

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

BIOTECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES-BIOSECURITE ALIMENTAIRE

Option : BIOTECHNOLOGIE AGRO-ALIMENTAIRE

Par

TRAORE Siénakan Marcelline

THÈME :

Evaluation de la qualité nutritionnelle des feuilles et des fleurs de *lippia alba* issues de la région du haut-sassandra (daloa)

Date de soutenance : 02/09/2021 08h

JURY

M. BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire UJLoG, **Président du jury**

M. KOUAME Kan Benjamin, Maître de Conférences, UJLoG, **Directeur Scientifique**

Mme EKISSI Alice Christine épouse KOUAME, Maître-Assistant, UJLoG, **Encadreur**

M. OKOU Obou Constantin, Maître de Conférences, UJLoG, **Examineur**

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de mon père Feu TRAORE Dramane disparu trop tôt. Je ne pourrai jamais partager ma joie avec toi. Saches que tu m'as laissé de grandes valeurs que je m'efforcerai de pérenniser. Que Dieu Tout Puissant t'accueille dans son royaume de gloire et t'accorde son salut ;

Mon adorable mère KARAMA Néré, femme courageuse, qui ne ménage aucun effort pour me soutenir. Merci pour tes conseils, tes encouragements et ton soutien sans faille.

Je vous aime tous !

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire est l'aboutissement d'un travail de recherche. Il convient de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près comme de loin à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie **Mme TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE**, Professeur Titulaire d'Ecotoxicologie et Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour la bonne gestion de l'Université.

J'exprime ma gratitude à **M. KONE Tidiani**, Professeur Titulaire d'Hydrobiologie et Vice-Président chargé de la Pédagogie, de la Recherche, de la Vie Universitaire et de l'Innovation Technologique pour la mise en œuvre de stratégies en vue du développement de l'Université.

Je remercie **M. AKAFFOU Doffou Sélastique**, Professeur Titulaire de Génétique Végétale et Vice-Président chargé de la Planification, de la Programmation et des Relations Extérieures pour l'engagement de participer à la réussite des étudiants.

Je dis merci à **Mme TONESSIA Dolou Charlotte**, Maître de Conférences de Physiologie pathologie Directrice de l'UFR Agroforesterie pour la disponibilité et la bonne gestion de l'UFR.

M. BEUGRE Grah Avit Maxwell, Professeur Titulaire de Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé UFR Agroforesterie, Directeur du Laboratoire, pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury de Master ;

Mes sincères remerciements à l'endroit de **M. KOUAME Kan Benjamin**, Maître de Conférences de Biochimie et Technologie des Aliments à l'Université Jean Lorougnon Guédé et Directeur Scientifique du mémoire qui a autorisé et accepté de diriger ce travail avec patience et abnégation. Ses compétences scientifiques ont contribué à l'aboutissement de ce travail. Qu'il trouve dans ces quelques lignes l'hommage d'une admiratrice.

J'exprime toute ma reconnaissance au Responsable du Parcours Biotechnologie et Biosécurité Agroalimentaire, **M. DIOMANDE Massé**, Maître de Conférences de Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour sa disponibilité, sa rigueur et son grand dévouement à l'exécution des tâches qui lui sont confiées.

- **M. OKOU Obou Constantin**, Maître de Conférences en Microbiologie et Sécurité Alimentaire à l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour ses conseils et également pour avoir accepté d'être membre de ce jury de Master.

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadreur, **Mme EKISSI Alice Christine épouse KOUAME**, Maître-Assistant de Sciences des Aliments, pour son soutien dans la réalisation de ce travail. Je salue sa disponibilité, sa grande générosité, sa patience, son assistance et sa confiance en moi.

Je ne saurais oublier les Enseignants-Chercheurs du Département Biochimie-Microbiologie de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) d'Agroforesterie tous en leurs rangs, grades et qualités pour les conseils et leur disponibilité face aux préoccupations des étudiants.

Mon cher époux ZOGBEU Tia Edmond, pour ses conseils, ses encouragements et son soutien sans faille tout au long de mes études. Que Dieu te protège et te comble de toutes ses grâces ;

Tous mes frères et sœurs, malgré nos différends, nous nous sommes jurés de rehausser le niveau de vie de notre famille et ce par le travail. Je crois que cette notion de travail bien fait est respectée et concrétisée par ce présent mémoire.

À l'ensemble des étudiants de Master 2 de la Filière Biotechnologie Agroalimentaire et Biosécurité Alimentaire avec qui je garde un excellent souvenir de la parfaite collaboration et des échanges fructueux pendant ces moments vécus. Enfin à toutes ces personnes qui de près ou de loin ont aidé à la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
DÉDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIÈRES	iv
Pages	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
Pages	vii
LISTE DES FIGURES	viii
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES.....	Erreur ! Signet non défini.

1-1- <i>Lippia alba</i>	3
1-1-1- Origine	3
1-1-2- Taxonomie	3
1-1-3- Description botanique	3
1-1-4- Ecologie	4
1-2- Usages	4
1-2-1- Utilisation médicinale	4
1-2-2 Usage nutritionnel	5
1-2-3- Usage insecticide.....	5
1-3- Test organoleptique	5
1-3-1- Epreuve hédonique.....	5
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	7
I. MATERIEL	7
1.1. Matériel végétal	7
1.2. Matériel technique	8
II. METHODES	9
2.1. Site d'étude	9
2.2. Echantillonnage et préparation des échantillons	9
2.2.1. Echantillonnage	9
2.4. Analyses phytochimiques (screening phytochimique)	13
2.5. Analyse statistique.....	18
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	19
I.RESULTATS	19
1.1. Composition physico-chimique des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	19
1.2. Composition minérale des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	20
1.3. Caractéristique phytochimique des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	21
1.3.1. Screening phytochimique des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	21

1.4. Evaluation sensorielle des tisanes des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	23
3-2- DISCUSSION	23
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	29
REFERENCES	31

ANNEXES	1
---------------	---

Fiche de notation pour les tests hédoniques	2
---	---

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I: Caractéristiques biochimiques de feuilles et fleurs de <i>Lippia alba</i> (%MS)	19
Tableau II: Composition minérale des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i> (mg/kg)	20
Tableau III: Screening phytochimique des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	21
Tableau IV: Composition phytochimique des feuilles et des fleurs de <i>Lippia alba</i>	22
Tableau V: Acceptabilité de la tisane des feuilles et fleurs de <i>Lippia alba</i>	22

LISTE DES FIGURES

Pages Figure 1: Photographie des feuilles (a) et des fleurs (b) de <i>Lippia alba</i>	8
Figure 2: Diagramme de procédé traditionnel d'obtention de la tisane de feuilles et de fleurs	18

INTRODUCTION

L'alimentation en plantes sauvages des populations rurales constitue le point essentiel assurant la vie et englobe tout produit pouvant fournir des éléments nutritifs (Health Canada, 2000). Différentes espèces de plantes sauvages sont utilisées comme source d'aliments, de médicaments, de vêtements, de bois de chauffage et d'ustensiles domestiques différents (Dereje & Desalegn, 2013). Aujourd'hui encore, les plantes sauvages appelées également plantes spontanées, continuent de jouer un rôle central dans la subsistance d'une grande partie de la population mondiale. Cela est particulièrement vrai dans les pays en développement où les aliments et les médicaments collectés à l'état sauvage ont une longue et interrompue histoire d'utilisation (Koduru *et al.*, 2007).

Dans les pays tropicaux, l'intérêt des plantes sauvages pour l'alimentation des populations rurales est très largement reconnu (Ambé, 2001). Parmi les aliments, les plantes spontanées occupent une place de choix dans le quotidien des ménages en Afrique. Ces plantes spontanées sont largement cultivées et servent de complément alimentaire, de boissons ou d'ingrédients dans certains pays africains (Tchiegang & Aissatou, 2004 ; Folefack *et al.*, 2008). C'est le cas des plantes spontanées utilisées pour la fabrication de thé. Le thé est l'une des boissons les plus consommées dans le monde après l'eau plate (Edeas, 2011). Les feuilles de thé contiennent des quantités appréciables de composés biochimiques comme les polyphénols et les minéraux qui sont d'un grand intérêt pour la santé de l'Homme (Chen *et al.*, 2009). De nos jours, la consommation d'aliments, sources de polyphénols et de minéraux comme le thé vert du théier *Camellia sinensis*, ayant des activités anti-cancérogènes, anticardiovasculaires (Alipoor & Rad, 2012) est prisée par les populations. En effet, la consommation régulière de thé offre une protection contre plusieurs types de cancer et les maladies cardiovasculaires (Edeas, 2011). Le thé contribue également à la réduction des effets nocifs de l'exposition aux rayons ultra-violet (U V) et prévient l'hypertension (Alipoor & Rad, 2012). Parmi ces plantes spontanées à thé, figure *Lippia alba* (Mill) (Verbenaceae). *Lippia alba*, communément appelée mélisse ou verveine blanche est traditionnellement utilisée dans des pays pour traiter les maladies liées aux troubles gastro-intestinaux, aux maladies respiratoires et aux problèmes de foie (Lorenzi & Matos, 2002 ; Pascual *et al.*, 2001).

C'est une espèce importante pour l'industrie pharmaceutique et elle est déjà utilisée comme fixateur de parfum (Bakkali *et al.*, 2007). Elle possède plusieurs chémotypes et ses métabolites aromatiques ont déjà été caractérisés dans le pays. Le *Lippia alba* présente différents marqueurs chimiques aux propriétés pharmacologiques connues pour ses propriétés analgésiques, sédatives et antifongiques (Costa *et al.*, 1989 ; Vale *et al.*, 2002; Holtez, *et al.*,

2002). Toutes ces potentialités offertes par cette plante, justifient sa grande utilisation sous forme de thé. Par ailleurs, *Lippia alba* est utilisée sous forme de tisanes, macérations, compresses, bains, sirop, teintures (Julião *et al.*, 2003).

Malgré l'importance thérapeutique de *Lippia alba*, les études sur la composition biochimique des feuilles et des fleurs restent très peu menées. De ce qui précède, découle un certain nombre de questions à savoir :

Quelle est la composition biochimique de ces feuilles et de ces fleurs ? Quels sont les antioxydants qui se trouvent dans les feuilles et les fruits de ladite plante ? La tisane issue de la technologie de transformation des feuilles est-elle acceptable ?

Les réponses à ces interrogations contribuent à la valorisation de *Lippia alba*, qui s'inscrit dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et sanitaire dans les pays en développement notamment en Côte d'Ivoire. Pour ce faire, nous nous sommes proposés de :

- caractériser au plan chimique et nutritionnel les feuilles et les fleurs récoltées de *Lippia alba* ;
- analyser les métabolites secondaires dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba*
- faire une évaluation sensorielle de la tisane produite à partir des feuilles de *Lippia alba*.

Outre l'introduction, le présent mémoire est divisé en trois (03) parties. La première partie présente les généralités sur l'origine, la description botanique, l'usage et les tests organoleptiques. La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation des objectifs. La troisième partie expose les résultats qui sont discutés. Cette dernière partie débouche sur une conclusion générale suivie de perspectives de recherche.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1-1- *Lippia alba*

1-1-1- Origine

Lippia alba est l'un des 41 genres d'arbuste aromatique, d'herbe ou d'arbre qui appartiennent à la famille des Verbenaceae, et porte le nom de l'historien et voyageur français Augustin Lippi (1678-1701) (Moldenke, 1981; Munir, 1992). Il a été rapporté que le genre *Lippia* compte approximativement 200 espèces dans le monde (Munir, 1993). *Lippia javanica* pousse comme une plante sauvage en Afrique du Sud (Viljoen *et al.*, 2005), tandis que *Lippia micromera*, *Lippia alba*, *Lippia orignanoides* et *Lippia microphylla* sont connus en Amérique du Sud et Centrale (Terblanche & Kornelius, 1996 ; Pascual *et al.*, 2001; Dos Santos *et al.*, 2004 ; Damasceno *et al.*, 2011), *Lippia turbinata* et *Lippia polystachya* sont connus en Argentine (Gleiser & Zygodlo, 2007).

1-1-2- Taxonomie

La position systématique de l'espèce se présente de la manière suivante (Crête, 1965) :

Règne	: plantae
Sous-règne	: Tracheobionta
Division	: Magnoliophyta
Classe	: Magnoliopsida
Sous-classe	: Asteridae
Ordre	: Lamiales
Famille	: Verbenaceae
Genre	: <i>Lippia</i>
Espèce	: <i>Lippia alba</i>

1-1-3- Description botanique

Lippia alba est un arbuste ramifié de 1,5 m à 1,70 m de haut. Branche flexible s'enracinant très aisément. Les feuilles aromatiques opposées alternent en forme de losange, rugueuses variant

de 2 à 7 cm de long et de 1,2-4,5 cm de large, oblongues, rugueuses, festonnées, couvertes de petits poils courts et de nervures proéminentes. Les inflorescences sous forme de capitules axillaires arrondis, cylindriques lors de la fructification. Les fleurs tubulaires de couleur rose ou blanche se trouvent à l'aisselle des feuilles. Les fleurs sont groupées en épis longs de 2 centimètres continuent à croître, une fois arrivé à la maturité, elles forment une corolle violette avec cœur jaune et blanc, rosée ou blanche de 4 à 5 mm de long. Les fruits de *Lippia alba* sont ovoïdes de 3 mm de large. Les fruits secs sont sous forme de bais à deux loges renfermant chacun une graine (Longuefosse & Nossin, 1996).

1-1-4- Ecologie

Lippia alba se développe dans tous les types de sol. Cependant les sols pierreux et trop humides sont à éviter. La plante à une rapidité de colonisation par la multiplication végétative. Elle fleurit toute l'année (Yamamoto, 2006). *Lippia alba* au stade adulte présente un bon taux de recouvrement du sol. La plante est mellifère, les abeilles la butinent pour son nectar. Elle est source alimentaire pour de nombreux insectes pollinisateurs et auxiliaires.

1-2- Usages

1-2-1- Utilisation médicinale

Lippia alba est une plante médicinale utilisée en médecine traditionnelle. En effet, les feuilles sont utilisées dans la préparation de remèdes traditionnels. Elles s'utilisent en infusion contre les états d'excitation, d'hypertension, de troubles digestifs, de nausées et le froid. Les feuilles sont également utilisées pour cicatriser les plaies localement et comme sirop contre la toux et les bronchites. Une infusion de racines est également utilisée contre les mauvais rhumes et la toux (Di Stasi *et al.*, 2002). Il est également utilisé comme sédatif et aussi contre l'hypertension, les flatulences et la douleur (Rodrigues & Guedes, 2006). Il est utilisé contre les douleurs d'estomac et les troubles digestifs (Pinto *et al.*, 2006).

Lippia alba aussi utilisée contre les affections respiratoires, mais aussi comme sédatif, analgésique, anti-inflammatoire et antipyrétique (Pascual *et al.*, 2001; Hennebelle *et al.*, 2008). Elle entre aussi dans le traitement des affections cardiovasculaires et l'anxiété. En Martinique, les feuilles sont utilisées en décoction par voie orale comme antiparasitaire intestinal, contre la fièvre, la grippe et en cas de bronchite (Longuefosse & Nossin, 1996).

1-2-2 Usage nutritionnel

Les feuilles de *Lippia alba* sont utilisées pour aromatiser (assaisonner) les produits alimentaires (Duke, 2008), dans des produits de soins personnels et de produits ménagers. Les feuilles de mélisse (*Lippia alba*) sont utilisées comme ingrédient dans des mets culinaires et se retrouvent dans la préparation de boissons. De même, la décoction des feuilles permet de faciliter la digestion et de faire des bains aromatiques tonifiants. Les feuilles de mélisse sont utilisées comme ingrédient dans des mets culinaires et se retrouve dans la préparation de boissons (Ombito *et al.*, 2014; Longuefosse, 2007).

1-2-3- Usage insecticide

Lippia alba possède des propriétés insecticides et fongicides (Ibrahim *et al.*, 2001). Les extraits bruts de cette plante empêchent la croissance de mycéliums du *Sclerotium* de *Sclerotinia* de 43,89 % (Brand *et al.*, 2006). L'huile essentielle de *Lippia alba* entraîne également une réduction de l'effet fongitoxique sur la croissance de mycéliums *des gloeosporioides de Glomerella cingulata* et de *Colletotrichum*, qui causent l'anthracnose en fruits de goyave (Rozwalka *et al.*, 2008). L'effet fongicide de *Lippia alba* est plus supérieur aux fongicides commerciaux de la canne à sucre (RAO *et al.*, 2000).

1-3- Test organoleptique

L'évaluation sensorielle a été développée dans les années 1930, pour remédier à l'absence de méthodes instrumentales efficaces dans le secteur agro-alimentaire visant à quantifier le goût (Lefebvre & Bassereau, 2003). Longtemps négligée, cette technique connaît aujourd'hui un grand essor, et bénéficie de l'intérêt croissant des industries agroalimentaires (Depled, 2009). L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire, qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produits alimentaires, ainsi que de nombreux autres produits. Il existe deux méthodes d'évaluation sensorielle, à savoir :

- l'épreuve hédonique ;
- l'épreuve analytique (les tests discriminatifs et descriptifs).

1-3-1- Epreuve hédonique

Les épreuves hédoniques sont basées sur la mesure du degré de plaisir ou d'aversion (Lawless & Heyman, 1999) procuré par un produit lors de sa dégustation auprès d'un groupe identifié de

consommateurs. L'épreuve hédonique s'intéresse au plaisir, à la satisfaction provoquée par un stimulus alimentaire. L'appréciation de ce plaisir selon Nindjin (2002), est influencée par les facteurs comme les caractéristiques sensorielles propres à l'aliment, l'état physiologique du consommateur (faim, motivation, expériences antérieures, etc.), et le contexte expérimental (type de pièce, mode de préparation, influence du groupe, horaire de dégustation etc.). L'évaluation hédonique doit avoir un objectif spécifique en fonction du but du test, de son déroulement, des participants et de l'exploitation des résultats (Stone & Sidel, 1993).

Les tests affectifs peuvent être classés en deux principales catégories (Meilgaard *et al.*, 1999), à savoir les tests de préférence et les tests d'acceptabilité.

Les tests de préférence permettent de trouver un produit meilleur qu'un ou plusieurs autres. Les tests d'acceptabilité permettent d'estimer le statut affectif d'un produit par les consommateurs. Selon SSHA (1990) et Depledge (2009), l'acceptabilité est l'état d'un produit reçu favorablement par un individu ou une population donnée, en fonction de ses propriétés organoleptiques. Ces essais sont réalisés par des juges naïfs et représentatifs de la population (minimum 60 personnes), et les échantillons sont présentés de façon monadique (Köster, 2009).

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. MATERIEL

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* (**Figure 1**). Ces feuilles et ces fleurs ont été récoltées dans leur milieu naturel d'habitat dans la jachère des villages environnants de la ville de Daloa. La récolte a été faite dans la période de juin 2021 après la floraison de l'arbre pendant la mi-journée afin d'éviter leur réchauffement par le soleil. Les échantillons ont été ensuite transportés au Laboratoire d'Agrovalorisation (Université Jean Lorougnon Guédé) le même jour dans des sacs en polypropylène,



a) Feuille de *Lippia alba*



b) : Fleurs de *Lippia alba*

Figure 1: Photographie des feuilles (a) et des fleurs (b) de *Lippia alba*

1.2. Matériel technique

- un appareil photo numérique pour les prises de vues ;
- un couteau qui a servi à la cueillette les feuilles d'*Alchornea cordifolia*
- un sac en plastique pour stocker les feuilles récoltées ;
- une balance de précision (OHAUS, modèle : PA2102C) utilisé pour le pesage ;
- une étuve (MEMMERT 854 SCHWABACH, Allemagne) utilisé pour la détermination de la teneur en matière sèche;
- un four à moufle (NABERTHERME GmbH, température : +30°C - + 3000°C) pour la détermination de teneurs en cendres ;
- un broyeur (RETSCH de type : SK100/C Gusseisen) utilisé pour le broyage des échantillons ;
- un Soxhlet (Unid Tecator, System HT2 1045, Suède) pour extraire une substance chimique ;
- un dispositif de KJELDHAL pour la détermination des protéines
- réactifs (acide chlorhydrique, soude, poudre de zinc, cristaux de sodium, réactif de Dragendorff, réactif de Bouchardat, réactif de Stiasny, réactif de Tollens liqueur de Fehling, isopentanol, éthanol, chlorure de fer, méthanol).

II. METHODES

2.1. Site d'étude

La présente étude a été réalisée à Daloa. Daloa est le chef-lieu de la région du Haut-Sassandra et fait partie des vieilles entités administratives de la Côte d'Ivoire. Cette Région est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire et représente la partie ouest-forestier de la Côte d'Ivoire, du domaine guinéen à secteur mésophile caractérisé par la forêt dense humide semidécidue, actuellement dégradée. La population est composée d'autochtone Bété, d'une communauté d'allochtones en provenance de toute la Côte d'Ivoire et d'allogènes, originaires pour la plupart, de la sous-région ouest africaine. On compte également des communautés non africaines (française, libanaise et syrienne). Il convient de souligner que la localité fait partie des régions de domestication de *Lippia alba*.

2.2. Echantillonnage et préparation des échantillons

2.2.1. Echantillonnage

Les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* ont été récoltées à l'état vert mature et frais de façon aléatoire, un mois après floraison sur différents arbres situés aux alentours de la ville de Daloa. La récolte des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* fraîches s'est déroulée pendant deux semaines durant le mois de juin 2021. Cette opération s'est faite de façon régulière chaque semaine.

2.2.2. Préparation des échantillons

Après récolte, les feuilles vertes et les fleurs fraîches de *Lippia alba* ont été triées et lavées à l'eau distillée. Une masse de 500 g de chaque échantillon (feuilles ou fleurs) a été pesée. Les échantillons de feuilles et de fleurs ont été ensuite séchés à 45 °C dans une étuve pendant 72 heures. Après le séchage, les feuilles et fleurs de *Lippia alba* séchées ont été pesées à l'aide d'un peson numérique. Un nouveau tri a été réalisé sur les feuilles et fleurs de *Lippia alba* séchées pour écarter celles qui présentaient des irrégularités et/ou défauts. Les échantillons de feuilles et fleurs de *Lippia alba* séchées ont été mis dans des sacs de jute. Ces échantillons séchés ont été par la suite étiquetés (lieu de prélèvement) et acheminés directement au Laboratoire. Par ailleurs, une partie des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* séchées ont été broyées à l'aide d'un broyeur (RETSCH de type : SK100/C Gusseinsen) puis la poudre obtenue a été tamisée au moyen d'un tamis de maille 200 µm. Le tamisât ainsi recueilli a été conditionné dans des sachets en polyéthylène étiquetés et hermétiquement fermés. Ces bocaux ont été stockés au réfrigérateur à 4 °C jusqu'aux analyses.

2.3. Méthodes

2.3.1. Détermination de la teneur en matière sèche et de l'humidité

Le taux de la matière sèche est déduit de la teneur en eau. La méthode utilisée pour la détermination du taux d'humidité est celle proposée par A.O.A.C (1990) dont le principe repose sur la perte de masse de l'échantillon à l'étuve à 105 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante. Ainsi, une masse de 5 g d'échantillons de feuilles ou de fleurs a été introduite dans une capsule en verre de masse connue (M_0). La capsule contenant l'échantillon de masse totale (M_1) a été placée dans une étuve (Memmert, Germany) qui est réglée à 105 ± 2 °C pendant une durée de 24 heures. Par la suite, la capsule a été retirée de l'étuve et refroidie dans un dessiccateur. Après refroidissement, l'ensemble (échantillon + capsule) est pesé et la masse est notée. L'opération a été ensuite répétée chaque 2 heures jusqu'à l'obtention d'une masse constante (M_2). Pour chaque échantillon, le test a été répété 3 fois et la moyenne des trois essais a été retenue. La teneur en humidité en pourcentage de masse d'échantillon humide a été déterminée par la relation (1) suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{(M_1 - M_0)} \times 100 \quad (1)$$

La teneur en matière sèche a été déduite de l'expression suivant relation (2):

Avec :

$$\text{Matière sèche (\%)} = 100 - \text{Humidité (\%)} \quad (2)$$

$-M_0$: masse du creuset vide
 $-M_1$: masse du creuset vide + échantillon frais
 $-M_2$: masse du creuset vide + échantillon sec

2.3.3. Détermination de la teneur en cendres

La teneur en cendres a été estimée selon la méthode AOAC (1990). Elle consiste à calciner une masse (m_e) de 10 g d'échantillon de feuilles ou fleurs séchées puis broyée contenu dans un creuset de masse connue (m_o) dans un four à moufle à une température de 550 (± 15) °C pendant une durée de 12 heures. Après refroidissement au dessiccateur, l'ensemble échantillon et creuset a été de nouveau pesé (m_1). Les teneurs en cendres ont été déterminées à

partir de la relation (3). Les tests ont été réalisés en triple et la moyenne des 3 essais a été retenue pour chaque échantillon.

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{(m_{1-m_0})}{m_e} \times 100 \quad (3)$$

Avec:

m_0 : masse (g) du creuset vide.

m_1 : masse (g) de l'ensemble (creuset + cendres) après incinération.

m_e : masse (g) de l'échantillon.

2.3.4. Détermination de la teneur en lipides

Les lipides ont été dosés par la méthode d'extraction au Soxhlet (AFNOR, 1986). Une masse de cinq (5) g d'échantillon (P_e) a été pesée dans une cartouche d'extraction Wattman et fermée par du coton cardé. Un ballon d'extraction a été pesé (M_0) dans lequel un volume 300 mL d'hexane a été introduit. L'ensemble (cartouche et ballon) a été monté sur l'extracteur Soxhlet et la matière grasse a été extraite par un système de flux et de reflux pendant 7 heures d'ébullition. L'hexane a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le ballon d'extraction a été par la suite retiré et placé à l'étuve à 100°C pendant 20 min pour l'évaporation de traces de solvant. Après refroidissement pendant 5 min au dessiccateur, le ballon a été pesé (M_1) et la relation 6 a permis de déterminer la teneur en lipides. Pour chaque échantillon, le test a été répété 3 fois et la moyenne des trois essais a été retenue.

$$\text{Teneur en lipides (\%)} = \frac{(M_1 - M_0)}{P_e} \times 100 \quad (4)$$

Avec : M_0 = masse d'extraction ;

M_1 = masse ballon d'extraction + lipides et

P_e = masse échantillon

2.3.6. Détermination de fibres brutes

Le dosage des fibres a été effectué selon la méthode AOAC (1990). Une masse (m_e) de 2 g d'échantillon de feuilles ou de fleurs séchées et broyées a été pesée dans un ballon. La masse pesée a été homogénéisée dans un volume de 50 mL d'acide sulfurique 0,25 N et le tout a été porté à ébullition pendant 30 min sous réfrigérant à reflux. Un volume de 50 mL de soude 0,31

Na été ajouté au contenu et le tout a été porté à ébullition pendant 30 min sous réfrigérant à reflux. L'extrait obtenu a été filtré sur papier filtre Whatman N°4 et le résidu a été lavé plusieurs fois à l'eau chaude jusqu'à élimination complète des alcalis. Le résidu a été ensuite séché à l'étuve à 105 °C pendant 8 heures, refroidi au dessiccateur puis pesé (m_1). Il a été ensuite incinéré au four à 550 °C pendant 3 heures, refroidi au dessiccateur puis les cendres ont été pesées (m_2). La teneur en fibres brutes a été calculée par la relation (5).

$$\text{Fibres brutes (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100 \quad (5)$$

Avec :

$$\text{Fibres brutes (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100$$

m_e = masse échantillon
; m_1 = masse extraite ;
 m_2 = masse incinérée

2.3.7. Détermination de la teneur en éléments minéraux

Les macroéléments (K, Ca, Na, Mg) et les microéléments (Fe, Mn, Cu) minéraux ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique selon la méthode de digestion de l'AOAC (1990) utilisant les acides forts. Une quantité de 0,5 g de cendres issues de l'incinération de chacun des broyats des échantillons de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* a été dissoute dans 31 mL d'un mélange constitué d'acide perchlorique (11,80 mol/L), d'acide nitrique (14,44 mol/L) et d'acide sulfurique (18,01 mol/L). Le mélange obtenu bien agité sous la hotte a été chauffé sur une plaque chauffante jusqu'à l'apparition de fumées blanches épaisses. Le milieu réactionnel a été ensuite refroidi sur la paillasse pendant 10 min, puis dilué dans 50 mL d'eau distillée. Il a été porté de nouveau à ébullition pendant 30 min, puis refroidi à nouveau dans les mêmes conditions. Le mélange a été ensuite filtré sur le papier filtre Whatman n° 4 et le filtrat obtenu a été complété au trait de jauge de la fiole (50 mL) avec de l'eau distillée. La teneur de chaque élément minéral a été déterminée au spectrophotomètre atomique à flamme de marque VARIAN AA.20 à une longueur d'onde spécifique par comparaison aux solutions étalons. Les teneurs ont été exprimées en mg/100 g de matière sèche (MS).

En ce qui concerne le macroélément minéral phosphore (P), ses teneurs dans les broyats secs des différents échantillons de champignons ont été estimés par spectrophotométrie directe selon la méthode (Tausky & Shorr, 1953). Ainsi, une quantité de cendres issues de chaque broyat sec incinérée de champignon a été minéralisée dans un minéralisateur et le minéralisât

obtenu a été traité par le réactif vanado-molybdique. La densité optique de la solution jaune obtenue a été lue au spectrophotomètre (PG Instruments, Angleterre) à 410 nm. La teneur en phosphore (P) a été déterminée par comparaison avec une solution étalon (0,136 g de dihydrogénophosphate de potassium dissous dans une solution diluée contenant 0,1 M d'acide nitrique et 50 mL d'eau distillée.

$$\text{Absorbance} = k \times C \quad (6)$$

Où k est le coefficient d'absorption propre à chaque élément. Il dépend de la longueur d'onde choisie.

2.4. Analyses phytochimiques (screening phytochimique)

Le screening photochimique a permis de mettre en évidence les différents composés présents dans les échantillons de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. La détermination des composés phytochimiques a été réalisée selon la méthode développée par Evans (2002).

2.4.1. Recherche des tanins

→ Réaction au chlorure ferrique 1 %

Un volume de 1 mL de l'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* contenu dans un tube à essai a été additionné à un volume de 2 mL d'eau distillée. Le mélange obtenu a été agité jusqu'à l'obtention d'une solution homogène. La présence de tanins dans les extraits de feuilles et de fleurs de *Lippia alba* a été déterminée directement après l'ajout d'une à deux gouttes de chlorure ferrique 1 % (p/v). L'apparition d'une coloration bleue ou bleue-noire indique la présence de tanins.

→ Réaction à l'acétate de plomb 10 %

Un volume de 1 mL de la solution aqueuse d'acétate de plomb 10 % (p/v) a été ajouté à un volume de 3 mL d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. Un test positif se traduit par une formation de précipité bleu, bleu-noir, blanchâtre ou brunâtre.

2.4.2. Recherche des alcaloïdes

→ Test de Dragendorff

Ce test a été réalisé pour déterminer les alcaloïdes dans les feuilles et de fleurs de *Lippia alba*. Quelques gouttes du réactif de Dragendorff ont été ajoutées dans un tube à essai contenant un volume de 2 mL de solution d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. La formation d'un précipité rouge-orangé traduit la présence d'alcaloïdes.

→ Test de Mayer

Le test de Mayer a été utilisé pour signifier la présence des alcaloïdes dans les feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. Pour ce faire, quelques gouttes du réactif de Mayer ont été ajoutées à un volume de 2 mL de la solution d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*.

La formation d'un précipité blanc ou blanc-jaune traduit la présence d'alcaloïdes.

2.4.3. Recherche des saponines

Les saponines issues de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* ont été déterminées par la présence de mousse persistante. En effet, un volume de 3 mL d'eau distillée a été ajouté à un volume de 2 mL d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* contenu dans un tube à essai. La formation persistante de mousse après agitation manuelle du tube à essai, a indiqué la présence de saponines.

2.4.4. Recherche des polyphénols

Les polyphénols ont été identifiés en présence d'une solution alcoolique ou de chlorure ferrique à 2 % (p/v). Une goutte de solution alcoolique ou aqueuse de chlorure ferrique à 2 % (p/v) a été additionnée à un volume de 2 mL d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. La réaction positive s'est traduit par l'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou vert ou foncée en comparaison avec une solution de phénol (témoin).

2.4.5. Recherche des flavonoïdes

→ Test au perchlorure de fer

La présence de flavonoïdes a été réalisée par l'ajout de deux à trois gouttes d'une solution diluée de perchlorure de fer (FeCl_3) dans un volume de 3 mL de la solution d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* dans un tube à essai. L'observation d'une coloration verdâtre a indiqué la présence de flavonoïdes.

→ Test à la soude

La soude (NaOH) à 0,1N a été utilisée pour tester la présence de flavonoïdes. Trois gouttes de la solution de soude 0,1 N sont ajoutées à 3 mL d'extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* contenu dans un tube à essai. L'apparition d'une coloration jaune-orange a caractérisé la présence de flavonoïdes.

2.4.6. Dosages des polyphénols totaux

Les polyphénols totaux ont été déterminés selon la méthode modifiée et décrite par Wood *et al.* (2002). Le principe est basé sur la réduction du réactif de Folin ciocalteu lors de l'oxydation des polyphénols. Pour ce faire, un volume de 100 µL de chaque solution de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* a été introduit dans une fiole de capacité 25 mL a été additionnée d'un volume de 1 mL de réactif de Folin-ciocalteu (dilué à 1/10^e). Après 2 min, un volume de 2 mL de bicarbonate de sodium (Na₂CO₃) à 20 % (m/v) y a été ajouté. La solution ainsi obtenue est maintenue à l'obscurité pendant 30 minutes à la température ambiante. Ensuite, la lecture de l'absorbance de chaque solution a été faite au spectromètre UV visible de marque « JASCO UV- 530 » à 760 nm contre le témoin où l'échantillon a été remplacé par de l'eau bidistillée. La calibration a été effectuée avec un extrait d'acide gallique à différente concentration (0 à 0,5 g/L). Les lectures ont été répétées trois fois. La teneur en composés phénoliques de chaque extrait de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage et exprimée en g/100 g de la matière sèche équivalent acide gallique.

2.4.7. Dosages des flavonoïdes totaux

La méthode de Marinova *et al.* (2005) a été utilisée pour le dosage des flavonoïdes totaux des feuilles ou de fleurs de *Lippia alba*. Dans une fiole de capacité 25 mL, un volume de 0,75 mL de nitrite de sodium (NaNO₂) à 5 % (m/v) a été ajouté à un volume de 2,5 mL d'extrait de feuille ou de fleurs de *Lippia alba*. Le mélange a été homogénéisé puis il a été additionné à un volume de 0,75 mL de chlorure d'aluminium (AlCl₃) à 10 % (m/v), ensuite, l'ensemble de la solution a été incubé pendant 6 minutes à l'obscurité. Après l'incubation, un volume de 5 mL de soude (NaOH, 1N) et un volume de 25 mL d'eau distillée ont été ajoutés. Le mélange a été agité manuellement avant le dosage au spectrophotomètre UV-visible. La lecture a été faite à 510 nm. Les essais ont été réalisés en triple. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en milligramme équivalent quercétine par gramme d'extrait (µg Eq Q/g).

2.4.8. Détermination de l'activité anti-oxydante

2.4.8.1. Principe

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-1 picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés antiradicalaires, le radical DPPH initialement violet est réduit et change de couleur en virant au jaune. Cette décoloration représente la capacité à piéger les radicaux libres indépendamment de toutes activités enzymatiques (Molyneux, 2004). Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage

d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (Parejo *et al.*, 2003). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de l'extrait sur le DPPH a été mesuré par la procédure décrite par Sanchez-Moreno *et al.*, (1998).

2.3.8.2. Mode opératoire

Une masse de 1 g d'échantillon de feuilles ou de fleurs de *Lippia alba* dans un volume 20 mL de méthanol à 70 % a été préparé. A un volume de 2 mL d'extrait méthanolique à différentes concentrations a été ajouté un volume de 1 mL de DPPH (0,3 mM) fraîchement préparée. En ce qui concerne le contrôle négatif, ce dernier a été préparé dans les mêmes conditions. Après incubation à l'obscurité pendant 30 min la lecture des absorbances a été effectuée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, contre un blanc pour chaque concentration qui contenait un volume de 50 µL de chaque concentration de l'extrait et d'un volume de 1,95 mL du méthanol.

2.3.8.3. Expression des résultats

Les pourcentages d'inhibition sont déterminés grâce à la formule 8 suivante :

$$I = \frac{(Ac - At)}{Ac} \times 100 \quad (7)$$

Avec: Ac : Absorbance du contrôle

At : Absorbance du test effectué

2.4. Transformation des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* en tisane et analyse sensorielle de la tisane

2.4.1. Transformation des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* en tisane

La transformation des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* en tisane au laboratoire a été identique à celle décrite par Ekissi (2014) et modifiée. La production de tisane a été faite selon le diagramme représenté par la figure 2.

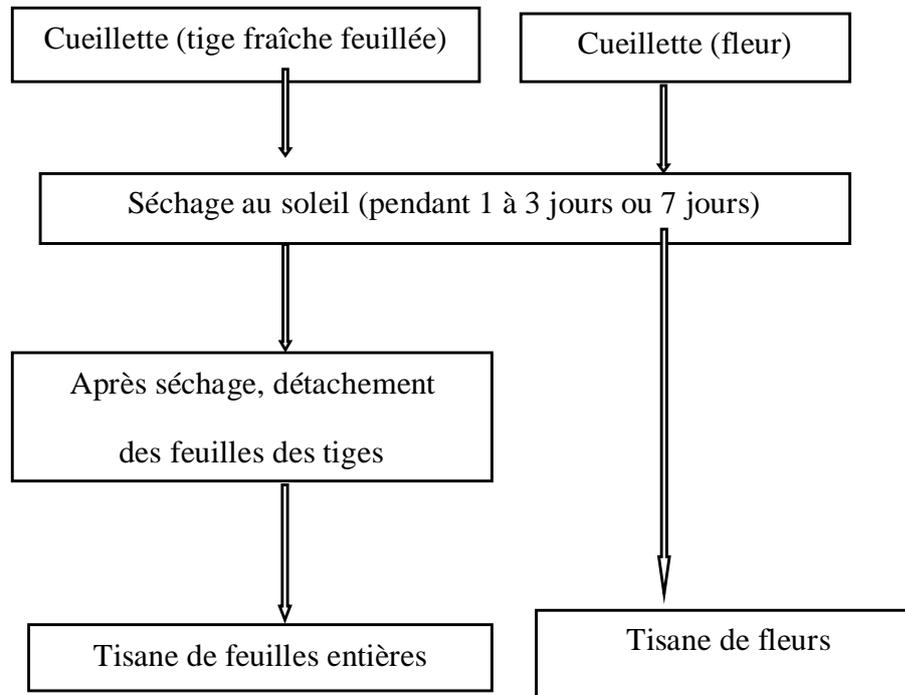


Figure 2: Diagramme de procédé traditionnel d'obtention de la tisane de feuilles et de fleurs

2.4.2. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est un moyen efficace pour décrire les propriétés internes et donner les préférences des consommateurs (Published, 2010). Pour l'évaluation de la qualité organoleptique des échantillons de tisanes produites à partir des feuilles de *Lippia alba*, La méthode utilisée a été le test hédonique. Ce test hédoniques a été réalisé au Laboratoire d'Agrovalorisation de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

2.4.2.1. Test hédonique

Ce test a été conduit à partir d'une fiche de dégustation élaborée à cet effet (Annexe). Il convient de noter que le mode de préparation de la tisane a été réalisé par décoction. À chaque séance, une quantité de 20 g de tisane a été bouillie dans un litre d'eau, pendant 20 minutes. La tisane produite a été placée dans chaque set. Sur chacun des postes, les tisanes produites ont été disposés après les avoir soigneusement codés. Au nombre de soixante-neuf, les dégustateurs non entraînés ont été sélectionnés puis ont constitué un panel dont l'âge se situait entre 20 et 45 ans. Ces derniers sont composés de femmes et d'hommes. Ils ont été recrutés parmi le personnel de l'Université Jean Lorougnon Guédé. Les dégustateurs ont été convoqués par groupe de 6 personnes. Après un briefing, ils ont été installés pour une évaluation des plats en monadique séquentiel ou en comparatif pour une durée de 8 à 10 minutes. Pour chaque tisane produite, elle comporte :

- une appréciation hédonique sur une échelle de satisfaction en 9 points (Meilgaard *et al.*, 1999). Cette appréciation hédonique comprend une évaluation générale (visuelle, globale, olfactive et une estimation de la texture et du goût) du produit ;
- les commentaires libres des consommateurs.

2.5. Analyse statistique

Les données collectées ont été saisies et traitées à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2016 et Statistica 7.1 (Statsoft Inc, Tulsa-USA Headquarters). Les données issues des paramètres biochimiques, minéraux, organoleptiques et phytochimiques ont été soumises à des analyses statistiques. Ainsi, une analyse de variance a été réalisée aux fins d'apprécier des différences significatives entre les paramètres biochimiques et les minéraux en fonction des localités et aussi pour chaque échantillon analysé. Des tests de comparaisons multiples (Tukey) ont été conduits lorsque la différence a été révélée comme significative ($p < 0,05$) aux fins de séparer les différents échantillons.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I. RESULTATS

1.1. Composition physico-chimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

La composition physico-chimique des échantillons de feuilles et de fleurs de *Lippia alba* a été déterminée et les résultats obtenus ont été consignés dans le tableau I. L'analyse statistique montre que les paramètres physico-chimiques tels que les teneurs en cendres, en matières grasses et en fibres brutes des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* sont statistiquement différentes (au risque de 5 %). Par contre, les teneurs en matière sèche sont statistiquement identiques au seuil de 5 %. Ces valeurs moyennes sont de $27,36 \pm 0,15$ % (feuilles) et $27,10 \pm 0,43$ % (fleurs) pour la matière sèche, de $72,64 \pm 0,15$ % (Feuilles) et $72,9 \pm 0,43$ % (Fleurs) pour l'humidité, $1,72 \pm 0,17$ % (Feuilles) et $3,82 \pm 0,94$ % (Fleurs) pour les matières grasses, de $4,20 \pm 0,56$ % (Feuilles) et $3,82 \pm 0,94$ % (Fleurs) pour les Fibres brutes et de $11,59 \pm 1,47$ % (Feuilles) et $10,02 \pm 0,02$ % (Fleurs) pour les cendres.

Tableau I: Caractéristiques biochimiques de feuilles et fleurs de *Lippia alba* (%MS)

Paramètres	Feuilles	Fleurs
Matière sèche	27,36 ± 0,15 ^a	27,10 ± 0,43 ^a
Humidité (% MF)	72,64 ± 0,15 ^a	72,9 ± 0,43 ^a
Centres	11,59 ± 0,02 ^a	10,02 ± 0,02 ^b
Matières grasses	1,72 ± 0,17 ^b	3,47 ± 0,17 ^a
Fibres brutes	4,20 ± 0,56 ^a	3,82 ± 0,94 ^a

Les valeurs sont la moyenne ± l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$), selon le test HSD de Tukey.

1.2. Composition minérale des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

Les teneurs moyennes en minéraux des échantillons de feuilles et de fleurs de *Lippia alba* sont représentées dans le tableau II. Il ressort de ce tableau que les compositions minérales (Calcium, Magnésium, Phosphore, Potassium, Sodium, Manganèse, Zinc et Fer) des différents échantillons de des feuilles et de fleurs de *Lippia alba* sont statistiquement différentes au risque de 5 %, à l'exception de la composition de Cuivre. Ces feuilles et fleurs ont des teneurs en calcium comprises 3400 ± 15,65 et 5500 ± 45,22 (mg/kg). Avec une teneur en phosphore moyenne se situant entre 33230 ± 9,67 et 62230 ± 13,25 (mg/kg), et une teneur en magnésium moyenne comprise entre 33200 ± 54,31 et 54000 ± 67,20 (mg/kg), les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* contiennent des teneurs en potassium moyennes oscillant entre 112400 ± 72,20 et 135800 ± 97,84 (mg/kg).

Elles contiennent en outre, des éléments minéraux tels que le sodium (150 ± 8,21 et 180 ± 8,77 mg/kg), le manganèse (50 ± 2,32 et 30 ± 5,4 mg/kg), le zinc (270 ± 4,33 et 720 ± 5,21 mg/kg), le cuivre (200 ± 3,21 et 220 ± 1,54 mg/kg). Et enfin, le fer (850 ± 6,25 et 1720 ± 8,22 mg/kg).

Tableau II: Composition minérale des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* (mg/kg)

Paramètres	Feuilles	Fleurs
------------	----------	--------

Calcium	3400 ± 15,65 ^b	5500 ± 45,22 ^a
Phosphore	33230 ± 9,67 ^b	62230 ± 13,25 ^a
Magnésium	33200 ± 54,31 ^b	54000 ± 67,20 ^a
Potassium	112400 ± 72,20 ^b	135800 ± 97,84 ^a
Sodium	150 ± 8,21 ^b	180 ± 8,77 ^a
Manganèse	50 ± 2,32 ^a	30 ± 5,4 ^b
Zinc	270 ± 4,33 ^b	720 ± 5,21 ^a
Cuivre	200 ± 3,21 ^a	220 ± 1,54 ^a
Fer	850 ± 6,25 ^b	1720 ± 8,22 ^a

Les valeurs sont la moyenne ± l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$), selon le test HSD de Tukey

1.3. Caractéristique phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

1.3.1. Screening phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

L'étude phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* révèle la présence de plusieurs familles de molécules que sont: les tanins, les saponines, les polyphénols, les alcaloïdes et les flavonoïdes (Tableau III). Les polyphénols, les flavonoïdes sont plus abondants dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* et une présence des saponines, des alcaloïdes et des tanins. Par contre, il y a absence de saponines dans les feuilles de *Lippia alba*.

Tableau III: Screening phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

	Polyphénols	Flavonoïdes	Saponines	Alcaloïdes	Tanins
Feuilles	++	++	-	+	+

Fleurs ++ ++ + + +

++ Abondance, + présence, - absence

1.3.2. Composition phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

Le tableau IV présente les différentes variations entre les teneurs en polyphénols totaux, les flavonoïdes et les activités antioxydantes dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba*. A travers ce tableau, il a été remarqué que les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des différents échantillons de feuilles et de fleurs de *Lippia alba* sont statistiquement différentes au risque de 5 %. En effet, il existe une forte teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les fleurs que dans les feuilles de *Lippia alba*. Au niveau de l'activité antioxydante, il n'existe pas de différence significative au risque de 5 % entre les deux organes. En effet, les activités antioxydantes sont pratiquement identiques dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba*

Tableau IV: Composition phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

Paramètres	Feuilles	Fleurs
Polyphénols totaux (mgEAG/g)	44,373 ± 2,166 ^b	63,190 ± 1,927 ^a
Flavonoïdes totaux (µgEQ/g)	84,376 ± 4,998 ^b	156,87 ± 2,830 ^a
Activités antioxydantes (µMÉq Trolox/L)	1,926 ± 0,025 ^a	1,943 ± 0,005 ^a

Les valeurs sont la moyenne ± l'écart type (n=3). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes (P < 0,05), selon le test HSD de Tukey

1.4. Evaluation sensorielle des tisanes des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

1.4.1. Test hédonique (acceptabilité) des tisanes issues des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*

Le Tableau V résume l'acceptabilité des tisanes issues des feuilles et fleurs de *Lippia alba* par les 70 dégustateurs. Le jugement porté par les dégustateurs sur les tisanes produites à partir des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* de la localité de Daloa, a montré des notes moyennes d'appréciation des tisanes respectivement de $7,04 \pm 0,7$ et $6,18 \pm 0,95$. Ces notes moyennes d'appréciation correspondent au niveau « agréable » (note de 7) et au niveau « assez agréable » (note 6) sur l'échelle de satisfaction. Cependant la tisane des feuilles a été plus appréciée que celles issues des fleurs.

Tableau V: Acceptabilité de la tisane des feuilles et fleurs de *Lippia alba*

Tisanes	Acceptabilité
Feuilles	$7,04 \pm 0,70^a$
Fleurs	$6,18 \pm 0,95^b$

Les valeurs sont la moyenne \pm l'écart type ($n=3$). Les teneurs avec les lettres alphabétiques différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($P < 0,05$), selon le test de Tukey

3-2- DISCUSSION

Les compositions biochimiques des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* ont été déterminées en vue de comprendre leur importance alimentaire et thérapeutique. Cette étude a indiqué que la teneur en matière sèche varie de $27,10 \pm 0,43$ % (fleurs) à $27,36 \pm 0,15$ % (feuilles) Ces résultats sont supérieurs à celle de Ekissi *et al.* (2011) qui ont trouvés une teneur de $20,36 \pm 0,31$ % dans les jeunes feuilles de *Lippia multiflora*. Cette différence peut être liée à la variété, à l'organe et à la zone de récolte. La teneur relativement élevée en eau ($72,64 \pm 0,15$ %) témoigne de la fraîcheur de ces feuilles et elle signifierait que les feuilles de *Lippia alba* pourraient être transformées en thé (Shukla, 2007).

Quant à la teneur en lipides, elle est de $1,72 \pm 0,17$ % à $3,47 \pm 0,17$ % respectivement dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba*. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par Ekissi. (2014) et Edeas. (2011) qui ont successivement trouvés des valeurs $1,96 \pm 0,51$ % et

4,29 ± 0,51 % dans les feuilles de *Lippia multiflora* et de 23,3 % dans les feuilles de *Camellia sinensis*. Cependant dans l'ensemble les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* ont une faible teneur en lipides. Elle est corroborée par les études de Vodouhe *et al.* (2012). Les auteurs stipulent que les feuilles contiennent de façon générale peu de lipides. Ce faible taux en lipides des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* signifierait que la consommation de *Lippia alba* pourrait être recommandée aux individus souffrant d'obésité signalé par Lintas (1992).

Selon (Kromhout *et al.*, 1982) les fibres alimentaires sont nécessaires pour le maintien de l'organisme en bonne santé. Ainsi, une consommation de fibres alimentaires permet de diminuer le taux de cholestérol-LDL considéré comme un facteur à risque des maladies cardiovasculaires (Luo *et al.*, 2017). Cette étude a indiqué que les teneurs en fibres de *Lippia alba* a été de 3,20 à 4,82 % respectivement dans les fleurs et les feuilles. Elles sont plus élevées que celles dans les feuilles d'épinard (0,55 %) telles que révélées par Yao *et al.*, (2020). Ces deux parties de la plante pourraient être incorporées dans les formulations alimentaires.

Au niveau de la teneur en cendres, cette étude a indiqué qu'elles étaient de 10,02 % et de 11,59 % respectivement pour les fleurs et les feuilles de *Lippia alba*. Elles montrent par conséquent la présence de minéraux dans les produits alimentaires car les cendres sont des résidus de composés minéraux qui persistent après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origines animale et végétale (Audigié & Zanzain, 1977). Les fleurs et les feuilles de *Lippia alba* ont des teneurs en cendres proches de celles obtenues par Ekissi (2014) sur les feuilles de *Lippia multiflora* (9,37 à 15,43 %).

Les teneurs en magnésium des différentes parties de *Lippia alba* (feuilles et fleurs) étudiées sont plus fortes (33200 ± 54,31 à 54000 ± 67,20 mg/kg) que celles du théier *Camellia sinensis* rapportés par (Carr *et al.*, 2003 et Chen *et al.*, 2009). Ces taux sont également supérieurs à ceux de Falade *et al.* (2005) et Aluko *et al.* (2012) respectivement chez *Hibiscus sabdariffa* et *Ocimum canum*. Par ailleurs, selon les organes, il est remarqué que les fleurs sont plus riches en magnésium que les feuilles. Cette observation montre ainsi que la teneur en magnésium serait fonction du type d'organe utilisé. Les feuilles et fleurs de *Lippia alba* sont de bonnes sources de magnésium car l'apport quotidien recommandé pour le magnésium est de 80 à 410 mg/j pour les enfants et 420 à 460 mg/j pour les adultes (Anonyme 1, 2009). Cette forte teneur de magnésium dans les tisanes de *Lippia alba* pourrait jouer un rôle important chez les consommateurs en tant que cofacteur dans de nombreuses réactions enzymatiques, dans la synthèse des protéines, des acides nucléiques et a un effet protecteur et stabilisant sur les membranes (Alais *et al.*, 2008).

Le calcium fait partie des éléments minéraux essentiels à la croissance d'une plante. C'est un élément essentiel dans de nombreuses fonctions vitales de l'organisme (coagulation du sang, activité musculaire et cardiaque maintien de la pression artérielle, la construction et le maintien des os et des dents, cofacteur dans le processus enzymatique) (Akubugwo *et al.*, 2007, Alais *et al.*, 2008). La composition minérale de *Lippia alba* a montré des taux en calcium de l'ordre de $3400 \pm 15,65$ à $5500 \pm 45,22$ mg/kg. Ces valeurs obtenues sont proches de celles de Aluko *et al.* (2012) mais inférieures à celle de Almeida *et al.* (2002) sur *Lippia alba* au Brésil (1388 mg/100g). Cependant les fleurs contiennent plus de calcium que les feuilles. Dans l'ensemble, les feuilles et fleurs de *Lippia alba* seraient de bonnes sources de calcium car l'apport quotidien recommandé pour le calcium est de 340 à 1200 mg/j pour les enfants et 900 mg/j pour les adultes (Anonyme 1, 2009). Les fortes teneurs en calcium des feuilles et fleurs de *Lippia alba* pourraient constituer de bonnes sources de nutriments pour les personnes âgées prédisposées à l'ostéoporose (Garriguet, 2011) et la consommation de ces feuilles pourrait être recommandée chez les personnes souffrant d'hypocalcémie.

Le potassium fait partie des différents éléments minéraux dont la plante a besoin pour sa croissance. Sa teneur est $112400 \pm 72,20$ et $138400 \pm 97,84$ mg/kg, pour respectivement les feuilles et les fleurs de *Lippia alba*. Elle est proche de celle déterminée par Adepoju et Oyewole (2008). Le taux élevé en potassium des fleurs pourrait s'expliquer par le fait que la plante absorbe et véhicule le maximum de potassium vers les parties aériennes afin d'assurer l'ajustement osmotique et par conséquent assurer la survie des plantes. Ces résultats sont similaires à ceux de (Hellali, 2002). Selon cet auteur, les teneurs en potassium sont plus élevées dans les tissus jeunes que dans les tissus âgés. Car le potassium intervient aussi dans la régulation de la croissance. C'est la raison pour laquelle le taux est plus élevé dans les fleurs qui constituent des zones de réserve de la plante. L'apport quotidien recommandé pour le potassium est de 800 à 5000 mg/j pour les enfants et 3000 à 4000 mg/j pour les adultes (Anonyme 1, 2009), donc les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* constitueraient de bonnes sources de potassium pour les consommateurs. En effet le potassium intervient dans la régulation de la pression artérielle.

La composition minérale des différents organes (feuilles et fleurs) étudiées a montré des teneurs en sodium ($150 \pm 8,21$ à $180 \pm 8,77$ mg/kg) pour respectivement les feuilles et les fleurs. Ces teneurs sont faibles comparées à celles obtenues par Alukob *et al.* (2012) qui ont rapporté une teneur de 9,58 g/kg dans les feuilles *Ocimum canum*. Cependant ces teneurs sont plus proches de celles déterminées par Ekissi. (2014), sur les différents types de feuilles *Lippia multiflora* ($174,83$ à $503,61$ mg/kg). Le taux de potassium des feuilles et fleurs étant plus élevé

que celui de sodium, cela signifierait que *Lippia alba* pourrait intervenir dans la prévention l'hypertension artérielle (FNB, 2002, Adrogue & Madias, 2007, Adepoju & Oyewole, 2008) et des maladies rénales (Emebu & Anyika, 2011). En fait, selon (Geleijnse *et al.*, 2003) l'effet bénéfique d'une restriction sodée sur le contrôle de l'hypertension artérielle est accru par une augmentation concomitante de l'apport en potassium. Le manganèse est un oligo-élément essentiel à l'Homme, cofacteur d'enzymes importantes dans la lutte contre le stress oxydant (Alais *et al.*, 2008). Sa teneur est de $(30 \pm 5,4 \text{ à } 50 \pm 2,32 \text{ mg/kg})$ pour respectivement les feuilles et les fleurs. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par Dos Reis *et al.* (2010) (0,96 à 9,68 mg/100g) au Brésil dans les feuilles de *Lippia alba*. *Lippia alba* serait donc une bonne source de manganèse car l'apport quotidien de manganèse recommandé est de 2 à 3,5 mg/j (enfants) et 5 à 5,5 mg/j (adultes) (Anonyme 1, 2009).

Le fer est un oligo-élément indispensable pour la croissance humaine. Il intervient dans plusieurs fonctions biologiques, en particulier dans le transport de l'oxygène par les globules et son stockage dans les muscles (Alais *et al.*, 2008). Les teneurs en fer dans les feuilles et fleurs de *Lippia alba* sont de $850 \pm 6,25 \text{ à } 1720 \pm 8,22 \text{ mg/kg}$. Ces valeurs sont supérieures à celles de Dos reis *et al.* (2004) dans les feuilles de *Lippia alba* au Brésil (0,98 à 27,84 mg/100g) et supérieures à l'apport quotidien recommandé pour le fer, qui est de 3,9 à 21,8 mg/j pour les enfants, 9,1 mg/j pour les hommes et 19,6 mg/j pour les femmes (Anonyme 2, 2004). *Lippia alba* constituerait donc de bonne source de fer. Par conséquent, la supplémentation des feuilles et fleurs de *Lippia alba* dans un régime alimentaire pourrait aider à combattre le problème d'anémie lié à l'insuffisance de fer qui affecte plus d'un milliard de personnes dans le monde entier (Trowbridge & Martorell, 2002).

Le zinc est un oligo-élément essentiel pour la croissance, le développement et le maintien de la fonction immunitaire, ce qui renforce la prévention et la guérison de maladies infectieuses (Walker *et al.*, 2005). Les produits carnés sont les meilleures sources de zinc (Walker *et al.*, 2005), et par conséquent, les carences en zinc sont habituellement observées chez les populations qui consomment une alimentation pauvre en protéines animales. Le taux de zinc des feuilles et des fleurs est de l'ordre de $270 \pm 4,33 \text{ à } 720 \pm 5,21 \text{ mg/kg}$. Ces valeurs sont plus élevées que celles de Dos reis *et al.* (2004) dans les feuilles de *Lippia alba* au Brésil (1,35 à 6,31 mg/100g) que celles de Annan *et al.* (2011) sur *Lippia multiflora* au Ghana. Ces teneurs sont également plus élevées de celles obtenues par Falade *et al.* (2005) et Chen *et al.* (2009), respectivement, sur *Hibiscus sabdariffa* (28 mg/kg), et dans les feuilles de *Camellia senensis* 24,19 à 31,86 mg/kg. L'apport nutritionnel minima est de 1,6 à 3,6 mg/j pour les enfants et 4 à 5 mg/j pour les adultes. Les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* seraient de bonnes sources de

zinc, pour les consommateurs. En effet, le zinc intervient dans la protection contre les radicaux libres de l'oxygène et son déficit pourrait avoir un effet dans le risque de maladies cardiovasculaires et de cancers (Alais *et al.*, 2008).

La consommation des feuilles de *Lippia alba* a amenée à étudier l'acceptabilité de la tisane des feuilles et des fleurs. Au niveau sensoriel, les tisanes issues des feuilles et des fleurs sont généralement acceptées par les dégustateurs quel que soit l'organe (feuilles ou fleurs) de *Lippia alba*. Cette acceptabilité des tisanes pourrait être due à leur arôme. Car selon les travaux de Chaturvedula & Prakash (2011), l'arôme est un aspect de qualité, très important qui détermine l'acceptabilité ou le rejet d'un thé. En effet, les feuilles de *Lippia alba* sont utilisées pour aromatiser (assaisonner) produits alimentaires (Duke, 2008).

L'étude phytochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* a révélé l'abondance des polyphénols et des flavonoïdes, la présence des alcaloïdes et des tanins et une présence mitigée des saponines. La présence de ces métabolites secondaires dans ces divers organes de *Lippia alba* justifierait l'utilisation de cette plante dans le traitement de divers maux signalés par Di Stasi *et al.* (2002). En effet, ces principes actifs sont responsables des potentiels pharmacologiques des plantes médicinales (Edeoga *et al.*, 2005). Les polyphénols seraient également impliqués dans la prévention des cancers. Ils sont actifs contre de nombreux cancers tels que colon, estomac, foie, sein, prostate, poumon, peau, vessie, etc. (Scalbert, 2004). Les flavonoïdes exercent une action bénéfique sur la santé, préviennent les cancers et les maladies cardio-vasculaires (Hodgson, 2008). Dès lors, les feuilles et fleurs de *Lippia alba* révèlent une présence abondante de flavonoïdes pourraient être conseillées à la consommation pour la population ivoirienne. Il faudrait souligner que les saponines ont des propriétés anti-inflammatoires (Ndouyang *et al.*, 2009). La présence de ces composés dans les organes de *Lippia alba* pourrait expliquer les propriétés anti-inflammatoires de cet arbuste qui est utilisé dans le traitement d'affections respiratoires signalé par les auteurs Pascual *et al.*, (2001); Hennebelle *et al.* (2008). L'étude réalisée révèle la présence d'alcaloïdes dans les feuilles de *Lippia alba*. Les alcaloïdes sont des substances à propriétés pharmacologiques. Certains jouent le rôle d'anesthésiques (cocaïne), d'antipaludiques (quinine) (Azzi, 2013). La présence de tanins dans les feuilles de *Lippia alba* justifierait les sont utilisation dans le traitement des douleurs d'estomac et des troubles digestifs (Pinto *et al.*, 2006) et dans la cicatrisation des plaies. Les tanins sont également des composés polyphénoliques amers, qui accélèrent la guérison des blessures (Aluko *et al.*, 2012). Les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* contiennent des polyphénols et assurent une activité antioxydante très importante. En effet, les antioxydants et les phénols réduisent les actions oxydatives des radicaux libres ce qui pourrait être

responsables des maladies cardiovasculaires. (Marfak, 2003), pour diminuer les dommages oxydatifs, notre organisme a alors besoin d'une alimentation riche en antioxydants exogènes.

Dans cette étude, les contenus en composés phénoliques de *Lippia alba* variaient d'un organe à un autre. En effet, les feuilles sont moins riches ($44,37 \pm 2,16$ mg(EAG)/g) en polyphénols que les fleurs ($63,19 \pm 1,92$ mgEAG /g). Les teneurs des composés phénoliques observées dans les deux espèces pourraient constituer des données très intéressantes pour la nutrition de la population locale.

Quant aux flavonoïdes totaux de *Lippia alba* étudiés, il a été enregistré des valeurs relativement élevées ($84,37 \pm 4,99$ µg EQ/g) pour les feuilles et $156,87 \pm 2,83$ µg EQ/g) pour les fleurs. Dans l'ensemble, les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* étudiées sont riches en flavonoïdes, cependant les fleurs sont plus riches en flavonoïdes que les feuilles.

Les flavonoïdes appartiennent aux groupes des composés phénoliques qui ont une haute valeur thérapeutique dans l'organisme puisqu'ils agissent en tant qu'antioxydant, soit en bloquant la formation de radicaux libres, soit en fixant directement l'oxygène ou en inhibant l'activité lipoxygénase (Ho, 1992). Ce sont des molécules qui apportent plus de stabilité dans les membranes des microsomes du foie et jouent également un rôle important dans la protection instinctive contre le stress oxydatif avec la contribution de certaines vitamines (Van Acker *et al.*, 1998 et Arbaayah & Umi Kalsom, 2013). Notons que la présence des flavonoïdes vient confirmer les vertus thérapeutiques attribuées à cette variété de *Lippia*. Leur richesse en polyphénols fait d'eux des aliments qui peuvent stimuler les défenses naturelles et immunitaires du corps. *Lippia alba* à une bonne activité antioxydante.

Les taux élevés en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux des fleurs pourraient aussi s'expliquer par le fait que les fleurs développeraient un mécanisme de défense chimique (contre des insectes et des micro-organismes) et lutte contre les stress environnementaux (UV etc) en produisant plus les composés phénoliques (Butler, 1989).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude a été réalisée dans le but d'évaluer la nature biochimique et organoleptique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* en vue de sa valorisation nutritionnelle dans l'alimentation ivoirienne.

La composition biochimique des feuilles et des fleurs de *Lippia alba* a révélé que les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* sont pauvres en matières grasses. Par ailleurs, elles constituent de bonnes sources de minéraux. Les éléments minéraux majoritaires sont le calcium et le magnésium. Le fer, le potassium et le sodium sont présents en proportion moyenne. Au niveau sensoriel, la tisane des feuilles de *lippia alba* est plus acceptée (appréciée) que la tisane des fleurs par les dégustateurs. La présence des métabolites secondaires dans les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* justifie l'importance thérapeutique de cette plante, d'où l'intérêt de la consommer pour profiter au mieux, des effets bénéfiques de ses principes actifs.

Cette étude fait partie des recherches sur la valorisation nutritionnelle de *Lippia alba*. Elle ouvre des pistes de recherches alimentaires de cette plante. En perspective, il serait intéressant de :

- ✓ évaluer la qualité microbiologique et la toxicité des tisanes de *Lippia alba* obtenues ;
- ✓ faire une étude comparative de *Lippia alba* et *Lippia multiflora*;
- ✓ transformer les feuilles et les fleurs sous forme de thé ; ✓ faire le profil sensoriel.

REFERENCES

- Adepoju O. T. & Oyewole E. O. (2008). Nutritional importance and micronutrient potentials of two non-convectional indigenous green leafy vegetables from Nigeria. *Agricultural Journal*, 3 (5): 362-365
- Adrogue H. J. & Madias N. E. (2007). Sodium and potassium in the pathogenesis of hypertension. *The New England journal of Medicine*, 356: 1966-1978.
- Akubugwo I. E., Obasi N. A., Chinyere G.C. & Ugbogu A. E. (2007). Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Nigeria, *African. Journal. Biotechnologie*, 6 (24): 2833-2839.
- Alais C., Linden G. & Miclo L., (2008). "Biochimie alimentaire." 6e édition, *Dunod Paris*, (France), 260 p.
- Alipoor B. & Rad A. H.A. (2012). Review on the therapeutical effects of tea. *Asian Journal of Clinical Nutrition* 4 (1):1-15
- Almeida M.M.B.; Lopes M. De F.G. Nogueira, C.M.D.; Magalhães C.E. De C. & Morais N.M.T. (2002). Determinação de nutrientes minerais em plantas medicinais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(1): 94-97.
- Aluko B. T, Oloyede O. I., & Afolayan A. J. (2012). "Phytochemical and nutrient compositions of the leaves of *Ocimum canum Sims*". *African Journal of Biotechnology*, 11 (63): 12697-12701.
- Ambé G. A. (2001). Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire: Etat de la connaissance par une population locale, les Malinkés. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 5 (1):43-58.
- Annan K., Sante I. K., Asare C., Asare-Nkansah S. & Tunkumgnen B. M. (2011): Profile of heavy metals in some medicinal plants from Ghana commonly used as components of herbal formulations. *Pharmacogn. Research*, (2): 41-44.
- Anonyme 1 (2009). Conseil supérieur de la santé. Recommandation nutritionnelle pour la Belgique, 92 p.
- Anonyme 2. (2004). Role of iron in human metabolic. Processes. Bruxelles, Belgique: 246278.

- Arbaayah H.H. & Umi-Kalsom Y (2013). Antioxidant properties in the oyster mushrooms (*Pleurotus spp.*) and split gill mushroom (*Schizophyllum commune*) ethanolic extracts. *Mycosphere*, 4 (4): 661-673.
- A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. 15th Edn, Association of Official Analytical Chemists Washington DC., USA: 200-210.
- Audigié C L. & Zanzain F. (1977). Manipulation d'analyses biochimiques. Doin édition Paris, France, 274 p.
- Azzi R. (2013). Contribution de l'étude des plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest Algérien : enquête ethnopharmacologie ; Analyse pharmaco-toxicologique de figuier (*ficus carica*) chez le rat wistar. Thèse de Doctorat, Biologie-biochimie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 124p.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. & Idaomar M. (2007). Effets biologiques des huiles essentielles. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 446- 475.
- Carr H. P., Lombi E., Küpper H., Mcgrath S. P. & Wong M. H. (2003). "Accumulation and distribution of aluminium and other elements in tea (*Camellia sinensis*) leaves". *Agronomie*, 23: 705-710.
- Chaturvedula V. S. P. & Prakash I. (2011). The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal. Plant Researchs*, 5 (11): 2110-2124.
- Chen Y., Yu M., Xu J., Chen X. & Shi J. (2009). Differentiation of eight tea (*Camellia sinensis*) cultivars in China by elemental fingerprint of their leaves. *Journal of Science. Food and Agriculture*. 89: 2350-2355.
- Crète P. (1965). Précis de Botanique. Systématique des Angiospermes. Masson et Cie, Paris, 429 p
- Costa M., Di Stasi L. C., Kirizawa M., Mendaçolli S. L., Gomes C. & Trolin G. (1989). Screening in souris de certaines plantes médicinales utilisées à des fins analgésiques dans l'État de São Paulo. *Journal of Ethnofarmacology*, 27: 25-33.
- Dereje D. & Desalegn D. (2013). Abundance and use of *Vepris dainellii* (Pichi-Serm.) Kokwaro, an Ethiopian endemic plant, in Melokoza woreda, Southern Ethiopia. *Ethiopian Journal Education and Sciences*, 8(2): 442-448.

- Depeltd F. (2009). Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique. 3^e édition. TEC et DOC. Lavoisier, Paris, France, 524 p.
- Di Stasi L.C., Oliveira G.P., Carvalhaes M.A., Queiroz-Junior M, Tien OS, Kakinami S.H & Reis M.S. (2002). Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. *Fitoterapia*, 73: 69-91.
- Dos Santos F. J. B., Lopes J. A. D., Cito A. M. G. L., De Oliveira E.H., De Lima S.G. & Reis F.D.A. M. (2004). Composition and biological activity of essential oils from *Lippia origanoides*. *Journal essential oil research*, 16: 504-506.
- Duke J.A. (2008). Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America. CRC Press: 962p.
- Edeas M. (2011). Les secrets de santé du thé. Ed. Alpen. Monaco, France, 95 p.
- Edeoga H. O., Okwe D. E. & Mbabie B. O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plant. *Agriculture of Journal. Biotechnology*, 4 (7): 685-688.
- Ekissi A. C. (2014). Valorisation nutritionnelle des feuilles du théier de savane (*lippia mutiflora*) de Côte d'Ivoire et des produits dérivés (tisane et thé vert). Thèse de Doctorat de Biochimie, Université Felix Houphouët Boigny d' Abidjan, Côte d'Ivoire, 196 p.
- Emebu P. K. & Anyika J. U. (2011). "Proximate and mineral composition of Kale (*Brassica oleracea*) grown in delta state, Nigeria". *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 (2): 190194.
- Evans W. (2002). Trease and Evans pharmacognosy. 15th Edn, Elsevier, India, 27(46):183184.
- Falade O. S., Otemuyiwa I. O., Oladipo A., Oyedapo O. O., Akinpelu B. A. & Adewusi S. R. A. (2005). The chemical composition and membrane stability activity of some herbs used in local therapy for anemia. *Journal ethnopharmacology*, 102: 15–22.
- Folefack D. P., Njomaha C. & Djoulde D. R. (2008). Diagnostic du système de production et de commercialisation du jus d'oseille de Guinée dans la ville de Maroua, *Tropicultura*, 4(26): 211-215.
- FNB (2002). Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intake for Energy, Carbohydrate,

Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acid (Micro-nutrients). Institute of Medicine of the National Academies Press. Washington D C, United States, 1357 p.

Garriguet D. (2011). Santé des os: ostéoporose, calcium et vitamine D. *Rapports sur la santé*, 22 (3) : 1-9.

Geleijnse J. M., Kok F. J. & Grobbee D. E. (2003). Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials. *Journal of Human Hypertension* 1, 7(7): 471-480.

Gleiser R. M. & Zygadlo J.A. (2007). Insecticidal properties of essential oils from *Lippia turbinata* and *Lippia polystachya* (Verbenaceae) against *Culex quinquefasciatus* (Diptera Culicidae). *Journal of Parasitology Research*, 101 (5): 1349-1354.

Hellali R. (2002). Rôle du potassium dans la physiologie de la plante. *Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche*. Tunis 10 décembre 2002. 70 p.

Health Canada, 2000. Évaluation qualitative du risque : les jus de fruits non pasteurisés. *In* : Evaluation de risque pour la santé guide pratique des plantes médicinales pour les personnes vivant avec le VIH, 43 p.

Hennebelle T., Sahpaz S., Dermont C., Joseph H. Bailleul F (2006). The essential oil of *Lippia alba*: analysis of samples from French overseas departments and review of previous works. Wiley. *Chemistry and Biodiversity*, 3, 1116-1125. ISSN: 1612-1880.

Ho C.T. (1992). Phenolic compounds in food. An overview. *In*: Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health II. Antioxidants and Cancer Prevention, Washington: 8-34.

Hodgson J. M. (2008) Tea flavonoids and cardiovascular disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(1): 288-290

Holetz F. B., Pessini G. L., Sanches N. R., Cortez D. A., Nakamura C. V. & Filho B. P. (2002). Screening de quelques plantes utilisées dans la médecine populaire brésilienne pour le traitement des maladies infectieuses. IOC/Fiocruz, *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97(7): 1027-1031.

- Julião L. S., Tavares E. S., Lage C. L. S. & Leitão S. G. (2003). Cromatografia em camada fina de extratos de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br. (erva cidreira) *SciELO. Revista Brasileira de Farmacognosia*, 13(1): 36-38.
- Koduru, S., Grierson, S. D. & Afolayam, J.A. (2007). Ethnobotanical information of medicinal plants used for treatment of cancer in the Eastern Cape Province, South Africa. *Current Science*, 92: 47.
- Köster E. P. (2009). Diversity in the determinants is food choice: A psychological perspective. *Food Quality and Preference*, 20(2): 70-82.
- Lawless H. T. & Heyman H. (1999). Sensory evaluation of food: principles and practices. Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, USA, 827 p.
- Lefebvre A. & Bassereau J.F. (2003). L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. *Application aux emballages*. In: 10e séminaire confere, 3-4 Juillet, 2003, Belfort, France, 3-11.
- Lintas C (1992). Nutritional aspects of fruits and vegetables consumption. *Options Mediterraeennes*, 19: 79-87.
- Longuefosse J.L & Nossin E. (1996) Medical ethnobotany survey in Martinique. *Journal of ethnopharmacology*, 53: 117-142
- Lorenzi H. & Matos F. J. A. (2002). Plantas Mediciniais do Brasil - Nativas e Exóticas. Instituto Plantarum, 48 p.
- Marinova, D., Ribarova, F. et Atanassova, M. (2005). Total Phenolics and Total Flavonoids in Bulgarian Fruits and Vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40, 255 - 260.
- Marfak A. (2003). Radiolyse gamme des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : Formation de depsides. Thèse de Doctorat, Spécialité Biophysique, Université de Limoges, (Limoges, France), 220 p
- Meilgaard M. C., Civille G. V. & Carr B. T. (1999). Sensory Evaluation Techniques. 3rd édition CRC Press.LLC, Boca Raton, Florida, New York, USA, 387 p.
- Moldenke H. N. (1981). Additional Notes on the genus *Lippia* XVI. *Phytologia*, 48 (2): 151185.

- Molyneux P., (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal. Science Technology*, 26 (2): 211-219.
- Munir A. A. (1992). A taxonomic revision of the genus *Stachytarpheta* M. Vahl (Verbenaceae) in Australia. *Journal of Adelaide Botanic Gardens*, 14(2): 133-168.
- Munir A. A. (1993). A Taxonomic revision of the genus *Lippia* (Verbanaceae) in Australia. *Journal of Adelaide Botanic Gardens*, 15 (2): 129-145.
- Ndouyang C. J., Aba R. E., Aboubakar B. F., Yanou N. N., Bouba A. M. & Carl M. M. (2009). Nigerian Medicinal plant. *Agricultural Journal of Biotechnology*, 4(7): 685-688.
- Nindjin C. (2002). Amélioration du stockage traditionnel de l'igname (*Dioscorea spp.*) en région centre de la Côte d'Ivoire: conséquences organoleptiques. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 259 p.
- Ombito J.O., Salano E.N., Yegon P.K., Ngetich W.K. & Mwangi E.M. (2014). A review on the chemistry of some species of genus *Lippia* (Verbenaceae family). *Journal of Scientific and Innovative Research*, 3 (4): 460-466.
- Parejo L., Viladomat F. & Bastida J., (2003). Investigation of bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Science*, 73: 1667-81.
- Pascual M.E., Slowing K., Carretero E., Mata D. S. & Villar A. (2001). *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 76: 201-214.
- Pinto E.P.P., Amorozo M.C.M & Furlan A. (2006). Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlantica-Itacaré, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20: 751-762.
- Published N. (2010). The influence of fruit Load on the Tomato Pericarp Metabolome in a *Solanum chimielewskii* Introgression Line population. *Plant physiology*, 154: 11281142.
- Rodrigues ACC & Guedes MLS. (2006). Utilização de plantas medicinais no Povoado Sapucaia, Cruz das Almas—Bahia. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 8: 1-7.

- Sanchez-Moreno C., Larrauri J. A. & Saura-Calixto F. (1998). Antioxydants naturels végétaux. *Science Food.Agriculture*, 76: 270.
- Scalbert A. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*; 79(5): 727-47.
- SSHA. (1990). Evaluation sensorielle : manuel méthodologique. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 328 p.
- Stone H. & Sidel J.L. (1993). *Sensory evaluation practices*. 2nd edition, Academic Press, In., San Diego, California, USA 338 p.
- Stone H., Sidel J., Oliviers S., Woosley A. & Singleton R.C. (1974). *Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis*. *Food Technology* : 24-28.
- Tchiegang C. & Aissatou K. (2004). Données éthonutritionnelles et caractéristiques physicochimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua, (Cameroun). *Tropicultura*, 1(22): 11-18.
- Terblanche F. C. & Kornelius G. (1996). Essential oil constituents of the genus *Lippia* (Verbenaceae) Literature review. *Journal of Essential Oil Research*, 8: 471 - 485.
- Trowbridge F. & Martorell M. (2002) Forging effective strategies to combat iron deficiency Summary and recommendations". *Journal of Nutrition*, 85(32): 875-880.
- Vale T.G, Furtado, E.C., Santos Jr. J.G. & Viana G.S.B. (2002). Central effects of citral, myrcene and limonène, constituants des chémotypes d'huile essentielle de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown. Elsevier. *Phytomedicine*, 9(8): 709-7014
- Van Acker S.A., Van Balen G.P., Van den Berg D.J., Bast A. & Van der Vijgh W.J. (1998). Influence of iron chelation on the antioxidant activity of flavonoids. *Biochemical Pharmacology*, 56(8): 935-943.
- Viljoen A.M., Subramoney S., Van Vuuren S.F., Baser K.H.C. & Demirci B. (2005). The composition, geographical variation and antimicrobial activity of *Lippia javanica* (Verbenaceae) leaf essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 96: 271-277.
- Vodouhe S., Dovoedo A., Anihouvi V B., Tossou R C. & Soumanou M M. (2012). Influence du mode de cuisson sur la valeur nutritionnelle de *Solanum macrocarpum*,

Amaranthus hybridus et *Ocimum gratissimum*, trois légumes-feuilles traditionnels acclimatés au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (5): 1926 - 1937.

Walker C. F., Kordas K., Stoltzfus J. R. & Black R. E. (2005). Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials *American Journal of Clinical Nutrition*, 82 (1): 5 - 12.

Wood B. E., Müller H.-R., Zank, G. P. & Linsky J. L. (2002). Measured Mass Loss Rates of Solar-like Stars as a Function of Age and Activity. *The Astrophysical Journal*, 574:412-425.

Yamamoto P.Y. (2006). Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. Dissertação (Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico - USP, Campinas, 90 p.

Yao N.B., Kpata-Konan N.E., Guetandé K.L. & Tano K. (2020). Caractérisation de quelques légumes-feuilles les plus consommés dans la ville de Daloa (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *European Scientific journal*, 16(36): 257 - 284.

ANNEXES

Fiche de notation pour les tests hédoniques

TEST D'ACCEPTABILITE

Nom :

Séance N°

Date :

Prénom :

Code de l'échantillon n°

Tranche d'âge : 20- 30 30-40 50-60

Sexe : M

F

Instructions: goûtez le produit servi et cochez le numéro correspondant à votre impression.

- 1. Extrêmement désagréable
- 2. Très désagréable
- 3. Désagréable
- 4. Assez désagréable
- 5. Ni, désagréable ni agréable
- 6. Assez agréable
- 7. Agréable

8. Très agréable

9. Extrêmement agréable

RESUME

L'objectif de ce travail est d'évaluer la qualité nutritionnelle des feuilles et fleurs de *Lippia alba*. Pour ce faire, des méthodes standards d'analyses physico-chimiques ont été réalisées. Les données obtenues, ont été traitées grâce aux logiciels Microsoft Excel et Statistica pour la détermination des moyennes et l'analyse des variances. Ainsi neuf minéraux (potassium, calcium, magnésium, fer, sodium, manganèse, zinc, cuivre et cadmium) ont été quantifiés par spectrophotométrie d'absorption Atomique (AAS) provenant des feuilles et des fleurs de *Lippia alba*. Les résultats montrent que les teneurs en minéraux majoritaire sont le potassium ($112400 \pm 72,20$ à $135800 \pm 97,84$ mg/kg), le phosphore (33230 à 62230 mg/kg), le magnésium (33200 à 54000 mg/kg) et le calcium (3400 à 5500 mg/kg). Le fer (850 à 1720 mg/kg), Le zinc (270 à 720 mg/kg), le cuivre (200 à 220 mg/kg) et le sodium (150 à 180 mg/kg) sont représentés en proportion moyenne. Et le manganèse (50 à 30 mg/kg) existe en de faibles quantités. Les feuilles de *Lippia alba* constituent de bonnes sources de minéraux. Les feuilles et les fleurs de *Lippia alba* possèdent bien des vertus thérapeutiques et nutritionnelles qui peuvent contribuer à la santé et au bien être nutritionnelle des populations.

Mots-clés: *Lippia alba*, médecine traditionnelle, nutrition, biotechnologie

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the nutritional quality of the leaves and flowers of *Lippia alba*. For this purpose, standard methods of physico-chemical analysis were used. The data obtained were processed using Microsoft Excel and Statistica software for the determination of averages and the analysis of variances. Nine minerals (potassium, calcium, magnesium, iron, sodium, manganese, zinc, copper and cadmium) were quantified by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) from the leaves and flowers of *Lippia alba*. The results show that the major mineral contents are potassium (112400 to 135800 mg/kg), phosphorus (33230 to 62230 mg/kg), magnesium (33200 to 54000 mg/kg) and calcium (3400 to 5500 mg/kg). Iron (850 to 1720 mg/kg), zinc (270 to 720 mg/kg), copper (200 to 220 mg/kg) and sodium (150 to 180 mg/kg) are represented in medium proportions. Manganese (50 to 30 mg/kg) is present in small quantities. The leaves of *Lippia alba* are good sources of minerals. The leaves and flowers of *Lippia alba* have many therapeutic and nutritional properties that can contribute to the health and nutritional well-being of people.

Keywords: *Lippia alba*, traditional medicine, nutrition, biotechnology