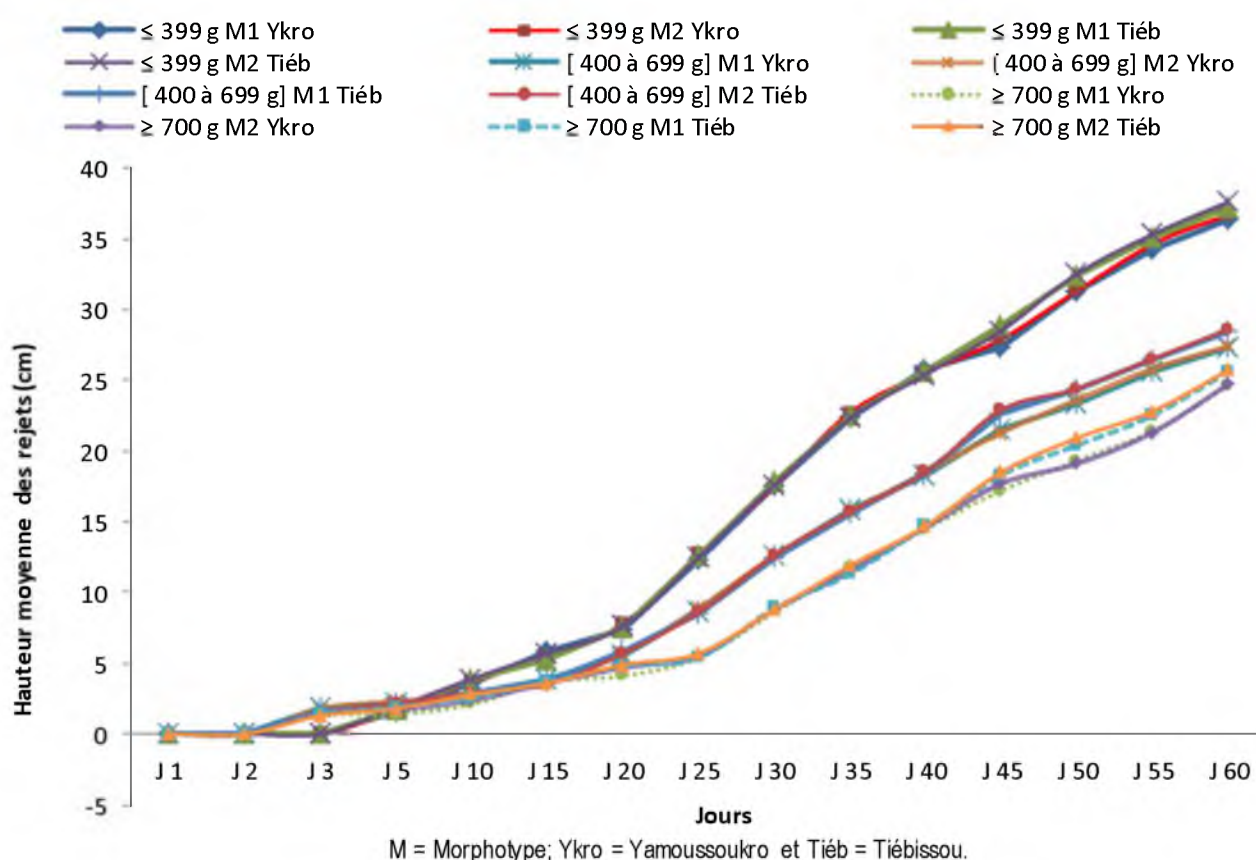


Figure 41 : Hauteur moyenne des rejets (Hmr) des éclats de souches de *Lippia multiflora* pendant 60 jours de culture, en fonction des deux morphotypes, en deux endroits de culture.

5.4.1.4. Masse moyenne des feuilles sèches produits par classe d'éclat de souches (Mmfp)

La masse des feuilles est un élément essentiel pour la domestication de *Lippia multiflora*, car, c'est la partie de la plante la plus utilisée pour la production de la plus part des produits dérivés (huiles essentielles et tisane).

L'examen relatif à l'évolution des courbes montre que 3 phases se distinguent. La phase I, qui commence du 1^{er} au 5^{ème} jours, est caractérisée par un état de bourgeonnement de souches morcelées dont certaines sont différenciées en de petites feuilles ne pouvant donc pas être récoltées. La deuxième phase (5^{ème} au 45^{ème} jours) est caractérisée par une croissance exponentielle due à une grande production de feuilles. L'allure des courbes (**Figure 42**) au niveau de la phase III (45^{ème} au 60^{ème} jours), indique une différence de production fourragère, car, les organes ayant une masse comprise entre [400 à 699 g] donnent plus de feuilles (92,82 à 95,94 g de feuilles sèches produites), par rapport à ceux dont la production se situe entre 63,65 à 63,88 g.

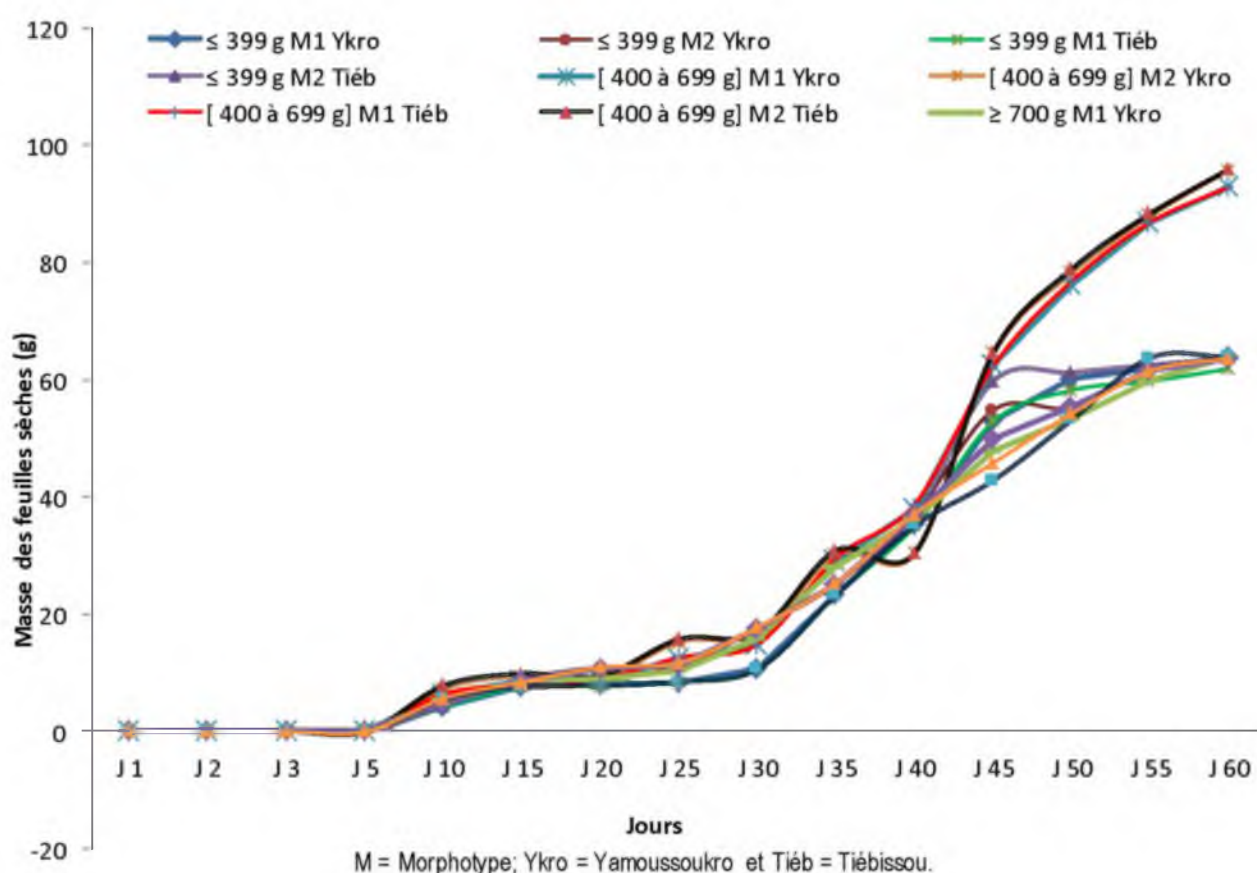


Figure 42 : Evolution de la masse des feuilles sèches des éclats de souches de *Lippia multiflora* pendant 60 jours de culture en fonction des deux morphotypes cultivés à Yamoussoukro et Tiébissou.

5.4.2. Choix de la meilleure classe d'éclats de souche

Le morcellement de la souche permet d'assurer une propagation de la plante, dans le sens où chaque organe morcelé est capable de donner une plante entière.

Dans le cadre de nos travaux, les critères de sélection de la meilleure classe des éclats de souches ont concerné le taux de survie, le nombre de rejets, et, surtout, la masse moyenne des feuilles sèches produites, au bout de 60 jours de culture. Les analyses statistiques appliquées aux résultats de nos investigations indiquent que le meilleur taux de survie (80,45 à 85,56%), et, surtout, la masse moyenne de feuilles sèches la plus élevée (92,82 à 95,96 g), sont observés au niveau des éclats de souches ayant une masse variant entre 400 et 699 g, pour les deux morphotypes (**Tableau XII**). Pour la suite de nos différentes expérimentations, c'est-à-dire, la comparaison des différents modes de multiplication de la plante, le choix s'est porté sur cette classe de souche. L'un des modes de multiplication utilisé après les éclats de souches concerne la sélection de la meilleure portion du rejet en fonction de l'âge de la plante, pour un bouturage optimal.

Tableau XII : Paramètres agronomiques permettant le choix de la meilleure classe des éclats de souches.

Parcelles expérimentales	Morphotypes	Masse des organes	TS (%)	Nmrp	Hmr (cm)	Mmfp (g)
Tiébissou	M1	≤ 399 g	45,65 ± 11,33 b	4 ± 1,98 b	36,4 ± 9,12 a	63,88 ± 15,37 b
		[400 à 699 g]	83,21 ± 22,34 a	9 ± 2,23 a	27,3 ± 8,25 b	92,82 ± 26,71 a
		≥ 700 g	80,45 ± 21,02 a	9 ± 2,23 a	24,6 ± 8,09 b	63,85 ± 15,33 b
	M2	≤ 399 g	55,34 ± 13,09 b	4 ± 1,98 b	36,7 ± 9,25 a	63,67 ± 15,58 b
		[400 à 699 g]	80,45 ± 21,02 a	10 ± 2,32 a	27,4 ± 8,26 b	95,84 ± 26,89 a
		≥ 700 g	73,32 ± 18,78 a	9 ± 2,23 a	24,7 ± 8,29 b	63,68 ± 14,62 b
Yamoussoukro	M1	≤ 399 g	47,11 ± 12,56 b	5 ± 2,02 b	37,2 ± 9,39 a	61,89 ± 13,35 b
		[400 à 699 g]	85,56 ± 23,31 a	11 ± 2,75 a	28,5 ± 8,43 b	92,95 ± 26,83 a
		≥ 700 g	80,67 ± 21,32 a	12 ± 2,96 a	25,6 ± 8,03 b	63,88 ± 14,78 b
	M2	≤ 399 g	57,23 ± 14,12 b	4 ± 1,98 b	37,6 ± 9,09 a	63,65 ± 14,61 b
		[400 à 699 g]	83,12 ± 22,30 a	11 ± 2,75 a	28,5 ± 8,43 b	95,96 ± 26,92 a
		≥ 700 g	73,81 ± 18,89 a	12 ± 2,96 a	25,7 ± 8,12 b	63,65 ± 14,61 b
	F _{cal}		1,93*	5,78**	1,88*	4,33**
	P _{cal}		0,038	0,00033	0,021	0,00025
	P _{théor}		≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.5. Sélection de la meilleure portion du rejet en fonction de l'âge de la plante, pour le bouturage.

Les données collectées lors de cette expérience ont porté sur le taux de survie, c'est-à-dire le nombre de boutures enracinées par traitement, le nombre de racines, la longueur moyenne

des racines par bouture, le nombre de rejets, la taille moyenne du rejet et la masse de feuilles sèches produites à la fin de l'expérience (60 jours de culture).

5.5.1. Taux de survie

Le **tableau XIII** résume le taux de survie des boutures par âge et par section des rejets, en fonction des 2 morphotypes, après 60 jours de pépinière. Les résultats obtenus montrent que les boutures issues des parties basales des rejets présentent les meilleurs taux de survie (74,46% à 82,35%), quels que soient l'âge et le morphotype. Les organes issus des parties apicales donnent, pour le morphotype M2, un taux de survie variant de 27,4 à 32,06%, et, pour M1, un taux de 15,73 à 24,13%. Les taux de survie les plus faibles se retrouvent au niveau des boutures médianes, avec, 14,06 à 15,2%, pour M2, et 7,86 à 9,66%, pour M1. Les résultats de l'analyse statistique indiquent que la partie du rejet d'où les boutures sont issues, a un effet significatif sur le taux de survie.

5.5.2. Nombre de racines produites et longueur moyenne (cm) des racines

Dans nos conditions expérimentales, le nombre de racines obtenu au bout de 60 jours de culture, varie de 5 à 22. Les analyses statistiques appliquées aux données indiquent une différence hautement significative entre les divers traitements ($F_{cal} = 403^{**}$, $P_{cal} = 0,00000568$). Le nombre de racines est maximal pour les boutures basales, âgées de 12 mois (22 à 23 racines), au niveau du morphotype M2, et de 12 à 16 mois, pour le morphotype M1. Les boutures issues de la partie apicale des rejets donnent, en moyenne, 11 à 13 racines, quels que soient le morphotype et l'âge de la plante. Le nombre le plus faible, en termes de production de racines concerne les boutures issues de la partie médiane, soit 5 à 6.

Quant aux longueurs moyennes des racines, celles des plants issus de la partie basale sont plus allongées, avec 14,56 à 16,87 cm, contre 10,87 à 13,23 cm, pour celles de la partie apicale, et 7,23 à 9,23 cm, pour la partie médiane (**Tableau XIII**).

5.5.3. Nombre de rejets, hauteur moyenne des rejets et masse des feuilles produites par plante

Le nombre de rejets obtenu varie de 1 à 3 sur l'ensemble des traitements (**Figure 43**). Ainsi, les organes qui développent plus de rejets sont les boutures issues de la partie basale de la plante, quels que soient l'âge et le morphotype (3 rejets).

Les boutures qui survivent sont celles issues de la partie apicale (2 rejets) et, enfin, la partie médiane (1 rejet). Le nombre de rejets formés dans le temps est donc fonction de la plante considérée. En ce qui concerne la croissance en hauteur des rejets, il n'y a pas différence significative ($F_{cal} = 1,56$ ns, $P_{cal} = 0,0875$), quel que soit le traitement, au bout de 60 jours de pépinière. La hauteur moyenne des rejets formés varie de 17,11 à 26,4 cm (**Tableau XIII**). Les masses de feuilles produites les plus grandes sont celles obtenues par les parties basales de M2, à raison de 12,26 à 12,33 g par plante. Les parties basales du morphotype M1 donnent, après 60 jours de pépinière, une masse fourragère comprise entre 10,08 à 10,13 g. La production de feuilles des autres parties est comprise entre 7 et 8 g (**Tableau XIII**).



(a = vue d'ensemble de la pépinière de la partie apicale, et b = bouture avec des jeunes rejets en croissance)

Figure 43 : Pépinière des boutures (2 mois) de *Lippia multiflora*.

5.5.4. Sélection de la meilleure portion du rejet

En se basant sur le meilleur taux de survie, le nombre de rejets produits, la bonne croissance en hauteur et la masse de feuilles produite, la partie basale des rejets ayant 12 mois, offre les meilleurs atouts, quel que soit le morphotype.

Tableau XIII: Paramètres agronomiques évalués, permettant le choix de la meilleure portion du rejet pour le bouturage.

Site de l'expérimentation	Age de la plante	Morphotype	Partie du rejet	Taux de survie (%)	Nombre de racines par plant	Longueur moyenne des racines (cm) par plant	Nombre de rejets par plant	Taille des rejets (cm) par plant	Masse de feuilles (g) par plant
Tiébissou	6 mois	M1	Basale	82,35 ± 30,62 a	12 ± 1,22 bc	14,56 ± 1,56 a	3 ± 0,0036 a	23,34 ± 7,11 a	10,08 ± 1,21 ab
			Médiane	7,93 ± 3,59 c	5 ± 0,99 c	7,89 ± 0,79 c	1 ± 0,0011 c	18,89 ± 6,24 a	7,56 ± 1,07 b
			Apicale	20 ± 8,22 b	11 ± 1,17 bc	11,24 ± 1,23 b	2 ± 0,0023 b	19,56 ± 6,56 a	5,04 ± 0,88 c
		M2	Basale	76,46 ± 35,07 a	16 ± 1,30 b	16,33 ± 1,88 a	3 ± 0,0036 a	26,4 ± 7,22 a	10,11 ± 1,25 ab
			Médiane	14,06 ± 5,32 bc	7 ± 0,59 c	8,56 ± 0,89 c	1 ± 0,0011 c	19,67 ± 6,71 a	7,53 ± 1,06 b
			Apicale	27,53 ± 11,21 b	12 ± 0,56 bc	12,24 ± 1,46 b	2 ± 0,0023 b	17,54 ± 6,08 a	7,51 ± 1,06 b
	12 mois	M1	Basale	77,86 ± 34,96 a	22 ± 1,27 a	15,65 ± 1,76 a	3 ± 0,0036 a	25,76 ± 7,34 a	12,26 ± 1,38 a
			Médiane	7,99 ± 3,61 c	7 ± 0,91 c	8,43 ± 0,81 c	1 ± 0,0011 c	17,78 ± 6,28 a	7,59 ± 1,09 b
			Apicale	19,93 ± 8,09 b	13 ± 1,51 bc	12,37 ± 1,22 b	2 ± 0,0023 b	18,54 ± 6,56 a	7,61 ± 1,12 b
		M2	Basale	79,8 ± 36,32 a	23 ± 1,48 a	16,87 ± 1,69 a	3 ± 0,0036 a	24,89 ± 7,77 a	12,29 ± 1,41 a
			Médiane	15,2 ± 3,38 bc	7 ± 0,84 c	9,23 ± 0,97 c	1 ± 0,0011 a	19,54 ± 6,62 a	5,09 ± 0,87 c
			Apicale	32,06 ± 13,01 b	12 ± 0,97 bc	13,23 ± 1,45 b	2 ± 0,0023 a	18,21 ± 6,41 a	7,66 ± 1,14 b
Yamoussoukro	6 mois	M1	Basale	78,46 ± 35,84 a	12 ± 1,24 bc	15,33 ± 1,77 a	3 ± 0,0036 a	20,33 ± 6,83 a	10,11 ± 1,23 ab
			Médiane	9,66 ± 4,02 c	5 ± 0,99 c	7,23 ± 0,71 c	1 ± 0,0011 a	19,67 ± 6,51 a	7,55 ± 1,06 b
			Apicale	24,13 ± 9,80 b	11 ± 1,17 bc	10,87 ± 1,11 c	1 ± 0,0011 a	18,89 ± 6,13 a	7,49 ± 1,02 b
		M2	Basale	80,4 ± 35,78 a	16 ± 1,30 b	16,76 ± 1,97 a	3 ± 0,0036 a	20,57 ± 6,72 a	10,13 ± 1,25 ab
			Médiane	14,86 ± 6,66 bc	7 ± 0,59 c	8,78 ± 0,97 c	1 ± 0,0011 a	18,38 ± 6,21 a	7,56 ± 1,16 b
			Apicale	28,53 ± 11,58 b	12 ± 0,56 bc	13,24 ± 1,87 b	2 ± 0,0023 a	17,11 ± 6,09 a	7,58 ± 1,26 b
	12 mois	M1	Basale	78,73 ± 35,23 a	22 ± 1,27 a	15,65 ± 1,76 a	3 ± 0,0036 a	22,25 ± 7,23 a	12,33 ± 1,42 a
			Médiane	7,86 ± 3,14 c	7 ± 0,91 c	8,43 ± 0,81 c	1 ± 0,0011 a	19,87 ± 6,44 a	7,62 ± 1,14 b
			Apicale	15,73 ± 6,39 bc	13 ± 1,51 bc	12,37 ± 1,22 b	2 ± 0,0023 b	18,98 ± 6,37 a	7,56 ± 1,08 b
		M2	Basale	77,93 ± 35,89 a	23 ± 1,48 a	16,87 ± 1,69 a	3 ± 0,0036 a	21,34 ± 7,11 a	12,31 ± 1,42 a
			Médiane	14,2 ± 5,79 bc	7 ± 0,84 c	9,23 ± 0,97 c	1 ± 0,0011 a	18,11 ± 6,42 a	7,67 ± 1,16 b
			Apicale	27,4 ± 11,15 b	12 ± 0,97 bc	13,23 ± 1,45 b	2 ± 0,0023 b	19,09 ± 6,21 a	7,76 ± 1,19 b
	F _{cal}	27,71 **	403,65**	38,76**	7,34 *	1,56 ns	8,89 *		
	P _{cal}	0,00000237	0,00000568**	0,0000321	0,0326	0,0875	0,0278		
	P _{théor}	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,05	≥ 0,05	≤ 0,05		

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.5.5. Détermination de la durée optimale de la pépinière établie avec des boutures

En s'appuyant sur l'expression du taux de survie au niveau des boutures, les durées moyennes permettant de planter les plants issus de la pépinière en plein champs ont été recherchés, sur un intervalle de temps compris entre 10 et 80 jours. Les organes choisis concernaient les plants issus de la partie basale des rejets ayant 12 mois. Les résultats consignés dans le **tableau XIV** indiquent que les plants âgés de 60 à 80 jours donnent des taux de survie compris entre 68,24 à 93,95%, quel que soit le morphotype. Lorsque la bouture séjourne longtemps en pépinière, les résultats obtenus, en ce qui concerne le repiquage, sont très satisfaisants. Pour repiquer les plants issus de la pépinière des boutures, il faut un temps moyen de 60 jours.

Tableau XIV: Séjour moyen en pépinière par des plants issus de boutures avant le repiquage.

Morphotypes	Temps moyens (jours)	Taux de survie (%)
M1	10	2,25 ± 0,06 c
	20	3,75 ± 0,07 c
	30	4,59 ± 0,11 c
	40	10,38 ± 0,17 b
	50	47,55 ± 2,36 b
	60	68,24 ± 3,51 ba
	70	91,92 ± 6,71 a
	80	92,31 ± 7,09a
M2	10	2,45 ± 0,06 c
	20	3,3 ± 0,07 c
	30	4,57 ± 0,12 b
	40	10,60 ± 1,18 b
	50	47,55 ± 2,38 b
	60	68,28 ± 3,52 ba
	70	91,87 ± 6,78 a
	80	93,45 ± 7,05a
F_{cal}		968,81
P_{cal}		0,000833
Pt_{éor}		≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre, dans une même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

5.6. Germination des graines de *Lippia multiflora*

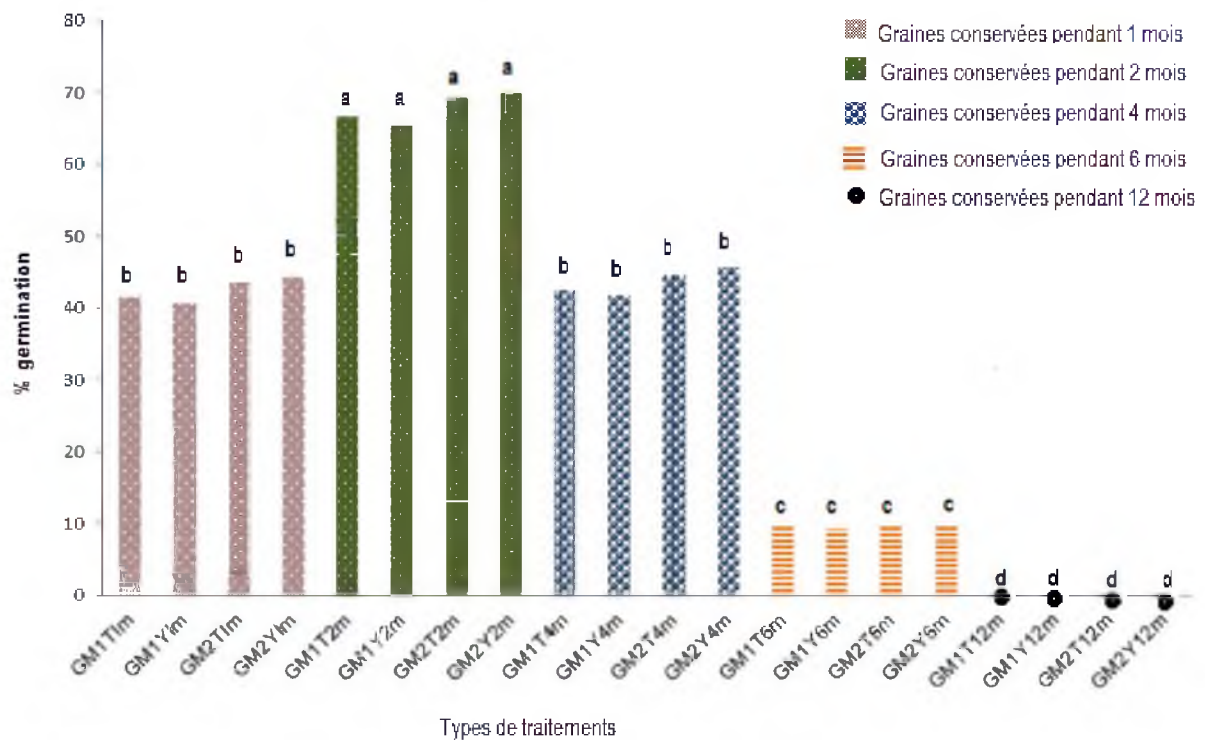
5.6.1. Durée de conservation et choix des semences pour les différents tests de germination

En vue de vérifier leur pouvoir germinatif, les graines de *Lippia multiflora* ont été conservées pendant 1 ; 2 ; 4 ; 6 et 12 mois, avant d'être soumises aux différents tests de germination, pendant 14 jours, pour chaque cycle de répétition.

Les analyses statistiques appliquées aux données de tests de germination des lots de graines conservées pendant un certain nombre de mois, indiquent une différence hautement significative (**figure 44 a** ; $F_{cal} = 31,91^{**}$; $P_{cal} = 0,000234$). Ainsi, nous constatons que les valeurs moyennes du taux de germination observé, au bout de 14 jours, des différents lots de graines, présentent des variations, notamment, entre les temps de conservation. Les lots de graines ayant été conservés pendant 2 mois (60 jours) donnent des taux variant entre 65,62 à 66,62 %, pour le morphotype M1, et 69,36 à 69,88 %, pour M2, quel que soit le lieu de prélèvement des semences. Les graines conservées pendant 4 mois ont des taux de germination de l'ordre de 40,77 à 42,49%, pour le M1, et 43,55 à 45,67%, pour le M2. Les graines conservées pendant 6 mois donnent, après 14 jours d'expérimentation, un taux moyen variant entre 9,38 à 9,62%, ce qui est relativement faible par rapport aux autres lots de semences (1 ; 2 et 4 mois de conservation). Les lots de graines ayant été conservées pendant 12 mois n'ont pas du tout germé, après 14 jours de semi, quels que soient le morphotype et le lieu de provenance des graines.

Au regard de ces résultats, la durée de conservation souhaitée en fonction des conditions tel que décrites dans la méthodologie, est de 2 mois, et environ 66 % des graines germent (**Figure 44b**).

Douze (12) mois de conservation des graines de *Lippia multiflora* ne sont pas à conseiller, car, les expériences ont montré que le taux de germination obtenu à l'issue d'un tel temps de conservation est nul (**Figure 44 b**).



G = graine ; M1 et M2 = Morphotype ; T = Tiébissou et Y = Yamoussoukro ; et m = mois. Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de 1%.

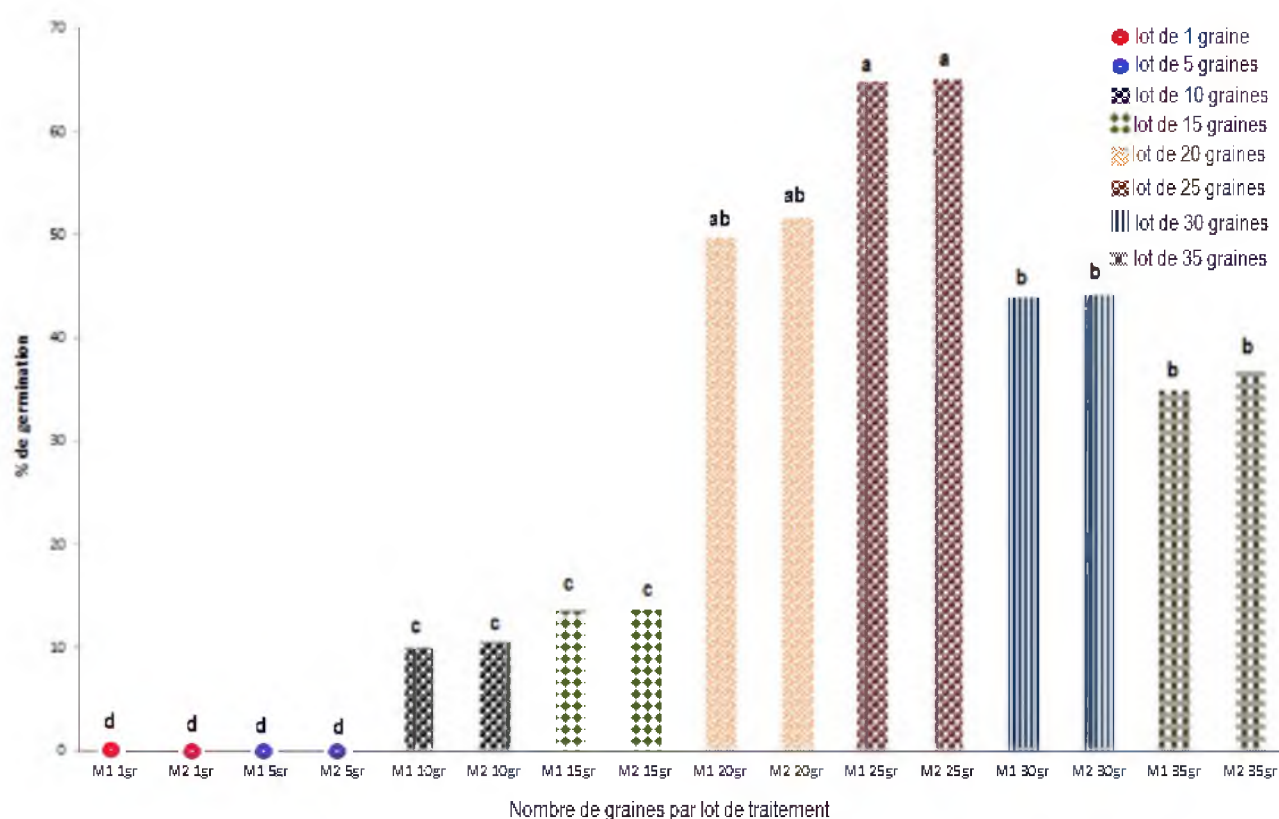
Figure 44 a : Pépinière des graines de *Lippia multiflora* en fonction du temps de conservation, du lieu de provenance et du morphotype.



Figure 44 b: Plants de *Lippia multiflora* issus de la germination des lots de graines en fonction du temps de conservation.

5.6.2. Effet de la densité de semi sur le taux de germination des graines en pépinière

Des lots de graines (1 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 et 35 graines) de *Lippia multiflora*, conservées pendant 2 mois, ont été semés dans des boîtes en plastique, et cultivés pendant 14 jours. La surface de semi par boîte est de $77,04 \text{ cm}^2$. L'allure des histogrammes représentant les différents taux de germination des graines (figure 45a) indique un maximum au niveau des lots de 25 graines, puis une diminution progressive, au fur et à mesure que le nombre de graines augmente, pour la même surface de semi. Les analyses statistiques appliquées aux données obtenues indiquent que les lots de semi comportant 25 graines donnent des taux de germination plus élevés (64,83 à 65,11%). Les figures 45 ci-après, indiquent que la densité de semi a un effet sur le taux de germination des graines de *Lippia multiflora*. Ainsi, pour une surface d'environ $77,04 \text{ cm}^2$, et une épaisseur de 7 cm de sol ou de substrat, il faut, pour une bonne germination, un nombre de graines variant entre 10 à 15 (Figure 45 b et 45 c).



Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives au seuil de 1%.

Figure 45 a: Taux de germination des graines de *Lippia multiflora* en fonction de la surface de semi ($77,04 \text{ cm}^2$).

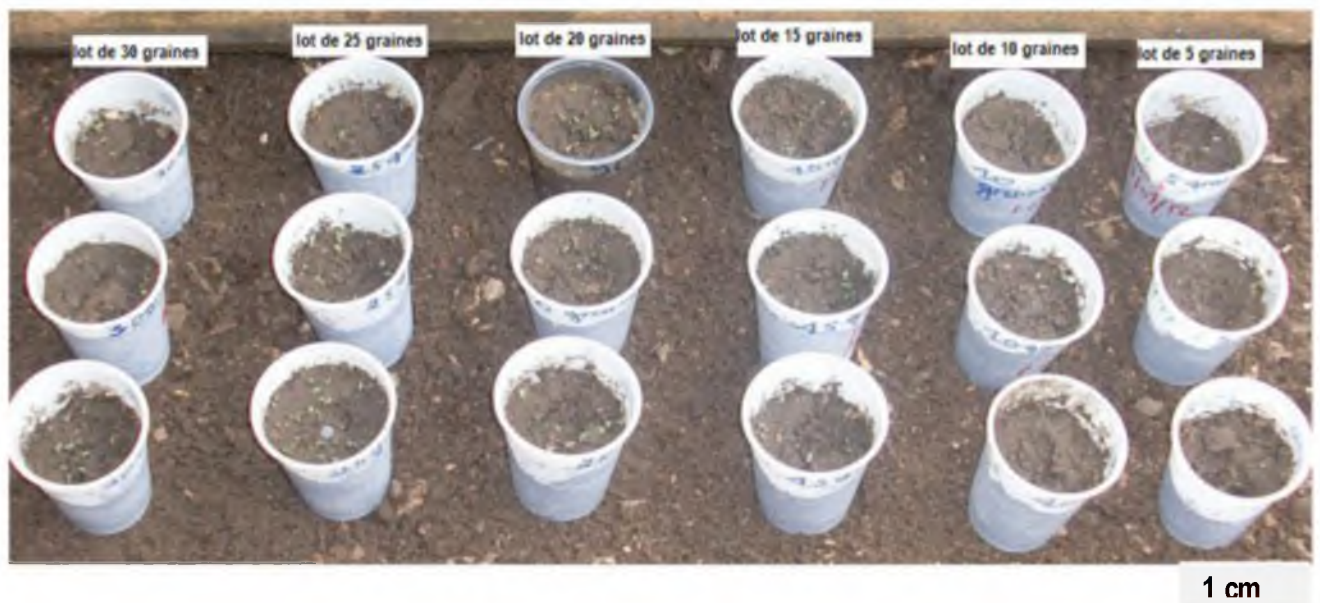
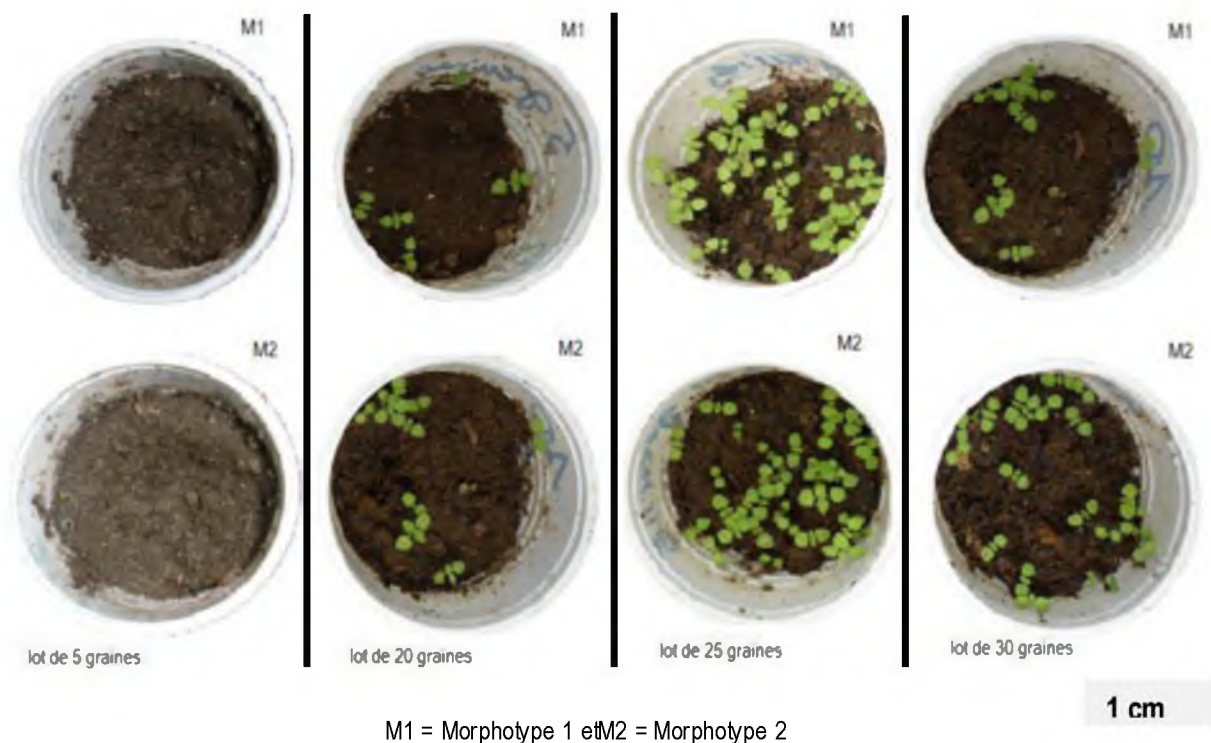


Figure 45 b : Taux de germination des graines de *Lippia multiflora*, après 1 jour, quel que soit le morphotype.



M1 = Morphotype 1 et M2 = Morphotype 2

Figure 45c. Taux de germination de la pépinière des graines de *Lippia multiflora*, après 5 jours.

5.6.3. Choix de substrats pour une germination optimale

11 traitements ont servi de support pour la germination des graines et, les paramètres évalués concernent : le taux de germination (% G), le temps moyen de germination (TMG), la longueur moyenne des racines par plant (Lmrp), la hauteur moyenne du plant ou rejet (Hmr) et le nombre moyen de feuilles fonctionnelles (nF) des deux morphotypes (M1 et M2). Les graines qui ont été utilisées sont celles conservées pendant 2 mois après récolte. Pour rappel, les différents traitements utilisés sont :

- ✓ du fumier, noté F dans l'expérimentation, composé de fientes et de litière en copeaux de bois, issues d'élevage au sol pour poulet de chair et de pondeuses;
- ✓ le sol, noté Sol₁, prélevé à Abidjan, Port-Bouët ;
- ✓ les échantillons de ferralsols où pousse naturellement *Lippia multiflora*, notés Sol₂, pour Tiébissou, et Sol₂', pour Yamoussoukro ;
- ✓ un lot d'échantillons de sol où la plante n'a pas été observée, noté Sol₃ pour Tiébissou et Sol₃', pour Yamoussoukro;
- ✓ les différents échantillons issus du mélange de fumier et de sol (substrats), notés S1; S2, S2', S3 et S3'.

Les traitements statistiques appliqués aux taux de germination, à la vitesse moyenne de germination (sur 10 jours) et les paramètres de croissance (sur 60 jours) donnent les résultats exposés dans ce qui suit.

5.6.3.1. Taux de germination et temps moyen de germination

5.6.3.1.1. Taux de germination (% G)

En considérant les critères et les paramètres de germination définis dans la méthodologie, nous constatons qu'après 10 jours de semis, le taux de germination (%G) des graines du morphotype M1 de *Lippia multiflora* diffère selon les analyses statistiques, d'un type de traitement à l'autre ($F_{cal} = 28,95^{**}$; $P_{cal} = 0,00244$). Ainsi, ce taux est nul dans le fumier (F) de, 21,33%; 20,10% et 22,67%, respectivement, dans les sols Sol₁, Sol₃, Sol₃', et le substrat S1. Quant aux sols Sol₂, Sol₂', et les substrats S3 et S3', les taux de germination y sont, respectivement, de 65,62%; 61,76%, 66,67% et 61,12%. Les substrats S2 et S2' enregistrent les plus forts taux de germination, à raison de 82,67 et 80,31, respectivement.

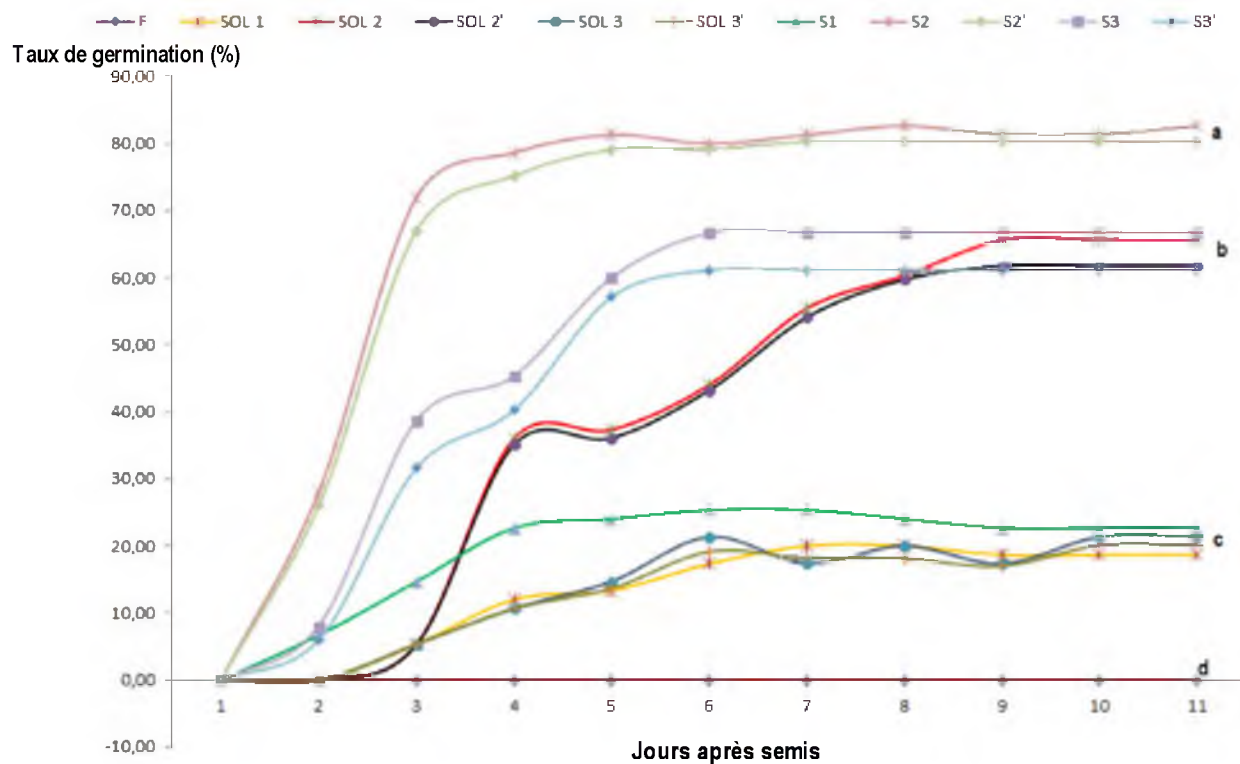
Les sols Sol2 et Sol2' enregistrent leur fort taux de germination le 5^{ème} jour, tandis que celui des autres traitements est observé au 6^{ème} jour (**Figure 46a**).

La **figure 46b** montre l'évolution des taux de germination des graines du morphotype M2 de *Lippia multiflora* durant les 10 premiers jours qui ont suivi le semis : les courbes présentent des allures différentes, et les différences constatées diffèrent d'un lot de traitement à l'autre. Ces observations sont confirmées par les analyses statistiques ($F_{cal} = 113,65^{**}$; $P_{cal} = 0,00658$). En effet, les graines ayant été semées dans le fumier n'ont pu germer. Les traitements notés Sol1, Sol3, Sol3' et S1, enregistrent des taux de germination, respectivement, de 20 ; 21,56 ; 21,33 ; et 25,25% au-delà de 10 jours. Au 6^{ème} jour, ces traitements enregistrent leur plus fort taux de germination, puis le taux de germination se stabilise. En ce qui concerne les traitements Sol2, Sol2', S3 et S3', le constat est qu'au bout du 8^{ème} jour, la quasi-totalité des graines a germé : les taux enregistrés sont, respectivement, de 67,88 ; 67,23 ; 66,67 et 63,24%. Les plus forts taux de germination sont observés au niveau des traitements S2 (83,89%) et S2' (83,91%). Les courbes que présentent ces deux traitements sont presque confondues, avec le maximum qui est atteint le 5^{ème} jour.

5.6.3.1.2. Temps moyen de germination (TMG) et choix des meilleurs traitements

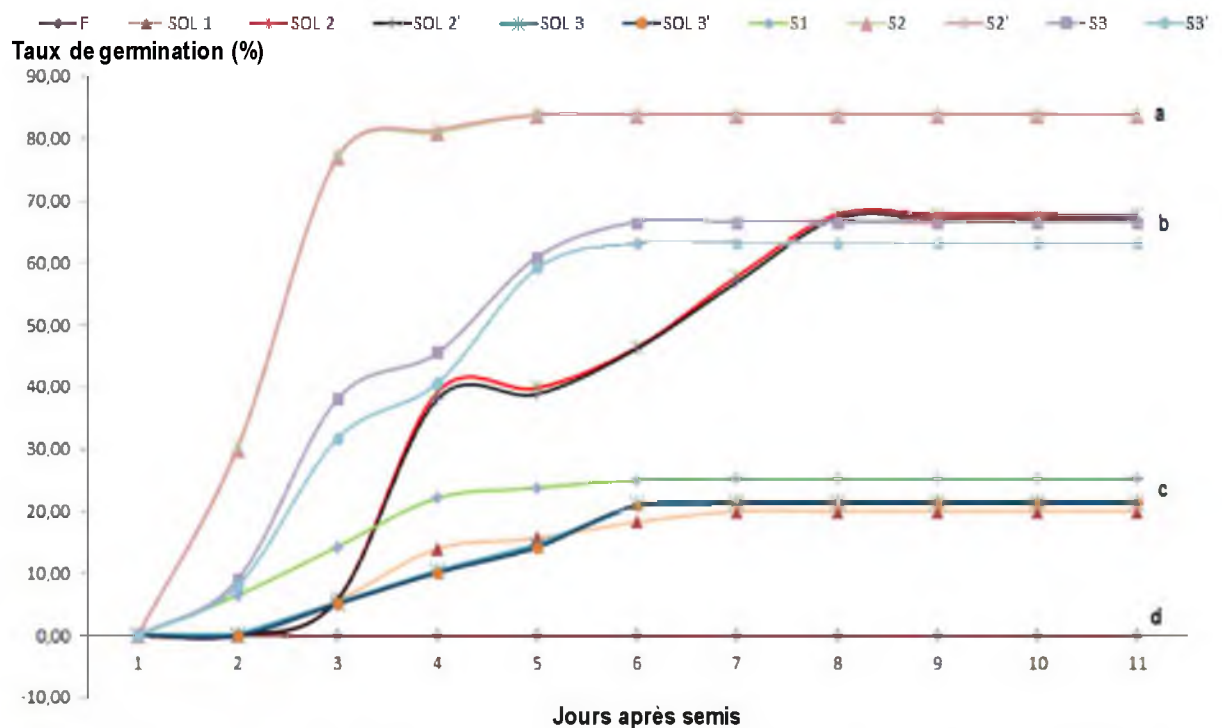
Le temps moyen de germination (TMG) enregistré dans les différents traitements, diffère de 1 jour, selon le milieu de culture, et quel que soit le morphotype. Il est de 7 jours pour les graines ayant germé dans les sols naturels, et de 6 jours, pour celles ayant germé dans les anthrosols.

Au total, les graines conservées pendant 2 mois et utilisées sur ces différents traitements présentent presque les mêmes résultats, quel que soit le morphotype. Les différences constatées se situent au niveau des traitements. Ainsi, les meilleurs résultats sont obtenus au niveau des traitements S2 et S2', qui donnent plus de 80% de graines germées. Les sols où poussent de façon naturelle la plante donnent plus de 65% de graines germées. Afin de pouvoir disposer d'un nombre élevé de semences, les traitements S2 et S2' ont été choisis pour poursuivre les autres travaux de germination.



Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives, au seuil de 1%.

Figure 46 a: Evolution du taux de germination en fonction des différents traitements au niveau du morphotype M1.



Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives, au seuil de 1%.

Figure 46 b: Evolution du taux de germination en fonction des différents traitements au niveau du morphotype M2.

5.6.3. 2. Rythme de croissance des plantules issues de la germination

5.6.3.2.1. Hauteur de la tige

Les données du **tableau XV** montrent l'effet des traitements sur l'évolution de la croissance en hauteur des jeunes plants de *Lippia multiflora*. Les valeurs moyennes des données obtenues indiquent que les plantules de *Lippia multiflora* se développent mieux sur les substrats S2 et S2'. En présence de ceux-ci, les longueurs moyennes des tiges, qui varient de 7,44 à 7,55 cm, sont significativement plus importantes ($F_{cal} = 179,23^{**}$; $P_{cal} = 0,000231$) que celles obtenues pour les autres traitements testés (**Figure 47**). Les deux morphotypes donnent sensiblement les mêmes résultats.

5.5.3. 2.2. Nombre de feuilles

L'analyse des résultats rapportés dans le **tableau XV** montre que le nombre de feuilles produites par plantule a été affecté significativement ($F_{cal} = 457,82^{**}$; $P_{cal} = 0,000231$) par la nature des traitements (**Figure 48**). En effet, les meilleurs résultats ont été obtenus sur les milieux S2 (12 feuilles) et S2' (13 feuilles). De manière générale, les traitements constitués de mélange de fumier et de sol, donnent plus de feuilles (6 à 13) que les traitements sol (2 à 5 feuilles), quel que soit le morphotype.

5.5.3. 2.3. Croissance du système racinaire

La longueur moyenne de la racine principale, mesurée après 60 jours de culture sur les différents traitements, est donnée dans le **tableau XV**. Les plus grandes longueurs racinaires (**Figure 47**) ont été enregistrés chez les plants cultivés sur les substrats S2 (6,3 cm) et Sol2' (6,7 cm). Les analyses statistiques effectuées ($F_{cal} = 86,45^{**}$; $P_{cal} = 0,0356$), confirment cette différence.

Tableau XV : Variation de la hauteur, du nombre moyen de feuilles et de la longueur moyenne de la racine principale des jeunes plants de *Lippia multiflora*, après 60 jours de culture, pour différents traitements.

Morphotypes	Types de traitements		Hauteur des plantules (cm)	Nombre de feuilles	Longueur racinaire moyenne (cm)
M1	Fumier	F	0 ± 0,00 e	0 ± 0,00 e	0 ± 0,00 e
	Sols	Sol 1	1,43 ± 0,15 d	2 ± 0,13 c	2,34 ± 0,15 c
		Sol 2	2,76 ± 0,11 c	5 ± 0,17 b	5,14 ± 0,11 b
		Sol 2'	2,64 ± 0,10 c	5 ± 0,17 b	5,21 ± 0,12 b
		Sol 3	2,1 ± 0,15 c	4 ± 0,12 b	2,22 ± 0,08 c
		Sol 3'	2,4 ± 0,18 c	4 ± 0,12 b	2,28 ± 0,10 c
	Substrats	S1	2,5 ± 0,15 c	7 ± 0,2 b	2,68 ± 0,08 c
		S2	7,48 ± 0,23 a	12 ± 0,18 a	6,3 ± 0,15 a
		S2'	7,48 ± 0,23 a	12 ± 0,18 a	6,3 ± 0,15 a
		S3	5,46 ± 0,11 b	6 ± 0,27 b	4,74 ± 0,15 b
		S3'	5,46 ± 0,11 b	6 ± 0,27 b	4,74 ± 0,15 b
M2	Fumier	F	0 ± 0,00 e	0 ± 0,00 e	0 ± 0,00 e
	Sols	Sol 1	1,38 ± 0,14 d	2 ± 0,13 c	2,41 ± 0,16 c
		Sol 2	2,83 ± 0,12 c	5 ± 0,17 b	5,18 ± 0,13 b
		Sol 2'	2,78 ± 0,12 c	5 ± 0,17 b	5,14 ± 0,11 b
		Sol 3	2,3 ± 0,16 c	4 ± 0,12 b	2,28 ± 0,09 c
		Sol 3'	2,2 ± 0,16 c	5 ± 0,12 b	2,26 ± 0,091 c
	Substrats	S1	2,6 ± 0,15 c	8 ± 0,6 b	2,65 ± 0,08 c
		S2	7,44 ± 0,22 a	13 ± 0,23 a	6,76 ± 0,18 a
		S2'	7,55 ± 0,28 a	12 ± 0,18 a	6,66 ± 0,18 a
		S3	5,48 ± 0,14 b	6 ± 0,27 b	4,77 ± 0,17 b
		S3'	5,43 ± 0,15 b	6 ± 0,27 b	4,78 ± 0,18 b
	F _{cal}		179,23**	457,82**	86,45*
	P _{cal}		0,000231	0,000658	0,0356
	P _{théor}		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,05

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,05$, selon la méthode de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative.

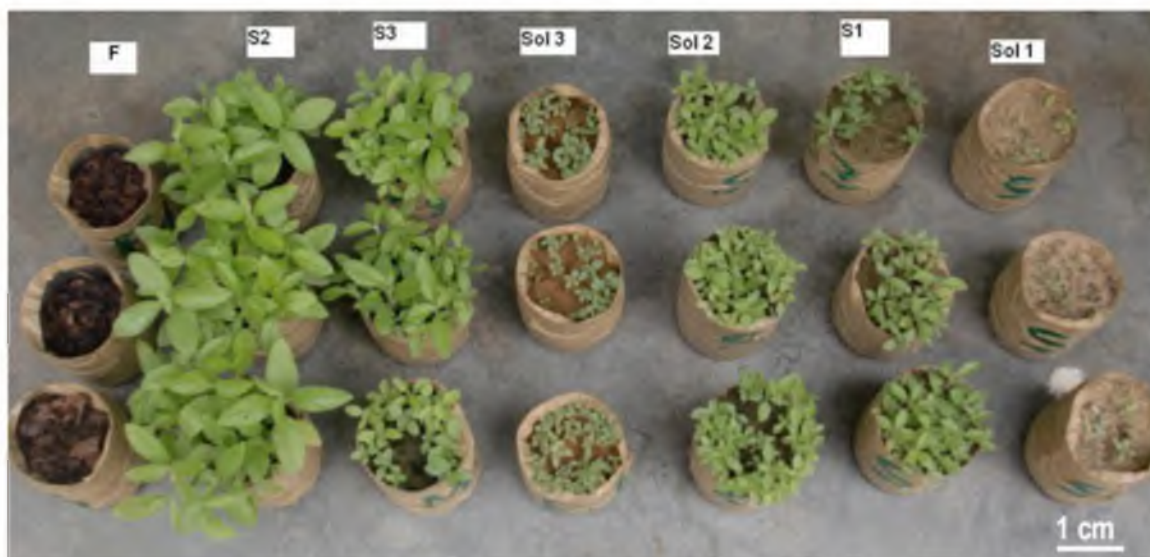


Figure 47: Plantules de *Lippia multiflora* (morphotype M1) après 60 jours de semis.



Figure 48: Système racinaire des plantules de *Lippia multiflora* (morphotype M1) après 60 jours de semis.

5.6.4. Relation entre les paramètres physico-chimiques des différents traitements et le rythme de croissance des plantules de *Lippia multiflora*

Il s'agit de faire le lien (corrélation), dans un premier temps, entre les paramètres physico-chimiques des traitements (sols et substrats) et les éléments indiquant le rythme de croissance des jeunes plantules de *Lippia multiflora*. La corrélation est ensuite établie entre les caractéristiques agronomiques des plantules. Les synthèses des différentes matrices de corrélation sont résumées dans le tableau XVI a, pour le morphotype M1, et le tableau XVI b, pour le morphotype M2. Au niveau du morphotype M1, le traitement Sol 1 indique que les fortes corrélations obtenues sont situées entre: la hauteur (H) des plants et Sf ($r = 0,95$; $\text{Pr}(>|t|) = 0,048$) et H - C/N ($r = 0,98$; $\text{Pr}(>|t|) = 0,0101$).

Le paramètre agronomique qui interagit le plus avec les caractéristiques du sol est la hauteur des tiges. En ce qui concerne le Sol 2, les couples de variables qui donnent les plus fortes corrélations sont : H-C ($r = 0,99$) et H-N ($r = 0,99$) ; H-Nf ($r = 0,99$) et, pour le Sol 2', les corrélations significatives se situent au niveau des couples de variables H-L racinaire ($r = 0,99$) et % G-MO ($r = 0,95$). Parmi les corrélations significatives, la plus forte a été observée au niveau du couple de variable % G – MO ($0,95$). La hauteur des tiges est le paramètre agronomique qui interagit le plus avec les paramètres du sol, au niveau des traitements Sol 2 et Sol 2'. Le test de corrélation de Pearson effectué entre le rythme de croissance des plantules et les éléments du Sol 3 et Sol 3' a permis de sélectionner 2 couples de variables statistiquement significatives, qui sont, respectivement, Nf - P_2O_{5ass} ($r = 0,99$) et L racinaire – N ($r = 0,98$). Pour les différents substrats, les corrélations significatives obtenues sont gouvernées, au niveau de S1, par les couples de variable % G – C ($r = 0,97$), L racinaire – C ($r = 0,97$), % G-Sf ($r = 0,95$) et H-Mg²⁺ ($0,95$). Une corrélation significative et négative, H - Sg ($r = - 0,96$), a été observée dans ce traitement. Au niveau des traitements S2 et S2', les plus fortes corrélations sont situées, respectivement, au niveau des couples de variables L racinaire – C ($r = 0,97$), Nf – C ($r = 0,97$), %G – IB ($0,99$) et %G – Sf ($0,95$). Les substrats qui proviennent du fumier et des sols où la plante ne poussent pas de façon naturelle indiquent, après les analyses statistiques, les corrélations suivantes : pour S3, les couples de variables H – MO ($r = 0,99$) et Nf – C ($r = 0,97$) et, pour S3', les couples de variables Nf – pH_{eau} ($r = 0,95$) et Nf – Ca²⁺ ($r = 0,98$). Le taux de germination des graines, la hauteur des tiges et le nombre de feuilles sont les caractéristiques agronomiques qui interagissent le plus avec les paramètres physico-chimiques des traitements S2, S2', S3 et S3' (**Tableau XVI a**).

Le croisement des données des différents traitements avec le rythme de croissance des plantules de *Lippia multiflora* (morphotype M2) a donné, au niveau du Sol 1, les couples de variables: H – Sf = $0,95$ et H – C/N = $0,98$. Les fortes corrélations obtenues au niveau des traitements Sol 2 et Sol 2' sont situées, respectivement, pour le premier, entre: H - C ($r = 0,99$) et H – N ($r = 0,99$) ; pour le deuxième, entre et H –L racinaire ($r = 0,99$) et % G – MO ($r = 0,95$). Les traitements Sol 3 et Sol 3' donnent, respectivement, les couple de variables Nf – P_2O_{5ass} ($r = 0,99$) et L racinaire – N ($r = 0,98$). Le paramètre agronomique qui interagit le plus avec les caractéristiques des sols est la hauteur des tiges. En ce qui concerne S1, les couples de variables qui donnent les plus fortes corrélations sont : L racinaire – C ($r = 0,97$) et % G – C ($r = 0,97$). Une corrélation significative et négative a été observée au niveau du couple de variable H-Sg ($r = -0,96$).

Parmi les corrélations significatives, les plus faibles ont été observées au niveau des couples de variables H-Mg²⁺ (r = 0,95) et % G – Sf (r = 0,95). La hauteur des tiges et le taux de germination des graines sont les paramètres agronomiques qui interagissent le plus avec les paramètres du traitement S1. Le test de corrélation de Pearson effectué entre le rythme de croissance des plantules et les éléments des substrats S2 et S2' a permis de sélectionner 5 couples de variables, statistiquement significatives, qui sont, pour le premier traitement, H-Mg²⁺ (r = 0,95), L racinaire – C (r = 0,97), L racinaire – P₂O₅ass (r = 0,96) et, pour le deuxième traitement : % G – IB (r = 0,99) et % G – Sf (r = 0,95). Pour les autres traitements, les corrélations significatives obtenues sont gouvernées au niveau de S3, par le couple de variable H – MO (r = 0,99) et Nf – C (r = 0,97). Quant aux traitements S3', les plus fortes corrélations sont situées, respectivement, au niveau des couples de variables Nf – pH_{eau} (r = 0,95), Nf – Ca²⁺ (r = 0,98) et L racinaire – K⁺ (r = 0,95). La longueur racinaire et le taux de germination sont les caractéristiques agronomiques qui interagissent le plus avec les paramètres physico-chimiques des traitements substrats au niveau du morphotype M2 (Tableau XVI b).

Tableau XVI a: Corrélation entre les paramètres des différents traitements et le rythme de croissance des plantules de *Lippia multiflora* (Morphotype M1)

Traitements	Couple de variables	r	r ²	t	Pr (> t)	Pr _{théor}	Significativité
Sol 1	H - Sf	0,956	0,9143	4,6188	0,0438	≤ 0,05	*
	H - C/N	0,9899	0,98	9,8995	0,0101	≤ 0,05	*
Sol 2	H - C	0,99	0,98	9,9046	0,01	≤ 0,05	*
	H - N	0,99	0,98	9,9029	0,01	≤ 0,05	*
Sol 2'	H - L racinaire	0,99	0,98	9,9028	0,01	≤ 0,05	*
	% G - MO	0,958	0,9178	4,7261	0,042	≤ 0,05	*
Sol 3	Nf - P ₂ O ₅ ass	0,9969	0,9938	17,8494	0,0031	≤ 0,01	**
Sol 3'	L racinaire - N	0,9827	0,9657	7,5041	0,0173	≤ 0,05	*
S1	H - Sg	-0,9642	0,9297	-5,1433	0,0358	≤ 0,05	*
	% G - C	0,9759	0,9525	6,3294	0,0241	≤ 0,05	*
	H - Mg ²⁺	0,9513	0,905	4,3643	0,0487	≤ 0,05	*
	L racinaire - C	0,9759	0,9524	6,3246	0,0241	≤ 0,05	*
	% G - Sf	0,9526	0,9074	4,4272	0,0474	≤ 0,05	*
S2	H - Mg ²⁺	0,9513	0,905	4,3643	0,0487	≤ 0,05	*
	L racinaire - C	0,9759	0,9524	6,3246	0,0241	≤ 0,05	*
	L racinaire - P ₂ O ₅ ass	0,9694	0,9397	5,5814	0,0306	≤ 0,05	*
S2'	% G - IB	0,997	0,994	17,8591	0,0032	≤ 0,01	**
	% G - Sf	0,9526	0,9074	4,4272	0,0474	≤ 0,05	*
S3	H - MO	0,9926	0,9852	11,5471	0,0074	≤ 0,01	*
	Nf - C	0,9728	0,9464	5,9428	0,0272	≤ 0,05	*
S3'	Nf - pH _{eau}	0,9599	0,9215	4,8449	0,0401	≤ 0,05	*
	Nf - Ca ²⁺	0,9897	0,9795	9,7678	0,0103	≤ 0,05	*
	L racinaire - K ⁺	0,9518	0,906	4,3894	0,0482	≤ 0,05	*

* = significative; ** = hautement significative, respectivement, à Pr_{théor} ≤ 0,05 et Pr_{théor} ≤ 0,05. L = Longueur racinaire, H = Hauteur des plants, G = Taux de germination et Nf = Nombre de feuilles.

TableauXVI b: Corrélation entre les paramètres des différents traitements et le rythme de croissance des plantules de *Lippia multiflora* (Morphotype M2)

Traitements	Couple de variables	r	r ²	t	Pr (> t)	Pr _{théor}	Significativité
Sol 1	H - C/N	0,97	0,9409	9,7994	0,0108	≤ 0,05	*
Sol 2	H - C	0,98	0,9604	91,846	0,0192	≤ 0,05	*
Sol 2'	H - Sg	0,99	0,9801	9,367	0,0187	≤ 0,05	*
	% G -IB	0,99	0,9801	9,9028	0,0145	≤ 0,05	*
	% G - MO	0,958	0,917764	4,7261	0,042	≤ 0,05	*
Sol 3	L racinaire - K ⁺	0,9721	0,94497841	4,417	0,0421	≤ 0,05	*
	Nf - P ₂ O ₅ ass	0,9969	0,99380961	18,975	0,0037	≤ 0,01	**
Sol 3'	L racinaire - N	0,9827	0,96569929	7,5041	0,0173	≤ 0,05	*
S1	% G - C	0,9855	0,97121025	6,987	0,0231	≤ 0,05	*
	% G - Sf	0,9462	0,89529444	4,4765	0,0477	≤ 0,05	*
S2	H - Mg ²⁺	0,9513	0,90497169	4,447	0,0441	≤ 0,05	*
	L racinaire - C	0,948	0,898704	7,32487	0,0287	≤ 0,05	*
S2'	% G - IB	0,997	0,994009	17,8591	0,0036	≤ 0,01	**
	% G - Sf	0,9526	0,90744676	4,4272	0,0411	≤ 0,05	*
S3	H - MO	0,9916	0,98327056	12,321	0,0074	≤ 0,01	*
	Nf - C	0,982	0,964324	5,9988	0,0232	≤ 0,05	*
S3'	Nf - pH _{eau}	0,9587	0,91910569	4,8799	0,0401	≤ 0,05	*
	L racinaire - K ⁺	0,9565	0,91489225	4,3324	0,0482	≤ 0,05	*

* = significative; ** = hautement significative, respectivement, à Pr_{théor} ≤ 0,05 et Pr_{théor} ≤ 0,05. L = Longueur racinaire, H = Hauteur des plants, G = Taux de germination et Nf = Nombre de feuilles.

5.6.5. Choix de substrats pour la germination des graines et le développement des plantules

Les meilleurs résultats, en terme de qualité de substrats, pour une germination optimale et un bon rythme de croissance des plantules, au bout de 60 jours d'expérience, sont obtenus avec les traitements S2 et S2'. Les paramètres physico-chimiques des sols et substrats, croisés avec les paramètres agronomiques des plants, indiquent que les fortes corrélations sont obtenues avec les traitements S2 et S2'. Pour l'obtention de nombreux plants, le choix des meilleurs substrats s'est donc porté sur les traitements S2 et S2'.

5.6.7. Temps moyen pour le démarrage et le repiquage des plantules issues de la pépinière des graines

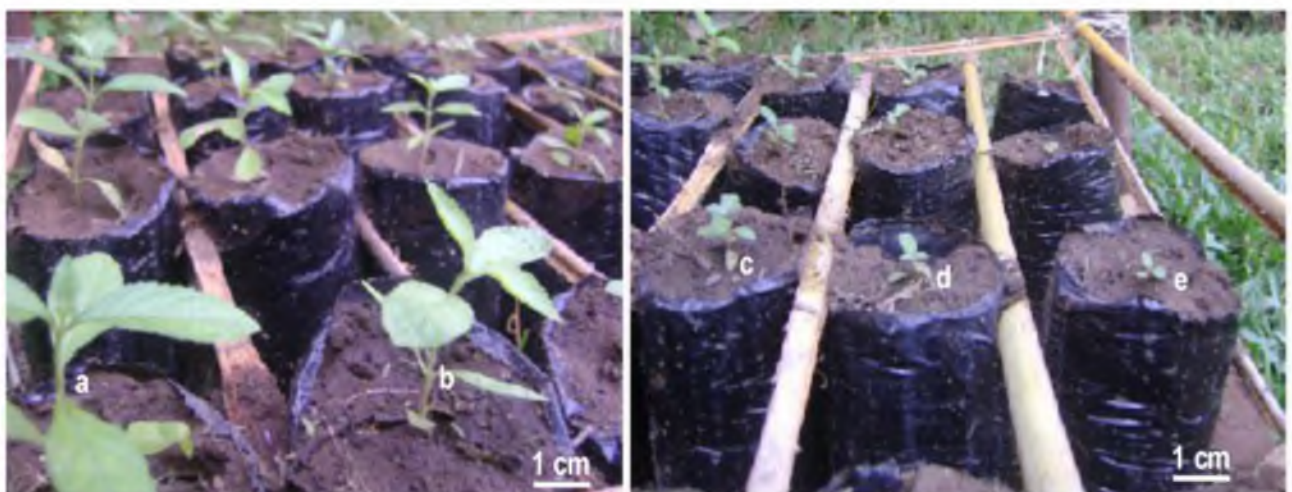
L'âge optimal nécessaire, aux plantules issues de la germination des graines de *Lippia multiflora* pour être repiqué, a été recherché sur 10 jours. Les organes choisis concernent les graines qui ont été conservées pendant 2 mois, quel que soit le morphotype, et, comme supports de germination et de développement des plantules, les substrats S2 et S2'. Les plantules utilisées pour les différents repiquages ont pour âge 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 et 70 jours.

Les résultats consignés dans le **tableau XVII** indiquent une différence hautement significative entre les différents taux de survie observés. Les plantules ayant l'âge compris entre 40 et 50 jours de pépinière résistent plus lorsqu'elles sont repiquées ($T_s = 81,38$ à $89,57\%$). Les résultats de nos investigations indiquent qu'avant le 40^{ème} jour, et après le 50^{ème} jour, les différents temps de survie enregistrés sont relativement courts (**Figure 49**).

Tableau XVII: Age des plantules et taux de survie en pépinière

Morphotypes	Age des plantules (jour)	Taux de survie(%) sur 10 jours d'observation
M1	10	12,25 $\pm$ 1,34 d
	20	42,75 $\pm$ 4,25 c
	30	52,59 $\pm$ 4,61 b
	40	81,38 $\pm$ 11,33 a
	50	88,55 $\pm$ 11,67 a
	60	68,24 $\pm$ 5,55 ba
	70	41,87 $\pm$ 4,12 c
M2	10	13,33 $\pm$ 1,42 d
	20	44,25 $\pm$ 4,74 c
	30	53,21 $\pm$ 4,78 b
	40	82,06 $\pm$ 11,35 a
	50	89,57 $\pm$ 11,68 a
	60	69,32 $\pm$ 5,58 ba
	70	43,97 $\pm$ 4,32 c
F_{cal}		391,62**
P_{cal}		0,00531
P_{téor}		$\leq 0,01$

** = hautement significative, à $P_{théor} \leq 0,01$

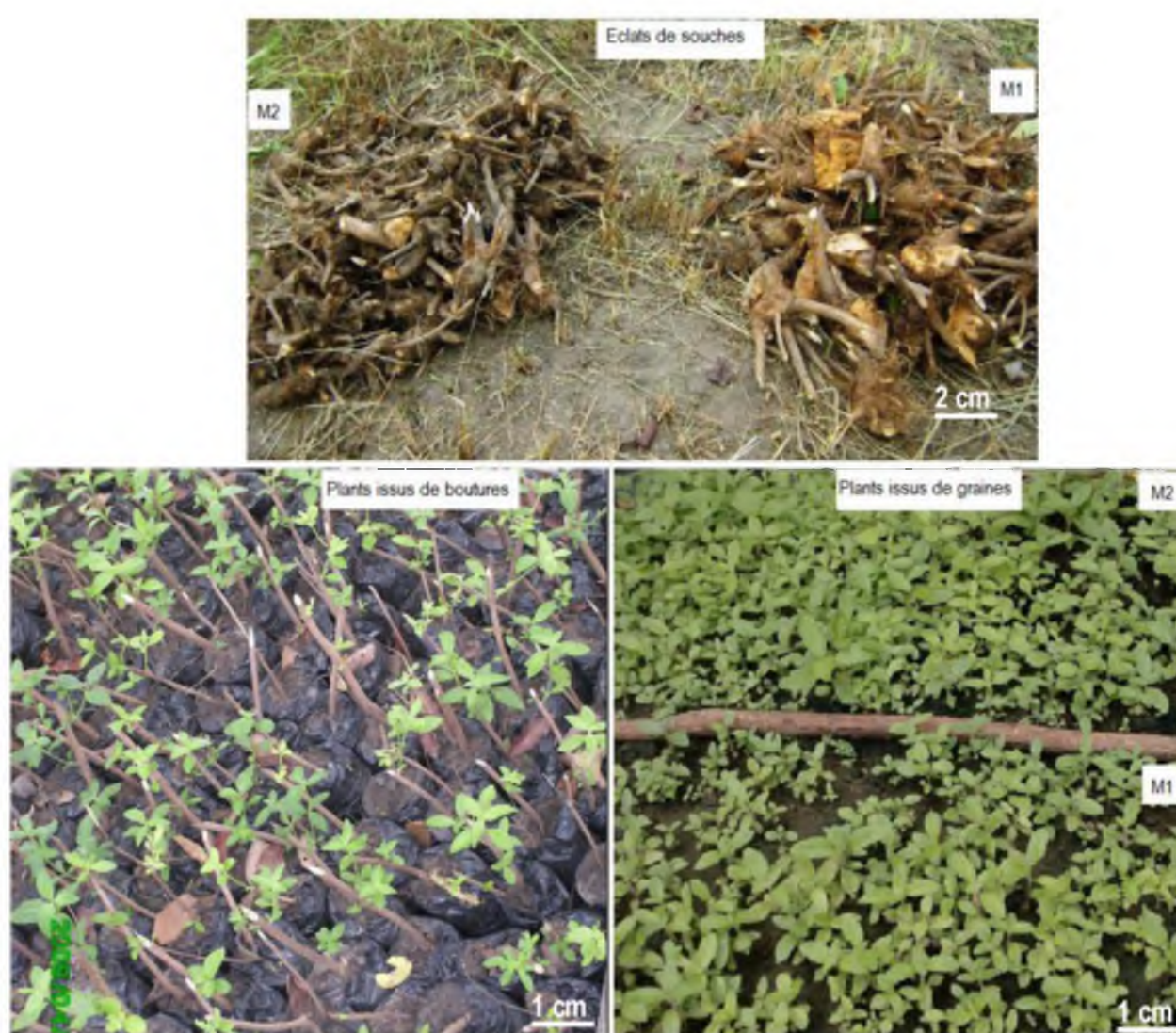


a = Plantule âgée de 70 jours, b = plantule âgée de 60 jours, c = plantule âgée de 30 jours, d = plantule âgée de 20 jours, e = plantule âgée de 10 jours

Figure 49: Plantules de *Lippia multiflora* (morphotype M2) 2 jours après repiquage.

5.7. Comparaison des plants issues des différents modes de multiplication

Les expériences ont consisté à utiliser les éclats de souches ayant une masse variant entre 400 et 699 g, les plantules issues de la pépinière de la partie basale des rejets âgés de 12 mois, et les plantules âgées de 60 jours, issues de la pépinière des graines de *Lippia multiflora* conservées pendant 2 mois (**Figure 49**). Les observations ont porté sur le taux de survie, le nombre de rejets produits, la hauteur moyenne des rejets et, la masse des feuilles sèches produites, pendant 12 mois, c'est-à-dire deux cycles de production des graines. Ces sous parcelles ont été disposées selon un dispositif en blocs de Fischer, tel que décrit dans la méthodologie. Les résultats obtenus sont les suivants :

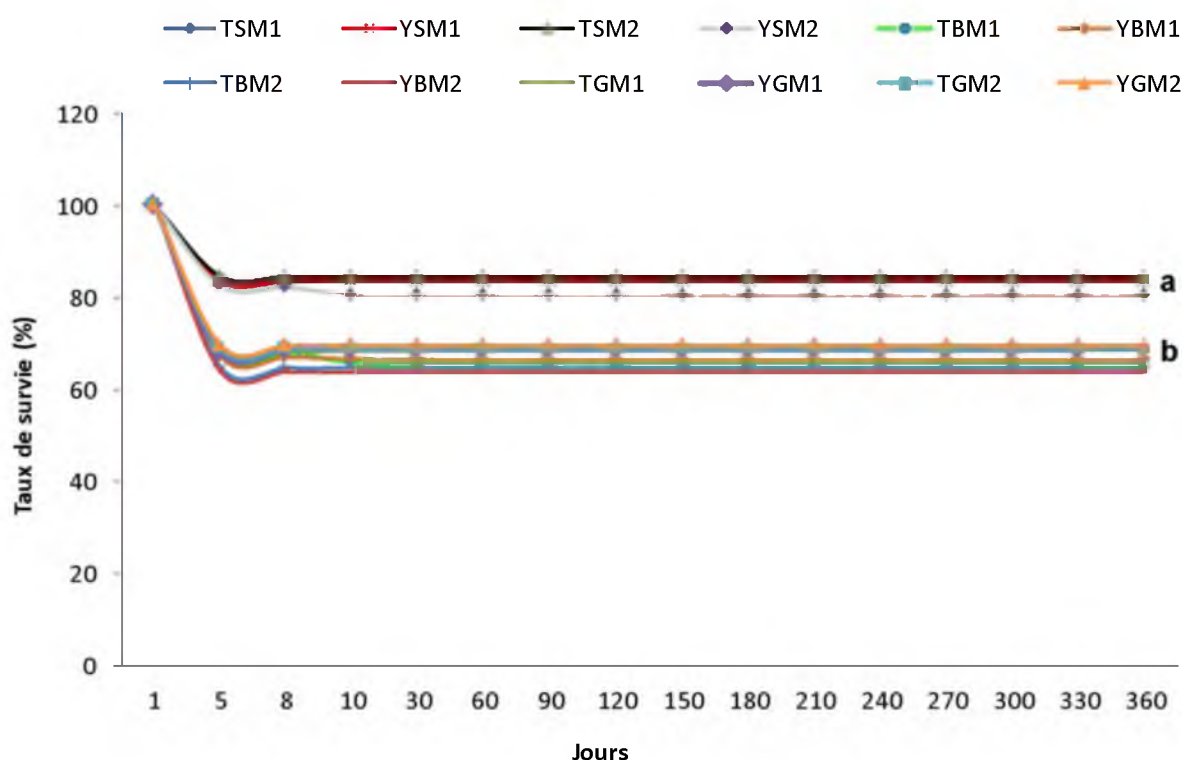


M1 = Morphotype 1 et M2 = Morphotype 2

Figure 49: Eclats de souches et plants de *Lippia multiflora* utilisés pour les différents modes de multiplication.

5.7.1. Taux de survie

La **figure 50** indique que le taux de reprise végétative des plants sur le terrain se stabilise à partir du 8^{ème} jour, puis reste constant jusqu'au 360^{ème} jour après transplantation. Les plants qui enregistrent les plus forts taux sont ceux issus de la culture des éclats de souches. La comparaison des différents taux obtenus indique une différence hautement significative ($F_{cal} = 18,12^{**}$; $P_{cal} = 0,00782$). Les valeurs moyennes obtenues, pour les souches, sont de 80,55 à 84,56% ; de 63,75 à 66,45%, pour les plants issus de la pépinière des boutures, et de 68,65 à 69,56%, pour les plants issus de la germination des graines. Sur les deux sites expérimentaux, le niveau de reprise végétative est sensiblement le même, quel que soit le morphotype.



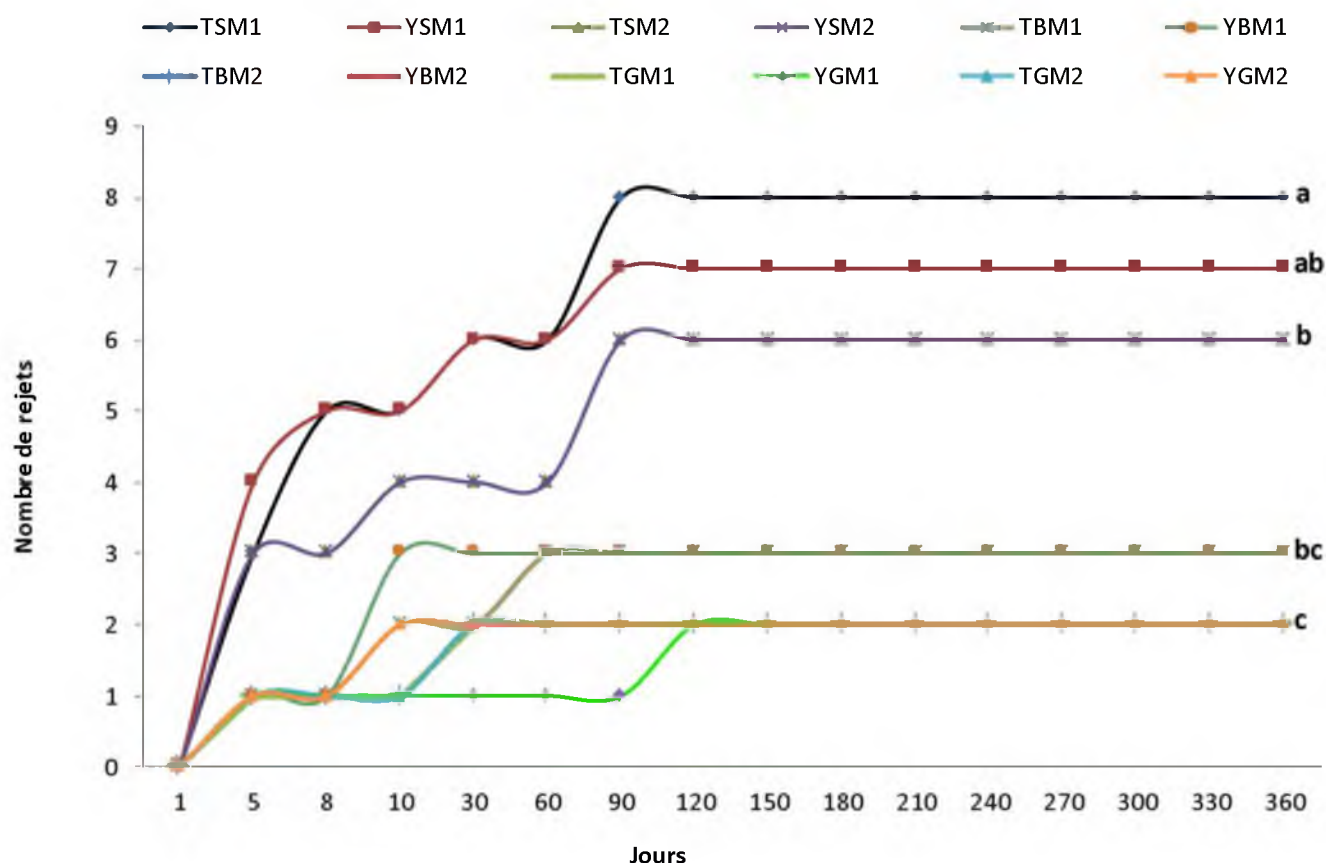
Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives, au seuil de 1%. M = Morphotype, T = Tiébissou, Y = Yamoussoukro, S = Souche, B = Bouture et G = Graine

Figure 50: Evolution du taux de survie après repiquage durant les 360 jours de culture.

5.7.2. Nombre moyen de rejets produits

Après 12 mois d'essai, le nombre moyen de rejets produits au cours du temps, en fonction des différentes modes de culture, présente une différence qui est hautement significative ($F_{cal} = 18,12^{**}$, $P_{cal} = 0,00782$). En effet, les éclats de souches utilisés pour les différents modes de multiplication, produisent plus de rejets (7 à 8 pour M1 et 6 pour M2).

Les courbes présentées par la **figure 51 a**, indiquent 2 phases. La première part du 5^{ème} jour au 90^{ème} jour, pour les plants issus de la pépinière des boutures, du 5^{ème} jour au 120^{ème} jour, pour les souches et les plants issus de la pépinière des graines. La deuxième phase est celle située entre le 120^{ème} jour et le 360^{ème} jour, où toutes les courbes ont la même allure, et demeurent constantes, du fait d'un arrêt de production de rejets (Figure 51 b, 51 c et 51 d).



Les mêmes lettres sur les différentes courbes indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives, au seuil de 1%. M = Morphotype, T = Tiébissou, Y = Yamoussoukro, S = Souche, B = Bouture et G = Graine

Figure 51 a: Evolution du nombre de rejets par plante durant les 360 jours de culture.

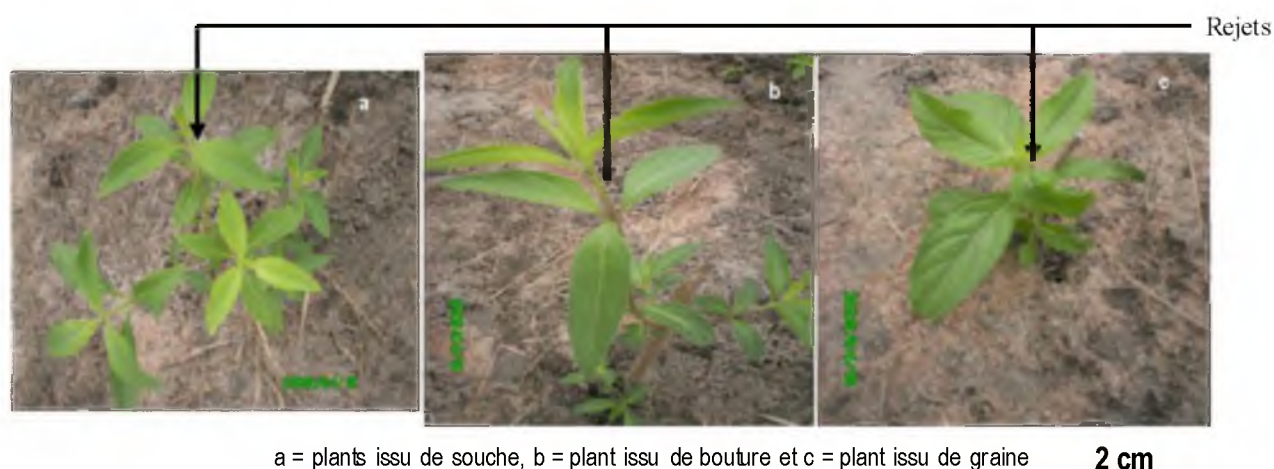


Figure 51 b: Evolution du nombre de rejets par plante au bout de 30 jours de culture.



a et a' = plants issus de souche, b et b' = plants issus de bouture et c et c' = plants issus de graine

Figure 51 c: Evolution du nombre de rejets par plant, 6 mois après le planting.



a et a' = plants issus de souche, b et b' = plants issus de bouture et c et c' = plants issus de graine

Figure 51 d: Evolution du nombre de rejets par plant, 12 mois après le planting.

5.7.3. Hauteur moyenne des rejets

La croissance en hauteur des deux morphotypes et des différents modes de culture a montré des différences significatives ($F_{\text{cal}} = 8,673^*$, $P_{\text{cal}} = 0,0245$) pendant les 12 mois de culture. Ainsi, deux phases s'observent au niveau de l'allure des courbes (**Figure 52**). La première phase part du planting jusqu'à 120 jours, pour les plants issus des boutures, et 210 jours, pour les plants issus des souches et des graines. Au cours de cette première phase, la hauteur des plants est restée inférieure à 1 m ; soit 90 à 95 cm, pour les boutures, et 93 à 94 cm pour les souches et les graines. La deuxième phase part de 120 jours à 360 jours, avec une hauteur moyenne de 141 à 145, cm pour les boutures, de 210 à 360 jours, avec une hauteur moyenne de 96,33 à 97 cm, pour les plants issus de la multiplication des graines, et de 84,81 à 85,78 cm, pour ceux issus des souches. Les plants issus de la multiplication des boutures sont plus grands que ceux issus des autres modes de multiplication (**Figures 53**).

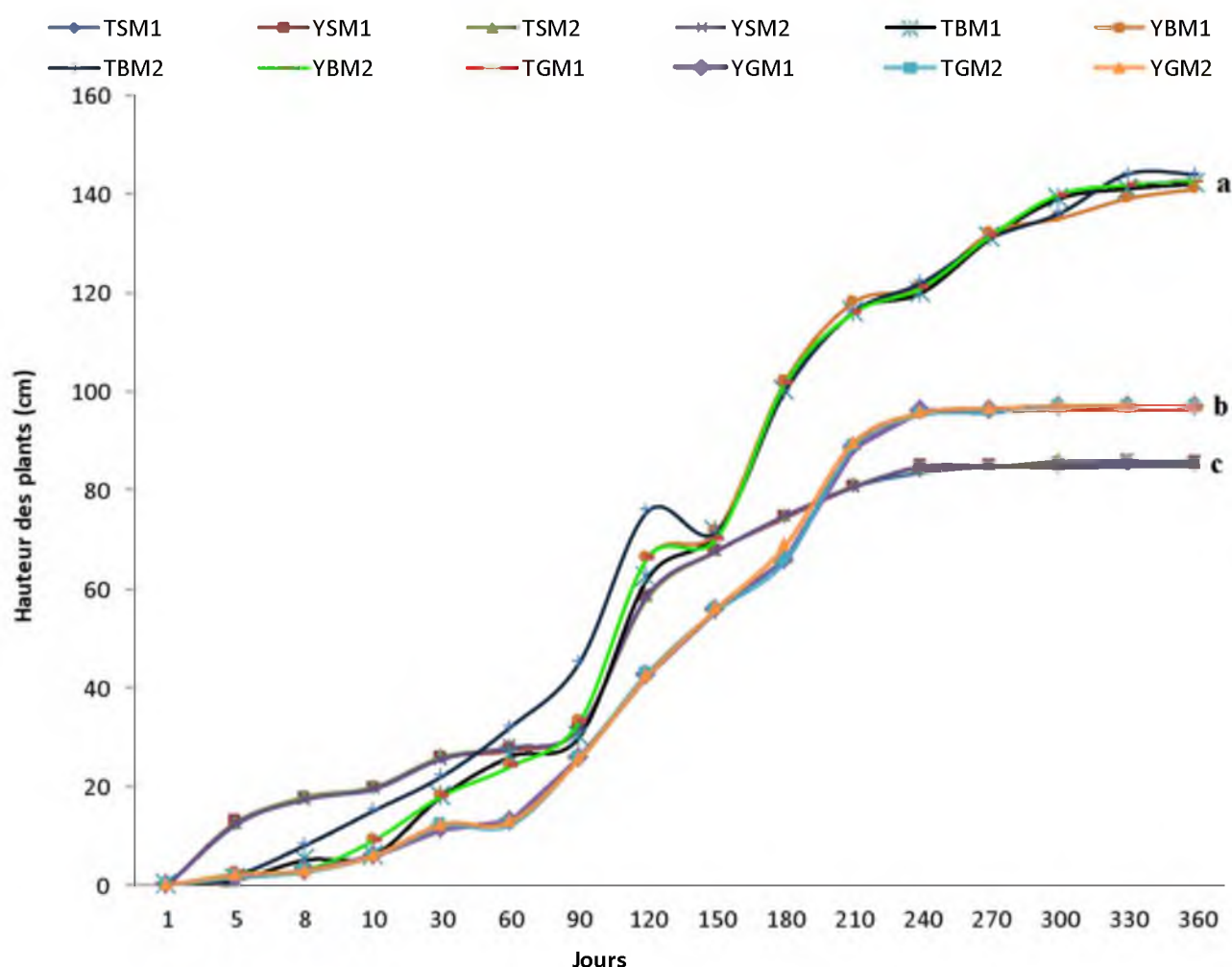
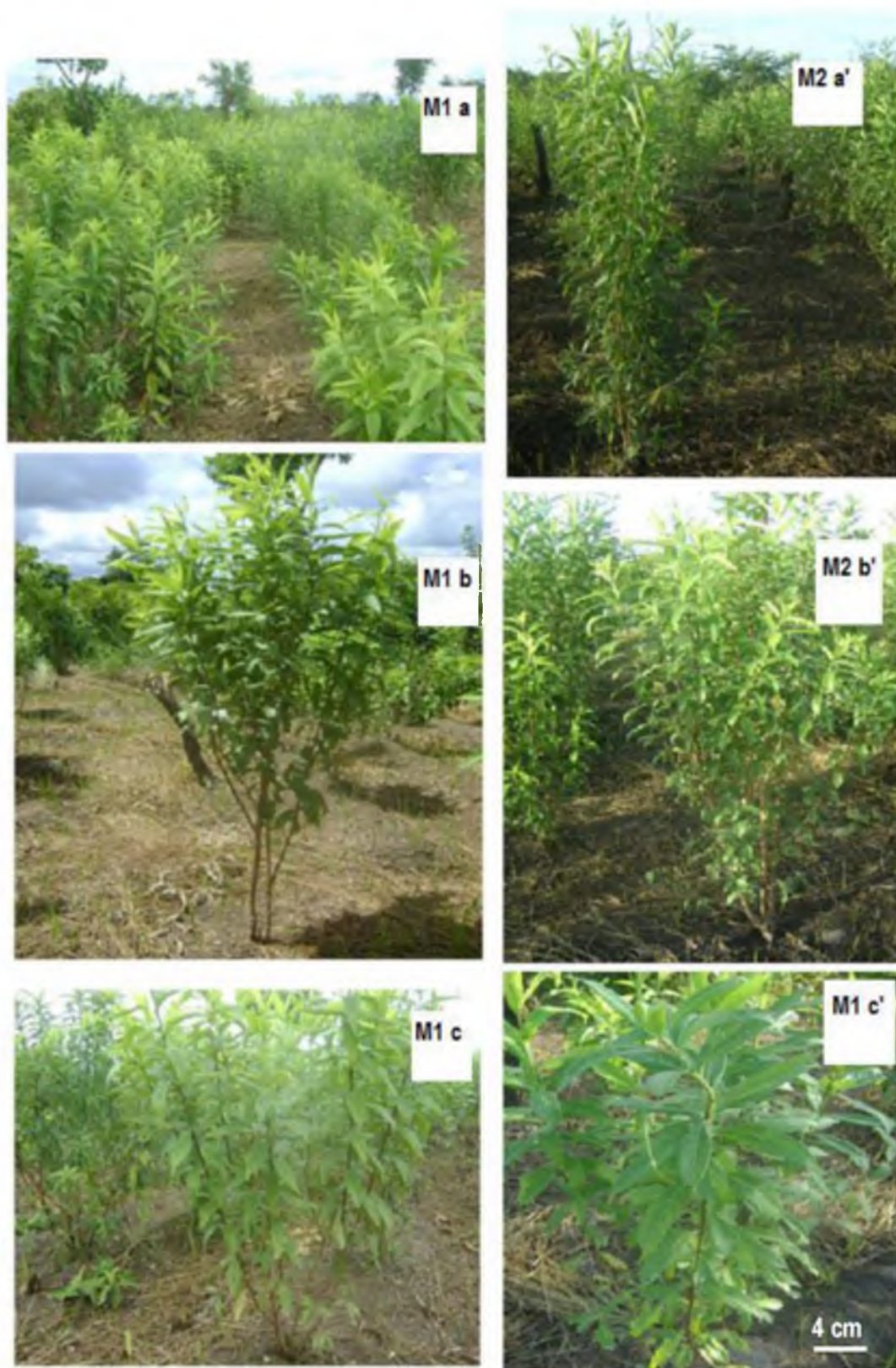


Figure 52: Evolution de la hauteur moyenne des plants durant les 360 jours de culture.

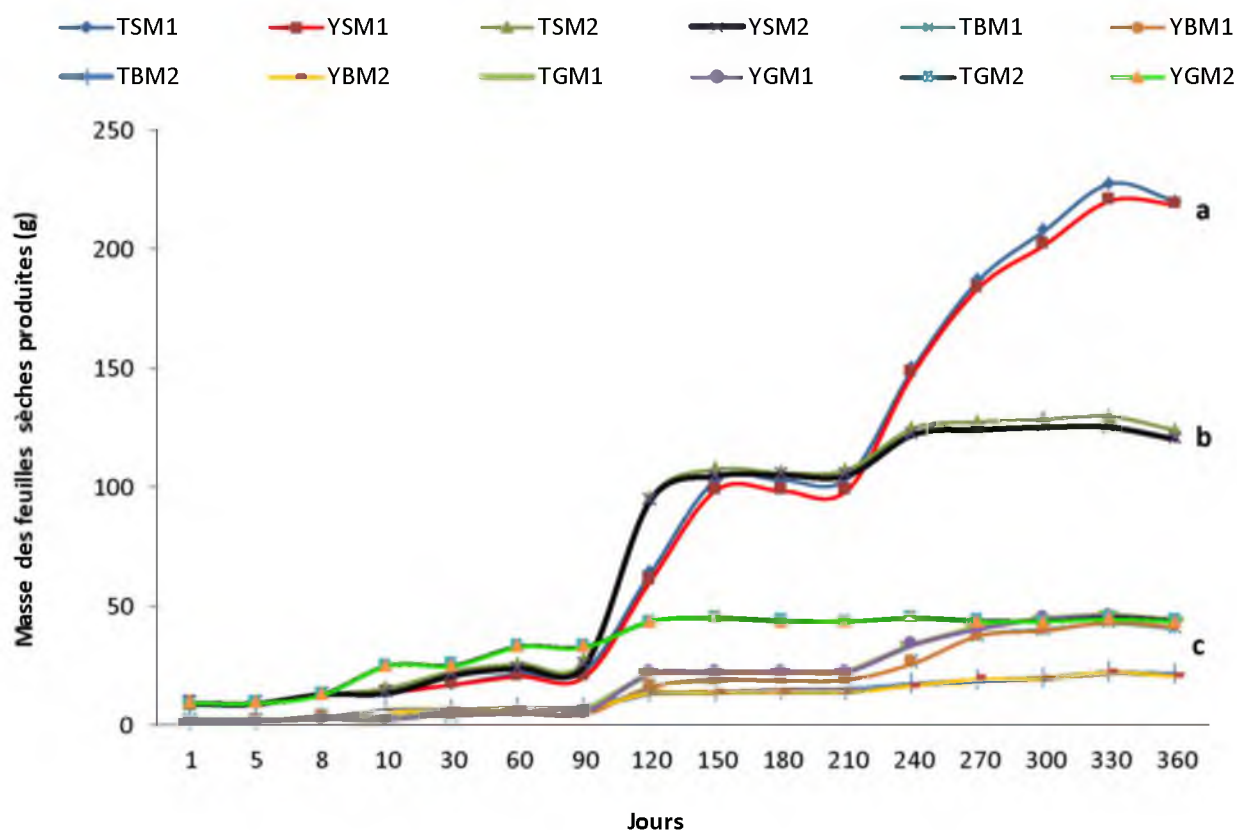


a et a' = plants issus de souche, b et b'= plants issus de bouture et c et c'= plants issus de graine. M1 = Morphotype 1 et M2 = Morphotype 2

Figure 53: Evolution de la hauteur des rejets 12 mois après le planting.

5.7.4. Biomasse foliaire sèche obtenue par les différents modes de multiplication, au bout de 360 jours de culture

Au regard de l'évolution des courbes de la **figure 54**, les masses des feuilles sèches des plants provenant de la multiplication des souches sont plus grandes que celles provenant des autres modes de multiplication ($F_{cal} = 8,77^{**}$, $P_{cal} = 0,000987$). Au total 4 phases d'évolution peuvent être identifiées. La première phase, qui part du jour 1^{er} jour au 90^{ème} jour, montre que les courbes ont la même allure. Ainsi, au cours de cette phase, les différentes biomasses mois obtenues en 3, n'atteignent pas 50 g. La deuxième phase, qui part du 90^{ème} jour au 120^{ème} jour, est caractérisée par une allure exponentielle des courbes, excepté celle obtenue au niveau de la biomasse foliaire des plants issus de la germination des graines du site expérimentale de Yamoussoukro. Les allures exponentielles indiquent que les biomasses foliaires sèches se situent au-dessus de 100g, soit le double de celles de la phase précédente. Au cours de cette phase, les plants issus des boutures et graines ont leurs biomasses foliaires qui augmentent légèrement. La troisième phase (120^{ème} jour au 210^{ème} jour), qui montre un palier au niveau de l'évolution des courbes, est caractérisée par un ralentissement de la production en biomasses foliaires. La quatrième phase (210^{ème} jour au 360^{ème} jour), montre 2 allures distinctes d'évolution. Une variation exponentielle des courbes, caractérisée par une production en feuilles sèches, au niveau des morphotypes M1, en ce qui concerne le mode de multiplication pour les souches. En faisant une comparaison au niveau de chaque mode de culture, les morphotypes M1, donnent une masse de feuille grande, excepté le mode de multiplication par graine au niveau duquel la masse de feuille obtenue est sensiblement invariante, quel que soit le morphotype (M1 et M2). La comparaison des moyennes de feuilles sèches obtenues donne des valeurs comprises entre 119,89 à 123,89 g, pour M2 et, 218,64 à 219,87 g, pour M1 ; au niveau des souches, 20,34 à 20,75 g, pour M2, et 40,38 à 40,95 g, pour M1 au niveau des plants issus de la multiplication des boutures, et, 43,29 à 43,88 g, pour les plants issus de la germination des graines.



M = Morphotype, T = Tiébissou, Y = Yamoussoukro, S = Souche, B = Bouture et G = Graine

Figure 54: Evolution de la masse des feuilles sèches durant les 360 jours de culture.

5.8. Interaction entre les paramètres de croissance des plants issus des différents modes de culture

L'analyse en composantes principales (ACP) appliquée aux paramètres de croissance des plants a permis de mettre en évidence quelques relations entre les caractéristiques agronomiques des différents plants issus des modes de culture.

5.8.1. Interaction entre les paramètres de croissance des plants du site expérimental de Tiébissou

5.8.1.1. Plants issus du morphotype M1

L'analyse en composantes principales réalisée sur les données relevées a permis de choisir les deux premières composantes (F1 et F2) pour décrire la variabilité totale au niveau des paramètres de croissance des plants issus des différents modes de multiplication. Le pourcentage de la variance totale, qui représente plus de 71,91%, respecte les prémisses des analyses statistiques.

Le premier axe F1 décrit 62,89% de la variation. Les caractères fortement liés entre eux sont : le nombre de rejets, la hauteur moyenne des rejets, au niveau des plants issus de la multiplication des souches (RS et HS), le taux de survie et la hauteur des rejets des plants issus de la multiplication des boutures et de la pépinière de graines (TB, HB et HG), la biomasse sèche des feuilles au niveau des plants issus de la pépinière de boutures ou de graines (fB et fG), et, le taux de survie des plants issus de la multiplication des graines (TG). L'axe peut donc être interprété, à la fois, comme paramètre de la production de biomasse foliaire et paramètres de vigueur reproductive. Le deuxième axe F2 décrit 19,01% de la variation. Il associe le taux de survie au niveau de la multiplication par éclats des souches (TS) et le nombre de rejets de plants issus de la pépinière des boutures (RB). A travers cet axe, c'est la vigueur reproductive qui est évaluée (**Tableau XVIII**).

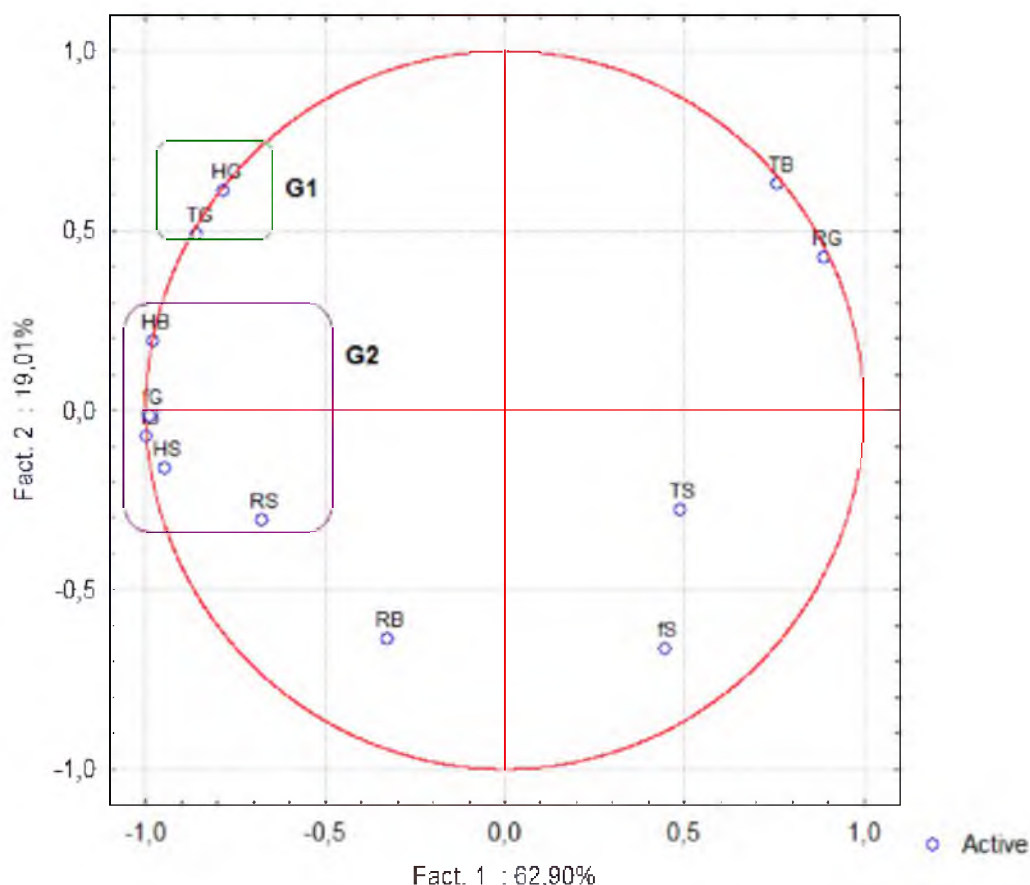
Tableau XVIII: Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M1, sur le site expérimental de Tiébissou.

Paramètres	Axes	
	F1	F2
Valeur propre	7,54	2,28
Pourcentage de la variance totale	62,89	19,01
Pourcentage de la variance totale cumulé	81,91	62,89
TS	0,489146	-0,281381
RS	-0,677630	-0,307662
HS	-0,946706	-0,164084
fS	0,446409	-0,666458
TB	0,761072	0,329348
RB	-0,328234	-0,638269
HB	-0,980070	0,192527
fB	-0,995351	-0,072644
TG	-0,855778	0,488567
RG	0,891578	0,423564
HG	-0,782882	-0,310352
fG	-0,987565	-0,017750

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture, G = Graine.

La projection des 12 points permet de distinguer deux grands groupes de paramètres (**Figure 55**). Le groupe 1 (G1) se compose du taux de survie (TG) et de la hauteur des rejets (HG), au niveau des plants issus de la pépinière de graines.

Le groupe 2 (G2), comprend la hauteur, la masse de feuilles sèches produites au niveau des boutures, la hauteur et le nombre de rejets, au niveau des éclats de souches. Le regroupement des groupes G1 et G2 se fait dans la partie négative de l'axe F1.



T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture, G = Graine.

Figure 55. Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.

La matrice de corrélation issue de l'ACP (**Tableau XIX**) indique, au niveau du groupe G1, une corrélation positive entre HG et TG ($r = 0,65^*$), qui représente la vigueur reproductive. Les corrélations obtenues au niveau de G2 sont situées entre les couples de variables HB - fB ($r = 0,96^{**}$) et HS - RS ($r = 0,76^*$). Ces couples de variables sont caractérisés, à la fois, par la vigueur reproductive et la biomasse foliaire. La matrice de corrélation a aussi révélé des corrélations positives entre les couples de variables : fB - HB ($r = 0,96^{**}$), TG - HG ($r = 0,95^{**}$), TG - fG ($r = 0,81^*$) et HG - fG ($r = 0,78^*$).

Les corrélations négatives observées dans la matrice, sont représentées par les couples de variables : RB – TB ($r = -0,62^*$), HB – TB ($r = -0,63^*$) et fB – TB ($r = -0,8^*$).

Tableau XIX: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M1, sur le site expérimental de Tiébissou.

Variables	TS	RS	HS	fS	TB	RB	HB	fB	TG	RG	HG	fG
TS												
RS	0,20											
HS	-0,59	0,65										
fS	-0,04	-0,28	-0,15									
TB	0,07	-0,79	-0,79	0,00								
RB	-0,14	0,05	0,34	0,21	-0,62							
HB	-0,50	0,62	0,88	-0,60	-0,63	0,20						
fB	-0,49	0,66	0,95	-0,39	-0,80	0,42	0,96					
TG	-0,69	0,37	0,77	-0,61	-0,32	-0,04	0,92	0,82				
RG	0,36	-0,76	-0,95	0,05	0,94	-0,47	-0,79	-0,91	-0,57			
HG	-0,52	0,32	0,61	-0,81	-0,22	-0,06	0,89	0,74	0,95	-0,42		
fG	-0,40	0,67	0,90	-0,51	-0,78	0,40	0,97	0,99	0,81	-0,86	0,78	

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture, G = Graine, corrélation significative à $P < 0,05$, ** = corrélation significative $P < 0,01$.

5.8.1.2. Plants issus du morphotype M2

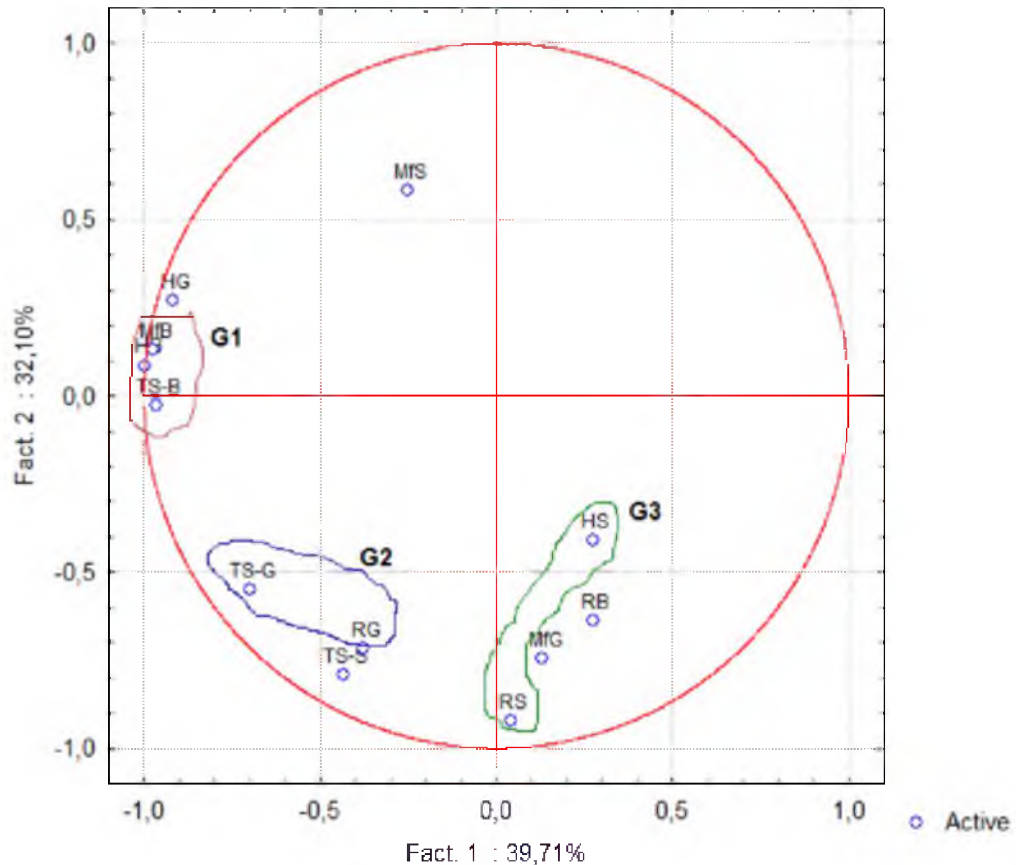
Les composantes principales de valeur propre supérieure à 1 (**Tableau XX**) donnent une estimation du pourcentage de la variabilité représentée par chaque axe. Ainsi, les deux premières composantes (F1 et F2) ont été retenues pour décrire la variabilité totale des paramètres de croissances des plants issus des différents modes de multiplication, car elles représentent, à elles seules, plus de 71,80% de cette variabilité. Le premier axe (F1) décrit 39,71% de la variation. Les caractères fortement liés entre eux sont le taux de survie des plants issus de la multiplication de boutures et de la pépinière de graines (TS-B et TS-G), la hauteur des rejets des plants issus de la multiplication des boutures et de la pépinière des graines (HB et HG), la masse des feuilles sèches au niveau des plants issus de la pépinière de boutures (MfB) et le taux de survie des plants issus de la multiplication de boutures (TS-B). L'axe peut donc être interprété à la fois comme paramètre de la biomasse foliaire et la vigueur reproductive. Le deuxième axe (F2) décrit 32,09% de la variation. Il associe le taux de survie au niveau de la multiplication par éclats des souches (TS-S) et le nombre de rejets (RS) de ce même mode de culture. A travers cet axe, c'est la vigueur reproductive seule qui est évaluée (**Tableau XX**).

Tableau XX: Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M2, sur le site expérimental de Tiébissou.

Paramètres	Axes	
	F1	F2
Valeur propre	4,76	3,85
Pourcentage de la variance totale	39,71	32,10
Pourcentage de la variance totale cumulé	39,71	71,8
Ts-S	-0,433640	-0,790245
RS	0,041048	-0,920201
HS	0,272968	-0,407608
MfS	-0,249111	0,581093
Ts-B	-0,966178	-0,028834
RB	0,274692	-0,636328
HB	-0,995660	0,086698
MfB	-0,972931	0,130217
Ts-G	-0,700518	-0,547769
RG	-0,378593	-0,718790
HG	-0,917012	0,269661
MfG	0,130671	-0,746208

Ts = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, Mf = masse des feuilles sèches.

La projection des 12 points, représentant les paramètres de croissance des différents plants utilisés, dans le plan défini par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales, permet de distinguer trois grands groupes de paramètres (**Figure 56**) ainsi caractérisés par le groupe 1 (G1), composé du taux de survie (TS-B), du nombre de rejets (RB) et de la masse des feuilles sèches (MfS), surtout au niveau de la multiplication des plants issus des boutures. Le groupe 2 (G2), comprend le taux de survie (TS-G) et le nombre de rejets (RG), au niveau des plants issus de la pépinière de graines. Le groupe G3 comporte le nombre (RS) et la hauteur des rejets (HS), au niveau des éclats de souche. Le regroupement G1 et G2 se fait dans la partie négative de l'axe F1, tandis que le groupe G3 est dans la partie positive de F1.



Ts = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, Mf = masse des feuilles sèches.

Figure 56 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.

La matrice de corrélation de l'ACP (**Tableau XXI**) indique, au niveau du groupe G1, des corrélations positives entre HB - TSB ($r = 0,97^{**}$), et MfB - TSB ($r = 0,89^{*}$). Ces deux corrélations, qui vont dans la même direction, représentent la vigueur reproductive. Les corrélations obtenues au niveau de G2 sont situées entre les couples de variables RG - TSG ($r = 0,7^{*}$) et MfG - RG ($r = 0,76$). Ces couples de variables sont caractérisés, à la fois, par la vigueur reproductive et la biomasse foliaire. Au niveau de la multiplication par éclats de souche, deux couples de variables ont été obtenus : RS-TSS ($r = 0,79^{*}$) et MfS - RS ($r = -0,8^{*}$). Ce groupe G3 est représenté par la biomasse foliaire et la vigueur reproductive.

Tableau XXI: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP) réalisée avec les paramètres agronomiques des plants issus du morphotype M2 sur le site expérimental de Tiébissou.

Variables	Ts-S	RS	HS	MfS	Ts-B	RB	HB	MfB	Ts-G	RG	HG	MfG
Ts-S												
RS	0,79*											
HS	0,56	0,45										
MfS	-0,34	-0,80*	-0,07									
Ts-B	0,46	0,08	-0,28	0,03								
RB	0,08	0,51	-0,29	-0,56	-0,25							
HB	0,36	-0,11	-0,32	0,27	0,97**	-0,32						
MfB	0,31	-0,23	-0,29	0,46	0,89**	-0,36	0,97					
Ts-G	0,55	0,45	-0,37	-0,28	0,71	0,48	0,66	0,59				
RG	0,61	0,42	0,10	0,06	0,24	0,48	0,30	0,38	0,70*			
HG	0,31	-0,21	-0,15	0,33	0,91	-0,61	0,94	0,91	0,39	0,03		
MfG	0,60	0,51	0,65	0,03	-0,26	0,31	-0,22	-0,11	0,14	0,76*	-0,33	

Ts = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, Mf = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture, G = Graine, corrélation significative à $P < 0,05$, ** = corrélation significative $P < 0,01$.

5.8.2. Interaction entre les paramètres de croissance des plants du site expérimental de Yamoussoukro

5.8.2.1. Plants issus du morphotype M1

L'ACP réalisée sur les données relevées, pendant 12 mois, au cours de la croissance des plants issus des différents modes de multiplication, sur le site expérimental de Yamoussoukro, a permis de retenir les deux premières composantes (F1 et F2) pour décrire la variabilité totale. Le pourcentage de la variance totale représente plus de 91,43%. Le premier axe F1 décrit 75,17% de la variation totale. Cet axe porte la majeure partie des informations, car l'ensemble des paramètres agronomiques, lui est corrélé. Les informations portées par l'axe F1, peuvent être, à la fois, la vigueur reproductive et la biomasse foliaire. Le deuxième axe, F2, décrit 16,26% de la variation totale. Il associe seulement le taux de survie des plants issus de la multiplication des boutures. Cet axe indique la vigueur reproductive (**Tableau XXII**).

Les 12 points projetés dans le cercle des communautés permettent de distinguer deux grands groupes de paramètres (**Figure 57**). Le groupe 1 (G1), composé de la masse des feuilles sèches des plants issus de la multiplication des graines et des boutures (fG1 et fB1), la hauteur des rejets (HG1) au niveau des plants issus de la pépinière de graines et les rejets produits par la multiplication des boutures (RB1).

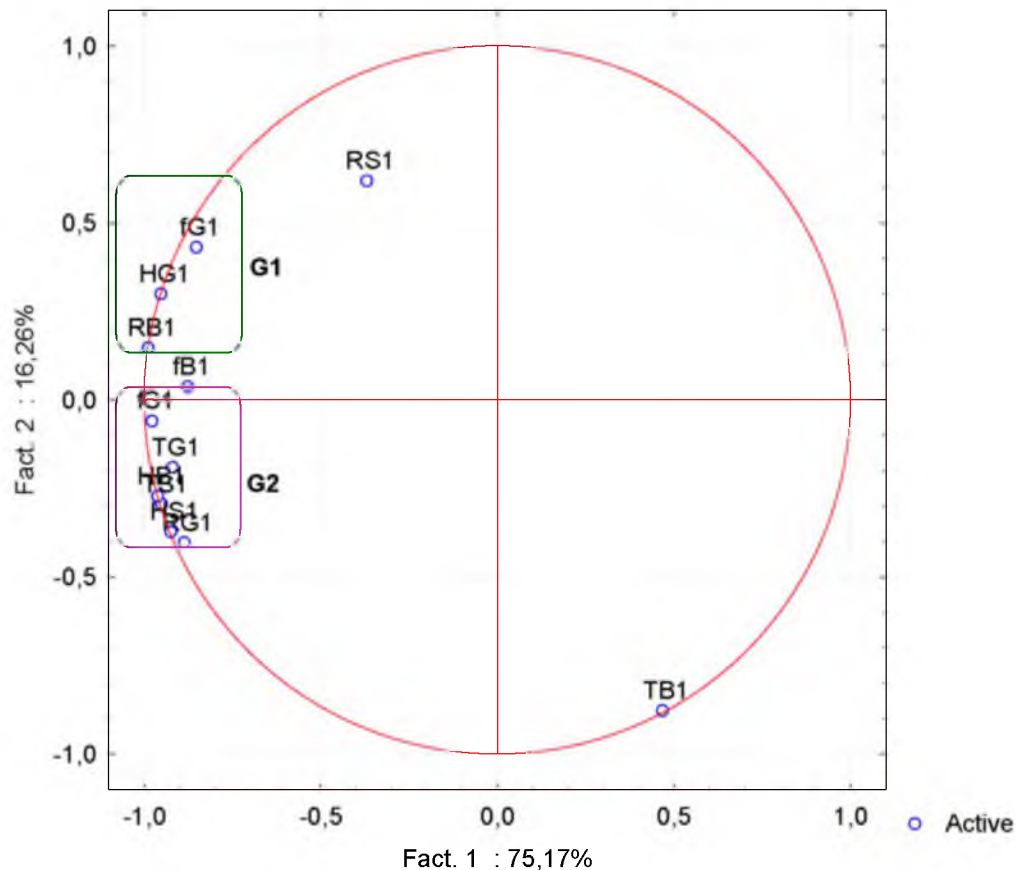
Le groupe 2 (G2) comprend le taux de survie (TG1), la hauteur des plants (HS1), le nombre de rejets au niveau des éclats de souches et des graines (RS1 et RG1). Le regroupement des groupes G1 et G2 se fait dans la partie négative de l'axe F1.

Tableau XXII: Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M1 sur le site expérimental de Yamoussoukro.

Paramètres	Axes	
	F1	F2
Valeur propre	9,02	1,95
Pourcentage de la variance totale	75,17	16,62
Pourcentage de la variance totale cumulé	75,17	91,43
TS1	-0,370244	0,620197
RS1	-0,989052	0,147326
HS1	-0,887528	-0,402116
fS1	-0,951728	-0,294107
TB1	0,467242	-0,876336
RB1	-0,920284	-0,189856
HB1	-0,925528	-0,371008
fB1	-0,962102	-0,271087
TG1	-0,953226	0,300701
RG1	-0,978679	-0,058421
HG1	-0,877414	0,037644
fG1	-0,853163	0,431832

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine.

La matrice de corrélations issue de l'ACP (**Tableau XXIII**) montre, au niveau du groupe G1, des corrélations positives entre fG1 – TG1 ($r = 0,93^{**}$) ; fG1 – RG1 ($r = 0,87^{**}$) ; fG1 – HG1 ($r = 0,90^{**}$) ; HG – TG1 ($r = 0,83^{**}$) ; HG – RG1 ($r = 0,95^{**}$) ; fB1 – RB1 ($r = 0,93^{**}$) et ; fB1 – HB1 ($r = 0,99^{**}$). Ce groupe G1 représente la vigueur reproductive et la biomasse foliaire. Les corrélations obtenues au niveau de G2 sont situées entre les couples de variables TG1 – RG1 ($r = 0,91^{**}$) et RS1 – HS1 ($r = 0,82^{**}$). Ces couples de variables sont caractérisés, à la fois, par la vigueur reproductive et la biomasse foliaire.



T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine.

Figure 57 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.

Tableau XXIII: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau des plants issus de M1 (site expérimental de Yamoussoukro).

Variables	TS1	RS1	HS1	fS1	TB1	RB1	HB1	fB1	TG1	RG1	HG1	fG1
TS1												
RS1	0,45											
HS1	0,23	0,82**										
fS1	0,23	0,90**	0,98**									
TB1	-0,64	-0,59	-0,04	-0,18								
RB1	0,46	0,88	0,97	0,96	-0,22							
HB1	0,17	0,86	0,99	1,00	-0,10	0,95**						
fB1	0,17	0,91	0,96	0,99	-0,22	0,93**	0,99**					
TG1	0,56	0,99	0,73	0,82	-0,71	0,83	0,77	0,83				
RG1	0,19	0,96	0,85	0,93	-0,43	0,84	0,91	0,96	0,91**			
HG1	0,02	0,88	0,66	0,78	-0,50	0,64	0,76	0,85	0,83**	0,95**		
fG1	0,38	0,91	0,52	0,66	-0,81	0,60	0,61	0,71	0,93**	0,87**	0,90**	

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine. Corrélation significative à $P < 0,05$, ** = corrélation significative $P < 0,01$.

5.8.2.2. Plants issus du morphotype M2

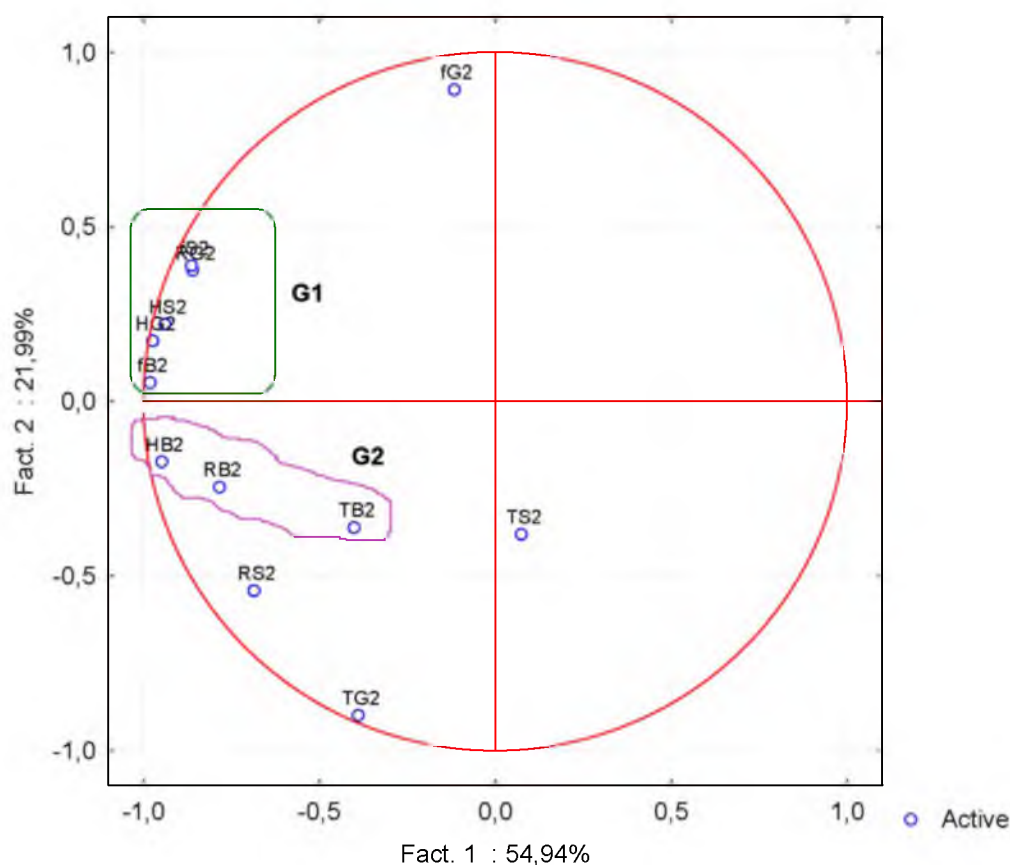
L'analyse en composantes principales réalisées sur les données relevées au cours de la croissance des plants du morphotype M2, issus des différents modes de multiplication, sur le site expérimental de Yamoussoukro, a permis, non seulement, de décrire la variabilité totale, mais de retenir les deux premières composantes F1 et F2. Ainsi, le pourcentage de la variance totale obtenu représente plus de 76,93%. Le premier axe, F1, décrit 54,94% de la variation totale. Les paramètres agronomiques corrélés à cet axe sont RB2 ; RG2 ; HS2 ; HB2 ; HG2 ; fS2 et fB2. Les informations portées par l'axe F1 correspondent à la biomasse foliaire. Le deuxième axe, F2, décrit 21,99% de la variation totale. Il associe seulement le taux de survie (TG2) et la biomasse foliaire sèche (fB2) produites par la multiplication des graines. Cet axe indique la vigueur reproductive (**Tableau XXIV**).

Tableau XXIV: Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus du morphotype M2, sur le site expérimental, de Yamoussoukro.

Paramètres	Axes	
	F1	F2
Valeur propre	6,59	2,63
Pourcentage de la variance totale	54,94	21,99
Pourcentage de la variance totale cumulé	54,94	76,93
RS2	-0,685883	-0,542031
RB2	-0,783818	-0,245023
RG2	-0,860607	0,375685
TS2	0,074065	-0,380750
TB2	-0,400863	-0,360944
TG2	-0,389633	-0,898848
HS2	-0,939501	0,221480
HB2	-0,947593	-0,172194
HG2	-0,973420	0,173640
fS2	-0,863368	0,388915
fB2	-0,981004	0,053989
fG2	-0,117036	0,893227

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine.

La **figure 58** représente le cercle des communautés qui permettent de distinguer deux grands groupes de paramètres. Le groupe 1 (G1) est composé de la hauteur des plants issus de la multiplication des éclats de souches (HS2), de la pépinière des graines (HG2) et les biomasses sèches produites par des plants issus de la multiplication des souches et des graines (fS2 et FG2). Le groupe 2 (G2) comprend le taux de survie (TB2), la hauteur des plants (HB2) et le nombre de rejets au niveau des plants issus de la pépinière des boutures (RB2). Le regroupement G1 et G2 se fait dans la partie négative de l'axe F1.



T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine.

Figure 58 : Cercle de communautés du plan factoriel F1-F2 de l'ACP.

La matrice de corrélation, issue de l'ACP (**Tableau XXV**) indique, au niveau du groupe G1, des corrélations positives entre HS2 – RS2 ($r = 0,63^*$) et HG2 – RG2 ($r = 0,91^{**}$), dont l'ensemble représente la biomasse foliaire. Les corrélations obtenues au niveau de G2 sont situées entre les couples de variables fS2 – HS2 ($r = 0,93^{**}$) et fB2 – HB2 ($r = 0,95^{**}$). Ces couples de variables sont caractérisés par la biomasse foliaire.

Tableau XXV: Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP) au niveau plants issus des différents modes de multiplication, sur le site expérimental de Yamoussoukro (Morphotype M2).

Variables	RS2	RB2	RG2	TS2	TB2	TG2	HS2	HB2	HG2	fS2	fB2	Fg2
RS2												
RB2	0,45											
RG2	0,47	0,41										
TS2	0,45	-0,05	-0,18									
TB2	0,13	0,63	0,21	-0,26								
TG2	0,78	0,51	-0,03	0,28	0,36							
HS2	0,63*	0,63	0,89**	0,05	0,10	0,19						
HB2	0,64	0,87**	0,69	-0,21	0,52	0,54	0,81					
HG2	0,64	0,68	0,91**	-0,05	0,20	0,24	0,99	0,87				
fS2	0,50	0,40	0,98	-0,17	0,07	0,00	0,93**	0,70	0,93			
fB2	0,56	0,85**	0,83	-0,17	0,51	0,32	0,90	0,95**	0,94	0,82		
fG2	-0,45	0,06	0,32	-0,14	-0,27	-0,77	0,34	-0,04	0,27	0,34	0,19	

T = Taux de survie, R = nombre de rejets, H = hauteur des rejets, f = masse des feuilles sèches, S = Souche, B = Bouture et G = Graine. Corrélation significative à $P < 0,05$, ** = corrélation significative $P < 0,01$.

Conclusion partielle

Les résultats de nos travaux indiquent que *Lippia multiflora* se développe, naturellement, sur des sols à texture sableuse, bien structurés, pourvus en éléments grossiers, dérivés de la transformation d'un substratum géologique silico alumineux, relativement profonds, situés à mi-versant/ouen bas de versant. Outre des caractéristiques géomorphologiques et pédologiques, l'environnement de *Lippia multiflora* se caractérise par la fréquente cohabitation d'espèces végétales caractéristiques des écosystèmes savanicoles. L'analyse canonique des correspondances (ACC) réalisée, indique que l'occurrence de la plante est beaucoup influencée par les teneurs du sol en MO(0,25 à 1,06 mg.kg⁻¹), en Ca²⁺ (0,52 à 2,8 cmol.kg⁻¹) et en K⁺ (0,12 à 1,6 cmol.kg⁻¹). Les différents modes de multiplication réalisés indiquent que la meilleure façon d'utiliser la souche pour réaliser des cultures est de la diviser en 2 parties sensiblement égales, afin d'obtenir des organes dont la masse varie entre 400g et 699g. En ce qui concerne les boutures, la partie basale du rejet est la mieux indiquée pour la création de pépinière. Les graines de *Lippia multiflora* conservées pendant 2 mois donnent un taux de germination plus élevé, quel que soit le morphotype. Les sols où poussent naturellement la plante permettent un meilleur développement des semences, qu'il s'agisse de souche, de bouture ou de graine. Par ailleurs, un apport adéquat de matière organique permet une bonne germination et un bon développement des plantules de *Lippia multiflora*.

La comparaison des différents modes de multiplication in situ indique que les plants issus de souches sont les mieux indiqués pour la production de biomasse foliaire sèche.

CHAPITRE VI : Discussion

L'environnement de production de *Lippia multiflora*, pris en compte dans ce travail scientifique, concerne, essentiellement, les caractéristiques physiques et physico-chimiques des sites de prospection, de prélèvement et de multiplication de la plante. Ainsi, l'étude menée sur l'occurrence et la multiplication de *Lippia multiflora* dans l'écosystème savanicole de la région du Bélier, indique que les différents sols sont significativement plus riches en sables grossiers (40,66 à 58,1 g.kg⁻¹) et sables fins (22,33 à 28,7 g.kg⁻¹) qu'en argiles (4,2 à 16,63 g.kg⁻¹); limons fins (4,33 à 11 g.kg⁻¹) et limons grossiers (4,14 à 5,75 g.kg⁻¹). La texture, essentiellement, sableuse et l'importante charge en éléments grossiers des sols observés résultent de l'altération des granites, comme cela a pu être signalé dans des travaux antérieurs de Yao-Kouamé et Allou, 2008. Lors de l'altération, le granite se désagrège et se réduit à un amas de grains, formant une sorte de sable grossier, de couleur, généralement grise, appelé arène granitique. Celle-ci est composée de grains de quartz non altérés, de grains de feldspaths, plus ou moins altérés, surtout le feldspath orthose, plus résistant que les plagioclases, d'oxydes de fer et d'argiles, provenant de l'hydrolyse des micas et des feldspaths. Ce sable va s'accumuler à la base de l'affleurement, ou entre les blocs de granite non encore altérés, tandis que les eaux de ruissellement et d'infiltration emporteront les composés solubles issus de l'hydrolyse. Il en résulte un milieu relativement siliceux, sur lequel pousse *Lippia multiflora*, qui autorise à penser qu'il s'agit d'une plante psammophile (Yao-Kouamé *et al.*, 2009). Le bon développement végétatif de la plante sur un tel milieu, suffisamment filtrant et perméable, vient confirmer l'idée selon laquelle *Lippia multiflora* manifeste une préférence pour des sols n'ayant pas une trop forte humidité (Yao-Kouamé *et al.*, 2009). La présence d'importants peuplements naturels de *Lippia multiflora*, au bas de versant et à mi versant, peut être attribuée au fait que les éléments siliceux issus de la désagrégation des formations rocheuses subissent des transports et viennent s'accumuler dans ces niveaux topographiques (Yao-Kouamé et Allou, 2008) où ils contribuent à l'individualisation de sols alluvionnaires sablonneux, suffisamment poreux, propices à la croissance du végétal. Dès lors, il importe de prendre en compte l'existence de ce continuum géomorphologique, rejoignant en cela l'idée émise par Balbino *et al.* (2002), qui proposent de s'intéresser plus au continuum de variation qu'au découpage en stratégies très distinctes, ou celle qui consiste à établir le lien entre la variabilité de la diversité fonctionnelle des peuplements végétatifs et les propriétés des écosystèmes (Ansquer, 2006).

Les sols dérivés de la transformation du substratum géologique de l'environnement naturel de *Lippia multiflora*, quoi que riche en sable siliceux, semblent contenir des nutriments indispensables au bon développement de cette plante, quand on se souvient que de nombreuses études ont montré l'importance de la nutrition minérale sur la production de biomasse maximale, voire sur la productivité (Duru *et al.*, 2000). L'idée de fourniture en quantité et en qualité d'éléments nutritifs pour le bon développement de *Lippia multiflora* par ces sols, notamment ceux du bas de versant, se justifie par le fait, bien, établi qu'une bonne, voire une meilleure, nutrition minérale favorise, en général, une plus forte proportion de tiges (Duru *et al.*, 2000 ; Duru, 2003 ; Al Haj Khaled, 2005). Les valeurs de pH moyennement acides (5,6 à 6,3), de matière organique relativement faibles (0,24 à 1,06 g.kg⁻¹), de N (azote) relativement faibles, le plus souvent, en dessous de 1 mg.kg⁻¹ et une capacité d'échange cationique ne dépassant pas 8 cmol.kg⁻¹, pour les sites prospectés au niveau de Tiébissou, et 15 cmol.kg⁻¹ pour ceux de Yamoussoukro, concordent avec les résultats obtenus par Yao-Kouamé et Allou (2008), sur les propriétés du sol dans la domestication de *Lippia multiflora* en Côte d'Ivoire. Les proportions en phosphore assimilable dans les différents sols relativement faibles (21,37 à 32 mg.kg⁻¹), rejoignent les travaux de Lompo *et al.* (2008), qui indiquent que les sols en Afrique sub-saharienne sont carencés en phosphore, limitant ainsi la production agricole.

Les analyses canoniques des correspondances réalisées indiquent que l'occurrence de la plante serait liée au niveau du sol par la matière organique, le calcium et le potassium. Or, ces teneurs observées sont relativement faibles par rapports à celles obtenues au niveau des sols où la plante n'a pas été observée. En effet, lorsqu'il y a une épaisse couche de matière organique qui se développe, le milieu devient très acide, et cela constitue, un frein à l'activité microbienne dont la conséquence est, la non germination des graines enfouies dans ces sols (Légaré *et al.*, 2005).

La très grande majorité, sinon la quasi-totalité des végétaux observés dans l'environnement naturel de *Lippia multiflora* est constituée par des espèces végétales spécifiques des écosystèmes savanicoles, qui disparaissent dès que s'installe un climax forestier (Aké, 2002 b). Le fait que ces plantes cohabitent avec *Lippia multiflora* prouve que cette dernière est bien une plante de savane ; ce qui justifie éloquemment son autre appellation de « thé de savane ».

Certes, l'équirépartition évaluée ($E = 0,99$ pour Yamoussoukro et $E = 0,97$ pour Tiébissou), indique un équilibre entre les effectifs des différentes espèces présentes pour l'ensemble des zones prospectées, mais, en se basant sur la fréquence d'occurrence (F) calculée, beaucoup d'espèces inventoriées sont des accessoires, certainement à cause des feux de brousse. Les analyses des inventaires floristiques réalisées par N'Da *et al* (2008) dans le cadre des travaux portant sur l'analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, ont montré que les feux, mis de façon tardive, créent un caractère dommageable sur les communautés de plantes jusqu'à, quelque fois, leur disparition. Nos résultats concordent aussi avec ceux de Gould *et al.* (2002); car, en effet, selon ces auteurs, les formations savanicoles des pays tropicaux sont périodiquement parcourues par les feux, qui constituent l'un des principaux facteurs de perturbation des écosystèmes. Ils contrôlent les propriétés structurales et fonctionnelles des communautés végétales, et stoppent celles-ci lorsqu'ils sont très intensifs. L'effet du feu sur la richesse spécifique des végétaux varie avec les strates. La banque de semences du sol, qui est la source primaire de la régénération végétale, est significativement détruite après le passage du feu (Miller, 1999; Tesfaye *et al.*, 2004). La conjugaison de tous ces facteurs évoqués pourrait influencer l'occurrence et l'abondance des plantes en des lieux précis.

Dans le cadre de nos investigations, après le passage des feux de brousse, une très forte mortalité de tous les jeunes plants de *Lippia multiflora* est constatée. Mais, quelques semaines plus tard, il y a une reprise impressionnante de la végétation. Cette forme de régénération à partir de la base de la tige (rejet basal ou rejet de souche) est apparemment bien plus fréquente dans les espaces savanicoles des zones tropicales (Bellefontaine *et al.*, 2000). Tous ces constats nous ont poussé à comprendre ce mode de multiplication, c'est à dire la multiplication par éclats de souche. Le morcellement de la souche permettrait, dès lors, d'assurer une propagation de la plante, dans le sens où chaque morceau de la souche est capable de donner une plante entière.

Dans le cadre de nos études, les premières expériences de multiplication végétative ont consisté à éclater les souches en 2 ou 4 parties, avec une égalité de taille au niveau des parties. Les analyses statistiques appliquées aux résultats de nos investigations, indiquent que le meilleur taux de survie (80,45 à 85,56%), et surtout la masse moyenne de feuilles sèches la plus élevée (92,82 à 95,96 g), sont observés au niveau des éclats de souches ayant une masse variant entre 400 et 699 g, pour les deux morphotypes.

Le choix de la meilleure classe de souches s'est ainsi porté sur les souches dont le poids varie entre 400g et 699g, et, qui correspond à la moitié de la souche d'une plante entière. Ce choix est basé sur deux raisons: l'une, liée à l'obtention de l'explant, et, l'autre, à la biomasse foliaire. La première raison se justifie par le fait que cette classe de souche est obtenue après avoir divisé la souche d'une plante entière en 2 parties sensiblement égales, ce qui permet d'avoir deux plantes. Pour la deuxième raison, la production du nombre de rejets et leur développement sur la souche sont en partie dus à l'action des réserves nutritives qu'elle contient. La souche entière offrirait plus de réserves et de sites pour la croissance d'un grand nombre de rejets. Le morcellement provoquerait, lui, une réduction des réserves biochimiques et, modifierait l'état physiologique de la souche: ce qui entraînerait la réduction du nombre de rejets formés. Mais, lorsqu'il y a un phénomène de morcellement, quelque temps après, il y a une forte concentration des bourgeons dormants à la périphérie des éclats, sous l'écorce, au niveau du collet. La forte production d'auxines par les racines permet la libération d'un plus grand nombre de bourgeons (Bellefontaine *et al.*, 2000). Bationo *et al.* (2004) ont indiqué que la production de rejets chez certaines plantes est, avant tout, contrôlée par des substances de régulation produites par le métabolisme de la plante elle-même. La croissance initiale des rejets est alimentée par les réserves jusqu'au moment où l'activité photosynthétique des feuilles nouvellement produites est suffisante pour subvenir aux besoins énergétiques des pousses (Desrochers et Lieffers, 2001). Certes, la classe de souche de poids inférieur à 399g, est obtenue en divisant la souche d'une plante entière en quatre parties sensiblement égales, ce qui permet d'avoir 4 plants. Mais, cette classe de souches ne donne pas beaucoup de rejets par rapport aux autres classes, certainement à cause des réserves nutritives relativement moins importantes, dues à la réduction de l'espace de production. Or, le nombre de rejets que donne la plante est un critère très important pour la multiplication, car les feuilles sont en partie supportées par cette partie de la plante.

Les travaux menés sur le bouturage des portions de rejets prélevées sur des plants âgés de 6 et 12 mois, en fonction des morphotypes, et cultivées en pépinière, pendant 60 jours, indiquent que le meilleur taux de survie (77,86 à 80,4%), le nombre élevé de rejets produits (3), et la masse de feuilles sèches la plus grande (12,26 à 12,33 g) sont obtenus avec des boutures issues de la partie basale des rejets, âgés de 12 mois, quelque soit le morphotype. Pour ce qui concerne l'âge du plant mère, nos résultats concordent avec ceux obtenus par Bellefontaine *et al.* (2010) et Meunier *et al.* (2008).

En effet, ces auteurs ont indiqué que la faculté et la vitesse à s'enraciner des boutures diffèrent d'une plante à l'autre, et, est, quelque fois, fonction de l'âge de la plante. Le potentiel d'enracinement des boutures dépend, tout d'abord, du potentiel génétique de l'espèce ou de la variété, avec des différences très marquées entre genres, espèces, voire individus. En plus des facteurs génétiques innés, la réussite de la multiplication végétative (bouturage) dépend également de l'âge du matériel végétal, de la saison de mise en place et des caractéristiques du site d'essai (Meunier *et al.*, 2008). Au Burkina Faso et au Niger, des études entreprises par Belem *et al.* (2008) sur *Guiera senegalensis* J.F. Gmel. et *Combretum micranthum* G. Don, en sont l'illustration parfaite. En effet, les boutures issues des rejets des jeunes plantes, en contact continu avec le sol, s'enracinent moins, donc résistent moins que celles issues des plantes âgées. Ceci peut être expliquée par le fait que les boutures ligneuses (partie basale du rejet) sont plus volumineuses, vu leur plus grand diamètre. En outre, le taux élevé de matière sèche des boutures ligneuses est due, d'une part, à la diminution de leur teneur en eau et, d'autre part, au dépôt de lignine sur les parois secondaires du xylème, ainsi qu'une accumulation des substances de réserves dans les tissus cellulaires. Par conséquent, les boutures ligneuses ont une structure basée sur des cellules lignifiées et non turgescentes, en comparaison avec les deux autres types de boutures qui sont encore vertes. D'une façon générale, il semble que la technique de bouturage, basée sur l'utilisation des boutures semi-ligneuses soit très pratique et rentable pour la multiplication.

Pour ce qui concerne les différentes parties du rejet prélevées et mises en pépinière, les résultats obtenus indiquent que les parties basales, quel que soit le morphotype, donnent un taux de survie plus élevé. En effet, le développement des plants par culture des boutures se fait à partir des bourgeons situés à l'aisselle des nœuds (Cruziat *et al.*, 2001). Sur la plante entière, la dominance exercée par le bourgeon apical ne permet pas le développement des bourgeons axillaires, qui restent ainsi latents. Selon Carr (1984), cette dominance apicale permettrait l'établissement de caractères morphologiques et biochimiques propres à chaque partie de la plante. Les plantes issues des boutures se développent au niveau des nœuds, en se servant des substances biochimiques disponibles, qui vont orienter leur développement (Ameglio *et al.*, 2001). D'après nos résultats, les boutures prélevées, qui comportent deux nœuds, donnent un seul rejet en pépinière. Seuls les nœuds situés dans la partie basale du segment donnent des plants. Cela peut s'expliquer par la polarité qui existe au niveau du segment, qui fait que les bourgeons de la base sont les premiers à bénéficier des nutriments puisés dans le sol.

Leur développement inhiberait, alors, les bourgeons situés sur les nœuds supérieurs. Par ailleurs, on observe un comportement différent des segments, suivant leur position sur le rejet mère, qui se traduit, ici, par la capacité des boutures à survivre en culture après leur isolement. Les boutures de la partie basale ont le meilleur taux de survie, comparativement aux boutures de la partie médiane et de la partie apicale. Kouadio et Phan, (1987), ont aussi montré que les plantes formées à partir d'explants situés dans la partie basale d'une plante mère de tomate, croissent plus vite que les autres plantes. Cela serait dû à une plus grande accumulation de substances biochimiques, comme les phénols, dans cette partie de la plante (Sanogo *et al.*, 2008). Les boutures de la partie basale du rejet ont donc été choisies pour la comparaison avec les autres modes de multiplication. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des plants issus d'une pépinière de 60 à 70 jours. Avant et après cette fourchette de temps, les taux de survie des plants issus de la pépinière sont relativement faibles. Ces résultats concordent avec ceux de Le Pichon *et al.* (2001), qui ont remarqué que le taux de survie, après le démariage des plants issus de la pépinière des boutures de certaines plantes ligneuses, dépend de la qualité du système racinaire. En effet, la phase d'enracinement exerce un effet important sur la survie et la hauteur des plants. Lorsque la partie de la plante prélevée est déjà bien lignifiée, son repiquage après la pépinière permet au système racinaire de s'installer rapidement, ce qui donne des plantes plus grandes et plus vigoureuses. Lorsque les racines sont peu lignifiées au moment du repiquage, on obtient un pourcentage important de plants présentant des défauts racinaires. Il est donc préférable de repiquer, à partir d'un certain temps, qui correspond à un bon développement racinaire, des plants mis en pépinière.

Parmi les nombreux moyens de reproduction chez les plantes, outre le marcottage, le bouturage, la multiplication par bulbes, par stolons ou par spores, les graines occupent une place privilégiée, et constituent le moyen le plus répandu de multiplication et de dispersion des végétaux (Segnoul *et al.*, 2012). Dans le cycle de vie des plantes, la germination et l'émergence de la jeune plantule sont des stades de développement clés, qui conditionnent le rendement des cultures. Par conséquent, l'étude de la qualité des semences à partir d'une meilleure compréhension de la dormance, de la germination et de la conservation, est d'une importance agronomique majeure. Les graines suscitent donc un grand intérêt pour les mondes agricole, industriel et scientifique (Sanogo *et al.*, 2013).

C'est pourquoi, il nous est apparu opportun d'utiliser les graines de *Lippia multiflora* pour la production de semences (plantules).

La première expérience a consisté à évaluer le taux de germination des graines de *Lippia multiflora* après 1 ; 2 ; 4 ; 6 et 12 de conservation post récolte. Les résultats auxquels nous sommes parvenus, indiquent que les graines de *Lippia multiflora*, conservées pendant 2 mois, dans les conditions similaires aux autres, donnent les meilleurs taux de germination, soit 65,52 à 66,62%, quel que soit le morphotype. En effet, chaque organisme vivant a une durée de vie qui lui est propre ; ce qui pousse à penser qu'il y a, dans la longévité d'un individu, une importante part héréditaire, et les graines n'échappent pas à cette règle. Des études ont montré que la vitesse de vieillissement était, en partie, sous contrôle génétique, et que la durée de vie d'un individu pouvait être modulée en modifiant l'expression des gènes (Kenyon, 2001). Dans le cas des graines, avant de conduire, de façon irréparable, à la mort cellulaire, l'accumulation d'une succession de dégâts des structures biologiques au cours du stockage affecte progressivement la vigueur germinative. Ces phénomènes de détérioration se produisent, même dans des conditions idéales de conservation. La durée de vie d'une graine est déterminée par son potentiel génétique et physiologique de conservation, et par les conditions environnementales qu'elle rencontre lors de son stockage. Des travaux très récents démontrent qu'il existe des inégalités et une très grande hétérogénéité entre les graines des différentes espèces de plantes par rapport à leur capacité à supporter la durée de conservation (Walters *et al.*, 2005). Au-delà des conditions de stockage, la capacité de conservation des graines dépend de leurs propriétés intrinsèques à protéger l'embryon par les caractéristiques physiques et chimiques de l'enveloppe (Debeaujon *et al.*, 2000 ; Sattler *et al.*, 2004), mais aussi du maintien d'une activité métabolique réduite. Le maintien de la vigueur germinative, au cours du stockage et du vieillissement des graines est conditionné par le maintien de la capacité de l'embryon à éliminer des composés toxiques (formes réactives de l'oxygène), et à réparer ou à renouveler les constituants cellulaires altérés au cours du temps (Buitink *et al.*, 2000).

De plus, la réduction de l'énergie germinative des semences peut résulter d'une invasion de microorganismes (champignons) au cours de la conservation, phénomène déjà rapporté par Demir et Ellis (1992). Au cours des travaux de cet auteur, des développements fongiques, responsables du changement de couleur, avaient été observés chez certaines semences de piment, conditionnées dans des sachets en polyéthylène.

Or, dans le cas de notre étude, les graines de *Lippia multiflora* ont été conservées dans des pots en polyéthylène. Comme le polyéthylène est relativement imperméable à l'eau, la condensation de l'humidité et de la température pourrait, par conséquent, être à l'origine des infections fongiques, car les graines n'ont pas été préalablement désinfectées. C'est d'ailleurs ce qui pourrait expliquer le changement de couleur des graines observées au cours de nos investigations. Il a été aussi rapporté que la température élevée, couplée à la faible quantité d'eau produite au cours de la respiration, sont susceptibles d'élever la température ambiante autour d'un lot de semences, et, par voie de conséquence, affecter, de façon significative, leur viabilité lorsque la graine est conservée pendant longtemps (Oladiran et Ogunbiade, 2000). C'est ce qui pourrait expliquer les taux relativement faibles au niveau des graines de *Lippia multiflora* conservées pendant 4 à 12 mois. Par ailleurs, les graines conservées pendant 1 mois ont enregistré un taux de germination faible à cause de leur maturation physiologique qui n'est pas achevée. En effet, lorsque les semences sont récoltées, certaines graines poursuivent leur maturation à l'intérieur du fruit mûr, après la récolte de ce dernier, au champ, en vue de parachever la maturation physiologique, et favoriser une germination ultérieure, rapide ; c'est l'exemple des semences de piments (Segnoul *et al.*, 2012). Le faible taux de germination des graines de *Lippia multiflora* conservées pendant 1 mois pourrait être imputable à la dormance tégumentaire due à la teneur en eau (Dan Guimbo *et al.*, 2011).

La deuxième expérience sur l'étude de la germination des graines de *Lippia multiflora* a porté sur l'effet de la densité de semi en pépinière. En effet, des lots de graines (1; 5; 10; 15; 20; 25; 30 et 35 graines) conservées pendant 2 mois ont été semés sur une surface de 77,04 cm², dans des pots en polyéthylène. Les résultats obtenus indiquent que seuls les lots de 25 graines donnent des taux élevés de germination, 64,83 à 65,11%. La germination ou reprise des activités de l'embryon est un processus physiologique qui correspond à l'étape par laquelle une semence en vie ralentie se réveille et donne naissance à une plantule, après que des mécanismes possibles de dormance aient été libérés par des déclenchements appropriés (Quashie et Tchezoum, 2009). C'est un phénomène qui est influencé par des facteurs, aussi bien, internes, qu'externes, notamment, la lumière, la présence de l'eau, l'oxygène, la température, la perméabilité des enveloppes de la graine, le génome, l'âge de la graine, la nature du substrat, etc. (Come, 1975).

Au cours des présents travaux, les dispositifs étant soumis aux mêmes conditions environnementales (même quantité d'eau lors de l'arrosage, même ensoleillement, même température, etc.), les éléments variables qui pourraient alors influencer la germination sont l'eau et l'oxygène que reçoit le sol des semis. En effet, l'eau, apportée à l'état liquide, doit être disponible en quantité suffisante dans le milieu extérieur. L'eau doit, également, être sous des liaisons suffisamment faibles pour que la graine puisse l'absorber. Un excès d'eau est néfaste à la germination, car il prive l'embryon d'oxygène. L'apport d'eau au niveau de la graine se fait, d'abord, par capillarité et imbibition, purement, physique, puis la pression osmotique provoque un appel d'eau dans les cellules vivantes devenues turgescentes. La quantité d'eau absorbée au cours de l'imbibition (pouvoir absorbant) varie d'une espèce à l'autre. La nature des téguments (dureté) intervient également dans la valeur du pouvoir absorbant (Ahoton *et al.*, 2009). En effet, avant la perforation des enveloppes séminales (téguments) par la radicule, l'eau ne peut parvenir qu'à travers celles-ci, ou par le micropyle, lorsque celui-ci demeure perforé. Une semence imbibée n'est plus en vie ralentie et perd sa capacité de résistance. En outre, le sol renferme une microflore (notamment des moisissures) qui peut intervenir dans l'altération des téguments de certaines semences (scarification). Or, un excès d'eau inhiberait l'action de celle-ci, et donc contribuerait au pourrissement de la graine (Hartwigsen et Evans, 2000). C'est ce qui expliquerait l'enregistrement du faible taux de germination à partir des lots de 10 graines. Au niveau des lots de 25 graines où il y a eu les plus forts taux de germination, il y a certainement un équilibre parfait entre la quantité d'eau, la surface de semi et le nombre de graines semées.

Dans le but d'apprécier l'incidence du sol sur la germination des graines de *Lippia multiflora*, des essais ont été menés en utilisant plusieurs substrats d'origines diverses. En considérant les deux morphotypes M1 et M2, les résultats auxquels nous sommes parvenus laissent apparaître que les taux de germination obtenus sur les substrats S2 et S2' (80,31 à 83,91%), sont les plus élevés. En établissant un rapport du taux de germination des graines semées dans les sols et celles semées dans les mélanges (sol + fumier), nous obtenons une variation dépassant 1, c'est-à-dire une variation de 1,23 à 1,3, qui prouve que les meilleurs taux de germination sont obtenus sur les mélanges. Les tests de corrélation effectués sur l'ensemble des résultats révèlent que le taux de germination (%G) est corrélé au sable fin (Sf), à la matière organique (MO) et à l'indice de battance (IB). Ainsi, les teneurs en Sf des substrats S2' et S2, corrélées avec le taux de germination, donnent des coefficients de corrélation de l'ordre de $r = 0,95$.

En ce qui concerne la relation entre la matière organique et le taux de germination, nous avons, $r = 0,95$ au niveau du Sol 2 et Sol 2'. Le couple de variables, %G-IB au niveau de S2' donne un coefficient de corrélation de l'ordre de $r = 0,99$. En effet, la capacité de germination d'une semence dépend des facteurs intrinsèques et extrinsèques à celle-ci (Ahoton *et al.*, 2011). Mais, en supposant que les graines de *Lippia multiflora* semées aient pratiquement les mêmes facteurs intrinsèques, car provenant d'un même lieu de production, la variation de la capacité de germination des semences est imputable aux facteurs extrinsèques telles que l'humidité, l'aération et quelques caractéristiques chimiques des substrats. Or, la granulométrie du Sol 2, Sol 2', S2 et S2' est dominée par une teneur relativement moyenne en sable, caractérisée par un manque de pellicule de battance, permettant une perméabilité, à la base d'une bonne aération. Ainsi, la rétention de l'eau dans les substrats permet son infiltration et augmente l'humidité, indispensable à la germination (Benseighir-Boukari et Arillier, 2006). La capacité de germination augmente en fonction de l'accroissement de l'humidité du sol. Mais, l'humidité, une fois prolongée, provoque la pourriture de certaines graines, c'est le cas observé au niveau des sols Sol3 et Sol3', qui ont un faible taux de germination et qui pourrait confirmer l'absence de peuplement de *Lippia multiflora*, à l'état naturel, sur ces sols. La température dans les traitements, qui augmente le jour et diminue la nuit, ajoutée au taux d'humidité, provoquent, elles aussi, la fissuration des téguments (levée d'inhibition des téguments) et le ramollissement de l'enveloppe, permettant ainsi l'infiltration de l'eau à l'intérieur de la graine. Tous ces facteurs favorisent l'absorption d'eau en quantité suffisante par les tissus vivants et une élimination de l'inhibition de la germination par la diffusion de l'oxygène vers l'embryon, et déclenchent, par conséquent, le processus de germination (Come, 1970). Le plus faible taux de germination enregistré sur le Sol1 est dû à la dominance de ce dernier en sable grossier, caractéristique de sols très perméable, filtrant, et, donc, manquant d'eau au niveau de l'horizon de semi (Ahoton *et al.*, 2009). Le taux de germination, corrélé à la matière organique, pourrait traduire l'action de l'acide humique sur les tissus de la graine. En effet, dès les premiers stades de développement, l'acide humique augmente la vitesse de germination grâce à l'augmentation de l'activité enzymatique des tissus de la graine (Hartwigsen et Evans, 2000). Les analyses statistiques appliquées aux données du développement des plantules, indiquent une influence des traitements sur le rythme de croissance. En effet, les plantules développées sur les sols Sol 2, Sol 2' et les différents substrats offrent les meilleurs résultats, surtout les substrats S2 et S2'. Le croisement des données (rythme de croissance et caractéristiques physico-chimiques des traitements), indique de fortes corrélations entre la longueur racinaire et la matière organique.

Ainsi, nous avons les couples de variables au niveau du Sol 1, H-C/N ($r = 0,98$ pour M1 et $r = 0,97$ pour M2) ; pour le Sol 2, H-C ($r = 0,99$ pour M1 et $r = 0,98$ pour M2) ; pour S1 et S2, L racinaire-C ($r = 0,97$ pour M1 et $r = 0,94$ pour M2) ; au niveau de S3 le couple de variables obtenu est H-MO ($r = 0,99$ pour les 2 morphotypes). En effet, le niveau de matière organique du sol figure parmi les critères permettant de savoir s'il y a dégradation ou non du sol. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec la teneur en carbone. Les conséquences sont directes sur la dynamique de l'eau et le taux d'oxygène dans le substrat, deux éléments qui jouent un rôle déterminant dans la croissance racinaire des ligneux (Kribaa *et al.*, 2001). Les substances humiques contenues dans la matière organique, lient les particules du sol sous forme d'agrégats, qui améliorent la stabilité structurale. Au sein de ces agrégats, la présence de micro-porosités permet de maintenir une structure aérée, favorisant la circulation de l'eau et de l'air. Outre l'aération du sol, la surface d'échange gazeux entre le sol, l'atmosphère, ainsi que sa capacité de rétention d'eau sont augmentées. Il y a donc amélioration de l'activité biologique en fournissant aux microorganismes hétérotrophes un substrat énergétique et carboné (Balesdent, 1996). L'activité de ces organismes a un effet favorable car elle influe sur les réserves minérales des sols et améliore la biodisponibilité des éléments pour les végétaux, en limitant leur précipitation (Liwang *et al.*, 2009). La nutrition minérale des plantes est donc facilitée. L'absence d'aération de certains substrats conduit, le plus souvent, à une mortalité des racines (Benseighir-Boukari et Arillier, 2006). Or, le développement du système racinaire est un facteur déterminant dans la différence de survie des plantules, car elle permet de stocker des réserves nourricières. Les corrélations observées entre longueur racinaire et carbone pourraient être sous l'influence de l'acide humique, car, lorsqu'elle est présente dans un milieu de croissance, les réponses se traduisent par un accroissement du nombre et de la longueur des racines (Hartwigsen et Evans, 2000). Les travaux de Groffman *et al.* (2001) démontrent que les substances humiques favorisent le prélèvement des éléments minéraux par les végétaux. L'absorption des macroéléments (N, P, K, Mg, Ca) et des micro-éléments (Cu, Fe, Zn) augmente en présence d'acides humiques (Garcia-Gil *et al.*, 2000). La présence de substances humiques dans le sol influe sur la fertilité et les réserves minérales en favorisant la libération et la dissolution des macroéléments contenus dans les composants minéraux du sol (Ben-Hassine *et al.*, 2005). Le transport des ions et leur positionnement sous forme de complexes autour de la rhizosphère conditionnent l'absorption des éléments minéraux. Le ralentissement de la croissance des plantules de *Lippia multiflora*, surtout sur le sable, pourrait s'expliquer par la teneur relativement faible en matière organique.

L'apport de matières organiques aux substrats entraîne un regain d'activités biologiques qui agissent sur la minéralisation de la matière organique apportée, permettant ainsi une amélioration de la structure du sol (Sawadogo *et al.*, 2008), d'où l'intérêt d'un apport conséquent de matière organique, si l'on veut maintenir un équilibre physico-chimique et biologique du sol, qui favorise un développement rapide du système racinaire des cultures, notamment, celle de *Lippia multiflora*. La lente croissance de la partie aérienne observée au niveau des plantules du traitement Sol 1, est influencée par le développement du système racinaire, qui est relativement faible par rapport aux autres traitements.

Les différents organes des plantes et plants obtenus après les expériences des éclats de souches, debouturage des parties des rejets et de germination des graines ont été mis en culture pendant 360 jours (12 mois), c'est-à-dire 2 cycles de production des graines de *Lippia multiflora* dans l'année. Pour ce qui concerne les taux de survie, les plantes issues des éclats de souches résistent le plus, avec un taux de survie compris entre 80,55 à 84,56%, quels que soient le lieu et le morphotype utilisé. Le taux de survie des plantes issues de la pépinière des graines vient en seconde position (68,65 à 69,56%), contrairement à ceux des plantes issues de la pépinière des boutures (63,75 à 66,45%). Les souches produisent plus de racines que les autres plants ; or, c'est grâce aux racines, et, surtout, à leur nombre qu'il y a une production suffisante de substance chimiques, qui permet le bon développement de la plante. De façon générale, le nombre de rejets produits, en moyenne, par les souches constituent le double de celui fourni par les boutures et par les graines; ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Hudson *et al.*, (1990). En effet, pour ces auteurs, les rejets se développent directement sur les souches à partir des réserves biochimiques qu'elles contiennent; la souche offrirait plus de réserve et d'espace pour le développement d'un grand nombre de rejets. Pour ces mêmes auteurs, la partie basale de la plante est chronologiquement plus vieille, mais physiologiquement plus jeune, à cause de sa proximité avec le système racinaire. Chaperon, (1989) ajoute que chaque pousse observée sur cette partie de la plante ne retrouve un meilleur statut nutritionnel et hormonal. Une autre justification est la forte production d'auxines par les racines, permettant ainsi la libération d'un plus grand nombre de bourgeons, dont leur développement favorise un grand nombre de rejets (Bellefontaine *et al.*, 2000). Les différents taux de survie sont au-dessus de 50%, car la plus part des plants utilisés possèdent des racines leur conférant la capacité d'absorption de l'eau et certains minéraux du sol ; il s'ensuit un taux de mortalité moyennement faible.

Le taux de survie, qui est un paramètre essentiel dans le programme de domestication d'une plante, indique quel que soit le morphotype, les plants issus des modes de multiplication par souche et par graine offrent le meilleur taux. Au niveau de la graine, dès la germination, il y a émission de racine pivotante (pivot orthogéotrope), qui se développe rapidement, permettant ainsi aux jeunes plants de prospecter les horizons profonds du sol, pour rapidement, améliorer l'efficacité de la fonction de nutrition hydrominérale de la jeune plante (Mguis *et al.*, 2005). Ce taux de survie est très faible au niveau des boutures, quel que soit le morphotype. Pour Diatta et Houmey (2007), l'absence de nombreuses racines réduit la capacité d'absorption de l'eau, provoquant la rupture de l'équilibre hydrique et le dessèchement. En ce qui concerne la croissance en hauteur, les plants du morphotype 1 sont relativement plus grands que ceux du morphotype 2. Les masses de feuilles sèches produites les plus élevées se situent au niveau des souches, principalement pour le morphotype M2. Le morphotype (M2) donne une masse de feuilles, relativement, importante quel que soit le mode de multiplication. Ce résultat serait associé au développement de plusieurs rejets par semence de souche ; chaque rejet produisant des feuilles au cours de son développement. L'importante masse de feuilles au niveau du morphotype 2 pourrait être due à leurs tailles, plus longues et plus larges ; ce qui leur confère une envergure et une surface foliaire plus importantes.

La comparaison du comportement des deux morphotypes de *Lippia multiflora* avait pour but de rechercher d'éventuelles interactions entre le mode de culture et les caractéristiques agronomiques des plants cultivés sur les ferralsols de Tiébissou et de Yamoussoukro. Les résultats montrent que les caractéristiques agronomiques des plants (vigueur reproductive et production de feuilles sèches) varient significativement d'un mode de culture à un autre. En effet, les relations établies entre les différents paramètres agronomiques indiquent de fortes corrélations positives entre le nombre de rejets produits et la hauteur des plantes, quel que soit le morphotype. Concernant le développement global de *Lippia multiflora*, plus la plante grandit, moins elle se ramifie, et moins elle produit de rejets. Des résultats similaires ont été obtenus par Tessier *et al.* (2000), qui ont indiqué que le nombre de rejets est significativement réduit suite à l'allongement de la plupart des plantes. L'allongement des entre-nœuds dépend souvent de l'approvisionnement en eau, mais également de la qualité de la lumière.

En effet, les ferralsols de Yamoussoukro, dominés par une relative richesse en sable, pourraient laisser passer l'eau de précipitation, dont ne bénéficieraient pas les racines de *Lippia multiflora* (Yao-Kouamé *et al.*, 2009), mais aussi, une réduction de l'ensoleillement au niveau des entre nœuds, accompagnée d'une modification de la qualité de la lumière, pourrait provoquer un fort allongement au niveau des plantes (Chaar et Colin, 1999). Cela pourrait expliquer la hauteur relativement importante au niveau des plantes du morphotype 2, car, la plupart des feuilles sont larges, couvrant donc pratiquement les entre-nœuds, contrairement au morphotype 1, à petites feuilles, qui laissent passer la lumière. De plus, selon les travaux de Ouédraogo *et al.* (2006), les plantes qui sont beaucoup ramifiées, comme celles du morphotype 1, connaissent une diminution des produits de la photosynthèse, dont la conséquence est la compétition pour la lumière. Plus la quantité de feuilles augmente, plus la demande individuelle des organes en matières organiques élaborées croît, et la plante ne peut plus satisfaire ses exigences (Tessier *et al.*, 2000). Par ailleurs, nos résultats ont montré une baisse significative du poids des feuilles au niveau du morphotype 1, due certainement à l'effet de compétition.

L'objectif de notre travail est de trouver, non seulement le meilleur mode de multiplication de *Lippia multiflora*, mais aussi, le morphotype permettant d'obtenir une importante masse de feuilles. Le meilleur mode de multiplication sera donc choisi selon ces critères, mais aussi selon la facilité à réaliser la multiplication.

Les souches donnent chacune, au bout de 360 jours de culture, 6 à 8 rejets, avec un taux de survie variant de 80,55 à 84,56%, pour un rendement moyen en feuilles allant de 119,89 à 219,87g. La multiplication par souche suppose la destruction de la plante par le déterrement de sa tige souterraine et, sa replantation sur un autre site. Un tel mode de multiplication n'est, à priori, pas rentable, car, il s'agit de détruire une plante pour la faire repousser sur un autre site. Mais le morcellement de la souche permet d'assurer une propagation de la plante, dans le sens où chaque morceau de la souche est capable de donner une plante entière. Le morcellement provoque ainsi une réduction des réserves biochimiques, et, modifie l'état physiologique de la souche: ce qui entraîne la réduction du nombre de rejets formés, parfois même la destruction totale de la plante (Carr, 1984).

Le développement des plants par culture des boutures se fait à partir des bourgeons situés à l'aisselle des nœuds (Tucker, 1976).

Sur la plante entière, la dominance exercée par le bourgeon apical ne permet pas le développement des bourgeons auxiliaires, qui restent ainsi latents (Monteuuis, 1997). En outre, cette dominance apicale permet, d'établir des corrélations au niveau de la plante, qui entraînent l'établissement de caractères morphologiques et biochimiques propres à chaque partie de la plante (Carr, 1984).

Les plants issus des boutures se développent au niveau des nœuds en se servant des substances biochimiques disponibles qui vont orienter leur développement (Kouadio et Phan, 1987). D'après nos résultats, lors de la sélection des boutures, tous les segments de plante mis en culture donnent 1 rejet, alors que ces segments comportent 2 nœuds. Seuls les nœuds situés dans la partie basale du segment donnent des plants. Cela peut s'expliquer par la polarité qui existe au niveau du segment, qui fait que les bourgeons de la base sont les premiers à bénéficier des nutriments puisés dans le sol, ce qui pourrait expliquer l'obtention des 2 rejets par bouture. Le développement des 2 rejets inhiberait alors les bourgeons situés sur les nœuds supérieurs. Sur une souche comportant au moins 5 rejets, 15 boutures de la partie basale peuvent être récoltées et mises en pépinière (Alui, 2005). En considérant les taux de survie des boutures, l'on peut obtenir, au plus, 30 plants, pour une masse de feuilles variant de 610,12 g à 1228,5 g en fonction des différents morphotypes.

Comparativement à la multiplication par culture des éclats de souches, celle réalisée par des boutures paraît la meilleure. La multiplication par boutures de tiges est aisément manipulable et peu coûteuse (Bellefontaine, 2005). Ce genre de multiplication permet de pallier la variabilité de l'espèce. En effet, les boutures sont génétiquement identiques entre elles et à la plante mère. Leur multiplication donnerait donc des plantes identiques à la plante mère (Trifi *et al.*, 1981).

S'agissant de la multiplication par graine, on observe qu'une plante de *Lippia multiflora* donne, en moyenne 800, graines par cycle de floraison, c'est-à-dire chaque 6 mois (Alui *et al.*, 2011). Les taux de germination obtenus varient de 61,76 à 65,62%, soit environ 494 à 525 graines par plante, qui vont germer effectivement, et donner, chacune, des plants, formant 2 rejets en moyenne, pour une masse de feuilles variant de 43,29 à 43,88 g. Une plante mère permet donc, par multiplication à partir de graine, d'avoir un grand nombre de plants (494 à 525 plants), totalisant une masse de feuilles égale à $43,29 \times 500 = 21385,26$ g, pour M1, et, pour M2, $43,88 \times 525 = 23037$ g.

Au regard de ces résultats, la multiplication par graine paraît, non seulement économiquement (masse des feuilles élevée), plus intéressante, mais, aussi, sa réalisation est plus aisée, pour autant que quelques éléments soient réunis. Ce mode de multiplication ne nécessite pas la destruction de la plante mère. Toutefois, l'une des difficultés de ce mode de multiplication est la réalisation de la pépinière qui, si elle est mal entretenue, peut entraîner la mort des plantules. Les graines provenant d'un croisement entre différents parents, ce mode de multiplication peut donc être source de variabilité génétique (Liu *et al.*, 2008).

CONCLUSION GENERALE ET PERPECTIVES

CONCLUSION GENERALE

La connaissance des ressources génétiques des plantes domestiquées est un enjeu important pour leur gestion rationnelle. C'est dans cette optique que nous avons mené des investigations sur l'occurrence et les différents modes de multiplication de *Lippia multiflora* dans l'écosystème savanicole de la région du Bélier, en moyenne Côte d'Ivoire.

Pour ce faire, des missions de prospection et de collecte (sols et végétaux) ont été conduites dans plusieurs zones de la région, notamment, dans les départements de Tiébissou et de Yamoussoukro.

Les travaux de prospection et collecte, réalisés, indiquent que, *Lippia multiflora* existe en abondance dans la partie savanicole de cette région. L'occurrence et l'abondance sont dues au fait que, les sols sur lesquels, pousse naturellement la plante se caractérisent par une texture sableuse ou sablo – argileuse, avec un pH moyennement à faiblement acide, ou neutre. Le bon développement végétatif de la plante sur un tel milieu, suffisamment filtrant et perméable, vient confirmer l'idée selon laquelle *Lippia multiflora* manifeste une préférence pour des sols ne supportant pas une trop forte humidité. La très grande majorité, sinon la quasi-totalité des végétaux observés dans l'environnement naturel de la plante est constituée par des espèces végétales spécifiques des écosystèmes savanicoles. Ces végétaux disparaissent dès que s'installe un climax forestier. Ainsi, le fait que ces plantes cohabitent avec *Lippia multiflora* prouve que cette dernière est bien une plante de savane ; ce qui justifie éloquentement son autre appellation de « thé de savane ». La première hypothèse selon laquelle, l'occurrence et l'abondance de *Lippia multiflora* permettent de définir et d'interpréter les causes sous-jacentes de sa répartition dans la zone savanicole du Bélier est confirmée par ces résultats obtenus.

Les analyses canoniques des correspondances réalisées sur les données d'occurrence et quelques paramètres du sol, indiquent que la présence et le regroupement de la plante dans les zones investiguées sont influencés par la matière organique, pour des teneurs de 0,12 à 1,06 mg.kg⁻¹ ; le calcium, pour des teneurs de 0,52 à 2,8mg.kg⁻¹ ; et le potassium, pour des teneurs de 0,12 à 1,6mg.kg⁻¹. L'hypothèse selon laquelle la présence et l'abondance de *Lippia multiflora* dans la zone savanicole du Bélier sont conditionnées par la composition chimique et/ou autres variables du sol est confirmée.

Une autre préoccupation était de connaître, dans la pratique, les différents modes de multiplication de la plante et d'établir des comparaisons. Les résultats auxquels nous sommes parvenus indiquent qu'il est possible de multiplier la plante par souche, par bouture, et par graines. Les différents modes de multiplication réalisés indiquent que la meilleure façon de se servir de la souche pour une multiplication efficiente est d'utiliser des organes dont la masse varie entre 400g et 699g. La multiplication par bouture nécessite l'utilisation de la partie basale du rejet, qui résiste à plusieurs intempéries. Mais, pour avoir de bons résultats, il faut nécessairement passer par l'étape de pépinière, à cause du fort taux de mortalité. Au niveau de la multiplication sexuée, les résultats obtenus ont montré que les graines de *Lippia multiflora* conservées pendant 2 mois, offrent un taux de germination plus élevé, quel que soit le morphotype. Les tests de corrélation réalisés indiquent que la matière organique a une influence sur la germination des graines et le bon développement des plantules de *Lippia multiflora*. Des trois modes de multiplication, celle réalisée avec les graines semble être la meilleure, car les plants obtenus n'occasionnent pas de destruction de la plante. Ainsi, l'hypothèse de travail relative au mode de la multiplication le plus efficace pour un besoin de domestication, est justifiée. Il reste à voir si au cours de tout le cycle de la plante, l'incidence de la matière organique est avérée.

Les travaux ainsi réalisés permettent d'indiquer que la recherche est aujourd'hui, en mesure de proposer des semences à tous ceux qui seraient intéressés par la création de vergers de *Lippia multiflora*. Ces résultats constituent une importante base de données, qui permettra de définir les stratégies de collecte et une meilleure conservation des ressources génétiques du *Lippia multiflora*, ainsi que leur exploitation, leur promotion et leur vulgarisation.

PERPECTIVES

Dans un objectif de gestion de *Lippia multiflora*, il apparaît important de conserver les populations de la plante, notamment, celles des zones prospectées, avec l'appui des populations locales. L'étude de *Lippia multiflora* doit être approfondie et soutenue à cause de l'érosion génétique que connaît l'espèce, face aux pressions des cultures de rente et de la démographie galopante.

La structuration de la diversité morphologique et l'adaptation de *Lippia multiflora* aux conditions agroécologiques démontrent que les études futures de la variabilité génétique de l'espèce, dans l'espace et dans le temps, doivent insister sur l'approche écologique. L'agrobiodiversité étant une des solutions pour la sécurité alimentaire, face à la menace des changements climatiques, il est impératif de pérenniser la plante, par la promotion et la valorisation de sa culture, mais aussi celles des savoirs locaux. Une prospection à grande échelle de *Lippia multiflora* mérite d'être réalisée, afin de connaître les besoins nutritionnels de la plante aux différents stades de son développement, pour envisager sa domestication sur d'autres sites.

Des essais de multiplication doivent se poursuivre sur d'autres types de sols, notamment les cambisols, sur lesquels poussent, aussi, naturellement la plante. La quantité d'eau étant importante pour le développement des plantes en général, la connaissance et la maîtrise des besoins hydriques permettront de déterminer la quantité d'eau optimale pour le développement de *Lippia multiflora*. Des études additionnelles doivent être effectuées avec des marqueurs codominants, tels que les « Simple Sequence Repeat » (SSR), plus informatifs, qui pourront aider à l'identification des populations de génotypes représentatives des pools génétiques (collection noyau) ainsi qu'à l'élaboration de stratégies adéquates pour leur exploitation et leur gestion. Ainsi, la caractérisation variétale aidera au recensement de toutes les variétés de la plante, pour permettre une étude biochimique et chimique, visant à déterminer les substances naturelles contenues dans chacune d'elle. Un des objectifs étant l'exploitation à grande échelle, il faudra aussi déterminer un mode de conservation et de conditionnement des feuilles en vue de leur commercialisation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aba S.C., Baiyeri K.P. et Tenkouano A., 2011. Impact of Poultry Manure on Growth Behaviour, Black Sigatoka Disease Response and Yield Attributes of Two Plantain (*Musa spp.* AAB) Genotypes. *Tropicultura* 29 (1), pp. 20-27.

Abena AA., Diatéwa M. and Gakosso G., 2003 Analgesic, antipyretic and anti-inflammatory effects of essential oil of *Lippia multiflora*. *Fitoterapia* 74, pp. 231-6.

Addae-Mensah I. 1992., Towards a rational Scientific basis for herbal medicine. A phytochemist's two-decade contribution, Ghana University press, Accra, pp. 85-117.

Adjanohoum E.S. et Aké A.L., 1979. Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire, Centre National de Floristique de l'Université Nationale de Côte d'Ivoire. Tome I, pp. 87-90.

Adjanohoum E.S., Aké A. L., Floret J.J., Guinko S., Koumaré M., Ahyi A.A. et Raynal J., 1992. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques du Mali. Rapport ACCT; 3^{ème} Edition. Paris, pp. 267-291.

Adou K.E., N'guetta A.S.P., Kouassi A., Kanko C., Yao-Kouamé A. Sokouri D.P. et Coulibaly M.Y., 2011. Caractérisation agromorphologique et identification de quelques populations de *Lippia multiflora*, une verbénacée sauvage. *Journal of Applied Biosciences* 37, pp. 2441-2452.

Affou Y.S. et Gourène G., 2005. Guide pratique de la rédaction scientifique. Collection Pédagogie, Editions universitaires de Côte d'Ivoire, Université de Cocody-Abidjan, 67 p.

Ahoton L.E., Adjakpa J.B., M'Po. I. M. et Akpo. E.L., 2009. Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guil., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniciacées). *Tropicultura* 27 (4), pp. 233-238.

Ahoton L.E., Quenum F. et Mergeai G., 2011. Evaluation agromorphologique et sélection des meilleures accessions de Pourghère (*Jatropha curcas* L.) introduites au Bénin. *International Journal of Biological and Chimical Sciences*. 5 (4), pp. 1619-1627.

Akado M. et Djidji D.D., 1990. Etude morphopédologique de la région de Yamoussoukro. 1/100000 feuille Gagnoa 3D.

Akassimadou E.F., 2006. Intérêt du recépage dans la culture de *Lippia multiflora* (Verbenaceae). Mémoire de DEA, Université de Cocody, Abidjan. 66 p.

Aké A.L., 2002 a. Flore de la Côte d'Ivoire: Catalogue systématique, biogéographique et écologie, 2. Boissiera 58, Mémoires de Botanique Systématique, 171 p.

AkéA.L., 2002 b. Flore de la Côte d'Ivoire 2, catalogue systématique, biogéographique et écologique. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève, Suisse, pp. 320-401.

Al Haj Khaled R., 2005. L'évaluation des caractéristiques agronomiques d'espèces par leurs traits de vie comme étape préalable au diagnostic des communautés à flore complexe. Thèse INPL, Nancy. 260 p.

Alui K. A., 2005. Etude comparée des différents modes de multiplication de *Lippia multiflora* en zone humide. Mémoire de Maîtrise. Université d'Abobo-Adjamé. Côte d'Ivoire, 60 p.

Alui K A., 2009. Comportement des différents modes de multiplication de *Lippia multiflora* sur des ferrasols de Yamoussoukro en moyenne Côte d'Ivoire. DEA de Pédologie, Université de Cocody, Abidjan. 61p.

Alui K.A., Yao-Kouamé A., Ballo K.C., Kouadio K.P., N'guessan K.A., Nangah K.Y., 2011. Comportement de deux morphotypes de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur ferrasols de la région de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 38, pp. 2586 – 2591.

Ambé G A., 2001. Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinké. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 5 (1), pp. 43–58.

Ameglio T., Lacointe A., Julien J.L., Guilliot A., Cochard H., Alves G., Ewers F.W., Bodet C., Vandame M., Valentin V., Saint-Joanis B., Ploquin S., Petel G., Cruiziat P., 2001. Water relations in walnut during winter. Acta Horticulturae, 544, pp. 239–246.

Ameyaw Y., 2009. A growth regulator for the propagation of *Lippia multiflora* Moldenke, a herbal for the management of mild hypertension in Ghana. J Med Plants Res.; 3(9), pp. 681-685.

Ansquer P., 2006. Caractérisation agroécologique des végétations prairiales naturelles en réponse aux pratiques agricoles. Apports pour la construction d'outils de diagnostic. Thèse présentée pour obtenir le titre de Docteur de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, INRA, INP ENSAT, SEVAB, 261 p.

Avlessi F., Alitonou G., Sohounhloue D.K., Menut C. and Bessiere J.M., 2005. Aromatic plants of tropical West Africa. Part XIV. Chemical and biological investigation of *Lippia multiflora* Mold. essential oil from Benin. J Ess Oil Res.; 17, pp. 405-407.

Balbino L.C., Brossard M., Leprun J-C. et Bruand A., 2002. Mise en valeur des Ferralsols de la région du Cerrado (Brésil) et évolution de leurs propriétés physiques : une étude bibliographique. *Étude et Gestion des Sols*, Volume 9, 2, pp. 83-104.

Balesdent J., 1996. "Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols de France." *Etude et Gestion des sols* 3(4), pp. 245-260.

Bassolé I.H.N., Guelbeogo W.M., Nébié R., Costantini C., Sagnon N.F., Kabore Z.I. and 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, pp. 23-26

Bationo B.A., Yelemou B. et Ouedraogo S.J., 2004. Le neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), une espèce exotique adoptée par les paysans du centre-ouest du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, 282, pp. 5-9.

Belem B., Boussim J.I., Bellefontaine R. et Guinko S., 2008. Stimulation du drageonnage de *Bombax costatum* Pelegr et Vuillet par blessures de racines au Burkina Faso. *Bois et forêts des tropiques*, 295(1), pp. 71-79.

Bellefontaine R., 2005. Régénération naturelle à faible coût dans le cadre de l'aménagement forestier en zone tropicales sèches en Afrique. Institut des Sciences de l'Environnement, Université du Québec, Montréal, *Revue électronique VertigO*, 6 (2), pp. 1-15.

Bellefontaine R., Edelin C., Ichaou A., du Laurens D., Monsarrat A. et Loquai C., 2000. Le drageonnage, alternative aux semis et aux plantations de ligneux dans les zones semi-arides : protocole de recherches. *Sécheresse* 4 (11), pp. 221-226.

Bellefontaine R., Ferradous A., Alifriqui M. et Monteuis O., 2010. Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc: le projet John Goelet. *Bois et forêts des tropiques*, 304 (2), pp. 47-59.

Ben-Hassine H., El Aouni M H., Borin G. et Ben S., 2005. Importance des réserves potassiques naturelles dans les sols céréaliers du Nord-Ouest Tunisien. *Agrosol*, 16 (1), pp. 33-46.

Benseighir-Boukari I. et Arillier O., 2006. Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne liège : conteneurs et substrat. *Ann. Rech. For. Algérie*. 12, pp. 9-21.

Boulet R., Chauvel A., Humbel F. X. et Lucas Y., 1982. Analyse structurale et cartographie en pédologie. I Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologie : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 19 (4), pp.309-321.

Brahim A., Sadia O., Fouad M. et Sadia M., 2006. Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L) et du bois de thuya (*Tetractylis articulata*) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas); *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), pp. 67-71.

Brou T. Y., 2001. Etude du fonctionnement des écosystèmes naturels en Côte d'Ivoire : suivi du stress hydrique à partir des données NDVI et proposition d'aménagement, Géotrope, Presse Universitaire de Côte d'Ivoire (PUCI), 1, pp.41 - 49.

Brou Y.T., 2005. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités Scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches .Université des Sciences et Technologies de LILLE, 212p.

Brou Y.T., Akindès F. et Sylvain B., 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures* vol. 14 (6), pp. 2-8.

Buitink J., Leprince O., Hemminga M.A. and Hoekstra F.A., 2000. Molecular mobility in the cytoplasm: an approach to describe and predict lifespan of dry germplasm. Proc Natl Acad Sci U S A, 97, pp. 2385-2390.

Carr D. J., 1984. Positional information and plant morphology. *in*; positional controls in plant development. P. W. Barlow et D. J. Carr (Ed). Cambridge University press, pp. 350-374.

Chaar H. et Colin F., 1999. Développement en hauteur des régénérations de chênes sessiles. Rev. For. LI. 2, pp. 341-354.

Chandrababu R.J. and Sharma R.K., 1999. Heritability estimates in almond [*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb]. Scientia Horticulturae 79, pp. 237–243.

Chaperon H., 1989. Maturation et multiplication végétative. Impact sur les sorties variétales. Séminaire sur l'amélioration génétique des arbres forestiers et plantes pérennes. Montpellier, 23p.

Come D., 1970. Les obstacles à la germination. Paris, France, Masson, 162 p.

Come D., 1975 : Rôle de l'eau, de l'oxygène, et de la température dans la germination. Paris, pp. 27- 44.

Cruziat P., Améglio T. et Cochard H., 2001. La cavitation : un mécanisme perturbant la circulation de l'eau chez les végétaux. Mec. Ind. 2, pp: 289–298.

Dajoz R., 1985. Précis d'écologie. Paris : Dunod, pp. 345-525.

Dan Guimbo I., Mahamane A. et Ambouta K.J.M., 2010. Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. C.F.) dans le sud-ouest nigérien: diversité, structure et régénération. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(5), pp. 1706-1720.

Debeaujon I, Léon-Kloosterziel K.M. and Koornneef M., 2000. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*. Plant Physiol, 122, pp. 403-413.

Demir I and Ellis R.H. 1992., Development of pepper (*Capsicum annuum*) seed quality. Annals of Applied Biology, 121, pp. 385-399.

Desrochers A. and Lieffers V.J., 2001. Root biomass of regenerating aspen (*Populus tremuloides*) stands of different densities in Alberta. Canadian Journal of Forest Research, 31 (6), pp. 1012-1018.

Diatla S. et Houmey V.K., 2007. Possibilité de bouturage chez *Maerua crassifolia* forssk (Capparaceae), un ligneux fourrager Sahélien. Afrique Science 03 (2), pp. 271-288.

Dubois J.M.M., 2005. La rédaction scientifique. Mémoires et thèses: formes régulière et par articles. Agence universitaire de la Francophonie, Edition ESTEM, 117 p.

Duru M., 2003. Effect of nitrogen fertilisation rates and defoliation regime on the vertical structure and composition (crude protein content and digestibility) of a grass sward. Journal of the Science of Food and Agriculture 83, pp. 1469-1479.

Duru M., Delprat V., Fabre C. and Feuillerac E., 2000. Effect of nitrogen fertiliser supply and winter cutting on morphological composition and herbage digestibility of a *Dactylis glomerata* L. sward in spring. Journal of the Science of Food and Agriculture 80, pp. 33-42.

Ekissi A.C., Konan A.G., Yao-Kouamé A., Bassirou B. and Kati-Coulibaly S., 2011. Evaluation of the chemical constituents of savannah tea (*Lippia multiflora*) leaves. Journal of Applied Biosciences 42, pp. 2854 – 2858.

Etou-Ossibi A.W., Nzonzi J., Mombouli J.V., Nsondé-Ntandou G.E., Ouamba J.-M. and Abena A.A., 2005. Screening chimique et effets de l'extrait aqueux du *Lippia multiflora* Moldenke sur le cœur isolé du crapaud. Phytothérapie 5, pp. 193-199.

Eyog Matig O., Adjanohoun E.S., Souza D. et Sinsin B., 2000. Réseau «Espèces Ligneuses Médicinales». Compte rendu de la première réunion du Réseau tenue 15-17 décembre 1999 à la Station IITA Cotonou, Bénin. Institut International des Ressources Phytogénétiques. International Plant Genetic Resources Institute, 2001. 145p.

Faillat J.P., 1987. Aquifères fissurés en zone tropicale humide : structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'Ouest). Hydrogéologie, n° 2, pp.109-112.

Fauck R., Lamouroux M., Quantin P., Roederer P., Vielleron J. et Segalen P., 1979. Projet de classification des sols, ORSTOM, Paris, 301 p.

Garcia-Gil J.C., Plaza C., Soler-Rovira P. and Polo A., 2000. Long-term effects of municipal solid waste composts application on soil enzyme activities and microbial biomass. Soil Biol. Biochem., 32, pp. 1907-1913.

Gauthier M., Li W. and Tichagwa L., 1997. Hard Sphere Behavior of Arborescent Polystyrenes: Viscosity and Differential Scanning Calorimetry Studies, Polymer 38, pp. 6363-6370.

Groffman P.M., McDowell W.H., Myers J.C. and Merriam J.L., 2001. Soil microbial biomass and activity in tropical riparian forest. Soil Biol. Biochem., 33, pp. 1339-1348.

Goedickemeier I., Wildi O. and Kienast F., 1997. Sampling for vegetation survey: some properties of a GIS-based stratification compared to other statistical sampling methods. *Coenoses* 12, pp. 43-50.

Gould D., Dieffenbach K. and Moffett A., 2002. Psychological characteristics and their development in Olympic champions. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14, pp. 172-204.

Gouollaly T., Nkounkou L.C., Mahmoud Y., Ouamba J.M., Abena A.A., Chalchat J.C. and F.G., 2010. Variation in the chemical composition of the essential oils of different organs of domesticated *Lippia multiflora* Moldenke. *African Journal of Biotechnology* Vol. 9 (41), pp. 7009-7013.

Groom S. et Schwarz M.P., 2011. Les abeilles dans le Pacifique Sud-Ouest: Origines, la diversité et la conservation *Apidologie*, 42 (6), pp.759-770.

Hartwigsen, J.A. and Evans M.R., 2000. "Humic acids seed and substrate treatments promote seedling root development." *Hort Science*. 35 (7), pp. 1231-1233.

Harradine S., Gardner M. et Schwarz M.P., 2012. La parenté à une abeille médiateur ovaire différenciation sociale et a des implications pour les théories fausser la reproduction. *Animal Behaviour*, 84, 3, pp. 611-618.

Holland J.B., Nyquist W.E. and Grevantes-Martinez C.T., 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: an update. In: Janick J (ed). *Plant breeding review*, pp. 9-122.

Hondi-Assah T.C., Abena A.A. et Kokolo J., 2003. Effets hépatoprotecteurs de *Lippia multiflora* et d'un phytomédicament congolais ; le Tétra R. *Phytothérapie* 1 (5), pp. 135-40.

Hudson T.H., Dale K., Fred T., Davies J.R. et Robert L.G., 1990. Plant propagation. Principales and practices. Fiveth edition. Englewood cies, prentice-hal, 770 p.

INS., 2001. Recensement général de la population et de l'Habitat (RGPH) 1998. Données socio-demographiques et économiques : Région des Lacs. 45p.

Jim S., Wudeneh L., Marina S. and Dan A., 2001. Agribusiness in sustainable natural african plant product: *Lippia* tea. Jim Simon, PhD: jesimonaesop. Rutgers. Edu. Center for. New Use Agriculture and Natural Plant Products, 105p.

Juliani H.R, Simon J.E., Quansah C., Asare E., Akromah R., Acquaye D., Asante-Dartey J., Mensah M.L.K., Fleischer T.C. and Dickson R. 2008. Chemical diversity of *Lippia multiflora* essential oils from West Africa. J Ess Oil Res.; 20, pp. 49-54.

Kanko C., 1995. Contribution à l'étude photochimique de *Lippia multiflora*. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Cocody, 138 p.

Kanko C., Koukoua G., N'Guessan Y.T., Fournier J., Pradère J.P et Toupet L., 2004 Contribution à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) Comptes Rendus Chimie Volume 7, Issues 10-11, October-November, pp. 1029-1032.

Kenyon C., 2001. A conserved regulatory system for aging. Cell, 105, pp. 165-168

Kerharo M. et Adam A., 1974. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Edition Vigot, Paris. 710 p.

Kouadio Y. J. et Phan C. T., 1987. Heterogeneity of progeny *in* meristems culture. Acta Horticultureae, 212 , pp. 411-417.

Kouakou Y.K.N., 2006. Comportement de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur différents types de sols dans la région savanicole de Yamoussoukro. DEA des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, 56 p.

Koumaglo K.H., Akapagana K., Glitho A.I., Garneau F.X., Gagnon H., Jean F.I., Moudachirou M. and Addae-Mensah I., 1996. Geraniol and nerol major constituents of *Lippia multiflora* Moldenke leaf oil. J. Essential Oil Res. 8, pp. 237-240.

Kribaa, M., V. Hallaire, P. Curmi, and R. Lahmar. 2001. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. Soil Tillage Res, 60, pp. 43–53.

Kunle O., Okogun J., Egamana E., Emojevwe E. and Shok M., 2003. Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. Phytomedicine 10, 1, pp. 59 - 61.

Kwadjio K.E., Kra K.D. et Doumbia M., 2011. Données préliminaires sur l'entomofaune de *Lippia multiflora* Mold. (Verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 23, 1, pp. 53-59

Ky-Dembélé C., Tigabu M., Bayala J., Savadogo P., Boussim I.J. and Oden P.C., 2010. Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. Silva Fennica , 44 (5), pp. 775-87.

Lamaty G., Menut C., Bessière J.M., Ouamba J.M. and Silou T., 1990. 2-methyl-6-methylene-7-octen-4-one, a constituent of *Lippia multiflora* essential oil. Phytochemistry, 29(2), pp. 521-522.

Leblond P., 1984. Contribution aux études hydrogéologiques en Côte d'Ivoire. Région de Yamoussoukro (Station expérimentale de l'ENSTP). Thèse de 3^{ème} cycle de l'Université de Bordeaux 1, France, n° d'ordre 2015, 150 p.

Légaré, S., Paré D. and Bergeron Y. 2005. Influence of aspen on forest floor properties in black spruce-dominated stands. Plant and soil, 275, PP. 207-220.

Le Pichon C., Verger M., Brando J. et Le Boulér H., 2001. Itinéraires techniques pour la multiplication végétative en vrac du Mélèze hybride. Revue Forestière Française, pp. 11-124.

Leakey R.R.B. and Storeton-West R., 1992. The rooting ability of *Triplochiton scleroxylon* cuttings: the interaction between stock plant irradiance, light quality and nutrients. Forest Ecology and Management 49, pp. 133-150.

Liwang M., Gerrit Hoogenboom S. A., Saseendran P.N.S.B., Lajpat Ahuja R., and Timothy R.G., 2009. Effects of Estimating Soil Hydraulic Properties and Root Growth Factor on Soil Water Balance and Crop Production. Agronomy Journal, 101, 3, pp. 572-583.

Liu Y.X., Li W., Chen H.P., Wei Y.M., Chen G.Y., Lu Y.L. and Zheng Y.L., 2008. Variation for glutenin and waxy alleles and their effect on quality properties in Sichuan Wheat Landraces. Journal of Plant Sciences 3 (4), pp. 266-276.

Lompo F., Bonzi M., Bado B.V., Gnankambary Z., Ouandaogo N., Sedogo M.P. et 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), pp. 175 – 184.

Luczaj W. and Skrzydlewska E., 2005. Antioxidative properties of black tea. *Prev. Med.*, 40, 6, pp. 910-918.

Manly B.F.J., 1994. Randomization, bootstrap and monte carlo methods in biology. Second edition. London: Chapman and Hall. pp. 123-145.

Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E. et Samb P.I., 2002. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. Ex DC., légumineuse fourragère. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* 55 (1), pp. 47-52.

Mcleish M., Schwarz M.P. et Chapman T. 2011. Inducteurs Gall faire un bond: différences gammes d'hôtes expliquent occasion de spéciation (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Australian Journal of Entomology*, 50 (4), pp.405-417.

Meunier Q., Bellefontaine R. et Monteuis O., 2008. La multiplication végétative d'arbres et arbustes médicinaux au bénéfice des communautés rurales d'Ouganda. *Bois et forêts des tropiques*, 295, 2, pp. 71-82.

Mguis K, Ksontini M. et Rejeb MN., 2005. Etude du système racinaire de jeunes plants de *Quercus suber* L. (Chêne liège) dans des conditions semi-contrôlées. *Les Annales de l'INGREF*, numéro spécial, 7, pp. 139-152.

Miller P. M., 1999. Effects of deforestation on seed banks in a tropical deciduous forest of western Mexico. *Journal Tropical of Ecology*. 15, pp. 179-188.

Monteuuis O., 1997. Influence de la position in situ de la bouture sur son enracinement et son développement ultérieur : synthèse des travaux publiés. Colloque Sainte cathérine, Novembre, 1997, pp.183-191.

Moses S.O., Akintayo O., Labunmi L., Matthew O., Oladimeji W.N., Setzer and Maria C Palazzo., 2009. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Nigeria. *Records of Natural Products*. 3 (4), pp.170-177.

Mwangui J.W., Addae-Mensah I., Muriuki R. Lwande W. et Hassanali A., 1991. Essential oils of *Lippia multiflora* species in Kenya. Maize weevil (*Sitophilus zeamais*) repellancy and larvicidal activity. *International Journal of erude drug research*, pp. 221-224.

Mwangui J.M., Addae-Mensah I., Muriuki G., Munavu R. and 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. pp. 205-216.

N'Da D.H, Adou Y.C.Y., N'Guessan K.E., Kone M. et Sagne Y.C., 2008. Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 04(3), pp. 552 – 579.

N'Guessan A., 1985. Contribution à l'hydrogéologie de la région Centrale de la Côte d'Ivoire et analyse statistique des résultats de forage. Thèse de 3^{ème} cycle. Université de Franche-Comté, Besançon, France. N° d'ordre 485, 154 p.

N'Guessan K.E., 1990. Etude de l'évolution de la végétation du « V Baoulé » (contact forêt/savane en Côte d'Ivoire) par télédétection. Télédétection sécheresse. Ed. AUPELF-UREF, pp. 181-196.

N'Guessan K.A. et Yao-Kouamé A., 2010. Filière de commercialisation et usages des feuilles de *Lippia multiflora* en Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 29, pp. 1743 – 1752.

N'guessan K.A., Yao-Kouamé A., Ballo K.C. et Alui K.A., 2011. 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. Journal of Applied Biosciences 33, pp. 2047 – 2056.

Oladimeji F.A., Orafidiya O.O., Ogunniyi T.A. and Adewunmi T.A., 2000. Pediculocidal and scabicial properties of *Lippia multiflora* essential oil. J. Ethnopharmacol. 72, (1-2), pp. 305 - 311.

Oladiran J.A. and Ogunbiade S.A., 2000, Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annum* L.) seeds following storage in different packaging materials. Seed Science and Technology, 28, pp. 413-419.

Omoigui L.O., Ishiyaku M.F., Kamara A.Y., Alabi S.O. and Mohammed S.G., 2005. Genetic variability and heritability studies of some reproductive traits in cowpea (*Vigna unguiculate* (L.) Walp.) African Journal of Biotechnology 5 (13), pp. 1191-1195.

Ossou K.R., Yolou S., Boti. J.B., Guessemnd. K.N., Koffi. 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), pp. 94-103.

Ouedraogo A., Thiombiano A. et Hadjali-Hadjali K., 2006. Régénération sexuée de *Boswellia dalzielli* Hutch, un arbre médicinal de grande valeur au Burkina Faso. Bois et forêts des tropiques, n° 289 (3), pp. 41-48.

Owolabi M.S, Ogundajo A, Lajide L, Oladimeji M.O, Setzer W.N. and Palazzo M.C, 2009. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Lippia multiflora* Moldenke from Nigeria. Rec. Nat. Prod. 3 (4), pp. 170-177.

Pelissier Y., Marion C., Casadebaig J., Milhau M., Kone D., Loukou G., Nanga Y., Bessière J.M., 1994. A chemical, bacteriological, toxicological and clinical study of the essential oil of *Lippia multiflora* Mold. (Verbenaceae). J. Essent. Oil Res, 6, pp. 623-630.

Pelissier Y., Koné D., Loukou Y., Marion C., Nanga Y. et Casadebaig J., 1998. Etudes chimique, toxicologique, bactériologique et clinique de l'huile essentielle de *Lippia multiflora* Mold. EPPOS, pp. 735-747.

Porspi A., 1992. Ghana herbal pharmacology advance press, Accra, Ghana policy. Research and strategic planning Institute, pp. 59-61.

Quashie M.L.A. et Tchezoum Y.A., 2009. Étude de la germination de *Moringa oleifera* LAM. Afrique Science 05 (3), pp. 169 – 180.

Rosée R.M., Rehan S., Tierney S., Chenoweth L. et Schwarz M.P., 2012. Une seule origine de la grande taille de la colonie d'abeilles allodapine suggère un événement seuil des 50 millions d'années de bricolage évolutif. Insectes Sociaux, 59 (2), pp.207-214.

Sanogo D., Badji M. et Akpo L.E., 2008. Possibilités de bouturage in situ de *Lawsonia inermis* L. (henné) Bois et Forêts des Tropiques, 297 (3), pp. 35-45.

Sanogo S., Sacandé M., Van-Damme P et NDiaye I., 2013. Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (Meliaceae), une espèce utile en santé humaine et animale. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 17 (2), pp. 321-331.

Sattler S.E., Gilliland L.U., Magallanes-Lundback M., Pollard M. and DellaPenna D., 2004. Vitamin E Is Essential for Seed Longevity and for Preventing Lipid Peroxidation during Germination. *Plant Cell*, 16, pp. 1419–1432.

Sawadogo, H., Bock, L., Lacroix D. et Zombré N.P., 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *In Biotechnol. Agron Soc Environ*, 12, 3, pp. 279-290.

Scott S.J., Jones R.A. and Williams W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop science*, 24 (6), pp. 1192-1199.

Segnoul J., Amougou A. et Youmbi E., 2012. Viabilité et développement végétatif des plantules de piment (*Capsicum annuum* L.) suivant différents matériels de conditionnement des semences. *Tropicultura*, 30 (1), pp. 15-23.

Soro G., 2008. Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des lacs (centre de la côte d'ivoire) : hydrogéologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou. Thèse de l'Université de Cocody Abidjan. 250 p.

Soro N., Soro G., Ahoussi K.E., Saley M.B., Lasm T. et Biemi J., 2007. Caractérisation spatio-temporelle des précipitations dans le « V » Baoulé (Centre de la Côte d'Ivoire) au cours de la période 1966-2000. *Journal Africain de Communication Scientifique et Technologique*, 2, pp. 89-108.

Spore., 2006. Information pour le développement agricole des pays ACP. n° 126. 12p.

Tesfaye G., Teketay D. and Fetene M., 2004. The impact of fire on the soil seed bank and regeneration of Harenn forest, Southeastern Ethiopia. *Mountain Res. Developm.* 4, pp. 354-361.

Tessier M., Gloaguen J-C. et Lefeuvre J-C., 2000. Influence des facteurs biotiques et abiotiques sur le développement et la reproduction de *Suaeda maritima* sur un marais salé. CR. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/ Life Sciences 323, pp. 905-911.

Thomassone R., Dervin C. et Masson J. P., 1993. Biométrie: modélisation des phénomènes biologiques. Paris, France: Masson, pp. 131-155.

Trifi M., Mezghani S. et Marrahchi M., 1981. Multiplication végétative du tournesol (*Helianthus annuus* L), par culture in vitro. *Physiol. Vég.* 19, pp. 99-105.

Tuker D.J., 1976. Endogenous growth regulators in relation to side shoot development in the tomato. *New phytol.* 77, pp. 561-568.

Turnbull T., Caravan H., Chapman T., Nipperess D., Dennison S. et Schwarz M.P., 2012. L'activité antifongique des soldats de thrips suggère un double rôle pour cette caste. *Biology Letters* , 8, 4, pp.526-529.

Walters C.T., Wheeler L.J. and Grotenhuis J.A.2005. Longevity of seeds stored in a genebank: Species characteristics. *Seed Sci Res*, 15,pp. 1-20

Watson L. et Dallwitz M.J., 1992. Les feuilles des usines fleurissantes: Descriptions, illustrations, identification, et recherche documentaire, 14^{ème} Version, pp. 127-133.

Yacé I., 2002. Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest. *Pétrologie, Géologie régionale*. Ed. CEDA, SODEMI, 183p.

Yao-Kouamé A. et Allou K., 2008. Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (1), pp. 97 – 107.

Yao-kouamé A. and Kane F., 2008. Biochemical characteristics of *Lippia multiflora* (Verbenaceae) leaves with respect to fertilize applied to the soil. *J. Plant Sci.* 3 (4):pp. 287-291.

Yao – Kouame A., Nangah K.Y., Alui K.A., N'guessan K. A., Yao G.F. and Assa A., 2009. Pedo-landscape and development of *Lippia multiflora* in the Southern Côte d'Ivoire. *Journal of Environmental Science and Technology* 2 (1), pp. 56-62.

Zoro Bi G.F., Yao-Kouamé A. et Kouamé K.F., 2012. Évaluation statistique et spatiale de la fertilité rizicole des sols hydromorphes (gleysols) de la région du Bélier (Côte D'Ivoire) *Tropicultura*, 30 (4),pp.236-242.

ANNEXES

Annexe 1 : Quelques exemples de données relevées au cours de différentes campagnes

Annexe 2 : Articles publiés tirés de la Thèse et ceux en rapport avec thématique

Annexe 3 : Liste des publications hors Thèse

Annexe 1

Quelques données relevées au cours des différentes campagnes

Quelques données d'inventaires floristiques

Genre et espèce	Famille	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18	P 19	P 20	Pa	F (%)	Arel (%)	Pi	ln PI	Pi ln Pi
<i>Aframomum latifolium</i>	Zingiberaceae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	10	43,47	4,14	0,041	-3,18	-0,13
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	11	47,82	4,56	0,045	-3,08	-0,14
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	7	30,43	2,90	0,02	-3,53	-0,10
<i>Cochlospermum planchoni</i>	Cochlospermaceae	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	11	47,82	4,56	0,04	-3,08	-0,14
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	Rubiaceae	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	10	43,47	4,14	0,04	-3,18	-0,13
<i>Erisosema glomeratum</i>	Fabaceae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	10	43,47	4,14	0,04	-3,18	-0,13
<i>Ficus caperisis</i>	Moraceae	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	12	52,17	4,97	0,04	-2,99	-0,14
<i>Fimbristylis exilis</i>	Cyperaceae	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	11	47,82	4,56	0,04	-3,08	-0,14
<i>Fluggea virosa</i>	Euphorbiaceae	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	10	43,47	4,14	0,04	-3,18	-0,13
<i>Lippia multiflora (M1)</i>	Verbenaceae	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	12	52,17	4,97	0,04	-2,99	-0,14
<i>Lippia multiflora (M2)</i>	Verbenaceae	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	10	43,47	4,14	0,04	-3,18	-0,13
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	13	56,52	5,39	0,05	-2,91	-0,15
<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	10	43,47	4,14	0,04	-3,18	-0,13
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fiabaceae	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	13	56,52	5,39	0,05	-2,91	-0,15
<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpiniaceae	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	14	60,86	5,80	0,05	-2,84	-0,16
<i>Pseudarthia hookeri</i>	Fabaceae	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	10	43,47	4,149	0,041	-3,18	-0,13
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	8	34,78	3,31	0,03	-3,40	-0,11
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Fiabaceae	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	10	43,47	4,14	0,041	-3,18	-0,13
<i>Tephrosia bracteolata</i>	Fabaceae	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	8	34,78	3,31	0,033	-3,40	-0,11
<i>Terminalia glaucescens</i>	Cambietaceae	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	13	56,52	5,39	0,053	-2,91	-0,15
<i>Uraia picta</i>	Fabaceae	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	8	34,78	3,31	0,033	-3,40	-0,11
<i>Vernonia guineensis</i>	Asteraceae	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	10	43,47	4,14	0,041	-3,18	-0,13
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	10	43,47	4,149	0,041	-3,18	-0,13

P 23
241

somme PilnPi	-3,12
	3,12
lnS	3,13
<i>E</i>	<i>0,99</i>

Quelques données d'analyses de sols

	0-20 cm	A 20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	Lf 20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	Lg 20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	Sf 20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	Sg 20-40 cm	40-60 cm
	18,1	20,8	24,2	5,5	5,701	3,6	4,6	5,01	4,5	21,7	22,8	19,4	49,6	43,6	46,7
	13	5,4	24,6	5,7	3,3	3,3	6,6	4,602	4	21,3	22,3	18	52,4	64,4	48
Lolobo	6,7	13,1	24,4	3,6	4,5	3,45	5	4,806	4,25	24,1	22,55	18,7	60,3	54	47,35
	5,1	4,1	4,4	3,5	4,2	3,7	4,7	4,5	4,8	23,2	22,2	15,4	62,3	63,6	73,2
N'Gbessou (Ykro)	5,3	4,3	4,5	3,6	4,4	3,9	4,6	4,8	5	23,1	22,3	15,6	62,5	63,8	73,4
	5,2	4,2	4,6	3,7	4,3	3,8	4,8	4,7	4,9	23,3	22,1	15,5	62,4	63,7	73,3
	26,2	26,3	28,6	5,3	8,6	12	4,74	5,5	7,3	15,4	27,7	23,4	37,4	31,5	29,3
Parcelle expérimentale du 227	26,3	26,5	28,8	5,5	8,8	14	4,76	5,7	7,5	15,6	27,9	23,6	37,6	31,7	29,5
	26,1	26,4	28,7	5,4	8,7	13	4,75	5,6	7,4	15,5	27,8	23,5	37,5	31,6	29,4

	C			N			C/N			MO			Pt		
	0-20 cm	20-40 ccm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Lolobo	0,396	0,43	0,464	0,06	0,05	0,05	6,6	8,6	9,28	0,68	0,058	0,058	113	124	142
	0,398	0,432	0,466	0,08	0,04	0,04	4,975	10,8	11,65	0,68	0,058	0,058	114	127	141
	0,397	0,431	0,465	0,07	0,03	0,03	5,67	14,36	15,5	0,68	0,058	0,058	112	123	144
N'Gbessou (Ykro)	0,366	0,51	0,61	0,04	0,03	0,03	9,15	17	20,33	0,62	0,87	1,04	112	88	55
	0,368	0,53	0,63	0,06	0,02	0,02	6,13	26,5	31,5	0,63	0,911	1,08	110	90	57
	0,367	0,52	0,62	0,05	0,01	0,01	7,34	52	62	0,63	0,89	1,06	111	89	56
Parcelle expérimentale du 227	0,34	0,38	0,91	0,13	0,06	0,14	2,62	6,33	6,5	0,58	0,65	1,56	210	223	177
	0,36	0,4	0,93	0,15	0,08	0,16	2,4	5	5,8125	0,61	0,68	1,59	213	225	179
	0,35	0,39	0,92	0,14	0,07	0,15	2,5	5,57	6,13	0,6	0,67	1,58	211	224	178

	pH			Ca ²⁺			K ⁺			Mg ²⁺			CEC		
	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Lolobo	5,6	5,8	6	2,88	2,79	2,06	0,301	0,26	0,2	0,01	0,07	0,6	7,52	8	8,01
	5,7	6,01	5,5	2,48	1,01	1,97	0,13	0,02	0,17	0,53	0,12	0,52	6,2	4,72	8,5
	5,7	5,9	5,75	1,27	1,9	2,01	0,0301	0,14	0,18	0,2	0,09	0,56	3,68	6,36	8,25
N'Gbessou (Ykro)	6	6	6	1,02	0,48	0,22	0,034	0,024	0,035	0,1	0,11	0,05	3,04	3,43	2,63
	6	6	6	1,04	0,5	0,23	0,036	0,026	0,37	0,3	0,13	0,07	3,06	3,45	2,65
	6	6	6	1,03	0,49	0,21	0,035	0,025	0,036	0,2	0,12	0,06	3,05	3,44	2,64
Parcelle expérimentale du 227	6	5,9	6,3	2,7	2,22	4,2	1,37	0,82	0,5	0,5	0,1	0,36	6,7	5,3	5,1
	6	5,9	6,3	2,9	2,23	4,4	1,39	0,84	0,7	0,7	0,12	0,38	6,9	5,5	5,3
	6	5,9	6,3	2,8	2,21	4,3	1,38	0,83	0,6	0,6	0,11	0,37	6,8	5,4	5,2

		A		Lf		Lg		Sf		Sg	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Yamoussoukro	Parcelle expérimentale 227 logements	4,1	5,4	3,5	3,7	4,7	4,5	23,5	21,3	63,2	65
		4,3	5,5	3,6	3,9	4,1	5	23,1	22,2	63,8	63,2
		4,1	5,6	3,7	3,8	4,4	4,4	23,3	22,4	63,5	63,5
	N'Guessou	16,2	16,6	7	10	5,74	5,1	21,4	26	49,5	42
		16,3	16,8	7,5	11	5,76	5,1	22,6	27	47,8	40
		16,1	16,7	7,4	11	5,75	5,1	23,5	27,1	47	40
Tiébissou	Ayaprikro	13,7	13,91	4,73	4,3	4,8	4	23,38	22,38	53,38	55,38
		13,9	13,93	4,75	4,31	4,87	4,21	23,38	22,44	53	55,1
		13,5	13,92	4,76	4,4	4,89	4,23	23,38	22,43	53,37	55
	Parcelle expérimentale Bofia	16,7	16	7	11	5,74	5	21,4	26	49,1	42
		16,8	16,9	7,5	11	5,3	5,1	22,6	27	47,8	40
		16,4	16,6	7,4	11	5,75	5,1	23	27,1	47	40

pHeau		pHKcl		N		C		C/N		MO		Pt		Pass	
0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
6,13	6	5,2	4,7	0,34	0,91	0,13	0,14	0,38	0,15	0,22	0,2408	788	619	29,58	21,36
6,48	6	5,2	4,4	0,36	0,93	0,15	0,16	0,42	0,17	0,26	0,2752	786	620	29,31	21,39
6,28	6	5,4	4,6	0,35	0,92	0,14	0,15	0,40	0,16	0,24	0,258	784	621	29,98	21,37
6,1	5,7	5,4	4,3	0,04	0,03	0,366	0,61	9,15	20,33	0,63	1,0492	612	575	29,58	21,36
6,3	5,7	5,7	4,2	0,06	0,02	0,368	0,63	6,13	31,50	0,63	1,0836	610	577	29,31	21,39
6,4	5,7	5,9	4,4	0,05	0,01	0,367	0,62	7,34	62,00	0,63	1,0664	611	576	29,98	21,37
6	5,7	5,2	4,6	0,07	0,09	0,22	0,14	3,14	1,56	0,38	0,24	710	677	30,36	24,41
6,2	5,8	5,2	4,3	0,11	0,09	0,27	0,18	2,45	2,00	0,46	0,31	711	674	31,32	23,23
6,3	5,9	5,4	4,2	0,06	0,06	0,24	0,17	4,00	2,83	0,41	0,29	713	678	32,32	28,32
6,1	5,7	5,4	4,5	0,23	0,23	0,25	0,28	1,09	1,22	0,43	0,48	862	722	31,00	24
6,2	5,6	5,7	4,3	0,05	0,25	0,25	0,29	5,00	1,16	0,43	0,50	865	724	33,00	23
6,4	5,5	5,9	4,3	0,23	0,23	0,22	0,27	0,96	1,17	0,38	0,46	861	728	32,00	25

A	Lf	Lg	Sf	Sg	IB	C	MO	N	C/N	P₂O₅t	P₂O₅ass	pH_{eau}	pH_{kel}
13,81	3,22	4,67	22,11	55,32	0,55	17,31	29,77	0,81	21,37	321,4	23,62	6,3	6,11
13,83	3,21	4,68	22,14	55,34	0,551	17,34	29,78	0,89	21,38	321,1	23,64	6,31	6,12
13,85	3,24	4,69	22,13	55,37	0,552	17,37	29,79	0,83	21,39	321,8	23,67	6,32	6,13
13,83	3,27	4,61	22,14	55,39	0,553	17,39	29,72	0,84	21,34	321,4	23,63	6,34	6,14

Ca²⁺	K⁺	Mg²⁺	CEC
0,62	0,17	0,84	23,45
0,64	0,18	0,88	23,44
0,67	0,19	0,85	23,47
0,69	0,17	0,89	23,49

Fumier, sols et substrats		Granulométrie (g.kg⁻¹)					Indice de battance
		A	Lf	Lg	Sf	Sg	IB
Fumier	F						
	Sol ₁ (Abidjan Port-bouet)	7,5	2,11	3,8	14,2	72,2	0,46
	Sol ₂ (Tiebissou)	16,7	7,67	5,5	22,45	47,45	0,49
Sols	Sol ₂ (Yamoussoukro)	14,11	7,3	4,12	23,04	51,41	0,47
	Sol ₃ (Tiebissou)	23,21	5,58	6,41	21,56	43,23	0,41
	Sol ₃ (Yamoussoukro)	24,82	5,11	6,15	22,54	41,38	0,42
	S1 (Abdjan Port-Bouet)	7,11	2,14	3,72	14	72,89	0,44
	S2 (Tiebissou)	15,2	4,25 c	4,15	22,24	54	0,57
Substrats	S2' (Yamoussoukro)	13,88	3,22	4,67	22,11	55,32	0,55
	S3 (Tiebissou)	23,54	5,67	6,85	21,42	42,34	0,57
	S3' (Yamoussoukro)	21,17	6,34	5,42	22,16	44,91	0,56

Fumier, sols et substrats		Carbone, Azote (g.kg ⁻¹)				Phosphore (mg.kg ⁻¹)	
		C	MO	N	C/N	P ₂ O _{5t}	P ₂ O _{5ass}
Fumier	F	35,4	60,88	1,56	22,69	16,32	1,4
Sols	Sol ₁ (Abidjan Port-bouet)	0,62	1,06	0,04	15,5	132,4	11,75
	Sol ₂ (Tiebissou)	1,37	2,35	0,22	6,22	288,66	29,33
	Sol _{2'} (Yamoussoukro)	1,12	1,92	0,21	5,33	234	23,45
	Sol ₃ (Tiebissou)	1,05	1,8	0,25	4,2	319	22,58
	Sol _{3'} (Yamoussoukro)	1,34	2,13	0,19	6,11	278	24,76
Substrats	S1 (Abdjan Port-Bouet)	15,06	25,9	0,45	33,46	143,1	14,5
	S2 (Tiebissou)	25,81	44,39	0,67	38,52	295,87	30,11
	S2' (Yamoussoukro)	26,23	45,11	0,74	35,44	284	29,78
	S3 (Tiebissou)	17,31	29,77	0,81	21,37	321	23,62
	S3' (Yamoussoukro)	25,67	44,15	0,78	32,91	302	29,11

Fumier, sols et substrats		Acidité		Base échangeables et capacité d'échange cationique (cmol.kg ⁻¹)			
		pH _{eau}	pH _{kcl}	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	CEC
Fumier	F	7,9	7,7	7,42	2,77	2,51	18
Sols	Sol ₁ (Abidjan Port-bouet)	5,3	5	0,02	0,03	0,11	7,88
	Sol ₂ (Tiebissou)	5,7	5,4	0,07	0,06	0,31	13,66
	Sol _{2'} (Yamoussoukro)	5,6	5,4	0,02	0,08	0,35	14,35
	Sol ₃ (Tiebissou)	6,2	5,8	0,07	0,09	0,33	15,37
	Sol _{3'} (Yamoussoukro)	6,3	5,8	0,04	0,06	0,31	13,89
Substrats	S1 (Abdjan Port-Bouet)	6,1	5,8	0,45	0,11	0,47	10,6
	S2 (Tiebissou)	6,5	5,9	0,87	0,15	0,97	11,22
	S2' (Yamoussoukro)	6,3	5,8	0,85	0,15	0,98	13,66
	S3 (Tiebissou)	6,3	5,8	0,62	0,17	0,84	15,65
	S3' (Yamoussoukro)	6,6	6,1	0,83	0,16	0,88	14,11

Quelques données des prises de mesures agronomiques

Indicateurs	Nombre de rejets	Nombre de feuilles par rejet	Taille de la plante	Indicateurs	Nombre de rejets	Nombre de feuilles par rejet	Taille de la plante
M1	7	8	4	M1	8	10	5
M2	5	10	8	M2	6	12	11
M1	6	9	5	M1	8	9	7
M2	4	9	6	M2	7	10	8
M1	4	10	6	M1	6	13	8
M2	4	9	8	M2	5	12	11
M1	5	6	4	M1	5	9	5
M2	5	9	7	M2	6	9	10
M1	4	6	3	M1	5	8	5
M2	5	6	4	M2	6	9	7
M1	4	6	3	M1	4	9	5
M2	6	6	4	M2	6	9	5
M1	5	8	5	M1	6	9	7
M2	4	6	4	M2	5	9	7
M1	6	6	4	M1	7	6	6
M2	6	8	5	M2	9	12	8

Indicateurs	Nombre de rejets	Nombre de feuilles par rejet	Taille de la plante	Indicateurs	Nombre de rejets	Nombre de feuilles par rejet	Taille de la plante
M1	7	10	4	M1	15	12	7
M2	5	10	10	M2	9	15	13
M1	6	9	6	M1	12	15	7
M2	4	9	7	M2	7	12	10
M1	4	10	7	M1	6	18	13
M2	4	9	10	M2	9	18	14
M1	5	6	4	M1	5	15	11
M2	5	9	8	M2	9	18	10
M1	4	6	4	M1	6	9	5
M2	5	6	5	M2	10	18	11
M1	4	6	3	M1	8	11	9
M2	6	6	3	M2	6	12	8
M1	5	9	6	M1	9	15	9
M2	4	9	6	M2	7	18	10
M1	6	6	5	M1	7	12	13
M2	6	9	6	M2	13	18	10

Annexe 2

Articles publiés tirés de la Thèse et ceux en rapport avec la thématique

Trois (3) articles publiés tirés de la Thèse

Article 1

Alui Konan Alphonse, Ballo Koffi Célestin, Yapi Ahoua, Konan Kouadio-Kan Hypolite, Kouadio Koffi Patrice, Touré Nantarie, N'Guessan Kouamé Antoine, Kwadjo Koffi Erice and Yao-Kouamé Albert, 2013. Improvement tests on germination *in Lippia multiflora*: Influence of some factors related to soil on germination and seedling development. Asian Journal of Agriculture and Rural Developpement, Vol 3, n° 1, pp. 18-29.

Article 2

Alui Konan Alphonse, Yao-Kouamé Albert, Ballo Koffi Célestin, Kouadio Koffi Patrice, N'Guessan Kouamé Antoine, Nangah Krogba Yves, 2011. Comportement de deux morphotypes de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur ferralsols de la région de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences. Vol 38, pp. 2586-2591.



Comportement de deux morphotypes de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur ferralsols de la région de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[Behavior of two morphotypes of *Lippia multiflora* (Verbenaceae) on ferralsols in Yamoussoukro region, Côte d'Ivoire]

Alui Konan Alphonse*¹; Yao-Kouamé Albert¹, Ballo Koffi Célestin², Kouadio Koffi Patrice³, N'guessan Kouamé Antoine¹, Nangah Krogba Yves³

¹Université de Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Département des Sciences du Sol, 22 BP 582 Abidjan 22; ²Centre National de Recherche Agronomique; ³Laboratoire de Géosciences et Environnement, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02

*Auteur correspondant: aluialphonse@gmail.com

Original submitted in 26th October 2010. Published online at www.biosciences.elewa.org on February 9, 2011.

RESUME

Objectif: Caractériser *Lippia multiflora* et évaluer ses aptitudes productives en rapport avec sa diversité biologique dans les conditions pédoclimatiques baouléennes (région de Yamoussoukro), Côte d'Ivoire.

Méthodologie et résultats: les différents modes de multiplication de deux morphotypes de *Lippia multiflora*, cultivés sur un ferralsol de Yamoussoukro, dans un dispositif en blocs de Fisher. Les résultats ont montré que quel que soit le morphotype, la multiplication par graines présente un fort et meilleur taux de survie par rapport aux autres modes de multiplication. Aussi, la meilleure manière de cultiver les boutures est celle de passer par l'étape d'une pépinière. Plus *Lippia multiflora* croît en hauteur, moins il se ramifie. Le plant du morphotype 2 donne un poids de feuilles relativement plus élevé.

Conclusion et application de résultats: Les travaux réalisés sur les modes de multiplication de *Lippia multiflora* montrent que les ferralsols, dont la texture est sableuse ou sablo – argileuse, avec un pH moyennement acide, ou neutre, conviennent au développement de cette plante. Pour une domestication et une propagation à grande échelle de *Lippia multiflora*, des études complémentaires doivent être menées pour connaître ses besoins nutritionnels.

Mots-clés : Comportement, morphotype, *Lippia multiflora*, ferralsols, Côte d'Ivoire, multiplication.

ABSTRACT

Objective: Characterize *Lippia multiflora* and evaluate its productive abilities in relation to its biological diversity in soil and climate conditions of Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Methodology and results: Alternative methods of multiplication of two morphotypes of *Lippia multiflora* were investigated on a Ferralsol in Yamoussoukro, in a complete Fisher block experimental design. The results showed that regardless of morphotype, propagation by seeds results in higher and better survival rates compared to other modes of propagation. Also, the best way to cultivate cuttings is to go through the stage of a nursery. The more *Lippia multiflora* grows in height, the less it ramifies. The plant morphotype 2 gave relatively higher weight of leaves.

Conclusion and application: The study on various modes of propagation of *Lippia multiflora* showed that ferralsols, whose texture is sandy or sandy - clay with a moderately acidic or neutral pH are favorable for the development of this plant. For domestication and widespread dissemination of *Lippia multiflora*, further studies should be conducted to determine the nutritional needs of the plant.

Key words: Behavior, morphotype, *Lippia multiflora*, ferralsols, Côte d'Ivoire, multiplication

INTRODUCTION

Dans les pays tropicaux en général et en Afrique sub-saharienne en particulier, plus de 80 % de la population rurale continuent de recourir aux plantes sauvages, pour l'alimentation et les soins de santé primaires (Ambé, 2001). Dans leur majorité, les populations africaines utilisent la riche et diversifiée flore de leur environnement pour la préparation des recettes médicinales, en l'occurrence *Lippia multiflora*. Cette plante, qui entre dans la composition de certains médicaments traditionnels améliorés africains (*Malaria*® au Mali, et le *Tétra*® au Congo), est utilisée pour le traitement de diverses maladies (Etou-Ossibi, et al., 2005) dont, l'hyperthermie et la tension artérielle (Abena et al., 2003). De nombreuses études réalisées indiquent que l'extrait aqueux ou celui de l'huile essentielle de *L. multiflora* ont des propriétés pharmacologiques (Hondi-Assah, 2003), pesticides (Oladimeji et al., 2000; Oussou et al, 2008) et cosmétiques (KanKo et al., 2004). Aujourd'hui, cette espèce est commercialisée et constitue une culture d'exportation en Côte d'Ivoire (Yao-Kouamé et al.,

2009). Cependant, les pratiques de sa cueillette s'avèrent très destructives puisqu'au cours de sa collecte, les tiges et les branches sont cassées. Aussi, comme les autres espèces végétales des savanes, *Lippia multiflora* est-elle détruite par les feux de brousse et les défrichements. Etant donné l'intérêt économique croissant de *Lippia multiflora* et les risques d'érosion génétique qui pèsent sur elle, sa sauvegarde et sa domestication sont devenues aujourd'hui une impérieuse nécessité.

La connaissance précise des caractéristiques biologiques et des exigences écologiques d'une espèce végétale constitue la pierre angulaire de tout programme visant à sa conservation, son amélioration et sa domestication (Yobi et al., 2009). Dans cette perspective, le présent travail vise à caractériser *Lippia multiflora* et à évaluer ses aptitudes productives en rapport avec sa diversité biologique. Il porte précisément sur le mode de multiplication de 2 morphotypes de *L. multiflora* cultivés sur un ferrasol dans l'un de ses biotopes à Yamoussoukro, au centre de la Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude : Cette étude s'est déroulée à l'institut National Polytechnique Felix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro en région centre de la Côte d'Ivoire. La zone est délimitée par les coordonnées N 6°51'36 et N 6°51'72; et W 5°14'50 et W 5°14'72 (Figure 1). Le climat est du mode de transition tropical, la pluviométrie moyenne varie entre 900-1100 mm par an, avec une répartition spatiale très variable dans l'année. La température moyenne est d'environ 26°C dans l'année (Brou, 2005).

Le sol du site expérimental est issu de l'altération d'un granite à biotite et / muscovite subordonnée (Alui, 2009). L'examen au microscope optique des lames minces de l'échantillon de roche prélevé révèle la présence de certains minéraux caractéristiques, à savoir les feldspaths (50%, feldspath alcalin >

plagioclases); le quartz (35 %); la biotite (10%) et la muscovite (5 %). Les caractéristiques physiques et physico-chimiques des sols du site expérimental (Tableau 1), indiquent une humidité moyenne à faible; une coloration brun foncée à brun rouge ou brune (2,5 YR à 7,5YR), le plus souvent tachetée; une imprégnation humifère faible à moyenne; une texture sablo argileuse à argilo sableuse à sables moyens. La granulométrie est dominée par une relative richesse en sable, surtout en sable grossier (29 à 73,3 g kg⁻¹), des valeurs de pH moyennement acides (5,6 à 6,3), celles de la matière organique relativement faibles (0,05 à 1,58 g.kg⁻¹), avec une capacité d'échange cationique ne dépassant pas 8 cmol.kg⁻¹ (Yao-Kouamé et Allou, 2008).

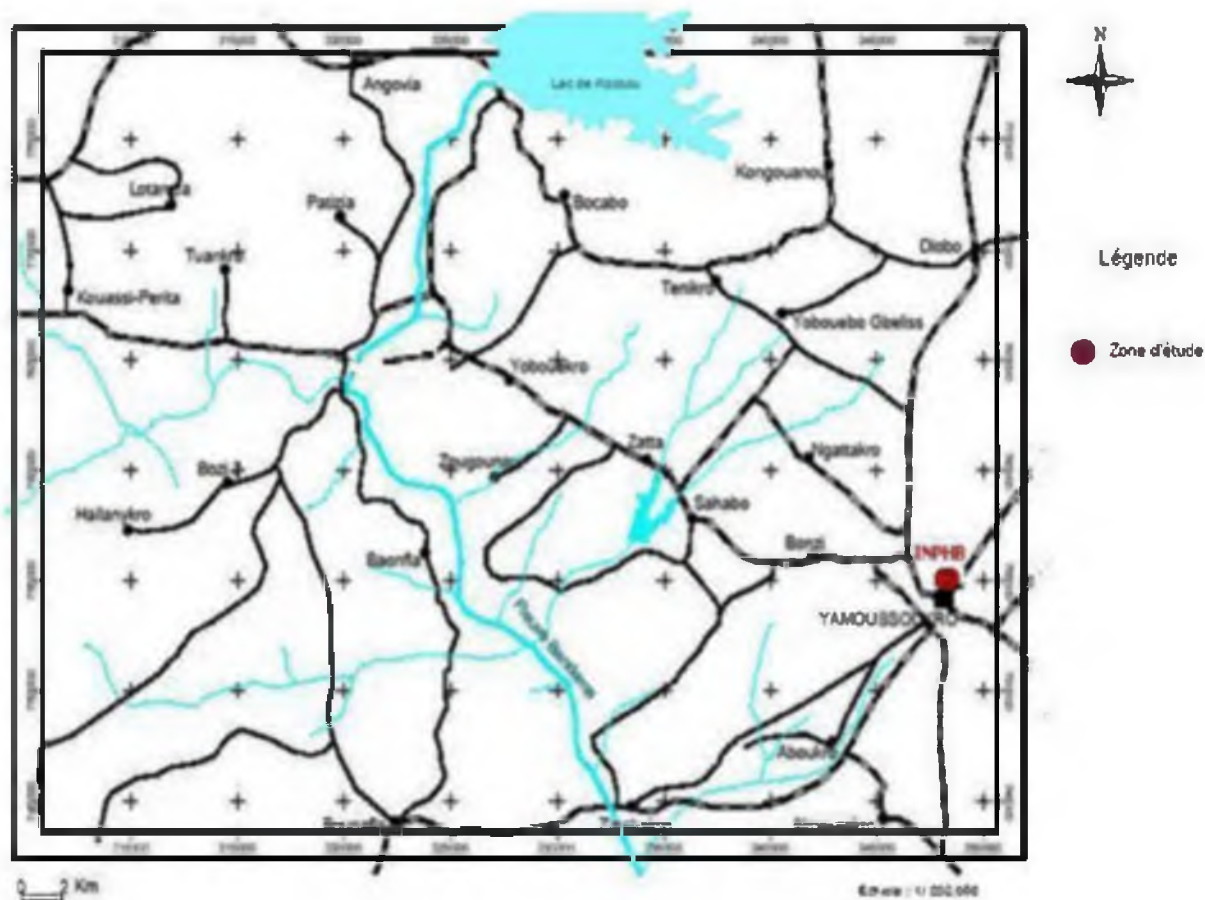


Figure 1: Localisation du site d'étude.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des sols du site de l'étude.

Paramètre			Profondeurs		
			0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
Granulométrie (g.kg ⁻¹)	Argile		26,2	26,4	28,7
	Limons	Fins	5,4	8,7	13
		Grossiers	4,75	5,6	7,4
	Sables	Fins	15,5	27,8	23,5
		Grossiers	37,5	31,6	29,4
phosphore (mg.kg ⁻¹), azote (g.kg ⁻¹) et matière organique (g.kg ⁻¹)	P ₂ O _{5t}		221,33	224	178
	C		0,35	0,39	0,92
	N		0,14	0,07	0,15
	C/N		2,5	5,63	6,14
	MO		0,60	0,67	1,58
Acidité et complexe d'échange cationique (cmol.kg ⁻¹)	pH eau		6	5,9	6,3
	Ca ²⁺		0,48	0,37	0,34
	Mg ²⁺		0,6	0,11	0,37
	K ⁺		1,38	0,83	0,60
	CEC		6,8	5,4	5,2

Caractéristiques du matériel biologique: Les différents modes de multiplication, à savoir la multiplication végétative et la multiplication sexuée, ont été réalisés à partir de souches, de boutures et de graines de deux morphotypes de *Lippia multiflora*. Ces morphotypes ont été identifiés sur la base de la morphologie de la feuille, tel que décrit par Watson et Dallwitz (1992) et Aké (2002). Dans le cadre de cette

étude, les plantes à feuilles luisantes, souples, de couleur vert claire, longues de 3 à 6 cm, de forme elliptique sont notées morphotype 1 (M1). Les autres, notées morphotype 2 (M2), ont des feuilles dures, de couleur vert sombre, longues de 15 à 20 cm, avec une forme oblongue. La figure 2 représente ces 2 morphotypes. .



Figure 2. : Graines et plants de 2 morphotypes de *Lippia multiflora*

Caractérisation de la production végétative : Les différents paramètres agronomiques mesurés sur le matériel biologique lors de cette étude sont consignés dans le tableau 2. Le taux de survie (Ts) des plants issues des différentes modes de multiplication a été également mesuré, afin d'apprécier la résistance des plantes issues des différents modes de multiplication.

Dispositif expérimental : La parcelle du site expérimental a été subdivisée en 40 sous parcelles mesurant chacune 30 m², et contenant 42 pieds de

Lippia multiflora. Les pieds sont plantés dans des poquets de 50 cm de profondeur sur des billons, avec des espacements de 1 m entre les plantes, 1 m entre les différents billons, et 3 m entre les sous parcelles. Ces sous parcelles ont été disposées en blocs de Fisher. Elles ont reçu les plants issus de la pépinière de graines et de boutures. Les différentes pépinières ont duré 4 mois avant la transplantation en champ. Des souches et 1 lot de boutures ont été également directement plantées sur les sous parcelles.

Tableau 2 : Paramètres agronomiques de *Lippia multiflora* mesurés.

• Architecture du plant

•Capacité de production fourragère

Nombre de rejets (Nr)	Nombre de feuilles par plante (Nf)
Hauteur de la tige (Ht)	Poids de matière fraîche (Pf)
Diamètre de la tige (Dt)	Poids de matière sèche (Ps)
Nombre de ramifications (Ram)	

Analyses statistiques : Les résultats obtenus ont été analysés statistiquement à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 par l'analyse de la variance (ANOVA). Chaque fois qu'une différence significative est révélée, l'ANOVA est complétée par le test de Tukey, qui permet d'identifier la (ou, les) variable(s) significativement différente(s) des autres. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil $\alpha = 0,05$ et $\alpha = 0,01$. Une analyse en composantes principales normées (ACPN) a été appliquée aux

différentes variables et, à partir des matrices des variables originelles, l'on a extrait un nombre réduit de combinaisons corrélées entre elles. La projection de l'ensemble des individus sur les plans des axes des principales composantes a permis ensuite d'apprécier la dispersion de ces individus et de mieux comparer leur variabilité. Pour admettre que le phénomène est suffisamment exprimé, la somme cumulée des contributions des principaux facteurs retenus doit être d'environ 70% (Thomassone et al., 1993).

RESULTATS

Architecture des plants : Les plants ont été décrits morphologiquement durant leur période de végétation. Ainsi, pour l'architecture, les variables suivantes ont été mesurées, le nombre de rejets (Nr), la hauteur moyenne de rejets (Ht), le diamètre moyen des rejets (Dt) et le nombre de ramifications. Durant l'expérimentation, le mode de culture par éclat de souches a donné plus de rejets (Nr = 8), surtout au niveau des morphotypes 1. Au bout de 6 mois de culture, c'est-à-dire du planting à la floraison, les

morphotypes 2 ont eu une hauteur relativement plus élevée, qui varie de 121,36 à 134,31 cm contre 84,32 à 100,30 cm pour les morphotypes 1. Cette tendance s'est manifestée également au niveau du diamètre des rejets ou les morphotypes 2 ont entre 4,54 à 5,04 cm de diamètre, contre 2,45 à 2,58 cm pour les morphotypes 1. Au niveau du nombre de ramifications, il y a une différence hautement significative, car le morphotype 1 cultivé par éclat de souche donne plus de ramifications (67 ramifications) (Tableau 3).

Tableau 3 : Architecture des différents plants de *Lippia multiflora* évalués en Côte d'Ivoire.

Morphotype	Méthode	Mesures des paramètres de l'architecture			
		Nr	Ht (cm)	Dt (cm)	Ram
Morphotype 1	Souches	8 ± 0,27 a	96,6 ± 0,27 b	2,45 ± 0,08 b	67 ± 2,23 a
	Pépinière de boutures	4 ± 0,13 b	100,30 ± 0,31 b	2,46 ± 0,08 b	35 ± 2,01 b
	Boutures plantées directement	2 ± 0,04 c	84,32 ± 0,21 b	2,47 ± 0,08 b	18 ± 1,72 b
	Pépinière de graines	2 ± 0,04 c	85,54 ± 0,23 b	2,58 ± 0,1 b	18 ± 1,72 b
Morphotype 2	Souches	4 ± 0,13 b	134,31 ± 0,83 a	4,54 ± 0,26 a	25 ± 1,92 b
	Pépinière de boutures	2 ± 0,04 c	133,42 ± 0,80 a	4,55 ± 0,26 a	13 ± 0,83 c
	Boutures plantées directement	2 ± 0,04 c	121,36 ± 0,61 a	4,57 ± 0,28 a	9 ± 0,76 c
	Pépinière de graines	2 ± 0,04 c	127,41 ± 0,67 a	5,04 ± 0,31 a	9 ± 0,76 c
F _{cal}		650,16**	668,85**	155,41**	125,94**
P _{cal}		0,00	0,00	0,00	0,00
P _{théor}		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,01$ selon le test de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative, Cal = calculer, théor = théorique.

Capacité de production fourragère des plantes : Les principaux paramètres de rendement des deux

morphotypes de *Lippia multiflora* sont le nombre de feuilles (Nf), le poids frais (Pf) et le poids sec (Ps) des

feuilles. A ces paramètres a été associé le taux de survie (Ts) des plants. Ainsi, l'analyse de variance montre que les valeurs obtenues sont significativement différentes ($P < 0,01$), pour chacun des paramètres mesurés. Le nombre de feuilles est relativement plus important au niveau du morphotype 1 surtout lorsqu'il est multiplié par éclats de souche (214 feuilles), et au niveau des plants issus de la pépinière de boutures (193 feuilles). Les feuilles obtenues au niveau du

morphotype 2 ont donné un poids plus important pour la multiplication par souche ($P_f = 124,38$ g et $P_s = 111,84$ g), et les plantes issues de la pépinière de boutures ($P_f = 235,33$ g et $P_s = 211,80$ g). Aussi, après 6 mois de culture, le taux de survie le plus élevé a été obtenu au niveau plants issus du mode de multiplication par graines ($M1 = 92,98\%$ et $M2 = 95,27\%$) (Tableau 4).

Tableau 4. Production fourragère des plantes de *Lippia multiflora*.

Morphotype	Méthode	Mesure des paramètres de production fourragère			
		Ts (%)	Nf	Pf (g)	Ps (g)
Morphotype 1	Souches	67,53 $\pm$ 0,021 b	214 $\pm$ 6,75 a	45,66 $\pm$ 5,12 c	41,09 $\pm$ 5,11 c
	Pépinière de boutures	71,5 $\pm$ 0,023 b	193 $\pm$ 5,94 a	42,01 $\pm$ 4,77 c	37,81 $\pm$ 4,74 c
	Boutures plantées directement	4,8 $\pm$ 0,0042 c	59 $\pm$ 2,16 c	12,34 $\pm$ 0,36 d	11,11 $\pm$ 0,32 d
	Pépinière de graines	92,98 $\pm$ 7,34 a	95 $\pm$ 3,68 b	21,12 $\pm$ 0,8 d	19,01 $\pm$ 0,73 d
Morphotype 2	Souches	71,46 $\pm$ 0,23 b	94 $\pm$ 3,63 b	124,38 $\pm$ 11,67 b	111,84 $\pm$ 10,6 b
	Pépinière de boutures	61,94 $\pm$ 0,019 b	97 $\pm$ 3,71 b	235,33 $\pm$ 27,38 a	211,80 $\pm$ 25,6 a
	Boutures plantées directement	14,32 $\pm$ 0,0057 c	49 $\pm$ 1,34 c	46,46 $\pm$ 5,22 c	41,82 $\pm$ 5,04 c
	Pépinière de graines	95,27 $\pm$ 7,23 a	76 $\pm$ 2,03 b	108,36 $\pm$ 9,88 b	97,53 $\pm$ 8,47 b
F_{cal}		158,81**	179,18**	395,85**	391,68**
P_{cal}		0,00	0,00	0,00	0,00
P_{thér}		$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$	$\leq 0,01$

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,01$ selon le test de Tukey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative, Cal = calculer, théor = théorique.

Analyse en composantes principales : Les composantes principales de valeur propre supérieure à 1 (tableau 5) donnent une estimation du pourcentage de la variabilité représentée par chaque axe. Ainsi, les deux premières composantes (F1 et F2) ont été retenues pour décrire la variabilité totale des morphotypes, car elles représentent à elles seules plus de 80,65% de cette variabilité. Le premier axe (F1) décrit 58,02% de la variation. Les caractères fortement liés entre eux sont le nombre de feuilles (Nf) et les poids des feuilles (Pf et Ps). L'axe peut donc être interprété comme paramètre de la production fourragère. Le deuxième axe (F2) décrit 22,63% de la variation. Il associe le nombre de rejets (Nr) et le

Tableau 5 : Matrice des valeurs propres, corrélations entre les variables et les 2 axes révélés par l'analyse en composante principale normée (ACPN).

nombre de ramifications de la plante. A travers cet axe, c'est la vigueur reproductive qui est évaluée.

La projection des 16 points, représentant les 2 morphotypes utilisés, dans le plan défini par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales, permet de distinguer deux grands groupes de paramètres (Figure 3), qui sont ainsi caractérisés par le groupe 1, composé du nombre de rejets et du nombre de ramifications, surtout pour le morphotype 2 et le groupe 2, comprenant le nombre de feuilles et les poids des feuilles pour les deux morphotypes. Le regroupement des 2 groupes de paramètres se fait dans la partie négative de l'axe F1.

Paramètres	F1	F2
Valeur propre	9,28	3,62
Pourcentage de la variance totale	58,02	22,63
Pourcentage de la variance totale cumulée	38,01	80,64
Ts ₁	-0,485651	-0,579629
Nr ₁	-0,292343	0,906986
Ht ₁	-0,990002	-0,126560
Nf ₁	-0,946669	-0,273445
Pf ₁	-0,731976	-0,519869
Ps ₁	-0,731976	-0,519869
Ram ₁	-0,540473	0,801484
Dt ₁	0,239678	-0,458053
Ts ₂	-0,565483	-0,656729
Nr ₂	-0,650627	0,630233
Ht ₂	-0,917628	-0,056394
Nf ₂	-0,992775	0,057352
Pf ₂	-0,996276	0,028094
Ps ₂	-0,996276	0,028094
Ram ₂	0,495114	0,847615
Dt ₂	-0,199277	0,497259

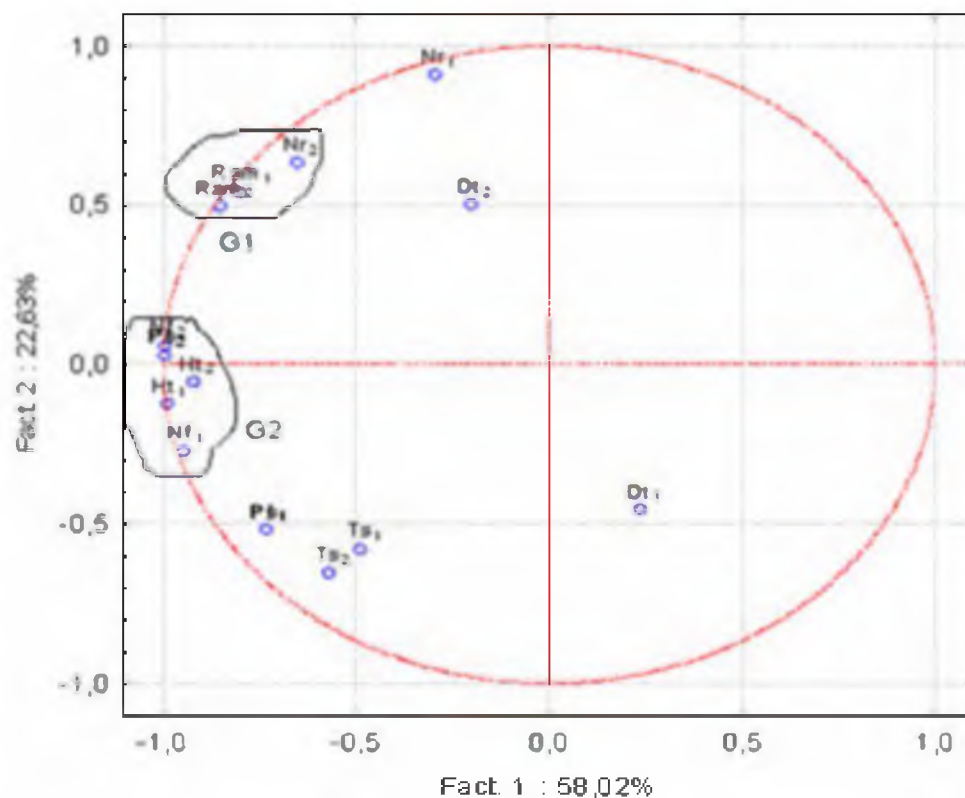


Figure 3. Cercle de communauté du plan factoriel F1-F2.

La matrice de corrélation de l'ACP (tableau 6) indique une corrélation positive entre Ram_1 et Ht_1 (0,08); Ram_2 et Ht_2 (0,94) qui vont vers la même direction; ce qui veut dire qu'elles sont les plus liées, et représentent donc la

vigueur reproductive. Il y a une corrélation positive entre le Nf_1 et Pf_1 - Ps_1 (0,77); entre Ps_2 - Pf_2 et Ram_2 (0,86) ce qui représente la production fourragère.

Tableau 5 : Matrice de corrélation de l'analyse en composante principale normée (ACP)

Variables															
Nr₁															
Ht₁	0,59														
Nf₁	0,64	0,04													
Pf₁	0,39	-0,35	0,77*												
Ps₁	0,39	-0,35	0,77*	0,8*											
Ram₁	0,23	0,8*	0,74	0,62	0,21										
Dt₁	0,39	-0,34	-0,15	-0,06	-0,12	-0,12									
Ts₂	0,98	-0,32	0,67	0,73	0,56	0,56	0,21								
Nr₂	0,21	0,87	0,59	0,46	-0,03	-0,03	0,97	-0,23							
Ht₂	0,22	0,12	0,90	0,87	0,86	0,86	0,61	-0,34	0,36						
Nf₂	0,4	0,32	0,97	0,92	0,72	0,72	0,81	-0,28	0,49	0,66					
Pf₂	0,42	0,3	0,98	0,93	0,74	0,74	0,8	-0,28	0,51	0,64	0,94**				
Ps₂	0,42	0,3	0,98	0,93	0,74	0,74	0,8	-0,28	0,51	0,64	0,94**	0,99**			
Ram₂	0,23	0,75	0,79	0,68	0,29	0,29	0,99	-0,32	0,23	0,94**	0,68	0,86*	0,85*		
Dt₂	-0,48	0,35	0,11	0,02	0,11	0,11	0,28	-0,26	-0,42	0,22	0,34	0,25	0,24	0,24	
Variables	Nr ₁	Ht ₁	Nf ₁	Pf ₁	Ps ₁	Ram ₁	Dt ₁	Ts ₂	Nr ₂	Ht ₂	Nf ₂	Pf ₂	Ps ₂	Ram ₂	Dt ₂

Ts = taux de survie, Nr = nombre de rejets, Hr = hauteur des rejets, Nf = nombre de feuilles, Pf = poids frais des feuilles, Ps = Poids sec des feuilles, Ram = ramification et Dt diamètre des rejets. * = corrélation significative à $P < 0,05$, ** = corrélation significative $P < 0,01$.

DISCUSSION

La comparaison du comportement des deux morphotypes de *Lippia multiflora* avait pour but de mettre en évidence les éventuelles interactions entre le mode de culture et les caractéristiques agronomiques des plants cultivés sur les ferralsols de Yamoussoukro. Les résultats montrent que les caractéristiques agronomiques des plants (vigueur reproductive et la production fourragère) varient significativement d'un morphotype à l'autre. Le taux de survie, qui est un paramètre essentiel dans le programme de domestication d'une plante, indique que quel que soit le morphotype, les plants issus du mode de multiplication par graine présentent le meilleur taux de survie. En effet, dès la germination, les graines émettent des racines pivotantes (pivots orthogéotropes) qui se développent rapidement, permettant ainsi aux jeunes plants de prospecter les horizons profonds du sol, afin d'accroître rapidement, l'efficacité de la fonction de nutrition hydrominérale de la jeune plante (Mguis et al, 2005). Ce taux de survie est très faible au niveau des boutures, quel que soit le morphotype. Pour Diatta et

Houmey (2007), l'absence de racines réduit la capacité d'absorption de l'eau, provoquant la rupture de l'équilibre hydrique et le dessèchement de la bouture mis directement en terre, ce qui confirme les résultats obtenus au niveau des boutures semées directement dans le sol. En ce qui concerne la croissance en hauteur, les plants du morphotype 1 sont relativement plus grands, mais moins ramifiées que ceux du morphotype 2. En effet, les relations établies entre les différents paramètres agronomiques indiquent de fortes corrélations positives entre le nombre de ramifications et la hauteur des plantes, quel que soit le morphotype. Concernant le développement global de *Lippia multiflora*, plus la plante grandit, moins elle se ramifie. Des résultats similaires ont été obtenus par Tessier et al. (2000), qui ont indiqué que le nombre de ramifications est significativement réduit suite à l'allongement de la plupart des plantes. L'allongement des entre-nœuds dépend souvent de l'approvisionnement en eau, mais également de la qualité de la lumière. En effet, les ferralsols de

Yamoussoukro, dominés par une relative richesse en sable, pourraient laisser passer l'eau de précipitation, dont ne bénéficieraient pas les racines de *Lippia multiflora* (Yao-Kouamé et al, 2009) mais aussi, une réduction de l'ensoleillement au niveau des entre-nœuds, accompagnée d'une modification de la qualité de la lumière, pourrait provoquer un fort allongement au niveau des plantes (Chaar et Colin, 1999). Cela pourrait expliquer la hauteur relativement importante au niveau des plantes du morphotype 2, car, la plupart des feuilles sont larges, couvre donc pratiquement les entre-nœuds, contrairement au morphotype 1, à petites feuilles, qui laisse passer la lumière. De plus, selon les

travaux de Ouedraogo et al. (2006), les plantes qui sont beaucoup ramifiées, comme cela est le cas pour le morphotypes 1, connaissent une diminution des produits de la photosynthèse, dont la conséquence est la compétition pour la lumière. Plus la quantité fourragère des plantes augmente, plus la demande individuelle des organes en matières organiques élaborées croît et la plante ne peut plus satisfaire ses exigences (Tessier et al. 2000). Par ailleurs, nos résultats ont montré une baisse significative du poids des feuilles au niveau des morphotypes 1, due certainement à l'effet de compétition.

CONCLUSION

Les différents travaux réalisés sur les modes de multiplication de *Lippia multiflora* montrent que les ferralsols, dont la texture est sableuse ou sablo – argileuse, avec un pH moyennement acide, ou neutre, conviennent parfaitement au développement de la plante. Il est possible de multiplier la plante par souche, bouture, et graines. Cependant, la multiplication par bouture est plus intéressante dans sa réalisation en

passant par l'étape de pépinière. Des trois modes de multiplication, celle réalisée avec les graines semble être la meilleure, car les plants obtenus sont plus résistants. Les plantes issues du morphotype 2 produisent plus de feuilles. Des essais de multiplication doivent se poursuivre sur d'autres types de sols notamment les cambisols où poussent naturellement la plante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abena AA, Diatéwa M, Gakosso G, 2003 Analgesic, antipyretic and anti-inflammatory effects of essential oil of *Lippia multiflora*. Fitoterapia 74: 231-6.
- Adjanohoun EJ, Ahyi MR, Aké-Assi L, 1988 Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques en République populaire du Congo. Paris, Edition ACCT, p. 531
- Aké AL, 2002. Flore de la Côte d'Ivoire: Catalogue systématique, biogéographique et écologie, 2. Boissiera 58, Mémoires de Botanique Systématique, 171 p.
- Alui KA, 2009. Comportement des différentes modes de multiplication de *Lippia multiflora* sur des ferralsols de Yamoussoukro en moyenne Côte d'Ivoire. DEA de Pédologie, Université de Cocody, Abidjan. 61p.
- Ambé GA, 2001. Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinké. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 5 (1): 43-58.
- Brou YT, 2005. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Cote d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologies de LILLE, 212 p.
- Chaar H. et Colin F, 1999. Développement en hauteur des régénérations de chênes sessiles. Rev. For. LI. 2. 341-354.
- Diatta S. et Houmey VK, 2007. Possibilité de bouturage chez *Maerua crassifolia* forssk (Capparaceae), un ligneux fourrager Sahélien. Afrique Science 03 (2) : 271-288.
- Etou-Ossibi AW, Nzonzi J, Mombouli JV, Nsondé-Ntandou GE, Ouamba J.-M, Abena AA, 2005. Screening chimique et effets de l'extrait aqueux du *Lippia multiflora* Moldenke sur le cœur isolé du crapaud. Phytothérapie N° 5: 193-199.
- Hondi-Assah TC, Abena AA, Kokolo J, 2003. Effets hépatoprotecteurs de *Lippia multiflora* et d'un phytomédicament congolais ; le Tétra R. Phytothérapie 1 (5): 135-40
- Jansen van Rensburg WS, Venter SL, Netshiluvhi TR, Ven Der Heever E, Vorster HJ and de Ronde JA 2004. Role of indigenous leafy vegetables in combating hunger and malnutrition. South Afr. J. Bot.; 70 (1): 52-59.
- Kanko C., Koukoua G., N'Guessan Y.T, Fournier J, Pradère J.P and Toupet L. 2004 Contribution

- à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) Comptes Rendus Chimie Volume 7, Issues 10-11, October-November 2004, pp. 1029-1032.
- Mguis K, Ksontini M, Rejeb MN, 2005. Etude du système racinaire de jeunes plants de *Quercus suber* L. (Chêne liège) dans des conditions semi-contrôlées. Les Annales de l'INRGREF, numéro spécial, 7 : 139-152.
- Oladimeji FA, Orafidiya OO, Ogunniyi TA, Adewunmi TA, 2000. Pediculocidal and scabicial properties of *Lippia multiflora* essential oil. J. Ethnopharmacol. 72(1-2): 305 - 311.
- Ossou KR, Yolou S, Boti JB, Guessennd KN, Koffi 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.
- Ouedraogo A, Thiombiano A, Hadjali-Hadjali K, 2006. Régénération sexuée de *Boswellia dalzielii* Hutch, un arbre médicinal de grande valeur au Burkina Faso. Bois et forêts des tropiques, n° 289 (3), 41-48.
- Shiundu KM, 2002. Role of African leafy vegetables (ALVs) in alleviating food and nutrition insecurity in Africa. *Afr. J. Food Nutr. Science* 2 (2): 97-99.
- Steyn NP, Olivier J, Winter P, Burger S, Nasamvuni CA, 2001. Survey of wild, green, leafy vegetables and their potential in combating micronutrient deficiencies in rural populations. *South Afr. J. Science* 97 (7/8): 201-207.
- Tessier M, Gloaguen J-C, Lefeuvre J-C, 2000. Influence des facteurs biotiques et abiotiques sur le développement et la reproduction de *Suaeda maritima* sur un marais salé. *CR. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/ Life Sciences* 323. 905-911.
- Thomassone R, Dervin C, Masson JP, 1993. Biométrie: modélisation des phénomènes biologiques. Paris, France: Masson. pp. 131-155.
- Watson L. et Dallwitz MJ, 1992. Les feuilles des usines fleurissantes: Descriptions, illustrations, identification et recherche documentaire, 14^{ème} Version, pp. 127-133.
- Yobi A, Henchi B, Mohamed N, Jendoubi R, 2009. Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum* L. *Plant genetic Ressources Nensletter*. No.127, pp 29 – 34.
- Yao-Kouamé A. et Allou K, 2008. Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 20 (1), pp. 97 – 107.
- Yao – Kouame A, Nangah KY, Alui KA, N'guessan KA, Yao GF, Assa A, 2009. Pedo-landscape and development of *Lippia multiflora* in the Southern Côte d'Ivoire. *Journal of Environmental Science and Technology* 2 (1)56-62.

Article 3

Yao – Kouame A., Nangah K.Y., **Alui K.A.**, N'guessan K. A., Yao G.F. and Assa A., 2009. Pedo-landscape and development of *Lippia multiflora* in the Southern Côte d'Ivoire. Journal of Environnemental Science and Technology 2 (1): pp 56-62.

Pedo-Landscape and Development of *Lippia multiflora* in the Southern Côte D'Ivoire

¹A. Yao-Kouame, ²K. Y. Nangah, ³K. A. Alui,
³K. A. N'Guessan, ³G. F. Yao and ³A. Assa

¹Institute National Polytechnique Felix Houphouet-Boigny (INP-HB),
Department of Earth Sciences and Mines Resources (SteRMi), Côte D'Ivoire

²Department of Sciences and Environment Management,
University of ABOBO-ADJAME, Côte D'Ivoire

³Department of Earth Sciences and Mines Resources,
University of COCODY, Côte D'Ivoire

Abstract: A study on geological, geomorphological, pedological, hydrological and botanical prospection was undertaken. The main focus was to identify the types of rocks, relief, soils, river and flora which characterize a suitable landscape for the growth of *Lippia multiflora*. The results obtained from this first investigation indicate that *Lippia multiflora* needs a savannah type environmental ecosystem with sandy soils derived from silico-aluminous rocks preferably developed in medium or base of hill topographical positions.

Key words: Domestication, pedo-landscape, savannah ecosystems, silico-aluminous

INTRODUCTION

Lippia multiflora (Savannah tea) is found in the Baoule V in the preforestry Ivory Coast and dwells on all the North savannah areas. The well known virtues and the multiples uses of *Lippia multiflora* (Savannah tea) strongly recommend turning it into a cultivated variety. However, cultivating this gathering plant requires a good knowledge of its natural environment, particularly a good understanding of the relationship between the areas of natural growth of *Lippia multiflora* and geological substratum, relief, vegetation and soil. Therefore, the present study has been undertaken to identify the litho-geomorpho-pedological formations or pedo-landscapes which characterize the natural environment of *Lippia multiflora*.

The pedo-landscape, also known as cartographic soil unit or typological soil unit is a volume of the pedological cover showing the same succession of horizons (Baize and Chretien, 1994). In fact, it has to do with a group of pedological horizons and parts of landscapes (vegetation, effects of humane activities, geomorphology, hydrology, native rocks or substrate), which space organization allow to define the whole or part of the pedological cover (Baize and Girard, 1995).

MATERIALS AND METHODS

Present study was conducted in the period of April to July 2008, in savannah regions on the middle and southern zones of Ivory Coast. The study was done on sites with both natural (Fig. 1) and experimentally grown populations of *Lippia multiflora* (Fig. 2) through pedological pits opened in different zones. Observations also targeted potential rock outcrops, microrelief and vegetation leveling. Pedological pits of 1.5 m deep and 0.80 m wide were opened every 100 m on toposequences

Corresponding Author: Yao Kouame Albert, Institute National Polytechnique Felix Houphouet-Boigny (INP-HB),
Department of Earth Sciences and Mines Resources (SteRMi), 06 BP 688 Abidjan 06,
Cote D'Ivoire Tel: 22507921015



Fig. 1: Natural populations of *Lippia multiflora*, (a) Zénoufla, (b) Tournodi and (c) Yamoussoukro



Fig. 2: Behavioral trial on *Lippia multiflora* at Yamoussoukro

established on the basis of azimuthal directions as described by Boulet *et al.* (1982). For better understanding of the experimental zone, the vegetation and the geological formations along the toposequences were identified and characterized. Azimuthal directions were determined using a compass and the coordinates of the experimental pedological pits were obtained by General Positioning System (GPS) (Garmin V). The GPS was also used previously for the topographical levee.

RESULTS

Geological Substratum

Some *Lippia multiflora* species were found in Anikro's conglomerative type zones or in the volcano-sedimentary zones of the Blafo-Gueto birrimian. However, most of the plant populations were found on lands derived from a granitic substratum, mostly leucogranites with mica and quartz (Fig. 3).

Topography

The natural populations of *Lippia multiflora* were mostly observed in base of hill topographic environment, on a strip of land comprised between 75-100 to 350-400 m from the bank of the river (Fig. 4). Some populations were found in mi-slope position, rarely at the summit.



Fig. 3: Geological formations observed on the different sites of natural populations of *Lippia multiflora*. (a) Granitic outcrops at Yamoussoukro; (b) Granitic outcrops crossed by a quartz sill at Zuénoula and (c) Cuirassed quartzite blocks at Yamoussoukro (Tolèyaokro)

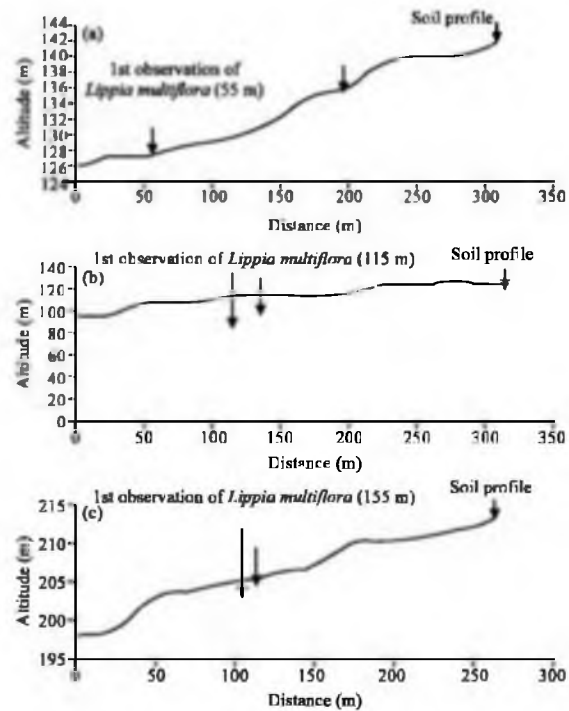


Fig. 4: Topographical positions of *Lippia multiflora* plants(Verbenaceae); (a) Road of Toumodi to Dimbokro (I2T); (b) Road of Abidjan to Toumodi (Assounvouè) and (c) Yamoussoukro (INP-HB)

Hydrography

Areas where the savannah tea naturally grows are run by waterways which are generally affluent of more or less important rivers drying up during severe droughts.

Vegetation

Natural populations of the *Lippia multiflora* are always associated with the presence of some typical plants as shown in Table 1 and Fig. 5. This has been observed anywhere in the present study.

Human Activities

The presence of some plants species like *Imperata cylindrica* along with the natural populations of *Lippia multiflora* is generally an indication of a loss of fertility. As a result, land with *Lippia multiflora* are often let lie fallow. They may be also leave for livestock grazing, particularly when species of the genus *panicum* are present.

Soil

Lippia multiflora tends to growth on a wide range of lands, particularly on sandy and rejuvenated lands, even on lands changing to hardened or deeply cuirassed (Fig. 6). Most of the soils investigated in the present study exhibited the following descriptive characteristics: medium to low humidity; brown dark to brown red color (2.5 to 7.5 YR YR), mostly spotted; a sandy-clayish to clayish-sandy texture, with medium to coarse particles and a clay content of 10-15% in surface horizons and 60-90% in depth; a medium to good porosity; presence of number of millimetric roots preferentially oriented sub-horizontally; a sub-angular polyhedral structure with a granular appearance at the root levels; a medium to strong coherence due to the presence of several coarse particles (70-80%), particularly nodules, concretions and quartz grains which tend to agglomerate and indurate. Theses soils are approximately 1 m deep.

Table 1: Typical plants species associated with natural populations of *Lippia multiflora*

Genus and species	Family
<i>Aframomum latifolium</i>	Zingiberaceae
<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae
<i>Bridelia ferruginea</i>	Euphorbiaceae
<i>Cochlospermum planchon</i>	Cochlospermaceae
<i>Crossosperix febrifuga</i>	Rubiaceae
<i>Eriosema glomeratum</i>	Fabaceae
<i>Ficus capensis</i>	Moraceae
<i>Fimbristylis exilis</i>	Cyperaceae
<i>Fluggea virosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Hyparrhenia dissoluta</i>	Poaceae
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae
<i>Loudetia arundinaceae</i>	Poaceae
<i>Nauclea latifolia</i>	Rubiaceae
<i>Panicum maximum</i>	Poaceae
<i>Parkia biglobosa</i>	Mimosaceae
<i>Penisetum polystachion</i>	Poaceae
<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fiabaceae
<i>Piliostigma thonningii</i>	Caesalpinaceae
<i>Pseudarthia hookeri</i>	Fabaceae
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	Fiabaceae
<i>Tephrosia bracteolata</i>	Fabaceae
<i>Terminalia glaucescens</i>	Cambietaceae
<i>Uraia picta</i>	Fabaceae
<i>Vernonia guineensis</i>	Asteraceae
<i>Waltheria indica</i>	Sterculiaceae

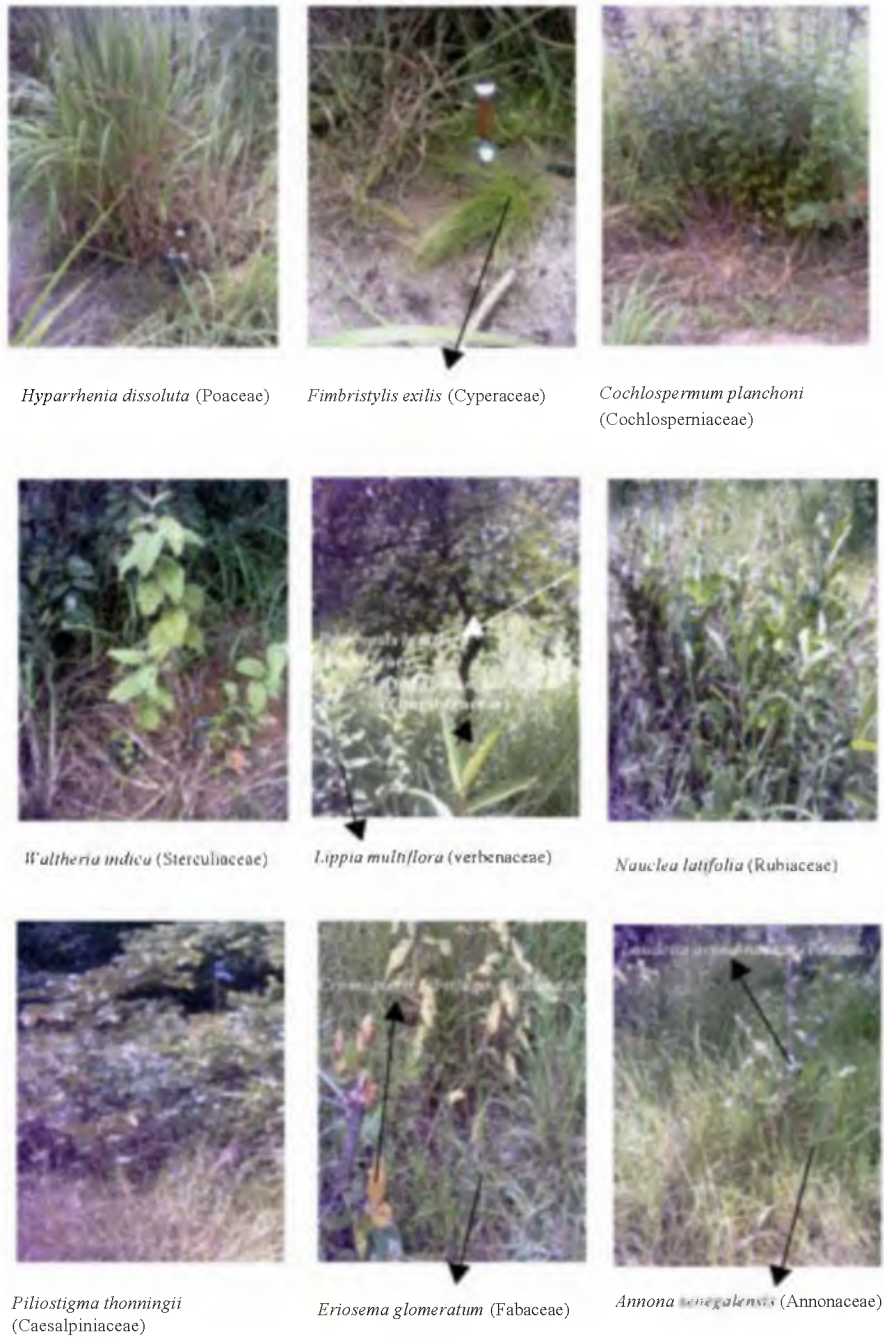


Fig. 5: Some typical plants found on the sites of natural populations of *Lippia multiflora* (Verbenaceae)



Fig. 6: Soil profiles

DISCUSSION

The sandy structure and the high content in coarse particles observed in the soils under study are the result of the alteration of the silico-aluminous rocks of the geological substratum. This has led to the development of a siliceous environment where *Lippia multiflora* could grow easily, confirming its psammophilic nature. A strong ability of *Lippia multiflora* to grow on this type of soil, known as highly permeable and filtering was clearly shown in present study.

The presence of high number of natural populations of *Lippia multiflora* on medium and base of hill could be attributed to the disintegration of rocky formations in siliceous particles followed by their transportation at lower topographic levels, where they contribute to the formation of the sandy and porous soils.

From the present study, it seems that one should consider taking into account the existence of this geomorphological substratum as suggested by Wright *et al.* (2004) and focus on the continuum variation rather than cutting into distinguish layers and the establishment of a link between the variability of the functional diversity of plant populations and the ecosystem properties. Despite their high content in siliceous sandy, soils derived from the transformation of the geological substratum of the natural environment of *Lippia multiflora* seem to contain essential nutrients for the growth of this plant. This is supported by several scientific reports showing the importance of adequate mineral nutrition on the biomass production and the overall productivity of *Lippia multiflora* (Langer, 1959; Duru *et al.*, 2000). Adequate mineral nutrition generally favors more development of thallus in *Lippia multiflora* due to an increase of the number of thallus reaching the double-ripple step (Duru *et al.*, 2000; Duru, 2003). It is well known that soil is a particular ecosystem consisting of different plants, animals and microorganisms functioning together with all the non-living physical

factors of the environment. As a result, soil would be considered as the most important factor having an impact on the differences observed between *Lippia multiflora* natural populations. Soils is were begin all the first steps of the food chain including protein production by microorganisms from mineral nitrogen, water and mineral nutrition of plants, which in turn synthesize carbohydrates from atmospheric CO₂. As stated by Baize *et al.* (1990, 1992), soil makes live, live makes soil and soil diversity makes the overall diversity of biotopes and landscapes.

The vast majority, if not almost all plants observed in the natural environment of *Lippia multiflora* is made up of specific plant species savannah ecosystem, which disappear as soon as settled a forest climax and because these plants live with *Lippia multiflora* proves that it is indeed a savannah plant, which eloquently justifies his other name savannah tea.

CONCLUSION

The present study on the pedological landscape of *Lippia multiflora* shows that this plant naturally grows on mainly sandy soils, well organized, with coarse particles derived from the transformation of silico-aluminous geological substratum. These soils were found to be deep and located in medium or base of hill positions. Beside the litho-geomorphological and geological characteristics, the environment of *Lippia multiflora* is often characterized by the presence of some typical plant species of savannah ecosystems.

REFERENCES

- Baize, D., M.C. Girard, A. Ruellan and J. Boulaine, 1990. The new French reference base for soils pedological references. Basic concepts and special features. 14th International Congress of Soil Science, August 12-18, Kyoto, Japan, pp: 16-21.
- Baize, D., M.C. Girard, J. Boulaine, C.L. Cheverry and A. Ruellan, 1992. Why a Pedological References? Definition of References Horizons. 1st Edn., INRA, Paris (FRA), ISBN: 2-7380-0410-5, pp: 80.
- Baize, D. and J. Chrétien, 1994. Pedological area of a sinemurian plateforme in Bourgogne-morphological et pedo-geochemical features. *Study Soil Manage.*, 2: 2-28.
- Baize, D. and M.C. Girard, 1995. Pedological References. 1st Edn., INRA, Paris, ISBN: 2-7380-06633-7, pp: 332.
- Boulet, R., A. Chauvel, F.X. Humbel and Y. Lucas, 1982. Structural analysis and cartography in pedology. I-Taking into account the bidimensional organization of pedological area: Toposequences studies and their main contribution to soil knowledge. *Cah. Orstom Ser. Pedol.*, XIX: 309-321.
- Duru, M., V. Delprat, C. Fabre and E. Feuillerac, 2000. Effect of nitrogen fertilizer supply and winter cutting on morphological composition and herbage digestibility of a *Dactylis glomerata* L. sward in spring. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 33-42.
- Duru, M., 2003. Effect of nitrogen fertilizer rates and defoliation regime on the vertical structure and composition (crude protein content and digestibility) of a grass sward. *J. Sci. Food Agric.*, 83: 1469-1479.
- Langer, R.H.M., 1959. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense* L.). V. Growth and flowering at different levels of nitrogen. *Ann. Applied Biol.*, 47: 740-751.
- Wright, I.J., P.B. Reich, M. Westoby, D.D. Ackerly, Z. Baruch and F. Bongers *et al.*, 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428: 821-827.

Deux (2) articles publiés en rapport avec la thématique

Article 4

N'guessan K A, Yao-Kouamé A, Ballo K C et **Alui K A**. 2010. 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. Journal of Applied Biosciences 33, pp. 2047 – 2056.



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 : n'guessanantoine1@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 (réparties 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 a 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 ^c	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±0,13c	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, Diatawaa 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, Guessennd 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, Nguemeni 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.

Article 5

EKISSI A.C., YAO-KOUAME A., KONAN A.G., ALUI K.A., AGBO N.G. and KATI-COULIBALY S. 2013. Manufacturing process and various uses of savannah herbal tea (*Lippia multiflora*) in Côte d'Ivoire. Asian Journal of Rural Development. 3(8). Pp. 597-608.



Manufacturing Process and Various uses of Savannah Herbal Tea (*Lippia multiflora*) in Côte d'Ivoire

EKISSI Alice Christine

Laboratory of Biochemistry and Food Sciences, Faculty of Biosciences, University Felix Houphouet
Boigny of Cocody-Abidjan, Abidjan 22 (225) Côte d'Ivoire
Swiss Center for Scientific Research in Côte d'Ivoire 01 PO Box 1303 Abidjan 01. (225) Côte d'Ivoire

YAO-KOUAME Albert

Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, University Felix Houphouet Boigny of Cocody-
Abidjan Abidjan 06, Côte d'Ivoire

KONAN Amon Georgette

Laboratory of Biochemistry and Food Sciences, Faculty of Biosciences, University Felix Houphouet
Boigny of Cocody-Abidjan, Abidjan 22 (225) Côte d'Ivoire
Swiss Center for Scientific Research in Côte d'Ivoire 01 PO Box 1303 Abidjan 01. (225) Côte d'Ivoire

ALUI Konan Alphonse

Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, University Felix Houphouet Boigny of Cocody-
Abidjan 06 Abidjan 06, Côte d'Ivoire

AGBO N'Zi Georges

Laboratory of Biochemistry and Food Sciences, Faculty of Biosciences, University Felix Houphouet
Boigny of Cocody-Abidjan, Abidjan 22 (225) Côte d'Ivoire

KATI-COULIBALY Séraphin

Laboratory of Nutrition and Pharmacology, Faculty of Biosciences, University Felix Houphouet
Boigny of Cocody-Abidjan, Abidjan. Côte d'Ivoire

Abstract

This study aims at determining the manufacturing process of tea from *Lippia multiflora* collected in Côte d'Ivoire and describe its various uses. A survey was conducted among pickers, sellers and consumers in five cities (Abidjan, Yamoussoukro, Toumodi, Katiola and Bondoukou). The results show that (92.11%) of the women harvesting tea, cut leafy stems at tea tree base, (80.65%) carry their harvests on the head and (60.95%) dry their harvest from 1 to 3 days or 7 days. The harvest period ranging from April to August is the most important one (80.15%). In Abidjan, the use of *Lippia multiflora* as food is 79.80 % and in other areas of the country, it is used for both food and medicine with the respective frequencies of 46.56 and 46.44 % and its insecticidal use represents only (6.16%). It appears from this survey that the leaves of *Lippia multiflora* are most used by consumers; the manufacturing of this herbal tea is performed according to traditional process. The savannah tea has nutritional, insecticidal and medicinal values. It would be better to afford the opportunity to transform the leaves of *Lippia multiflora* in tea in order to have a crop with a high added value.

Keywords: *Lippia multiflora*, Savannah Tea, Herbal tea, Tea

Corresponding author's details:

Name: EKISSI Alice Christine

Email address: ekissialicec@gmail.com

Introduction

Lippia multiflora (Verbenaceae) is a very fragrant perennial herb, which grows wild in savannah areas, on account of this; it holds the common name of savannah tea. It is almost found everywhere in the Sudan savannah of West and Central Africa (Jim *et al.*, 2001). In Côte d'Ivoire, *Lippia multiflora* (verbenaceae) is found in the central and northern part of the country. The leaves of savannah tea are generally consumed in the form of hot drink. They are used for the treatment blood pressure, malaria and diarrhea, in traditional and modern medicine etc. (Ouedraogo, 1986; Benoit-vical *et al.*, 1996; Oussou *et al.*, 2008) and also have insecticidal activities on mosquitos and weevils (Koumaglo *et al.*, 1996). Through its values and commercialization in Côte d'Ivoire (N'guessan and Yao-Kouamé 2010), the use of *Lippia multiflora* it drunk from rural and urban areas. Despite these multiple uses, savannah tea is a harvesting plant. The manufacturing process of the leaves in tea and practices linked to its consumption are not well-known. The present study aims at identifying all practices related to the consumption of *Lippia multiflora*, its use and the manufacturing process of its leaves in herbal tea in order to better know and develop it.

Material and Methods

Study areas and target

The survey was carried out in the central, north-eastern and southern part of Côte d'Ivoire, sellers of *Lippia multiflora* herbal tea. Harvesters and consumers have been the main target. Various investigations were conducted in five cities including: Yamoussoukro, Toumodi (Central region), Katiola (Central-Northern Region), Bondoukou (North-Eastern) which are spontaneously the growing areas of *Lippia multiflora*, and Abidjan (Southern Region) which is not a growing area of this plant, is a center of consumption, particularly in the districts of Yopougon, Abobo, Adjamé and Cocody. 150 people were interviewed, including 50 (sellers and / or harvesters) and

100 consumers per city and in other districts of Abidjan. About, 1200 people were interviewed.

Methods

The information was obtained through interviews with natives or people who spent a better part of their life in the areas of natural production of *Lippia multiflora* such as Bondoukou, Yamoussoukro, Toumodi and Katiola. For this first phase (stage), we conducted an exploratory investigation, with no formalized questionnaire in the purpose (order) to be familiar to the study area (town) and the local language. During meetings with residents, we have attempted to obtain general information about the plant, including its name in the local language, the method of collection and storage, transportation means, drying method, drying time, periods of harvesting, etc. The information obtained through this first phase (stage) allowed us to establish a survey sheet. The second phase (stage) was conducted in the cities of Bondoukou, Yamoussoukro, Toumodi, Katiola and Abidjan and was based on a survey sheet submitted to individuals through interviews. That study lasted four months (June to September 2010). The time spent on each interview was approximately 10 to 20 minutes. The survey sheet was a questionnaire highlighting information related to the origin of interviewed people, the method of harvesting, storage, drying, drying time of savannah tea, harvest time; different uses, the local name and the acquiring method of herbal tea.

Statistical analyzes of data

On a total of 1200 survey sheets, 180 with uncompleted answers had to be eliminated. Thus, 1020 answer sheets collected were statistically analyzed. The information collected was included in an Excel file and then transferred into a database, processed by the Epi Info 3.5.1 software for standardized data. These data were then analyzed using the Statistica 7.1 software.

Results and Discussion

Results

Methods of harvesting, storage, drying tea and savanna harvest periods

The results in figure 1 show that cutting fresh leafy stems at the base of savanna tea tree is the most used collection method by harvesters (92.11 %). The method of collection leaves by leaves and roots stump are respectively very low, 4.64 % and 3.25 %. For storage during harvest, the most common method used is storage on the ground (ground storage) (45.87 %), followed by the storage in plastic bowls (29.42 %) and gunny bags (20.96 %). For the transportation of harvested leaves, the survey showed that the majority of harvesters (80.65%) carry their harvest on the head, and only 19.35 % use motors as transportation means. Concerning the drying method, it should be noted that 38.23 % dry their harvest on cemented areas, 31.50 % on the sidewalks on the ground, 25.46 % harvesters dry leaves

on plastic bag and only 4.69 % dry on roofs. As far as drying time is concerned, most women (60.95 %) dry their harvest for 1 to 3 days, 18.14 % do so for a week (7 days), 9.85 and 10.92 % respectively do it in 4 and 5 days. After drying, 60.39 % of women store the herbal tea in jute bags and 39.56 % in sheds.

This information allowed us to establish the traditional manufacturing process of the savannah herbal tea (figure 2). This figure shows that the leaves (herbal tea) are the most widely used part and is used in three forms (whole leaves, cut and crushed leaves).

Analysis of the information collected (figure 3) shows that the period from April to August is the large harvests (80.15 %), followed by the period from September to December (16.68 %). January to March is the lowest harvesting activity period with a frequency of 3.17 %.

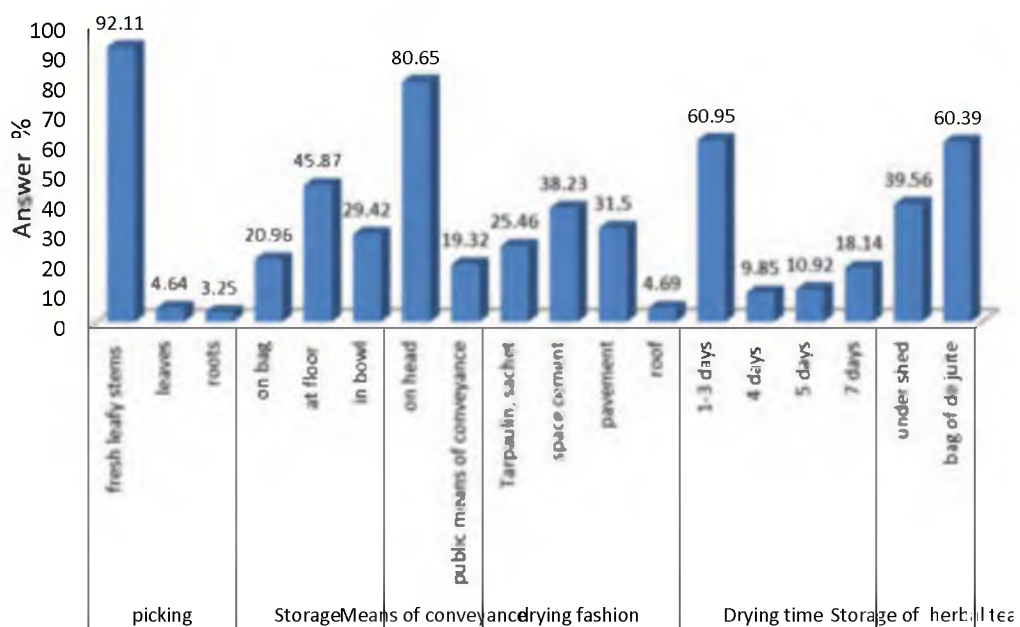


Figure 1: Percentage of responses of harvesting, means of conveyance, storage and drying tea of *Lippia multiflora*

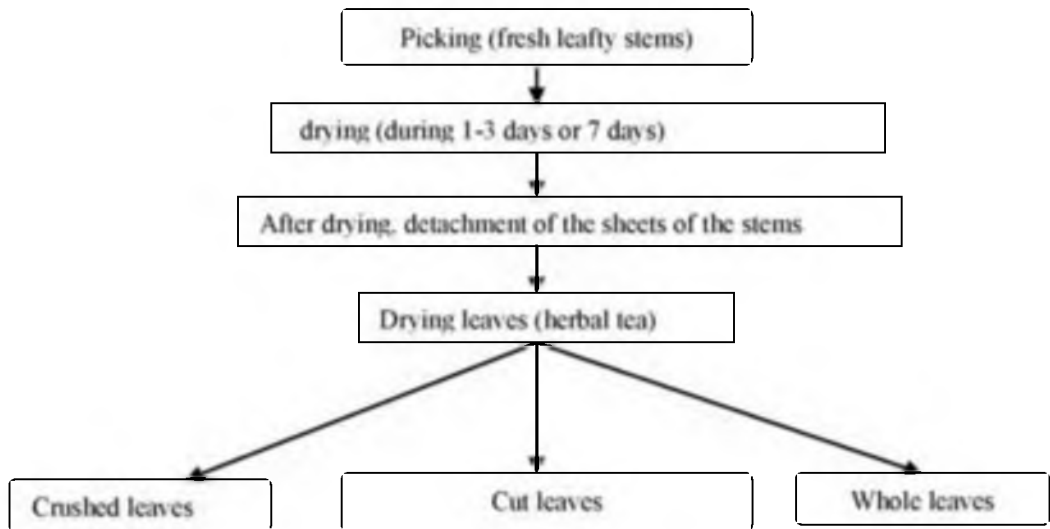


Figure 2: Traditional manufacturing process of the savannah herbal tea of *Lippia multiflora*

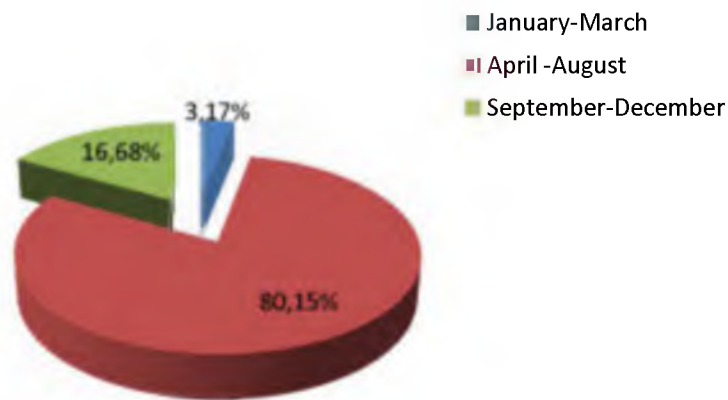


Figure 3: Harvesting periods of Savannah tea tree leaves

The different uses of savannah tea tree

Figure 4 shows the different uses of savannah tea tree. The analysis of this figure outlines three main uses of this plant such as: medicinal, nutritional and insecticidal uses. It should be noted that in cities where savannah tea grows, it is used for food and medicine with identical

frequencies of 46.56 and 46.44 %. The plant is used as an insecticide at a very low rate (6.16 %). In Abidjan, the use of the plant as food is more common with a percentage of 79.80 %, followed by its medicinal use (20.19 %) and its insecticidal use (0.32 %).

Local name and various uses of (*Lippia multiflora*) by ethnic group

Table I indicating the local name and the various uses of savannah tea tree (*Lippia multiflora*) by ethnic group shows that, the vernacular name of the savannah tea tree depends on the ethnic group. Savannah herbal tea is consumed as hot drink (tea). In Bondoukou (North-Eastern), apart from being used as hot drink (tea) the leaves are

used to flavor sauces and are added in fresh meat during cooking. It arises from the information collected that this plant is used to treat several diseases (malaria, cough, bad cold, diarrhea, muscles relaxant, diuretic, headaches, and hypertension) and to drive out mosquitoes by some ethnic groups such as: Gouros and a tribe (gôdè) of Baoulé ethnic groups.

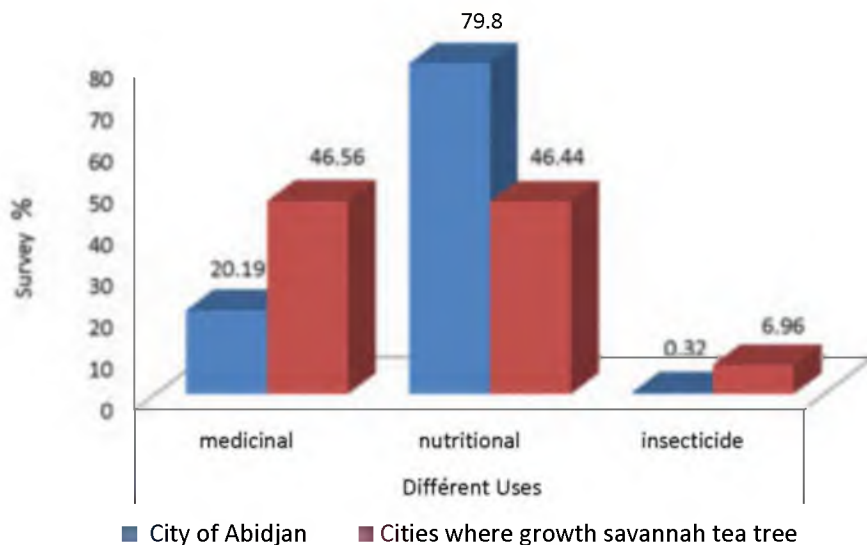


Figure 4: Different use for *Lippia multiflora*

Table 1: Local names and various uses of savannah tea tree (*Lippia multiflora*) by ethnic group

Cities	Ethnics	Local language	Nutritional use	Medicinal Use	Insecticidal use
Yamoussoukro and Toumodi	Baoulé	blomangninin or catchènoumangninin or tchouanmangninin	Hot drink (tea)	malaria, cough et bad cold (add lemon) healing and anti-infectious properties (tummy sore after childbirth (add pepper)), diarrhea, digest, muscle relaxant, diuretic, headaches, stomach- aches and hypertension.	Drive out mosquitoes
Katiola	Tagbana	kpatrenou wêrê or kpatihi	Hot drink (tea)	Malaria, cough and bad cold (add lemon), healing and anti-infectious properties (tummy sore after childbirth (add pepper), diarrhea, digest, stimulates appetite, muscle relaxant, diuretic, headache, stomachaches and hypertension	
Bondoukou	Lobi Koulango	Dobè Ankpayor or Ankpayin	Hot drink (tea). used to flavor sauces and added in fresh meat during cooking	Malaria, cough and bad cold (add lemon), healing and anti-infectious properties (tummy sore after childbirth (add pepper), diarrhea, digest, muscle relaxant, diuretic, headaches, stomach aches, hypertension and stimulates the appetite.	
Strangers of surveyed cities	Dioula Gouro Sénoufo	Kinkeliba or Sougbanbrou or Sougouligban Fonhon ponzô	Hot drink (tea)	Cough and bad cold (add lemon), digest, muscle relaxant, diuretic, headaches, stomach aches, hypertension, facilitates digestion.	Drive out mosquitoes Gouros

Preparation method, frequency and period of consumption of savannah tea

Figure 5. shows the percentage of responses collected according to the preparation method, the frequency and the period of consumption of the savannah tea in the city of Abidjan (Center of non-settlement of the plant) and the leaves harvest Center.

The decoction is the most common method of preparation with percentages of 92.52 % and 86.19 % in Abidjan and in cities where the savannah tea tree grows.

55.06 and 80.88 % of the surveyed people respectively consume the herbal tea once a day respectively in the cities where the plant grows and in Abidjan. 37.98 % of questioned people in the cities where savannah tea grows have a frequency of two (2) times consumption a day compared with 16.04 % in Abidjan.

Evening is the most frequent period of consumption, with rates of 71.35 and 80.04 % respectively in the cities where the savannah tea plant grows and in Abidjan. This is followed by consumption in the morning, practiced by 19.17 % of the people surveyed in Abidjan and 25.44 % in the cities where savannah tea plant grows.

It should be noted that the consumption is mainly based on dry leaves (99 % in Abidjan and 92.25 % in cities where savannah tea plant grows). The consumption of fresh leaves is only 7.75 % in the cities where savannah tea plant grows and 1 % in Abidjan.

Acquisition of savannah herbal tea

The Acquisition of savannah herbal tea recorded in Figure 6 shows that 88.83 % (cities where

savannah tea grows) and 99.02 % (in Abidjan) get herbal tea by purchasing it. In cities where the plant grows, 12.17 % of questioned consumers acquire herbal tea through harvesting.

The rate of people carrying out this method of acquisition is very low in Abidjan (0.98 %). Concerning the purchasing place we have respectively, 98.92 and 100 % in the cities where it grows and in Abidjan. All the interviewees purchase herbal tea in the market and only 2.08 % are in supermarket in Abidjan. In all study areas, the price ranging from 25-50 F CFA (~ 20 g tea bag) is the most used with percentages of 94.91 and 83.14 %, then comes the 100 F CFA (~ 20-50g tea bag), with frequencies of 5.18 % in Abidjan and 15.9 % in urban areas where and it grows and finally the price of 410 CFA (20 g tea bag) with a percentage of 1.54 % only in Abidjan supermarket.

According to surveyed people on the processing of savannah tea leaves in tea. It should be noted that 90.14 % and 95.24 % respectively in cities where savannah tea grow and Abidjan, some among the surveyed people would like it to be the transformed in herbal tea. However, 8.86 and 3.86 % respectively in the cities where it grows and in Abidjan did not want its transformation. 67.65 % of surveyed consumers in cities where savannah tea grows and 57.16 % in Abidjan would like to buy it at the amount of 20 F CFA (2 g). Then, 25.15 % (Abidjan) and 20 % (cities where savannah tea grows) would like it at the amount of 25 F CFA (2 g), then 16 % and 10.02 % respectively would like to buy it at the amount of 50 FCFA (2 g).

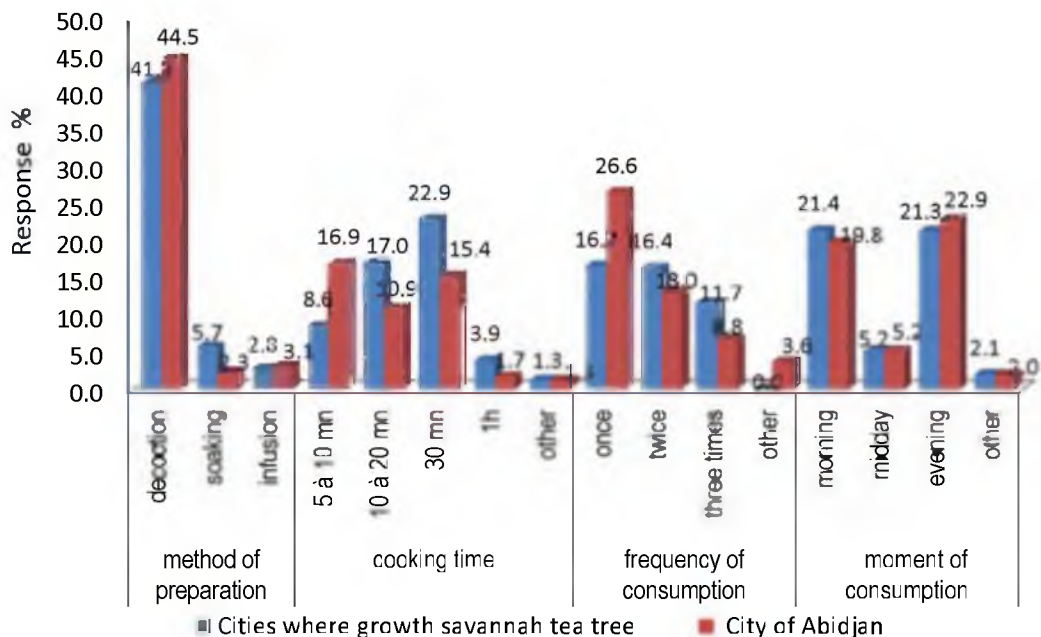


Figure 5: Percentage of responses according to the method of preparation, the frequency and the period of consumption of savannah tea

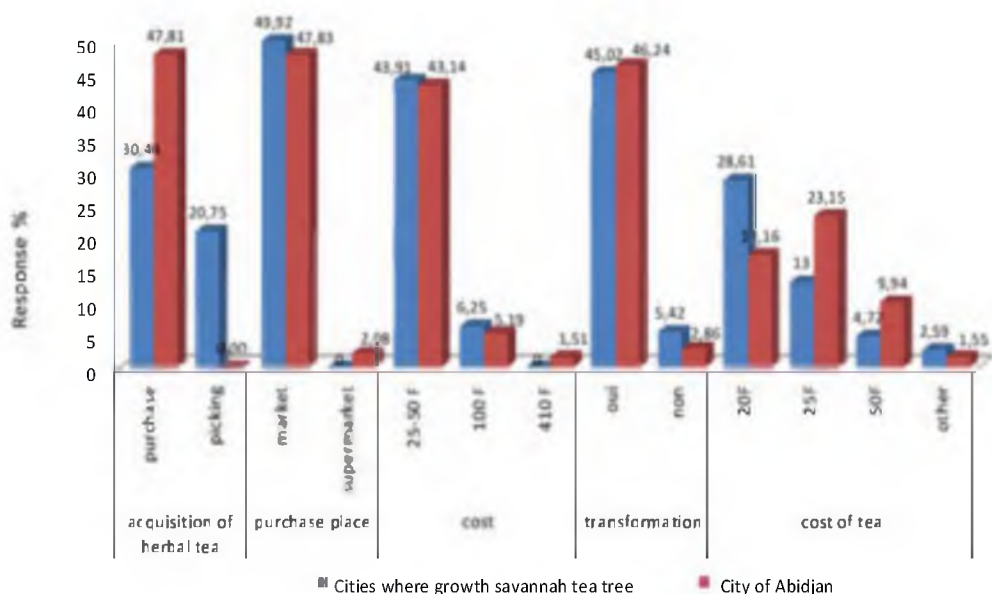


Figure 6: Percentage of survey according to the acquisition, purchase place, transformation, cost of herbal tea and tea

Discussion

Collection and transformation of savannah tea leaves in herbal tea and harvest period. The most harvesting method used, is to cut the fresh leafy stems at the shrub base. This practice can be explained by a desire to gain time for the actors of this field. However, the sustainability of such practice could entail in the short run, a threat to the survival of the savannah tea tree which is a wild plant. Moreover, the abuse of this method of harvesting has led to the disappearance of large harvesting sites at Toumodi and Katiola.

The transportation of harvests as bundles carried on head, the drying and outdoor storage conditions, practiced by the majority of women, showed that the transformation of savannah tea tree as a herbal tea remains a traditional activity. Drying conditions on the ground and in the air, exposed leaves to contamination by microorganisms and other forms of food contaminants. This analysis is confirmed by the study of (Hanson *et al.*, 2011), who observed the presence of the genus *Bacillus* in *Lippia multiflora* herbal tea. The drying time is variable, as this step depends on sunlight, temperature and ambient humidity, the quantity of leaves to be dried and the drying surface. Among the different parts of the plant, the leaves are most commonly used. This result is in agreement with those of (N'guessan *et al.*, 2009). These authors have shown that the leaves are the main sought parts in plants. The peak harvest of leaves observed in the period from April to August could be explained by the fact that at that time the plant is growing, it has healthy leaves, less perforated by insects. This result also shows that this is the most conducive period for leaves collection. The period from September to January, represents a small harvesting activity, which could be justified by the flowering of plants, perforating leaves by insects, dried leaves by drought, as well as bushfires. The period from February to March, is the lowest harvesting period due to plant regrowth.

Different uses of savannah tea tree

In the nutritional level, the information from the survey show that the savannah herbal tea is a hot drink consumed as tea, this result agrees with those of (N'guessan and Yao-Kouame, 2010;

Kanko *et al.*, 2004a) who reported that the infusion of *Lippia multiflora* is used as tea. In Bondoukou (North-Eastern), in addition of being consumed like a hot drink, the leaves are used to flavor dishes namely sauces and fresh meat. This result demonstrates the flavoring properties of Savannah tea leaves (Kanko *et al.*, 2004b), the author describes the leaves of *Lippia multiflora*, as leaves with characteristic and pleasant flavoring, it could open the way for their use in food industry as additive. In the city of Abidjan, this plant is used for its nutritional and medicinal properties. This is because the consumers of Abidjan are more attracted by its pleasant flavoring they assimilate to citronella. However, in the harvesting cities of savannah tea, the use is as nutritional as medicinal, certainly due to the fact that, that plants are still a source of traditional medical care in these areas. This suggestion is in accordance with that of (Bissangou and Ouamba, 1997). According to these authors, in Africa *Lippia multiflora* Moldenke plays a key role in traditional healing. People use this plant to treat malaria, diarrhea, as indicated by the results of (Benoît-vical *et al.*, 1996; Oussou *et al.*, 2008). Moreover, apart from its ability to treat hypertension, indicated by (Ameyaw, 2009; Etou-Ossibi *et al.*, 2005), to fight against coughs, to allow muscle relaxation and its laxative nature (Mwangui *et al.*, 1993; Abena *et al.*, 1997).

Information from the survey also indicates that the savannah tea tree is used to treat other diseases, including urinary tract infections. This information also shows that the Savannah herbal tea is also used for its anti-infective, healing and diuretic properties. Besides the food and medicinal properties, the leaves of savannah tea are used to repel mosquitoes and perfume houses in Gouros and baoule (gôde) ethnic groups. This statement is in accordance with that of (Kanko, 1995; Koumaglo *et al.*, 1996; Tia *et al.*, 2011). These authors, indeed, highlighted the pesticide properties of the essential oil of *Lippia multiflora*. Similarly (Bissangou and Ouamba, 1997) have emphasized that the extract of *Lippia multiflora* was the object of a test of formulation like insecticide. Which use, remains however limited or minor.

Preparation and consumption of savannah herbal tea

Savannah tea leaves are mostly prepared as decoction and are orally administered. This result is in accordance with those of (Abena *et al.*, 1997; Kunle and *al.*, 2003; Ameyaw, 2009) indicating that savannah tea is often used in form of decoction and as a conventional tea in Congo. The cooking time is 30 min, in places where savannah tea grows, while in Abidjan, the highest time is 10-20 min. This difference could be explained by the fact that the majority of the population of the cities where savannah tea grows, cook food on charcoal. Whereas, in Abidjan, the cooking is done on gas fire or coal.

The consumption frequency in Abidjan is once a day, and the preferred time is evening, as it is usually used to fight against tiredness and to relax. In other cities, those morning and evening, have different functions. The two consumptions that of the morning and the evening have different functions. In fact, herbal tea is preferably consumed in the morning, in the form of tea for breakfast (Georges, 1989; N'guessan and Yao-Kouame 2010.). It is taken in the evening to remove tiredness (Kunle *et al.*, 2012) the stress of the day, and is also constitutes a means of gathering, sharing and exchange after evening meal (Mamadou, 2008).

The several use of savannah tea within the country (areas of regrowth) shows that this plant is widely used by local people than those of Abidjan. This result is in accordance with those of Valentin *et al.* (1995); Pascual *et al.* (2001). For these authors, the gender *Lippia* is widely used by local people. In all areas of the survey, the most commonly used forms are dry leaves. In Abidjan, the purchase prices of these leaves are 25-50 and 100 CFA (~ 20g bag of herbal tea) with the sellers of the market. These results are in accordance with those of N'guessan and Yao-Kouame (2010). However, some inhabitants of the city of Cocody (Abidjan) buy them in supermarket. This form of acquisition of herbal tea is explained by the fact that these people of higher standard of living rather attend these modern markets.

Purchasing intentions of tea from savannah tea leaves

The large majority of the surveyed people would like savannah tea leaves to be processed in form of tea, which shows the people great interest to this plant, the concern of upgrading it and prevent its extinction. The prices intended to the finished products (tea) are 20 F or 25 F (2g). These prices are the same charged for tea on markets.

Conclusion

The investigations carried out in the five cities of the Côte d'Ivoire on savannah tea (*Lippia multiflora*) have described the traditional process of manufacturing herbal tea. The vernacular name of savannah tea varies from one ethnic group to another. The period from April to August is the leaves large harvests, which are the most used parts by surveyed people. These leaves are sold in dried form and largely used for food. The savannah tea tree is used as medicine in areas where it wildly grows. It would be better to afford the opportunity to transform the leaves of *Lippia multiflora* in tea in order to have a crop with a high added value, which could help the population to appeal to their needs.

References

- Abena, A. A., Bioka, D., Badila, Samba, C., Hondi-Assah, T. & Djatewa, M. (1997). Propriété tranquillisante et antalgique du *Lippia multiflora*. Pharm. Méd. Trad. Afr. 9: 94-107.
- Ameyaw, Y. (2009). A growth regulator for the propagation of *Lippia multiflora* Moldenke, a herbal for the management of mild hypertension. Ghana Journal of Medicinal Plants Research, 3(9): 681-685.
- Benoît-Vical, F., Valentin, A., Pelissier, Y., Marion, C., Milhan, M., Maillie, M., Bastide, J. M., Diafouka, F., Kone, B. D., Malan, A., Kone, M., Loukou, Y., Monet, D., Ake, A. & Yapo, A. (1996). Confirmation in vitro de l'activité antimalarique de certaines plantes d'origine Africaine utilisées en médecine traditionnelle. médecine d'Afrique noire, 43(7): 393-400.

- Bissangou, M. F., & Ouamba, J. M. (1997). Valorisation chimique de quelques espèces aromatiques et médicinales du Congo (Ageratum conyzoides L., Chromolaena odorata King et Robinson Hyptis suaveolens Poit et Lippia multiflora Moldenke). Pharm. Méd. Trad. Afr. 9: 70-84.
- Etou-Ossibi, W., Nzonzi, J., Mombouli, J. V., Nsondé- Ntandou, G. E., Ouamba, J. M., & Abena, A. A. (2005). Screening chimique et effet de l'extrait aqueux de *Lippia multiflora* Moldenké sur le cœur isolé de crapaud. Phytotherapie. 3(5): 193-199.
- Georges, M. (1989). La ronde des thés. Terrain, 13: 105-109.
- Hanson A., Cameron M., Joubert E. & Witthuhn R. C. (2011). Identification of bacterial species on *Lippia multiflora* herbal tea leaves and the influence of steam pasteurization. World J Microbiol Biotechnol, 27: 443-447.
- Jim, S., Wudeneh, L., Mariana, S. & Dan, A. (2001). Agribusiness in sustainable natural African plant product: *Lippia* tea. Jim Simon, Ph.D: jesimonaesop.rutgers.edu. Center for New Use Agriculture and Natural Plant Products.
- Kanko, C. (1995). Contribution à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae). Thèse de 3e cycle Université de Cocody–Abidjan 233/95.1995.
- Kanko, C., Koukoua, G., N'Guessan, Y. T., Fournier, J., Pradère, J. P. & Toupet, L. (2004a). Contribution à l'étude phytochimique de *Lippia multiflora* (Verbenaceae). Comptes Rendus. Chimie, 7: 1029-1032.
- Kanko, C., Sawaliho, B. E. H., Kone, S., Koukoua, G. & N'Guessan, Y. T. (2004b). Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. Comptes Rendus Chimie, 7: 1039-1042.
- Koumaglo, K. H., Akpagana, K., Glitho, A. I., Garneau, F. X., Gagnon, H., Jean, F. I., Moudachirou, M. & Addae-Mensah, I. (1996). Geranial and general major constituents of *Lippia multiflora* moldenke leaf oil. Journal Essential Oil Research, 8: 237-240.
- Kunle, O., Okogun, J., Egamana, E., Emojevwe, E. & Shok, M. (2003). Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract. Phytomedicine, 10:59-61
- Kunle, O. F. & Egharevba, H. O. (2012). Essential oil of *Lippia multiflora* Moldenke: A review. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2(1): 15-23.
- Mamadou, L. D. (2008) Contrôle de la qualité physicochimique et bactériologique des Thés verts consommés au Mali. Thèse de Doctorat en pharmacie, Université de Bamako, Mali. p. 122.
- Mwangui, J. M., 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, K., Kadja, B., Zirihi, G., N., Traoré, D. & Aké-Assi, L. (2009). Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). Rev.Sci. Nat, 6(1): 1-15.
- N'guessan, K. 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.
- Ouedraogo, O. G.(1986). Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles du Burkina Faso: cas du plateau central. Thèse de l' Université de Ouagadougou, 261 p. 1996.
- Oussou, K. R., Yolou, S., Boti, J.B., Guessennnd, K. N., 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.
- Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Sánchez, D. M. & Villar, A. (2001). *Lippia*: traditional uses, chemistry and

- pharmacology: a review. Journal of Ethnopharmacology, 76: 201–214.
- Tia V. E., Adima, A. A., Niamke L. S., Gnago A. J., Thibaud M., Lozano P. & 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(0): 1-6.
- Valentin, A., Pelissier, Y., Benoit, F., Marion, C., Kone, D., Mallie, M., Bastide, J. M. & Bessiere, J. M. (1995). Composition and antimalaria activity in vitro of volatile components of *Lippia multiflora*. Phytochemistry, 40: 1439–1442.

Annexe 3

Liste de onze (11) Publications hors Thèse

Touré N, Yao-Kouamé A., **Alui K.A.**, Kwadjo K.E. 2012. Agricultural practices and content of non nutritional elements (metals traces, pesticides and plasticizing) of truck farming in Niéki valley in South-East of Côte d'Ivoire. AMERICAN JOURNAL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH. 3(1), pp. 39-46.

Kouadio K.P., Yao-Kouamé A., **Alui K.A.** & Kwadjo K.E., 2011. Restoration of fertility of gleyic fluvisols to increase rice yields using shellfish products in Toumbokro, Côte d'Ivoire. Asian Journal of Agriculture and Rural Development 1 (2), pp. 38-49.

KOUAKOU Yao Kouman Nestor, **YAO-KOUAME Albert**, N'GUESSAN Kouamé Antoine, ALUI Konan Alphonse, N'GUESSAN Koffi Séverin, AKASSIMADOU Edja Fulgence, YAO Guy Fernand, NANGAH Krogba Yves, BAKA Derving. 2011. Etude du comportement de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur quelques types de sols ferrallitiques de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). Agronomie Africaine, Vol. XXII, N°1, pp.

Kouadio Koffi Patrice ; Yao-Kouame Albert; **ALUI Konan Alphonse** et Angui Kouassi T. Pascal, 2011. Effects of *Achatina sp.*, *Donax sp.* and *Ostrea sp.* Shells used as Amendments of Gleyic Cambisols in Toumbokro, Côte d'Ivoire. European Journal of Scientific Research. Vol.48 No.3, pp.446-456.

Kouadio K P; Yao-Kouame A; **Alui K A**; Angui K T. P. 2011. Effets des produits coquillers de *Achatina sp.*, *Donax sp.* Et *Ostrea sp.* dans l'amendement d'un fluvisol gleyique à Toumbokro, côte d'ivoire. Journal of Applied Biosciences 34, pp. 2208 – 2217.

Kané Fako, YAO-KOUAME Albert, **Alui Konan Alphonse**, N'guessan Kouamé Antoine, 2011. Composantes biochimiques des feuilles de *Lippia multiflora* (verbénacée) à deux stades de l'évolution de la plante ainsi que leurs infusions, en fonction de la dose de fertilisant apportée au sol. Agronomie Africaine, Vol. XXII, N°1, pp.

Touré N, Yao-Kouamé A, **Alui K A**, Guety T P. 2010. Evaluation en éléments majeurs et traces métalliques d'un environnement de production agricole dans la vallée du Niéki au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 34, pp. 2134 – 2144.

Yoboué K E, Yao-Kouamé A, **Alui K A**. 2010. Evolution Pédogéochimique et Minéralogique au Cours de l'altération des Formations du Complexe Volcano sédimentaire d'Anikro et de Kahankro (Toumodi) dans le Centre-Sud de la Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*. Vol.40 No.1, pp.60 -72.

Ballo K, Yao-Kouamé, **Alui K A**, Kouassi A, Nangah K. Y. 2009. Soil degradation under culture of palm oil tree in south of Ivory Cost. *International Journal of Agricultural Research*, 4 (4), pp. 146-152.

Yao- Kouamé A, Aboua Y L N, **Alui K A**, et Assa A. 2009. Fertilisation azotée et développement de *Lippia multiflora*, verbenaceae. *Sciences Technologie Développement* , pp. 52-63.

A Yao-Kouame, G F Yao, **A K Alui**, A K N'guessan, T P Tiemoko et Yao Konan Kloman. 2008. Etude morphopédologique du bassin versant du mont Blanguand dans le massif du Yaouré en région centre de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*. 04(3), pp. 426 – 451.



PERMIS D'IMPRIMER

DOCTORAT UNIQUE EN SCIENCES DE LA TERRE

Présenté par Monsieur **ALUI Konan Alphonse**

THEME : « Occurrence et multiplication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) sur Ferralsols (sols ferrallitiques) de la région savanicole du Béliér (Yamoussoukro et Tiébissou) en moyenne Côte d'Ivoire ».

Vu et approuvé

Abidjan, le 19 novembre 2013

Le Doyen



Prof. BOFFOUE Moro Olivier

Vu et Permis d'Imprimer

Abidjan, le 19 novembre 2013

