

**Etude phytochimique et biologique de deux
plantes médicinales de Côte d'Ivoire :**
Lantana camara et *Lantana rhodesiensis*
(Verbenaceae)



Promoteurs :

Pr TONZIBO Zanahi Félix

Pr FAUCONNIER Marie-Laure

Année civile : 2021

COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE
UNIVERSITÉ DE LIÈGE - GEMBLoux AGRO-BIO TECH

RÉPUBLIQUE DE LA CÔTE D'IVOIRE UNIVERSITÉ FÉLIX
HOUPHOUËT BOIGNY – ABIDJAN COCODY

**Etude phytochimique et biologique de deux plantes
médicinales de Côte d'Ivoire :**
Lantana camara et Lantana rhodesiensis
(Verbenaceae)

NEA Fatimata

Dissertation originale en Convention de Cotutelle Internationale présentée en
vue de l'obtention du grade de :

Mention (Belgique) : Docteur en Sciences agronomiques et ingénierie biologique

Mention (Côte d'Ivoire) : Docteur en Chimie organique

Soutenue publiquement le 28/04/2021 devant le jury composé de :

Président : M. LEBAILLY Philippe, Professeur Ordinaire, Gembloux Agro Bio-Tech
(Belgique)

Promoteurs : M. TONZIBO Zanahi Félix, Professeur Titulaire, Université F.H.B (Abidjan)
Mme. FAUCONNIER Marie-Laure, Professeur Ordinaire, Gembloux Agro Bio-Tech
(Belgique)

Rapporteurs : Mme. KOUASSI Akoua Philomène, Maître de Conférences, Université F.H.B
(Abidjan)
Mme. LINS Laurence, Maître de recherches, Gembloux Agro Bio-Tech (Belgique)

Examineurs : M. ADIMA Amissa Augustin, Maître de Conférences, INPH-B (Yamoussoukro)

Je te rendrai grâce parmi les peuples, je te chanterai parmi les nations ; car ta fidélité est plus grande que les cieux et ta vérité va jusqu'aux nues. (Ps 108 : 4-5)

Le courage n'est pas l'absence de la peur, mais la capacité de la vaincre. (Nelson Mandela)

La patience est un arbre dont la racine est amère, et dont les fruits sont très doux. (Proverbe persan)

Il n'y a point de bonheur sans courage, ni de vertus sans combat. (Jean-Jacques Rousseau)

Pour cultiver l'amitié entre deux êtres, il faut parfois la patience de l'un des deux. (Proverbe Indien)

Aussi mon cœur se réjouit, mon âme exulte et ma chair demeure en sûreté, car tu ne m'abandonnes pas aux enfers, tu ne laisses pas ton fidèle voir la fosse. (Ps 16 : 9-10).

Résumé

Cette thèse a pour but de contribuer à l'étude phytochimique de *Lantana camara* Lin et *Lantana rhodesiensis* Moldenke, et de justifier leurs utilisations dans la médecine traditionnelle ivoirienne.

La première partie a consisté à la détermination de la composition chimique et à l'évaluation des activités biologiques de l'huile essentielle des organes de ces plantes. Les échantillons d'huile essentielle ont été obtenus par hydrodistillation et analysés par CPG-SM, CPG-FID-IR et RMN ¹³C. Les résultats ont montré que la composition chimique de l'huile essentielle des organes est majoritairement dominée par l'(*E*)- β -caryophyllène et l' α -humulène. Les monoterpènes tels que le thymol, le sabinène et le 1,8-cinéole y sont parfois majoritaires. L'analyse statistique des échantillons d'huile essentielle a révélé une variabilité de la composition chimique des organes. En outre, l'impact de la variabilité due au stade phénologique sur la composition de l'huile essentielle des organes de *L. camara* a été démontré. Il ressort que la proportion de thymol est plus élevée pendant les mois de floraison et de fructification intense. La variation chimique de l'huile essentielle de *L. camara* serait également liée aux facteurs biogéographiques et génétiques. L'huile essentielle des feuilles et des fleurs présente des activités insecticide, antioxydante et anti-inflammatoire intéressantes.

La deuxième partie a consisté à l'exploration phytochimique bio-guidée des organes de *L. rhodesiensis*. Le screening phytochimique a permis de mettre en lumière une plus grande richesse des feuilles en polyphénols et flavonoïdes. L'extrait des feuilles présente une activité antioxydante et antiplasmodiale plus élevée par rapport à l'extrait des tiges et des racines. Plusieurs fractions de l'extrait des feuilles ont révélé une activité antiplasmodiale intéressante ($15 > CI_{50} < 3 \mu\text{g/mL}$). À partir des feuilles, une nouvelle flavone (**1**) et trois autres flavones ont été isolés, il s'agit de : rhodescine ou 5,6,3',5'-tétrahydroxy-7,4'-diméthoxyflavone (**1**); 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-penta-méthoxyflavone (**2**); 5-hydroxy-6,7,3',4'-tétraméthoxy-flavone (**3**) et 5,6,3'-

trihydroxy-7,4'-diméthoxyflavone (**4**). La structure de chacun de ces composés a été élucidée par les méthodes spectrales de RMN ^1H , ^{13}C , COSY, HSQC, HMBC et LC-MS. Les composés **1**, **3** et **4** ont été identifiés pour la première fois à partir de cette espèce. Le pourcentage d'inhibition (%I) du radical DPPH de chaque composé (1mg/mL) a été déterminé. La rhodescine (**1**) (%I = $97,92 \pm 0,20$) présente un pourcentage d'inhibition proche de celui de l'acide ascorbique (%I = $98,50 \pm 0,56$) et de la quercétine (%I = $98,89 \pm 0,74$). Le pourcentage d'inhibition du composé **4** est moyen (%I = $61,77 \pm 3,53$) tandis que celui des composés **2** et **3** est faible.

Les résultats de ces travaux de recherche permettent de justifier l'usage de ces deux plantes dans la médecine traditionnelle, notamment dans le traitement du rhumatisme et de la malaria. Ces travaux ouvrent des perspectives sur d'autres investigations scientifiques qui pourraient aboutir à l'identification de nouveaux métabolites secondaires à potentialité antioxydante et antipaludique.

Mots clés : *Lantana camara*, *Lantana rhodesiensis*, Côte d'Ivoire, huile essentielle, activité antioxydante, activité anti-inflammatoire, activité insecticide, polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, activité antiplasmodiale, flavones.

Abstract

This thesis aims to contribute to the phytochemical study of *Lantana camara* Lin and *Lantana rhodesiensis* Moldenke, and to justify their uses in traditional Ivorian medicine.

The first part consisted in the determination of the chemical composition and the evaluation of the biological activities of the essential oil of the organs of these plants. The essential oil samples were obtained by hydrodistillation and analyzed by GC-MS, GC-FID-IR and ¹³C NMR. The results showed that the chemical composition of the essential oil of the organs is predominantly dominated by (E)- β -caryophyllene and α -humulene. Monoterpenes such as thymol, sabinene, and 1,8-cineole are sometimes in the majority. Statistical analysis of the essential oil samples revealed variability in the chemical composition of the organs. Furthermore, the impact of variability due to phenological stage on the composition of the essential oil of *L. camara* organs was demonstrated. It was found that the proportion of thymol is higher during the months of flowering and intense fruiting. The chemical variation of the essential oil of *L. camara* is also related to biogeographical and genetic factors. The essential oil of the leaves and flowers shows interesting insecticidal, antioxidant and anti-inflammatory activities.

The second part consisted in the bio-guided phytochemical exploration of the organs of *L. rhodesiensis*. The phytochemical screening allowed to highlight a greater richness of the leaves in polyphenols and flavonoids. The leaf extract showed higher antioxidant and antiplasmodial activity compared to the stem and root extract. Several fractions of the leaf extract showed interesting antiplasmodial activity ($15 > IC_{50} < 3 \mu\text{g/mL}$). From the leaves, a new flavone (**1**) and three other flavones were isolated, they are: rhodescin or 5,6,3',5'-tetrahydroxy-7,4'-dimethoxyflavone (**1**); 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-penta-methoxyflavone (**2**); 5-hydroxy-6,7,3',4'-tetramethoxyflavone (**3**) and 5,6,3'-trihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone (**4**). The structure of each of these compounds was elucidated by ¹H, ¹³C NMR, COSY, HSQC, HMBC and LC-MS

spectral methods. Compounds **1**, **3** and **4** were identified for the first time from this species. The percent DPPH radical inhibition (%I) of each compound (1mg/mL) was determined. Rhodescin (**1**) (%I = 97.92 ± 0.20) shows a percentage inhibition close to that of ascorbic acid (%I = 98.50 ± 0.56) and quercetin (%I = 98.89 ± 0.74). The percentage of inhibition of compound **4** is average (%I = 61.77 ± 3.53) while that of compounds **2** and **3** is low.

The results of this research work justify the use of these two plants in traditional medicine, particularly in the treatment of rheumatism and malaria. This work opens perspectives on other scientific investigations that could lead to the identification of new secondary metabolites with antioxidant and antimalarial potential.

Keywords: *Lantana camara*, *Lantana rhodesiensis*, Côte d'Ivoire, essential oil composition, Antioxidant activity, Anti-inflammatory activity, insecticidal activity, polyphenol content; flavonoid content, antiplasmodial activity, flavones

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded ends on the top and right, framing the central text.

DÉDICACES

Dédicaces

À chacune de tes offrandes montre un visage joyeux. Donne au Très-Haut à la mesure de ses dons, avec la générosité que te permettent tes moyens. (Si 35 : 11-12)

À la mémoire de mon père NEA Dié et de mon oncle ZADI Léonard

Vous aimiez les hautes études et m'encouragez sans cesse à ne pas abandonner. Cela m'a motivé à poursuivre mon parcours académique. Hélas, vous êtes partis trop tôt, laissant un grand vide dans mon cœur. De là où vous êtes, j'espère que cette thèse vous rendra fiers. Elle est le signe de ma reconnaissance pour tous les efforts consentis pour ma scolarisation et mon éducation. Je vous aime énormément.

À ma mère OURAGA Ogouho Géné,

Femme battante et dévouée à sa famille et qui a endossé très tôt le rôle de père et de mère. Je te prie maman de recevoir cette thèse comme le fruit de ta semence, de mon infinie reconnaissance et de mon amour pour toi.

À mon oncle ZIEGA Souhonné Pièrre,

Un père, j'en ai perdu, mais un père, j'en ai retrouvé un en toi qui a toujours été là pour moi. Mon papa à moi, trouve dans cette thèse l'expression de ma sincère reconnaissance, de ma gratitude et de mon amour.

À tous mes frères et sœurs

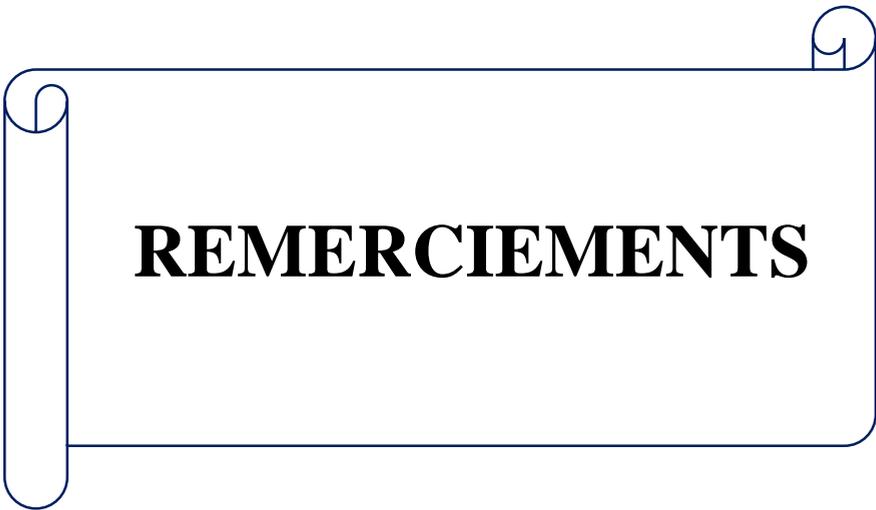
En témoignage de votre soutien, de votre aide et de vos encouragements. Cette thèse est aussi l'expression de mon amour pour chacun de vous et de ma volonté de toujours me rompre à la tâche pour la fierté de la famille.

À mes oncles et tantes, cousins et cousines, ami(e)s et proches

En guise de ma reconnaissance, de ma gratitude et de ma profonde affection.

Enfin à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué ou participé à l'aboutissement de ce travail.

Je te célèbre car tu m'as répondu, et je te dois la victoire. (Ps 118 : 21)



REMERCIEMENTS

Remerciements

*La réussite appartient à tout le monde.
C'est au travail d'équipe qu'en revient le
mérite. (Franck Piccard)*

Ce travail de thèse a abouti grâce au soutien, l'assistance et la collaboration de nombreuses personnes. C'est le fruit de la collaboration entre :

Le Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière (**LCRM**) de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Côte d'Ivoire, sous la direction du Professeur TONZIBO Zanahi Félix ;

Le Laboratoire de Chimie des Molécules Naturelles (**LCMN**) de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, sous la direction du Professeur FAUCONNIER Marie-Laure.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma reconnaissance à Monsieur TONZIBO Zanahi Félix, Professeur Titulaire au Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire. Professeur, je vous remercie infiniment pour avoir guidé mes premiers pas dans la recherche et pour m'avoir permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine des substances naturelles, tout en me confiant ce travail de thèse. J'ai été très sensible à toute la confiance que vous m'avez accordée et également à votre grande disponibilité et votre attention. Vous avez éveillé en moi la passion de la recherche et boosté encore plus mon amour pour la chimie. Votre grande expérience, votre assistance sans failles, votre rigueur scientifique, vos précieux conseils et surtout vos encouragements ont permis la réalisation de cette thèse. Vous avez été plus qu'un directeur, un père. Recevez l'expression de mon profond respect.

Je veux également exprimer ma gratitude à Madame Marie-Laure FAUCONNIER, Professeur Titulaire et directrice du Laboratoire de Chimie des Molécules Naturelles de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech. Chère Professeur, je vous remercie pour l'accueil au sein de votre laboratoire et pour m'avoir accordé cette collaboration. Merci pour la confiance, les conseils, le suivi et les grandes marges de liberté que vous m'avez accordées dans la réalisation de ce travail de thèse. Vos recommandations et avis judicieux durant nos séances de travail m'ont permis de mener à bien ce travail. Je reste énormément sensible à vos encouragements, votre soutien et votre dévouement. Je vous suis très reconnaissante pour la gestion des membres de votre laboratoire. Tel un bon leader, une bonne mère, vous avez su permettre à chacun de trouver sa place.

Je remercie sincèrement Monsieur Philippe LEBAILLY, Professeur ordinaire à l'unité de modélisation et développement de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt porté à ce travail de thèse. Je suis très heureuse de bénéficier de sa grande expérience.

J'adresse mes remerciements à Monsieur ADIMA Amissa Augustin, Maître de Conférences à l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB) de Yamoussoukro pour avoir accepté de juger ce travail de thèse malgré ses nombreuses occupations. Je suis très touchée pour l'intérêt accordé à ce travail, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Un tout grand merci à Madame Laurence LINS, Maître de recherches FNRS et responsable du Laboratoire de Biophysique Moléculaire aux Interfaces (LBMI) de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique) pour l'attention et le temps dédié à mon travail, en tant que membre de mon comité de thèse et aussi d'avoir accepté d'être le rapporteur de ce travail.

Puisse Madame KOUASSI Akoua Philomène épouse Yao, Maître de Conférences à l'Université Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire (UFHB), recevoir toute ma reconnaissance pour avoir accepté d'être le rapporteur de ce travail. Je suis très heureuse d'avoir bénéficié de ses observations et je tiens à lui exprimer ma gratitude pour cette marque d'intérêt.

Je tiens à remercier la direction des bourses du Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation Technologique de Côte d'Ivoire ainsi que l'Agence exécutive "Éducation, audiovisuel et culture" (EACEA), par le biais du projet EOHUB 600873- EPP-1-2018-1ES-EPPKA2-KA pour leur soutien financier qui a permis la réalisation de ces travaux de recherches à Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique).

Je suis sensible à la bonté de Monsieur BALLO Mamadou, Maître-Assistant à l'Université Félix Houphouët Boigny. Merci pour l'intérêt porté à ce projet de thèse, pour vos encouragements, votre gentillesse et votre aide si précieuse. Trouvez ici l'expression de ma respectueuse gratitude.

Je veux exprimer, ici, ma profonde reconnaissance à Monsieur YAPI Acafou Thierry, Maître de Conférences et Monsieur KABRAN Faustin, Maître-Assistant à l'Université Félix Houphouët-Boigny pour m'avoir initié et formé aux méthodes chromatographiques. Leur encadrement et leurs conseils durant mes premiers pas dans ce domaine m'ont été d'un grand apport pour la suite de mes travaux. Que dire de vos

disponibilités, vous n'avez ménagé aucun effort pour répondre présent à chaque fois que j'ai eu recours à vos compétences.

Mes remerciements vont également à Monsieur Michel FREDERICH, Professeur au Laboratoire de pharmacognosie, Centre de recherche interdisciplinaire sur le médicament (CIRM), Université de Liège (Belgique) pour avoir disposé son plateau technique à l'analyse des composés isolés et aux tests antiplasmodiaux. Merci d'avoir été membre de mon comité de thèse durant toutes ces années. Sa disponibilité, ses commentaires et suggestions ont été très bénéfiques pour le bon déroulement de cette thèse.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur Yves Brostaux, Professeur en statistiques appliquées à l'Unité Informatique et Modélisation de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique) pour avoir accepté d'être membre de mon comité de thèse tout au long de ces années. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour avoir également été attentif à mon travail. Je suis très admirative du soutien et de l'encadrement reçus pour la valorisation de mes résultats.

Je remercie tous ceux sans qui cette thèse ne serait pas ce qu'elle est. Qu'il s'agisse d'échanges laconiques, de réflexions plus complexes, ou même de suggestions, critiques, soutiens, contributions, encouragements et autres :

Aux membres du Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière, merci pour votre soutien, vos conseils et encouragements.

Messieurs les Professeurs Titulaires ADJOU Ané, BAMBA El-Hadji Sawaliho, SISSOUMA Drissa,

Messieurs et Madames, les Maîtres de Conférences, BOTI Jean Brice, KONÉ Soleymane, ATTIOUA Barthélemy, BAMBA Fanté, OUFFOUET Sébastien, KONE Maeva, OKPEKON Timothé, YAPO Kicho, COULYBALI Siomenan, Mme BAKAYOKO, GBA Benjamine,

Messieurs et Madames les Maîtres-Assistants et Assistants, KOUOI OI KOUOI, ASSI Mathias, BOKA Robert, KOFFI Murielle, TUE BI, DADE Joël, KASSI Brise, SERY Chardin, DIOMANDE Gêh, AKPA Sagne, COULIBALY Souleymane, ASSAMOI Vincent, CAMARA Etienne et KONÉ Aboudramane, KAMBIRE Didjour Albert

Messieurs et Madames les Docteurs BITCHI Boni Michel, BOUE Guy Blanchard, KONAN Dibi Jacques, KOFFI Teki Steves Evans, KALO Mabintou, NIKIEMA Diakaridia

Mes ami(e)s et collègues GNAHORE Toussaint, SIGNO Kouassi, N'TAMON Diane, TANO H Evelyne, ADJADI Bervis, DIOMANDE Sékou, KOFFI Alain, KOFFI Jean Michel, KIMOU Anderson, ABLE Valentin.

Mon amie DEGNY Edomtchi Anne-lise, qui a partagé avec moi certaines routes du pays à la recherche des plantes. Je n'oublie pas tous ces moments de joie, de folie et de complicité que nous avons partagés ensemble ; mais surtout pour l'amitié qui s'est développée au-delà du laboratoire. Son aide, ses prières et ses encouragements m'ont été d'un grand réconfort. Dans les lignes de cette thèse se réalise un pan de notre espérance (...)

À Monsieur ESSE Wognin Léon, Ingénieur, Maître-Assistant au Laboratoire d'Instrumentation Image et Spectroscopie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, je lui suis reconnaissante pour tant de bienveillance, d'encouragements et pour sa contribution à ce travail.

À Monsieur Aka ANE, Consul à l'Ambassade de la République de Côte d'Ivoire près le Royaume de Belgique, le Grand-Duché de Luxembourg et l'Union Européenne, pour sa disponibilité et son attention à l'endroit des étudiants ivoiriens vivants en Belgique. Sa sollicitude m'a été très précieuse. Ces mots sont un témoignage de ma profonde gratitude.

À Monsieur Thomas BERTRAND pour ses compétences en CLHP et les services fournis, ainsi qu'à Monsieur Dany TRISMAN et à Monsieur Franck MICHELS. Je remercie également les autres membres du Laboratoire des Molécules Naturelles (Belgique) qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de ces années : Manon GENVA, Marie DAVIN, Laurie JOSSELIN, Chloé MAES, Pierre-Yves WERRIE, Clement BURGEON, Henri MARTIN, Saskia SERGEANT, Thierry KENNE, Fabienne PISCART.

À Monsieur et Madame MONTESSUY, pour leur soutien sans faille, leur gentillesse et leur disponibilité, ainsi que pour m'avoir démontré durant toutes ses années que la famille ne se limite pas uniquement au lien du sang. Merci d'avoir toujours cru en moi et pour les appels incessants à ne pas baisser les bras.

À tous les prêtres ivoiriens du diocèse de Namur, et plus particulièrement à l'Abbé Moïse KARIM pour son soutien, ses conseils et ses encouragements.

Enfin, à tous ceux que je n'ai pas nommé et qui de près ou de loin et d'une certaine manière, ont témoigné d'un soutien et d'une attention particulière à mon égard durant toutes ces années d'étude.

N'oublie pas un ami dans ton cœur et ne perds pas son souvenir au milieu de tes richesses. (Si 37 :6)

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	i
Abstract	iii
Dédicaces	v
Remerciements	ix
Liste des figures	xxii
Liste des tableaux	xxvii
Liste des annexes	xxix
Liste des abréviations	xxx
Introduction générale	1
Première partie : Synthèse Bibliographique et Méthodologie	5
Chapitre I : État de l'art	7
I.1. Généralités sur le genre <i>Lantana</i> (Verbenaceae)	9
I.2. Généralités sur <i>Lantana camara</i>	10
I.2.1. Classification systématique de la plante	10
I.2.2. Aspect botanique et répartition	10
I.2.3. Synonymes et noms vernaculaires	12
I.2.4. Utilisations traditionnelles	13
I.2.5. Études phytochimiques	14
I.2.5.1. Screening phytochimique	14
I.2.5.2. Huile essentielle (HE)	15
I.2.5.3. Flavonoïdes	18
I.2.5.4. Triterpènes	19
I.2.5.5. Glycosides iridoïdes	23
I.2.5.6. Glycosides phényléthanoïde et les Glycosides phénylpropanoïdes	23
I.2.5.7. Autres composés	24
I.2.6. Etudes biologiques	27
I.2.7. Toxicologie	31
I.2.8. Autres études effectuées sur <i>L. camara</i>	32
I.2.8.1. Phytoremédiation	32
I.2.8.2. Synthèse de nanoparticules	32

I.2.8.3. Écologie, allélopathie et biopesticide	32
I.2.8.4. Lombricompostage	33
I.2.8.5. Pollinisation.....	33
I.3. Généralités sur <i>Lantana rhodensis</i> Moldenke	34
I.3.1. Classification systématique de la plante.....	34
I.3.2. Aspect botanique et répartition.....	34
I.3.3. Synonymes et noms vernaculaires	35
I.3.4. Utilisations traditionnelles.....	36
I.3.5. Études phytochimiques	36
I.3.5.1. Screening phytochimique	36
I.3.5.2. Huile essentielle.....	37
I.3.5.3. Flavonoïdes	37
I.3.6. Études biologiques	38
I.3.7. Toxicologie	38
I.4. Généralités sur les huiles essentielles.....	39
I.4.1. Définition	39
I.4.2. Répartition et localisation.....	39
I.4.3. Rôle	40
I.4.4. Techniques d'extraction	40
I.4.5. Méthodes d'analyse.....	41
I.4.5.1. Chromatographie en phase gazeuse.....	41
I.4.5.1.1. Chromatographie en phase gazeuse associée à l'indice de rétention CPG/IR	42
I.4.5.1.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse (CPG-SM).....	43
I.4.5.2. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN ¹³ C)	43
I.4.5.2.1. Méthode développée au laboratoire de l'Université de Corse.....	43
I.4.6. Composition chimique et variabilité	46
I.4.7. Caractère physique	47
I.4.8. Utilisations	48
I.4.9. Toxicité	49
I.5. Généralités sur quelques activités biologiques.....	49

I.5.1. Activité antioxydante	49
I.5.1.1. Définition radicaux libres, stress oxydant	49
I.5.1.2. Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO)	50
I.5.1.2.1. Radical superoxyde ($O_2^{\cdot-}$)	50
I.5.1.2.2. Radical hydroxyle (OH)	51
I.5.1.2.3. Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)	52
I.5.1.3. Conséquences du stress oxydant	52
I.5.1.4. Antioxydants	52
I.5.1.4.1. Antioxydants enzymatiques	53
I.5.1.4.2. Antioxydants non-enzymatiques	54
I.5.1.4.3. Composés naturels	55
I.5.1.4.4. Glutathion réduit	56
I.5.1.5. Principe de quelques tests d'activité antioxydante	57
I.5.1.5.1. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	57
I.5.1.5.2. FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	57
I.5.1.5.3. Blanchissement du β -carotène	58
I.5.2. Activité anti-inflammatoire	58
I.5.2.1. Généralités / Définition de l'inflammation	58
I.5.2.2. Acide arachidonique	58
I.5.2.3. Cyclo-oxygénases (COX)	59
I.5.2.4. Lipoxgénases (LOX)	59
I.5.2.5. Phases de la réaction inflammatoire / Réactions inflammatoires	60
I.5.2.5.1. Phase vasculaire ou phase vasculo-exsudative	60
I.5.2.5.2. Phase cellulaire	61
I.5.2.5.3. Phase de détersion	61
I.5.2.5.4. Phase terminale de réparation (résolution) et de cicatrisation	61
I.5.2.6. Types d'inflammation	62
I.5.2.6.1. Inflammation aigüe	62
I.5.2.6.2. Inflammation chronique	62
I.5.2.7. Anti-inflammatoires	63
I.5.2.7.1. Anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS)	63
I.5.2.7.2. Anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)	64

I.5.2.7.3. Anti-leucotriènes	67
I.5.2.7.4. Anti-inflammatoires végétaux	67
I.5.2.8. Principes de quelques tests de l'activité anti-inflammatoire	69
I.5.2.8.1. Dénaturation protéique	69
I.5.2.8.2. Inhibition de la lyxogénase (LOX).....	70
I.5.3. Activité antiplasmodiale.....	71
I.5.3.1. Définition de la malaria, symptômes	71
I.5.3.2. Définition d'un antipaludique.....	71
I.5.3.3. Plantes antipaludéennes et activité antiplasmodiale	72
Chapitre II : Matériels et Méthodes	75
II.1. Cadre de l'étude	77
II.2. Matériel végétal	77
II.2.1. Récolte de <i>Lantana camara</i>	77
II.2.2. Récolte de <i>Lantana rhodesiensis</i>	78
II.3. Solvants, produits et réactifs utilisés.....	80
II.3.1. Préparation des réactifs	82
II.4. Matériel d'extractions	83
II.4.1. Hydrodistillation	83
II.4.2. Macération	83
II.5. Matériel chromatographique	83
II.5.1. Chromatographie sur couche mince (CCM)	83
II.5.2. Chromatographie liquide sur colonne ouverte (CC)	83
II.5.3. Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP)	84
II.5.3.1. CLHP analytique.....	84
II.5.3.2. CLHP préparative.....	84
II.6. Matériel d'analyse.....	84
II.6.1. Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur par ionisation par flamme associée à l'indice de rétention CPG-FID/IR	84
II.6.2. Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse en mode d'impact électronique (CPG-SM ou GC-MS)	84
II.6.3. Spectrométrie de masse (SM)	85
II.6.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN).....	85

II.7. Méthodes d'extractions.....	86
II.7.1. Hydrodistillation.....	86
II.7.2. Macération (préparation des extraits).....	86
II.8. Méthodes de séparation et d'identification.....	86
II.8.1. Méthodes chromatographiques.....	86
II.8.1.1. Chromatographie sur Couche Mince (CCM).....	86
II.8.1.2. Chromatographie liquide sur colonne ouverte (CC).....	87
II.8.1.3. Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP).....	88
II.8.1.3.1. CLHP analytique.....	88
II.8.1.3.2. CLHP préparative.....	88
II.8.2. Méthodes d'analyses.....	88
II.8.2.1. Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur par ionisation par flamme associée à l'indice de rétention CPG-FID/IR.....	88
II.8.2.2. Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse en mode d'impact électronique (CPG-SM ou GC-MS).....	89
II.8.2.3. Spectrométrie de masse.....	89
II.8.2.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN).....	90
II.9. Criblage phytochimique.....	91
II.9.1. Détermination des classes phytochimiques.....	91
II.9.2. Dosages des composés phénoliques.....	91
II.9.2.1. Dosage de polyphénols totaux.....	91
II.9.2.2. Dosage de flavonoïdes totaux.....	92
II.10. Tests biologiques.....	93
II.10.1. Evaluation de l'activité antioxydante <i>in vitro</i>	93
II.10.1.1. Activité anti-radicalaire par la méthode d'inhibition du radical DPPH.....	93
II.10.1.1.1. Protocole utilisé pour les échantillons d'huiles essentielles.....	93
II.10.1.1.2. Protocole utilisé pour les extraits et les composés isolés.....	93
II.10.1.2. Pouvoir réducteur par la méthode FRAP.....	94
II.10.1.3. Blanchissement du β -carotène.....	94
II.10.2. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	95
II.10.2.1. Dénaturation de la sérum albumine bovine.....	95

II.10.2.2. Test d'inhibition de la lipoxygénase (LOX)	96
II.10.3. Évaluation de l'activité insecticide contre un insecte ravageur de blé.	96
II.10.3.1. Culture.....	96
II.10.3.2. Activité insecticide par toxicité de contact	96
II.10.3.3. Activité insecticide par répulsion.....	97
II.10.4. Activité anti-plasmodiale in-vitro	99
II.10.4.1. Culture <i>P. falciparum</i>	100
II.10.4.2. Souches de <i>P. falciparum</i>	100
II.10.4.3. Milieu de culture	100
II.10.4.3.1. Culture <i>in vitro</i>	100
II.10.4.4. Synchronisation de <i>P. falciparum</i>	101
II.10.4.5. Tests de chimiosensibilité ou évaluation de l'activité antiplasmodiale <i>in vitro</i>	101
II.10.4.5.1. Principe de la méthode colorimétrique	102
II.11. Méthodes d'analyses statistiques	102
Deuxième partie : Resultats et Discussion	105
Chapitre III: Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i> Lin.	107
III.1. Étude multivariée de l'impact phénologique sur la composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i>	109
III.1.1. Rendement (Rdmt)	109
III.1.2. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. camara</i>	110
III.1.2.1. Huile essentielle des feuilles.....	110
III.1.2.2. Huile essentielle des fleurs	116
III.1.2.3. Huiles essentielles des fruits et des tiges	122
III.1.3. Evolution de la teneur en thymol dans la composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> au cours du cycle végétatif	136
III.1.4. Étude de la variabilité chimique de l'huile essentielle de <i>L. camara</i>	137
III.1.5. Analyse statistique de la composition chimique de l'huile essentielle des organes	137
III.1.5.1. Analyse statistique de la composition chimique des feuilles	143
III.1.5.2. Analyse statistique de la composition chimique des fleurs.....	145

III.1.5.3. Analyse statistique de la composition chimique des fruits	146
III.1.5.4. Analyse statistique de la composition chimique des tiges	148
III.2. Etude multivariée de l'impact de site de récolte sur la composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i>	149
III.2.1. Rendement (Rdmt)	150
III.2.2. Composition chimique.....	151
III.2.3. Composition chimique de l'huile essentielle des organes de <i>L. camara</i> selon les régions de la Côte d'Ivoire.	154
III.2.3.1. Composition chimique des feuilles.....	156
III.2.3.2. Composition chimique des fleurs	158
III.2.3.3. Composition chimique des fruits	159
III.2.3.4. Composition chimique des tiges	160
III.2.4. Répartition cartographique de <i>L. camara</i> en fonction des régions de la Côte d'Ivoire.....	163
III.3. Activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Lantana camara</i> de Côte d'Ivoire	170
III.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante	171
III.3.2. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire	174
III.3.3. Evaluation de l'activité insecticide.....	175
III.4. Conclusion partielle.....	179
Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i> Moldenke.....	181
IV.1. Etude multivariée de l'impact du site de récolte sur la composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i>	183
IV.1.1. Rendement (Rdmt)	183
IV.1.2. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i>	186
IV.1.2.1. Composition chimique des feuilles	186
IV.1.2.2. Composition chimique des fruits.....	186
IV.1.2.3. Composition chimique des tiges.....	187
IV.1.3. Étude statistique des échantillons d'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i> des localités de Korhogo	200
IV.2. Huile essentielle des racines de <i>L. rhodesiensis</i>	204
IV.3. Huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i> de Doropo	212

IV.4. Comparaison de la composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i> de Nyanbélegé, Kapélé et de Doropo	219
IV.5 Comparaison de la composition chimique de l'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i> de Côte d'Ivoire avec celle de la littérature	219
IV.6. Activités biologiques de l'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i>	221
IV.6.1. Activité antioxydante	221
IV.6.1.1. DPPH.....	222
IV.6.1.2. FRAP	224
IV.6.2. Activité anti-inflammatoire	225
IV.6.2.1. Dénaturation de l'albumine bovine	225
IV.7. Conclusion partielle.....	228
Chapitre V : Étude phytochimique bio-guidée des extraits de feuilles, tiges et racines de <i>Lantana rhodesiensis</i> Moldenke.....	229
V.1. Screening phytochimique	231
V.1.1. Détermination des différentes classes phytochimiques	231
V.1.2. Dosages des composés polyphénoliques	232
V.2. Activités biologiques des extraits	234
V.2.1. Activité antioxydante.....	235
V.2.2. Activité antiplasmodiale	243
V.3. Fractionnement et purification de métabolites secondaires issus des feuilles de <i>L. rhodesiensis</i>	244
V.3.1. Fractionnement de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles	244
V.3.2. Fractionnement et purification bio-guidée de la fraction acétate d'éthyle (FAE).....	246
V.3.2.1. Éluclidation de la structure du composé 1 isolé de la sous-fraction FAE.2.....	248
V.3.3. Fractionnement et purification de la fraction dichlorométhane (FDCM)	253
V.3.3.1. Purification des sous-fractions FD1p, FD2p, et FD3p.....	254
V.3.3.2. Purification de la sous-fraction FDCM.5.....	257
V.3.3.3. Activité antiplasmodiale des sous-fractions FD6p, FD7p, FD12p et FD13p	258
V.3.4. Éluclidation des structures des composés isolés de FDCM.....	259
V.3.4.1. Composé 2	259

V.3.4.2. Composé 3	264
V.3.4.3. Composé 4	270
V.4. Conclusion partielle.....	277
Conclusion générale et perspectives.....	278
Références bibliographiques	285
Annexes	327
Productions scientifiques en lien avec la thèse	353
Publications scientifiques	355
Communication orale	360
Communications écrites (posters)	360

Liste des figures

Figure 1: Photographie de <i>Lantana camara</i> (Source : Néa Fatimata., Abidjan « Yopougon », samedi 21 Février 2015, 15 :05 :26).....	11
Figure 2: Variétés de <i>L. camara</i> de Côte d'Ivoire montrant la diversité des couleurs des fleurs : a) Abidjan ; b) Katiola ; c) Bouaké ; d) Sikensi (Source : Néa Fatimata)	12
Figure 3 : Structures d quelques molécules majoritairesde l'huile essentielle de <i>L. camara</i>	17
Figure 4: Structures de quelques flavonoïdes isolés de <i>L. camara</i>	19
Figure 5: Structures de quelques triterpénoïdes isolés de <i>L. camara</i>	22
Figure 6: Structures de quelques glycosides iridoïdes isolés de <i>L. camara</i>	23
Figure 7: Structures de quelques glycosides phenyl éthanoïdes et phénylpropanoïdes isolés de <i>L. camara</i>	24
Figure 8: Structures de quelques molécules isolées de <i>L. camara</i>	26
Figure 9: a. Jeune plante de <i>L. rhodesiensis</i> ; b. Plante à fruits mûres de <i>L. rhodesiensis</i> (Source : Néa Fatimata., Nyanbélegé, samedi 13 août 2016, 10 :12 : 32)	35
Figure 10: Structures de flavonoïdes isolés de <i>L. rhodesiensis</i>	38
Figure 11: Identification des constituants d'une huile essentielle par RMN ¹³ C.....	46
Figure 12: Structures de quelques molécules anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS)	64
Figure 13: Structures de quelques molécules anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS)	67
Figure 14. Carte de la Côte d'Ivoire présentant les différents sites de récolte de <i>L. camara</i> et <i>L. rhodesiensis</i>	79
Figure 15: Activité insecticide.....	98
Figure 16: Rendement d'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits et tiges de <i>L. camara</i>	110
Figure 17 : Variation de la proportion du thymol dans l'huile essentielle des organes de <i>L. camara</i> ; F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges	136
Figure 18: a. ACP - Carte des variables suivant les composantes Dim 1 et Dim 2 ; b. Carte de le repartition des échantillons selon les périodes et mois de récoltes suivant les composantes Dim 1 et Dim 2. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges ...	140
Figure 19: Répartition des échantillons d'huiles essentielles de <i>L. camara</i> par l'ACP et regroupement par la CAH ; C1, C2, C3 et C4 sont les groupes définis. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges.....	141
Figure 20: Proportion des principaux constituants des différents groupes (moyenne et ecart-type).....	143
Figure 21: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des feuilles selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période	144
Figure 22: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des fleurs selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période.	146

Figure 23: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des fruits selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période.	147
Figure 24: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des tiges selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période.	149
Figure 25: Échantillons d'huile essentielle par ville et par régions. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges.....	150
Figure 26: Combinaison de composés majoritaire de l'huile essentielle des organes de <i>L. camara</i> de Côte d'Ivoire ; HE : Huile Essentielle.	153
Figure 27: Carte de la Côte d'Ivoire avec localisation des zones (source : PRACTICA Fondation et al., 2009).....	154
Figure 28 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de feuilles par analyse des composants principaux, F : feuilles ; (b). Dendrogramme ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.....	157
Figure 29: (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de fleurs par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; Fl : Fleurs ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.....	159
Figure 30 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de fruits par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; Fr : Fruits ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.....	160
Figure 31 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de tiges par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; T : Tiges ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.....	161
Figure 32. a. ACP ; b. Dendrogramme de l'analyse CAH de la composition chimique selon les régions ;	167
Figure 33. Proportion des principaux composés des différents groupes de composition chimique de l'HE de <i>L. camara</i> selon les régions (moyenne et écart type).....	169
Figure 34. Carte de chémotype de l'HE de <i>L. camara</i> selon les régions de la côte d'Ivoire ; bleu : groupe C1 ; rouge : groupe C2 ; jaune : groupe C3.....	170
Figure 35: Proportions des composés majoritaires des échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. camara</i> utilisés pour l'étude des activités biologiques. LC (F) J1 : huile essentielle des feuilles de juillet 2015 ; LC (Fl) J1 : huile essentielle des fleurs de juillet 2015 ; LC (F) J12 : huile essentielle des feuilles de juillet 2016.	171
Figure 36: a. Valeurs CI ₅₀ de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> par le dosage du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), test de Tukey's par rapport au Trolox et l'acide ascorbique ****p < 0.0001; ***p < 0.001 ; b. Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> , du Trolox et de l'acide ascorbique.....	173
Figure 37: a. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> par inhibition de la LOX; b. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> par la dénaturation de l'albumine bovine. Les valeurs sont exprimées en ± SD (n = 3 expériences), ****p < 0,0001, ***p < 0,001, ns (non significatif), par rapport au Diclofenac, quercétine (ANOVA à un facteur suivi du test de comparaisons multiples de Tukey).....	175
Figure 38: Activité insecticide par répulsion de l'huile essentielle de <i>L. camara</i> ..	178

Figure 39. Données météorologiques de l'année 2017 de la ville de Korhogo ; a. Pluviométrie (mm), b. Température (°C), c. Durée d'insolation (h), d. Humidité relative (%)	185
Figure 40. a. Dendrogramme ; b. Distribution de l'analyse des composants principaux des 18 échantillons d'huile essentielle de <i>L. rhodesiensis</i> . K : Kapélé, N : Nyanbélegé, T : Tiges, Fr : Fruits, F : Feuilles, Jn : Juin, Jl : Juillet, At : Août, Sp : Septembre 201	
Figure 41. Proportion des principaux constituants des différents groupes (moyenne et écart-type).....	203
Figure 42. Proportions des composés majoritaires des échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> utilisés pour l'étude des activités biologiques. K.F.Jn : Huile essentielle de feuilles de juin de Kapélé ; K.F.Jl : Huile essentielle de feuilles ; N.F.Jn : Huile essentielle de feuilles de juin de Nyanbélegé ; N.F.Sp : Huile essentielle de feuilles de septembre de Nyanbélegé.	221
Figure 43. a. Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par les échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> de Kapélé, du limonène, thymol et Trolox en fonction de la concentration ; b. Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par les échantillons.....	223
Figure 44. Valeurs de CI_{50} ($\mu\text{g/mL}$) obtenues avec le test DPPH des échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> , limonène, thymol et Trolox. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).....	224
Figure 45. Pouvoir réducteur des échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> , limonène, thymol et Trolox à différentes concentrations. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).....	225
Figure 46. Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine bovine de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> et de Diclofenac. K.F.Jn : huile essentielle de feuilles de Juin de Kapélé ; K.F.Jl : huile essentielle des feuilles de Juillet de Kapélé ; N.F.Jn : huile essentielle des feuilles de Juin de Nyanbélegé ; N.F.Sp : huile essentielle des feuilles de Septembre de Nyanbélegé. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).	227
Figure 47. Valeurs CI_{50} ($\mu\text{g/mL}$) obtenues avec la dénaturation de l'albumine bovine des échantillons d'huile essentielle de feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> et du Diclofenac. K.F.Jun : huile essentielle de feuilles de juin de Kapélé ; K.F.Jul : Juillet : huile essentielle de Nyanbélegé ; N.F.Sep : huile essentielle de Nyanbélegé en septembre. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).	227
Figure 48 : a. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique ; b. Courbe d'étalonnage de la quercétine.	234
Figure 49: Valeurs de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques des organes de <i>L. rhodesiensis</i> et de l'acide ascorbique, A. méthode DPPH, B. méthode FRAP et C. méthode β -carotène. Chaque résultat est la moyenne des trois valeurs obtenues ($n = 3$). Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$).....	236

Figure 50. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité DPPH, coefficient de corrélation $r = 0,9978$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9956$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité DPPH, coefficient de corrélation $r = 0,9879$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9759$, racine (), tige (), feuille ().....	240
Figure 51. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité FRAP, coefficient de corrélation $r = 0,9230$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,852$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité FRAP, coefficient de corrélation $r = 0,8153$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,6648$, racine (), tige (), feuille ().....	241
Figure 52. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité du blanchissement du β -carotène, coefficient de corrélation $r = 0,9688$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9386$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité du blanchissement du β -carotène, coefficient de corrélation $r = 0,8902$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,7924$, racine (), tige (), feuille ().....	242
Figure 53. Schéma du fractionnement.....	245
Figure 54. Chromatogramme (CLHP-analytique) de la sous-fraction FAE.2.....	247
Figure 55. Chromatogramme (CLHP-analytique) du composé 1 (Tr : 8.47 min) après CLHP préparative de la sous-fraction FAE.2.....	247
Figure 56. Spectre LC-MS du composé 1 (en noir) superposé à celui du méthanol (en bleu).....	248
Figure 57. a. Spectre RMN- ^1H du composé 1 ; b. Spectre RMN- ^{13}C du composé 1 ; c. Importantes corrélation HSQC du composé 1 ; d. Importantes corrélations HMBC du composé 1.....	251
Figure 58. Structure du composé 1 ; %I = $97,92 \pm 0,20$	253
Figure 59. Chromatogramme CLHP analytique à 254 nm des sous-fractions FD1p, FD2p et FD3p.....	256
Figure 60. Chromatogramme CLHP analytique à 254 nm de la sous-fraction FDCM.5. Colonne : Agilent, Eclipse XDB-C18 ; phase mobile en mode gradient : ACN/H $_2$ O (ACN 35 \rightarrow 100 ; H $_2$ O 65 \rightarrow 55 en 25 minutes) ; débit 1mL/min ; température 25°C ; volume d'injection 2 μ L/min.....	257
Figure 61. Chromatogramme CLHP analytique à 254 nm du composé 4.....	258
Figure 62. Spectre LC-MS du composé 2.....	259
Figure 63. Spectre de RMN ^1H du composé 2.....	260
Figure 64. Spectre RMN du ^{13}C J-modulé du composé 2.....	261
Figure 65. Importantes corrélations HMBC du composé 2.....	263
Figure 66. Structure du composé 2, %I = $0,57 \pm 0,04$	264
Figure 67. a. Spectre RMN- ^1H du composé 3 ; b. Spectre RMN- ^{13}C du composé 3 ; c. corrélation COSY ; d. Importantes corrélations HSQC ; e. Spectre HMBC du composé 3.....	267
Figure 68. Structure du composé 3, %I = $1,98 \pm 0,64$	268
Figure 69. Spectre de masse du composé 4.....	270

Figure 70. a. Spectre RMN ^1H du composé 4 ; b. Spectre RMN ^{13}C du composé 4 ; c. Corrélation COSY ; d. Corrélation HSQC ; e et f. Importante corrélation HMBC du composé 4	274
Figure 71. Structure du composé 4 , %I = 61,77 ± 3,53	276

Liste des tableaux

Tableau 1: Noms locaux ou noms vernaculaires	13
Tableau 2: Principaux composés de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. camara</i> de certains pays	16
Tableau 3: Quelques études antérieures sur les activités biologiques de <i>L. camara</i>	29
Tableau 4: Noms vernaculaires de <i>L. rhodesiensis</i>	36
Tableau 5: Quelques plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies liées à l'inflammation en Côte d'Ivoire	69
Tableau 6: Quelques plantes antipaludéennes ivoiriennes issues de certaines études ethnobotaniques.....	73
Tableau 7: Solvants et réactifs utilisés lors des travaux effectués.	80
Tableau 8: Quelques phases mobiles utilisées pour la révélation de certaines classes chimiques.....	87
Tableau 9: Classification de la répulsivité selon McDonald.....	98
Tableau 10: Classification de l'activité antiplasmodiale des extraits de plantes et des composés purs isolés	99
Tableau 11: Composition chimique des feuilles de la première période	112
Tableau 12: Composition chimique des feuilles de la deuxième période	114
Tableau 13: Composition chimique des fleurs de la première période	117
Tableau 14: Composition chimique des fleurs de la deuxième période.....	119
Tableau 15: Composition chimique des fruits de la première période.....	124
Tableau 16: Composition chimique des fruits de la deuxième période	127
Tableau 17: Composition chimique des tiges de la première période.....	130
Tableau 18: Composition chimique des tiges de la deuxième période.....	133
Tableau 19: Climat et géomorphologie en fonction des zones de la Côte d'Ivoire.	155
Tableau 20: Régions de récoltes en fonction des zones de la Côte d'Ivoire.	156
Tableau 21: Composés caractéristiques de la composition chimique de <i>Lantana camara</i> des différentes régions de la Côte d'Ivoire.....	164
Tableau 22: Moyenne météo sur l'ensemble du pays selon les mois de récoltes par région.....	166
Tableau 23: Rendement de l'huile essentielle des organes de <i>L. rhodesiensis</i>	184
Tableau 24: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i> de Kapélé (Juin – Juillet 2017).....	188
Tableau 25: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i> de Kapélé (Août – Septembre 2017).	191
Tableau 26: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i> de Nyanbélegé (Juin – Juillet 2017).	194
Tableau 27: Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Lantana rhodesiensis</i> de Nyanbélegé (Août – Septembre 2017).	197
Tableau 28: Composition chimique de l'huile essentielle des racines de <i>L. rhodesiensis</i> de Nyanbélegé.	206

Tableau 29 : Composition chimique de l'huile essentielle des racines de <i>L. rhodesiensis</i> de Kapélé.....	209
Tableau 30 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. rhodesiensis</i> de Doropo.....	213
Tableau 31 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges et des racines de <i>L. rhodesiensis</i> de Doropo.....	216
Tableau 32 : Caractérisation des différents groupes chimiques présents dans les organes étudiés.....	231
Tableau 33 : Rendement en pourcentage (%) des différents extraits préparés (extraction non séquentielle).....	232
Tableau 34 : Résultats du dosage des composés polyphénoliques.....	234
Tableau 35 : Corrélation entre les différentes méthodes de l'évaluation de l'activité antioxydante.....	243
Tableau 36 : Résultats de l'activité antiplasmodiale des différents extraits obtenus par extraction non séquentielle (CI ₅₀).....	243
Tableau 37 : Potentiel antioxydant des fractions de <i>L. rhodésiensis</i>	244
Tableau 38 : Potentiel antioxydant des sous-fractions acétate d'éthyle.....	246
Tableau 39 : Déplacements chimiques ¹ H et ¹³ C (δ en ppm) du composé 1	252
Tableau 40 : Masse des sous-fractions obtenues sous forme de dépôt solide.....	254
Tableau 41 : Regroupement des sous-fractions obtenues par chromatographie colonne ouverte de la fraction FDCM.....	254
Tableau 42 : Gradient d'analyse des sous fractions FD1p, FD2p et FD3p.....	255
Tableau 43 : Gradient d'analyse de la sous fraction FDCM5.....	257
Tableau 44 : Résultats de l'activité antiplasmodiale des sous-fractions FD6p, FD7p, FD12p et FD13p.....	258
Tableau 45 : Déplacements chimiques ¹ H et ¹³ C (δ en ppm) du 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone isolé des feuilles de <i>Lantana trifolia</i> et du composé 2	262
Tableau 46 : Comparaison des déplacements chimiques des spectres ¹³ C et ¹ H (δ en ppm) du composé 3 avec la littérature.....	269
Tableau 47 : Comparaison des déplacements chimiques des spectres ¹³ C et ¹ H (δ en ppm) du composé 4 avec la littérature.....	275

Liste des annexes

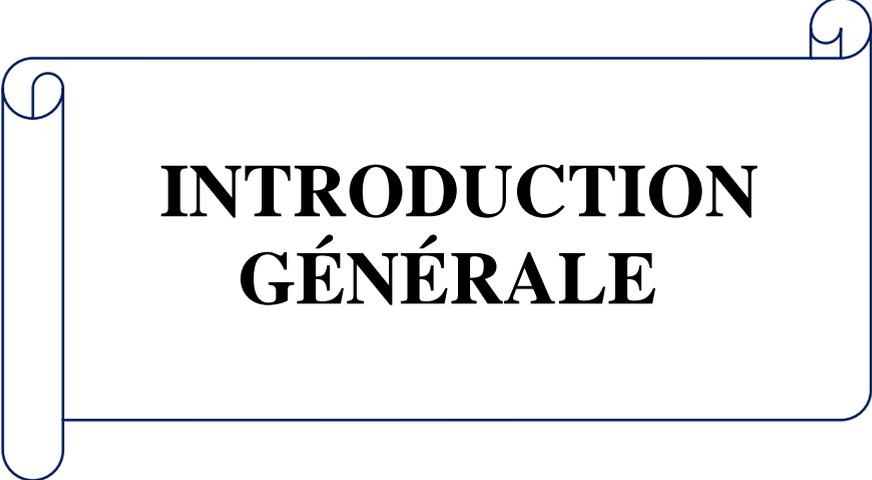
Annexe 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. camara</i> selon les régions de la Côte d'Ivoire.	329
Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. camara</i> provenant de huit régions de la Côte d'Ivoire.....	334
Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	336
Annexe 2 :Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de <i>L. camara</i> selon les régions de la Côte d'Ivoire.....	334
Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	339
Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	341
Annexe 3 : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de <i>L. camara</i> selon les régions de la Côte d'Ivoire.....	339
Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	344
Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	347
Annexe 4 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de <i>L. camara</i> selon les régions de la Côte d'Ivoire.....	345
Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de <i>L. camara</i> provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.....	350
Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de <i>L. camara</i> provenant de six régions de la Côte d'Ivoire.....	353
Annexe 5 : Composés principaux et données météorologiques selon les régions de la Côte d'Ivoire.....	354

Liste des abréviations

ACN :	Acétonitrile
ACP :	Analyse en Composantes Principales
ADN :	Acide désoxyribonucléique
AIS :	Anti-inflammatoire stéroïdien
AINS :	Anti-inflammatoire non stéroïdien
ATP :	Adénosine triphosphate
BSA :	Bovin Serum Albumin (Albumine de Sérum Bovin)
CAH :	Classification Ascendante Hiérarchique
CAT :	Catalase
CI ₅₀ :	Concentration Inhibitrice 50%
CI :	Côte d'Ivoire
COX :	Cyclo-oxygénase
COSY:	Correlated Spectroscopy
Cu-ZnSOD :	Superoxyde dismutase à cuivre-zinc
CysLT :	Cysteinyl-leucotriène
CPG-FID/Ir :	Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur par ionisation par flamme associée à l'indice de rétention
CPG-SM :	Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse
CCM :	Chromatographie sur Couche Mince
CC :	Chromatographie liquide sur colonne ouverte
CLHP / HPLC :	Chromatographie liquide haute performance / High Performance Liquid Chromatography
CL-SM :	Chromatographie liquide couplée à la Spectrométrie de masse
DPPH:	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
d :	Doublet
dd :	Doublet de doublet
δ _C :	Déplacement chimique du carbone 13 (en ppm)
δ _H :	Déplacement chimique du proton (en ppm)
ERO :	Espèces Réactives de l'Oxygène
ESI :	ElectroSpray Ionization (ionisation par électrospray)
FLAP:	Five-Lipoxygenase Activating Protein
FRAP:	Ferric Reducing Antioxidant Power
Fe ³⁺ :	Ion ferrique
Fe ²⁺ :	Ion ferreux

GPx :	Glutathion peroxydase
GR :	Glutathion réductase
GSH :	Glutathion réduite
GSSG :	Glutathion-disulfure
HE :	Huile Essentielle
HSP :	Heat shock proteins
H ₃ PO ₄ :	Acide phosphorique
H ₂ O :	Eau
H ₂ O ₂ :	Peroxyde d'hydrogène
HMBC:	Heteronuclear Multiple Bond Correlation
HSQC:	Heteronuclear Single Quantum Coherence
LT :	Leucotriène
LX :	Lipoxine
LOX :	Lipoxygénase
LDH :	Lactate déhydrogénase
MeOH :	Méthanol
Mg :	Milligramme
mL :	Millilitre
MnSOD :	Superoxyde dismutase à manganèse
Min :	Minute
m/z :	Masse/charge
NAD :	Nicotinamide adénine dinucléotide
NADPH:	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
NO· :	Monoxyde d'azote
NTB :	Nitrotetrazolium blue chloride
O ₂ ^{-·} :	Radical superoxyde
OH· :	Radical hydroxyde
ONOOH :	Nitroperoxyde
¹ O ₂ :	Dioxygène
PES :	Phenazine ethosulfate
PG :	Prostaglandins
Ppm :	Partie par million
Q-TOF :	Spectrométrie de masse avec tandem quadripôle temps de vol
ROS:	Reactive Oxygen Species
RMN :	Résonance Magnétique Nucléaire
RMN ¹³ C :	Résonance magnétique nucléaire du carbone 13

RMN ¹ H :	Résonance magnétique nucléaire du proton
Rdmt :	Rendement
s :	Singulet
SOD :	Superoxyde dismutase
TCA :	Acide trichloroacétique
TFA:	Trifluoroacetic acid (acide trifluoroacétique)
Tr :	Temps de rétention
trc :	Trace



**INTRODUCTION
GÉNÉRALE**

Introduction générale

Depuis des siècles, l'homme utilise la nature comme source de nourriture et de médicaments. Les plantes ont ainsi constitué le premier et principal outil thérapeutique à la disposition de l'homme (**Carillon 2009**). Selon l'OMS, il existe plus de 20 000 plantes utilisées dans le monde pour leurs propriétés médicinales, sans compter celles qui n'ont pas encore été découvertes (**Creapharma 2017**). Les parties de plantes utilisées contiennent diverses substances actives. Les limites de l'utilisation des plantes médicinales à un niveau traditionnel sont celles tracées par l'insuffisance des connaissances aussi bien médicales, physiologiques, physiopathologiques, cliniques, que pharmacologiques (**Carillon 2009**). Au cours des dernières décennies, la recherche scientifique n'a fait que confirmer le bien-fondé des vertus thérapeutiques de la majorité des plantes médicinales (**Carillon 2000**). Seulement entre 2 000 à 3 000 plantes médicinales ont été étudiées au niveau scientifique selon l'OMS (**Creapharma 2017**). Une plante peut être qualifiée de médicinale lorsqu'elle contient, au niveau de ses organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques (**Creapharma 2017**). Selon l'OMS, la médecine traditionnelle est « l'ensemble de toutes les connaissances et pratiques explicables ou non, auxquelles ont recours les praticiens de médecine traditionnelle pour diagnostiquer, prévenir, guérir complètement ou éliminer partiellement un déséquilibre physique, mental ou social en s'appuyant sur l'expérience vécue et l'observation transmise de génération en génération, oralement ou par écrit » (**OMS 2000**). La médecine traditionnelle connaît un franc succès en Côte d'Ivoire. Et pour cause, 80 % de la population y a recours (**PNPMT 2014**). Cette médecine fait partie du patrimoine socioculturel, elle est accessible et à moindre coût. La Côte d'Ivoire a élaboré une Politique Nationale de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT) qui vise à terme, à assurer un bon exercice de la médecine traditionnelle dans le pays et son intégration dans le système de santé publique (**PNPMT 2014**). Le 20 juillet 2015, une loi de politique nationale en matière de médecine traditionnelle a été adoptée (**N°2015-536 2015**).

Conscient de ce fait, l'objectif général de ce mémoire est de valoriser les plantes médicinales de la Côte d'Ivoire, et plus particulièrement de mettre en évidence une éventuelle spécificité des huiles essentielles et de rechercher des molécules bioactives.

En effet, les Verbenaceae sont une famille de plantes dicotylédones qui sont réputés pour leur production en huiles essentielles. Ils sont largement répandus dans le monde plus particulièrement dans les zones tropicales et tempérées. La famille des Verbenaceae comprend environ 3000 espèces de plantes, d'arbustes et d'arbres réparties en une centaine de genres (**Sousa & Costa 2012; Mishra 2015; Parimoo et al. 2015**). Dans cette famille, le genre *Lantana* comprend environ 150 espèces de plantes à fleurs de couleurs variées et très répandu. Leur parfum est légèrement poivré et attire particulièrement les papillons et les abeilles. En Côte d'Ivoire, 2 espèces du genre *Lantana* sont répertoriées et utilisées comme plantes ornementales, plantes

répulsives puis en médecine traditionnelle. Il s'agit de *Lantana camara* Lin et de *Lantana rhodesiensis* Moldenke.

Lantana camara et *Lantana rhodesiensis* sont utilisées en médecine traditionnelle dans le traitement de nombreuses affections. *Lantana camara* est l'espèce la plus connue et répandue du genre *Lantana*. Elle est utilisée dans de nombreux pays pour traiter une grande variété de pathologies telles que les rhumatismes, la rougeole, les ulcères, l'asthme, la malaria, le rhume et l'hypertension artérielle (**Ghisalberti 2000; Verma & Verma 2006; Saxena et al. 2012**). Cette plante exotique est considérée aujourd'hui comme envahissante. *Lantana camara* possède également des vertus autres que médicales notamment biopesticide, phytothérapeutique et pollinisatrice (**Torres & Galetto 2014; Singh et al. 2018; Marin & Bautista 2020**).

En Côte d'Ivoire, les feuilles de *Lantana camara* sont utilisées sous forme de décoction ou infusion par voie orale dans le traitement du paludisme (**Sylla et al. 2018**). *Lantana camara* étant répandue à travers le monde et réputée pour ses vertus thérapeutiques, elle a fait l'objet de nombreuses études, et ce, depuis plusieurs années. Les investigations phytochimiques antérieures ont porté tant sur les huiles essentielles que sur les molécules issues de cette plante (**Ghisalberti 2000**).

Quant à *Lantana rhodesiensis*, c'est une plante utilisée dans le traitement du diabète, du cancer, de la variole et également de l'hypertension artérielle, du paludisme et des rhumatismes (**Fratkin 1996; Ruffo et al. 2002; Bangou et al. 2011; Sawadogo et al. 2012; Ngugi et al. 2015**). À notre connaissance, peu d'études ont été effectuées sur l'investigation phytochimique de *Lantana rhodesiensis*.

Ce mémoire est consacré à l'étude phytochimique et biologique de *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* de Côte d'Ivoire afin de mieux comprendre les utilisations de ces plantes. Ce travail permettra de justifier et de donner une base scientifique à l'utilisation de ces deux espèces du genre *Lantana* provenant de Côte d'Ivoire.

L'objectif spécifique de notre étude est de contribuer d'une part à une meilleure connaissance de l'huile essentielle issue des organes de *Lantana camara* et de *Lantana rhodesiensis* poussant à l'état sauvage en Côte d'Ivoire. En ce sens, nous allons déterminer la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits, tiges et racines de ces plantes ; étudier la variabilité de la composition chimique et évaluer les potentiels biologiques de l'huile essentielle issue de ces plantes. D'autre part, isoler, purifier, caractériser et évaluer les activités biologiques des métabolites secondaires des extraits issus de *Lantana rhodesiensis*.

Ces travaux de recherches sont le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody et du Laboratoire de Chimie des Molécules Naturelles de l'Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech.

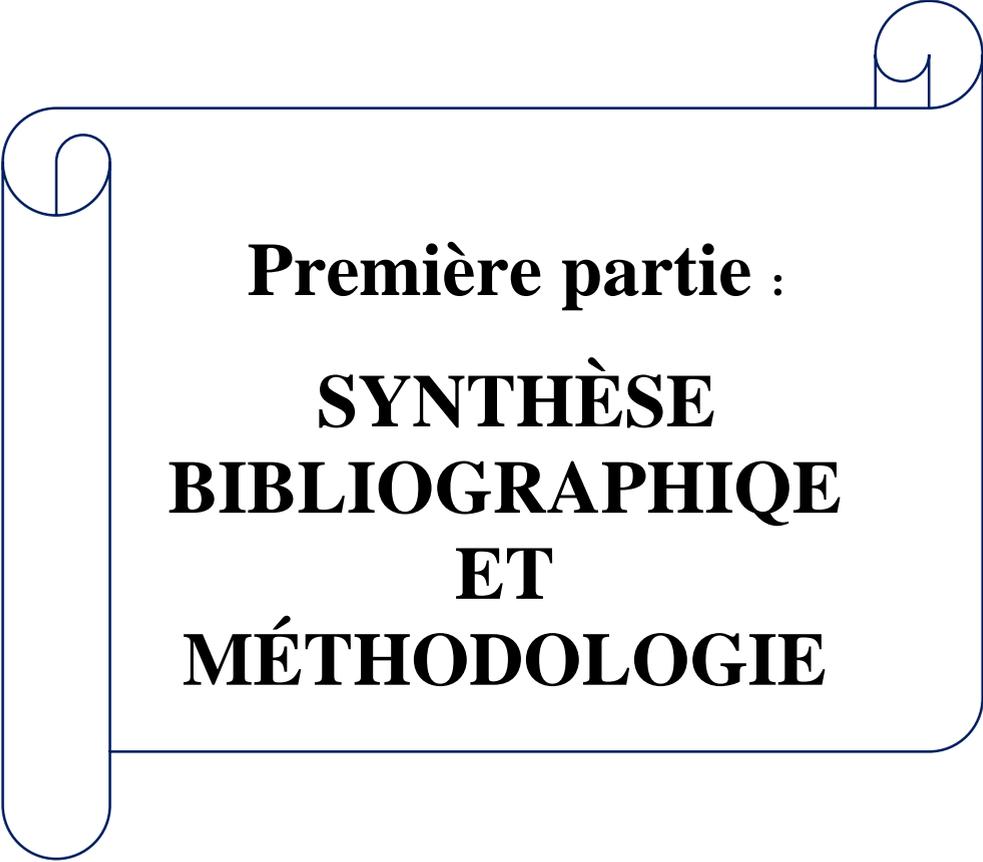
Ce mémoire est organisé en deux grandes parties comportant des chapitres :

La première partie constituée en deux chapitres présentera l'état des connaissances bibliographiques botaniques, phytochimiques et biologiques sur les espèces étudiées, en son chapitre I. Le chapitre II abordera le matériel et méthodes d'analyse,

d'extraction, d'évaluation des activités biologiques des huiles essentielles, des extraits et des composés isolés. Nous y décrivons également les méthodes d'isolement et de purification des composés ; de même que les méthodes statistiques de l'étude de la variabilité des huiles essentielles.

La deuxième partie comprendra trois chapitres et portera sur les résultats de l'étude phytochimique des deux plantes ainsi que leur interprétation et discussion. Ainsi, le chapitre III sera consacré à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation des activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara*. Le chapitre IV traitera l'étude de la composition chimique et l'évaluation des activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis*. Enfin, le chapitre V relatara l'étude bio-guidée et la caractérisation des molécules isolées de *Lantana rhodesiensis*.

À la fin de ce travail, nous présentons une conclusion générale et des perspectives issues de nos recherches



Première partie :

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

ET

MÉTHODOLOGIE

Chapitre I

État de l'art

I.1. Généralités sur le genre *Lantana* (Verbenaceae)

Le genre *Lantana* décrit par Linnaeus en 1753 est composé de sept espèces : *Lantana trifolia*, *Lantana annua*, *Lantana camara*, *Lantana aculeata*, *Lantana bullata*, *Lantana corymbosa* provenant de l'Amérique tropical et *Lantana africana* de l'Afrique (l'Éthiopie) (Munir 1996).

Le terme *Lantana* proviendrait de l'ancien nom latin du genre *Viburnum*, avec lequel il partage des ressemblances au niveau des feuilles et des inflorescences. Taxonomiquement, le genre a longtemps fait l'objet d'une incertitude. En général, les espèces ne sont pas stables, l'hybridation est très répandue, la forme de l'inflorescence change et la couleur des fleurs varie avec l'âge et la maturité (Ghisalberti 2000; Sousa & Costa 2012). Cependant, après plusieurs polémiques sur la classification, en 1805 Jaume Saint-Hilaire a proposé la famille des Verbenaceae pour *Lantana* et d'autres genres apparentés. La famille fut acceptée et le genre inclus dans celle-ci par de nombreux botanistes (Munir 1996).

Les espèces du genre *Lantana* (Verbenaceae) bien qu'étant originaires d'Amérique et d'Afrique, étaient considérées comme des mauvaises herbes nuisibles dans les pays tropicaux, subtropicaux et tempérés chauds avec un très grand nombre d'espèces et de sous-espèces (Sousa & Costa 2012; Mishra 2015; Parimoo et al. 2015).

Par ailleurs, Howard (1969) a conclu que le genre *Lantana* n'était pas facile à considérer sur le plan taxonomique, et qu'une enquête approfondie sur le groupe était nécessaire. Il trouve que le genre *Lantana* est étroitement lié au genre *Lippia* et qu'il est difficile de les séparer.

Les deux genres sont surtout difficiles à distinguer dans le matériel d'herbier séché. Leur principale différence se trouve au niveau de l'apparence des fruits. *Lantana* a des drupes charnues, alors que *Lippia* possède un schizocarpe sec en deux parties (Munir 1993; Day et al. 2003).

Au sein du genre *Lantana*, quatre sections distinctes sont reconnues sur la base des caractéristiques florales et carpologiques : les sections *Lantana Calliorheas*, *Sarcolippia*, *Rhytocamara* et *Camara*. Les trois premières sections contiennent des espèces semblables à *Lippia*. La quatrième section, qui est considérée comme monophylétique, est la section la plus complexe (Day et al. 2003; de Sena Filho et al. 2012; Mishra 2015).

I.2. Généralités sur Lantana camara

I.2.1. Classification systématique de la plante

Selon Cronquist (1988), la plante *L. camara* est classée dans (**Bangou 2012; Saxena et al. 2012; Mishra 2015**):

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Asteridae
Ordre :	Lamiales
Famille :	Verbenaceae
Genre :	<i>Lantana</i>
Section :	Camara
Espèce :	<i>Lantana camara</i> L.

I.2.2. Aspect botanique et répartition

Lantana camara L. (*L. camara*) est une plante généralement considérée comme une herbe nuisible. Son importance est pourtant reconnue en médecine traditionnelle. Il en existerait près de 650 variétés, disséminées dans des régions tropicales et chaudes du monde entier. Ces variétés diffèrent par la couleur de leurs fleurs, la forme de leurs feuilles, leur toxicité, leur caractère épineux, leur sensibilité aux attaques des herbivores et leur écologie (**Haseler 1965; Day et al. 2003**).

De manière générale, *L. camara* est un arbuste très ramifié, dressé ou étalé plus ou moins épineux et allant jusqu'à 4 mètres de haut. Les feuilles simples sont opposées, ovales, triangulaires au sommet et régulièrement dentées sur les bords, allant de 2 à 10 cm de longueur. Elles sont de couleur verte vive sur la face supérieure et verte plus pâle, poilues et fortement nervurées sur la face inférieure.

Les feuilles de *L. camara* dégagent une odeur aromatique lorsqu'elles sont broyées. Leurs tailles et leurs formes dépendent du type de variété et de la disponibilité de l'humidité. Les tiges et les rameaux secondaires sont quadrangulaires avec de petites protubérances épineuses courtes et crochues disposées sur l'arête des tiges.

Le système racinaire est très solide, avec une racine principale pivotante et de nombreuses racines latérales peu profondes. Les fruits d'environ 3 mm sont drupacés (fruit à noyau charnu) d'un violet plus ou moins foncé à maturité, groupés en glomérules. La fleur pousse sur les aisselles, près de la tige. Les fleurs sont petites, odorantes, de diverses couleurs : jaune, blanc, rose, orange ou rouge, selon la variété.

Les inflorescences (grappes de 20 à 40 fleurs individuelles) ont un diamètre d'environ 2,5 cm (Ghisalberti 2000; Day *et al.* 2003; Mishra 2015; Parimoo *et al.* 2015; Dougnon & Ito 2019) (Figure 1).



Figure 1: Photographie de *Lantana camara* (Source : Néa Fatimata., Abidjan « Yopougon », samedi 21 Février 2015, 15 :05 :26)

C'est une plante ornementale en raison de la beauté de ses fleurs (**Figure 2**). Sa floraison et sa fructification se déroulent presque toute l'année. C'est une plante présente dans des habitats divers et sur des types de sol variés. Elle pousse généralement mieux en milieux humides, ouverts et non ombragés tels que les terrains vagues, les lisières de forêts tropicales, les bords de plage et les forêts se remettant d'un incendie ou de l'exploitation forestière.

Les zones perturbées telles que le long des routes, des voies ferrées sont également favorables à l'espèce (Munir 1996; Ghisalberti 2000; Day *et al.* 2003; Bangou 2012). Elle a le potentiel d'affaiblir les plantes indigènes et peut survivre à divers stress abiotiques néfastes (Nischal & Sharma 2020).

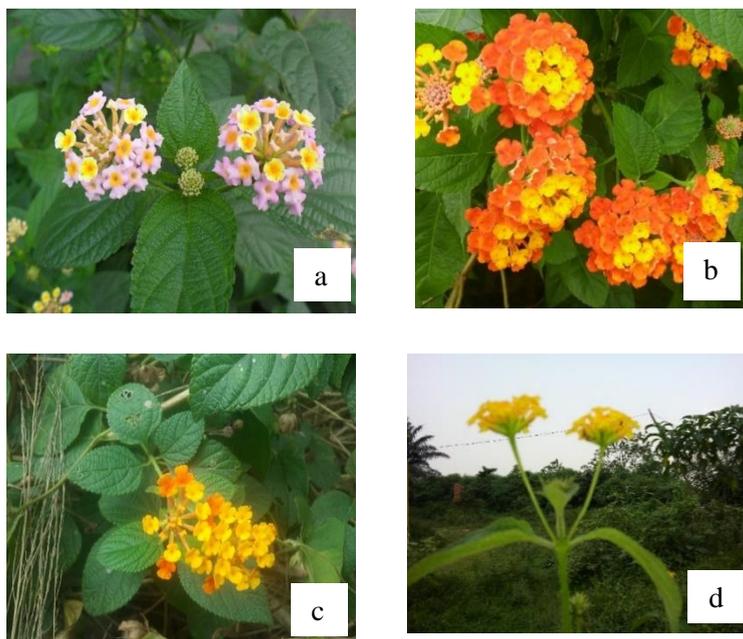


Figure 2: Variétés de *L. camara* de Côte d'Ivoire montrant la diversité des couleurs des fleurs : a) Abidjan ; b) Katiola ; c) Bouaké ; d) Sikensi (Source : Néa Fatimata)

I.2.3. Synonymes et noms vernaculaires

Communément connue sous le nom de sauge sauvage ou rouge, ainsi que mille fleurs, *L. camara* a plusieurs synonymes : *Lantana aculeata* Linn., *Lantana antidotalis* Thon (**Ghisalberti 2000; Bangou 2012**), *Lantana aculeata* Linn, *Lantana antillana* Rafin, *Lantana mutabilis* Salisb, *Lantana polyacanthus* SCH., *Lantana scabrida* Soland, *Lantana viburnoides* Blanco (**Fatimah et al. 2017**).

Cependant il existe différents noms vernaculaires selon plusieurs pays. Le **Tableau 1** ci-dessous montre quelques noms vernaculaires de *L. camara* dans certains pays.

Tableau 1: Noms locaux ou noms vernaculaires

PAYS	Noms vernaculaires	Références
RWANDA	Maviyakuku	(Mishra 2015)
AUSTRALIE	Pink-edgered lantana	
INDE	Pahj phuli, Aruppu	
MEXIQUE	Skastajat stuki, Orozuz,	
BRÉSIL	Cambara de espinto, Cidreirarana	
COLOMBIE	Venturosa, Gurupacha	
ALLEMAGNE	Wandelroeschen	
BURKINA FASO	Nasar liuli sib	(Bangou 2012)
KENYA	Obori bw'enyoni	(Charles & Bonareri 2020)
INDE	Gultura	(Raj Singh et al. 2020)
CHINE	Ma-ying Tan	(Godofredo 2015)
INDONÉSIE	Kembang telek, Tembelekan, Saliara	
MALAISIE	Bunga pagar, Bunga tahi ayam	
ESPAGNE	Coronitas, Cinco negritism	

I.2.4. Utilisations traditionnelles

L. camara est utilisée en médecine traditionnelle dans de nombreux pays du monde pour traiter une grande variété de pathologies (**Saxena et al. 2012**).

Dans les pays asiatiques, les feuilles sont utilisées pour traiter les ulcères, les vers intestinaux, la rage, les coupures et les rhumatismes (**Ghisalberti 2000; Saxena et al. 2012; Raj Singh et al. 2020**).

En Inde, les feuilles sont bouillies comme du thé et la décoction est un remède contre la toux. Cette décoction est aussi utilisée comme lotion pour les blessures. Les feuilles pilées sont appliquées sur les coupures et les ulcères. Par ailleurs, la décoction de la plante est donnée en traitement contre le tétanos, les rhumatismes, la malaria et l'ataxie des viscères abdominaux (**Verma & Verma 2006**).

En Amérique centrale et du Sud, les feuilles sont transformées en cataplasme pour traiter la rougeole, la varicelle et les plaies. Les préparations à base de la plante sont utilisées dans le traitement de l'asthme, de la fièvre, du rhume, de l'hypertension artérielle et des rhumatismes (**Saxena et al. 2012**).

Au Ghana, une infusion de la plante entière a été utilisée pour le traitement des bronchites et la poudre des racines mise dans le lait a été donnée aux enfants pour leurs maux d'estomac (**Ghisalberti 2000**).

En Tanzanie, la décoction des feuilles est utilisée dans le traitement de la malaria (**Ramadhani et al. 2015**).

Dans le sud-ouest du Kenya, pour traiter la toux, le mal de gorge, le rhume et les maux de tête, une décoction de 30 g de feuilles dans 1 litre d'eau est laissée au repos pendant 1 heure et 1 tasse est bue après chaque repas. En usage externe, une infusion de 40-50 g de feuilles par litre est gargarisée pour les affections de la gorge. En cas de sinusite, le patient inhale la vapeur de la décoction chaude (**Charles & Bonareri 2020**).

L. camara est un remède traditionnel utilisé dans le traitement des cancers, tumeurs, tétanos, fistules, pustules et des douleurs thoraciques chez les enfants. Elle est aussi utilisée contre la lèpre, la gale et des dysenteries. Le thé préparé à partir des feuilles et des fleurs est utilisé contre les maux d'estomac, la fièvre et la grippe (**Ghisalberti 2000; Patel 2011**).

En Côte d'Ivoire, les feuilles de *L. camara* sont utilisées sous forme de décoction ou infusion par voie orale dans le traitement du paludisme (**Sylla et al. 2018**).

I.2.5. Études phytochimiques

I.2.5.1. Screening phytochimique

Le screening phytochimique effectué sur les extraits de *L. camara* a montré la présence de plusieurs métabolites secondaires.

En Inde, un criblage phytochimique qualitatif mené sur plusieurs extraits de la plante entière et des feuilles a révélé la forte présence de triterpénoïdes, de saponines, de flavonoïdes, d'alcaloïdes et de terpénoïdes dans les extraits aqueux, méthanol et éthanol. Les autres phytocomposés présents étaient les phénols, les coumarines, les glycosides, les tanins et les stéroïdes (**Hemalatha et al. 2015; Palei et al. 2020**). Ces métabolites secondaires avaient été retrouvés dans l'extrait méthanolique des feuilles dans une étude publiée en 2006. Dans cette même étude l'extrait hexanique, éther de pétrole, n-butanol des feuilles a montré la présence de lactones, flavonoïdes, tanins, glucides et des huiles fixes (**Verma & Verma 2006**).

Au Burkina Faso, le criblage phytochimique réalisé sur *L. camara* s'est effectué selon l'étude histochimique. Cette étude permet les localisations tissulaires des phytocomposés. Ainsi les tissus constitutifs des feuilles et des tiges de *L. camara* ont été préalablement localisés grâce à la coloration au carmino-vert. Ensuite, l'utilisation des réactifs spécifiques a permis de caractériser certaines classes de composés (lugol : alcaloïdes, FeCl₃ : polyphénols et/ou tanins, NaOH : flavonoïdes).

Les résultats ont montré la présence de flavonoïdes et d'alcaloïdes dans le xylème et le phloème des tiges. Seuls les flavonoïdes ont été révélés au niveau des feuilles (**Bangou 2012**). Des études phytochimiques ont été réalisées pour la détection

d'alcaloïdes, de glycosides, de tanins dans les parties aériennes de la plante (**Qaiser et al. 2009**).

I.2.5.2. Huile essentielle (HE)

Bien qu'elle ne soit pas une plante à haut rendement, les premières études sur *L. camara* étaient plus axées sur les huiles essentielles. Le rendement maximum de l'huile essentielle obtenu par hydrodistillation des feuilles était de 0,2%, celui des fleurs allait jusqu'à 0,6% (**Ahmed et al. 1972; Ghisalberti 2000**).

Par ailleurs, une autre étude faite sur les feuilles de *L. camara* de l'Égypte en 2006 a montré un rendement de l'ordre de 0,36% (**Abdelgaleil 2006**). L'huile de *L. camara* est disponible dans le commerce, et de nombreux travaux ont été réalisés sur la détermination de la composition chimique de l'huile essentielle (HE) de différentes origines (**Ghisalberti 2000**).

Généralement, l'HE de *L. camara* est composée de monoterpènes et de sesquiterpènes. La majorité des études effectuées sur l'HE de *L. camara* concerne celle des feuilles de la plante.

Un échantillon d'HE obtenu à partir des feuilles de *L. camara* récoltées sur le campus d'Abomey-Calavi (Bénin) s'est révélé principalement caractérisé par une quantité élevée de sesquiterpènes hydrocarbonés (42,2 %), suivis par des monoterpènes hydrocarbonés (31,0 %), des sesquiterpènes oxygénés (14,1 %), des monocarbones oxygénés (5,5 %) et des composés aliphatiques (1,9 %). Cette huile présente comme composés majoritaires : le β -caryophyllène (18,5 %), le sabinène (13,1 %), l' α -humulène (10,0 %), le 1,8-cinéole (9,0 %) et le δ -guaïène 5,0 %. En tout, ce sont quarante et un composés, représentant 94,7% de la composition de cet échantillon qui ont été identifiés (**Alitonou et al. 2004**). La composition chimique d'un autre échantillon d'HE des feuilles de *L. camara* provenant du Bénin (Houedo) est dominée par le sabinène (38,8 %) et le 1,8-cinéole (28,9 %) (**Dougnon & Ito 2019**).

Dans l'échantillon d'HE des feuilles récoltées au nord de l'Inde (Dehra Dun), trente composés ont été identifiés représentant 76,5% de la composition de l'HE. La composition de cette huile est dominée par le β -caryophyllène (23,3%), l' α -humulène (11,5%), le germacrène D (10,9%), la davanone (7,3 %) et le γ -curcumène (6,3%) (**Rana et al. 2005**).

Les échantillons de feuilles du Brésil et de l'Algérie sont plus variables, à la fois dans la quantité relative des monoterpènes à sesquiterpènes et dans la variété de ses composés (**Sousa et al. 2010; Zoubiri & Baaliouamer 2012a**).

La composition chimique de l'HE obtenue à partir de l'hydrodistillation des feuilles de *L. camara* présente de fortes variations d'un pays à un autre et parfois même au sein d'une même région. Le **Tableau 2** présente les composés majoritaires que l'on retrouve dans l'HE des feuilles de *L. camara* de certains pays.

Des différences notables dans la composition chimique ont été observées avec des échantillons obtenus à partir de l'hydrodistillation des feuilles et des fines branches

(séchés) de *L. camara*, récoltées dans différents endroits de la région Amazonienne du Brésil (Da Silva *et al.* 1999).

La prédominance de sesquiterpènes a également été signalée dans les huiles essentielles de fruits et de tiges décrites- au Nigeria (Usman *et al.* 2012), en Inde (Khan *et al.* 2003) et en Chine (Zhu *et al.* 2013).

Il y a aussi la présence d'acide palmitique et acide stéarique dans les échantillons de l'Inde et de la Chine. Les principaux composés de l'HE des fleurs de *L. camara* d'un échantillon de l'Inde sont β -élémyène (14,5%), germacrène D (10,6%), α -copaène (10,7%), α -cadinène (7,2%), β -caryophyllène (7,0%), et γ -élémyène (6,8%) (Khan *et al.* 2002). La composition de l'huile de fleur du Cameroun est également dominée par des sesquiterpènes, caractérisés par une quantité élevée de *ar*-curcumène (27,1%), nérolidol (13,3%) (Ngassoum *et al.* 1999).

La Figure 3 montre quelques composés que l'on retrouve dans la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara*.

Tableau 2: Principaux composés de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* de certains pays

Habitat / Pays	Composés majoritaires / Chemotype	Composition (%)	Références
Inde (Nord)	β -caryophyllène	23,3	(Rana <i>et al.</i> 2005)
	α -humulène	11,5	
	germacrène D	10,9	
	davanone	7,3	
	γ -curcumène	6,3	
Algérie	β -caryophyllène	26,3 - 47,1	(Zoubiri & Baaliouamer 2012b,a)
	Caryophyllène oxyde	9,4 - 18,8	
	α -acoradiène	7,5 - 15,3	
Brésil	germacrène D	19,8	(Passos <i>et al.</i> 2012)
	<i>E</i> -caryophyllène	19,7	
	bicyclogermacrène	11,7	
	α -humulène	9,3	
Venezuela	germacrène D	31,0	(Tesch <i>et al.</i> 2011)
	β -caryophyllène	14,8	
Chine (Sud)	germacrène D	20,0	(Zhu <i>et al.</i> 2013)
	Trans-caryophyllène	14,8	
Inde (Nord-Est)	Cis-davanone	47,8	(Misra & Saikia 2011)
	β -caryophyllène	10,3	

Bengladesh	β -caryophyllène	13,5	(Chowdhury et al. 2007)
	α -caryophyllène	11,7	
	germacrène D	10,8	
	isocaryophyllène	9,5	
	γ -muurolène	6,8	
Bénin (Houedo)	sabinène	38,8	(Dougnon & Ito 2019)
	1,8-cineole	28,9	
Benin (Abomey-Calavi)	β -caryophyllène	18,5	(Alitonou et al. 2004)
	sabinène	13,1	
	α -humulène	10,0	
	1,8-cinéole	9,0	
	δ -guaiène	5,0	

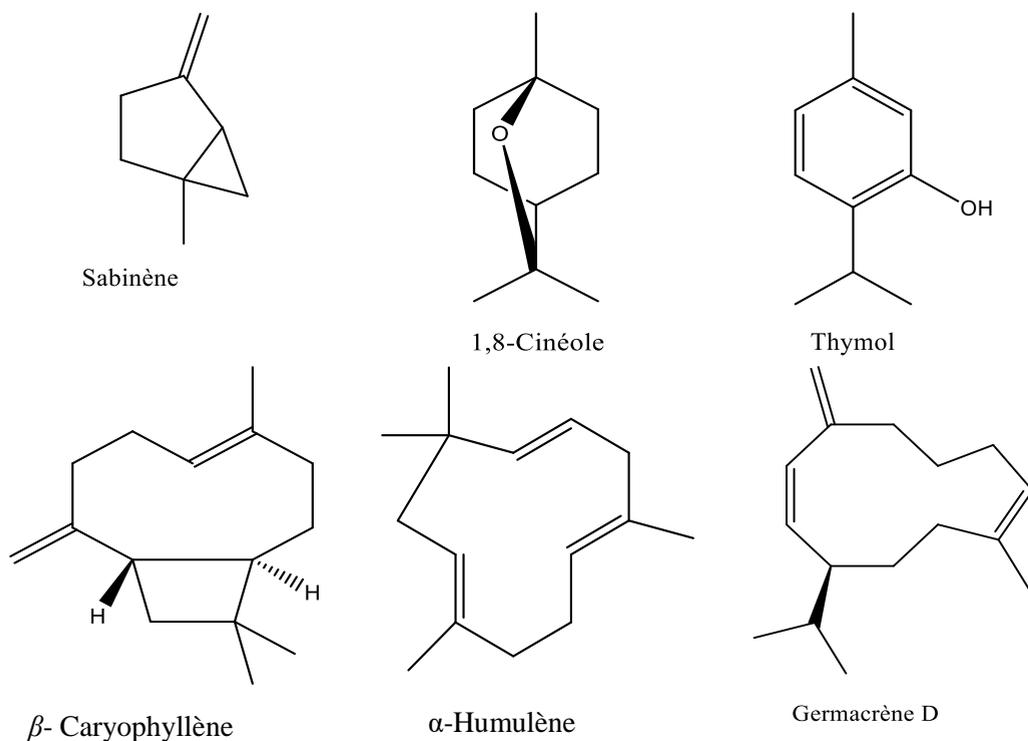


Figure 3 : Structures d quelques molécules majoritaires de l'huile essentielle de *L. camara*

I.2.5.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes isolés de *L. camara* sont nombreux. Des travaux réalisés sur les feuilles ont conduit à l'isolement de la gautine, tricine, pectolarigenine, acacétin-7-O- β -D-rutinoside, 3,5,7,8-tétrahydroxyl-6,3'-diméthoxy flavones (Patil *et al.* 2015) ainsi que le camaraside (Ghisalberti 2000). Le camaraside est une flavone glycoside isolée pour la première fois de *L. camara* d'où elle tire son nom.

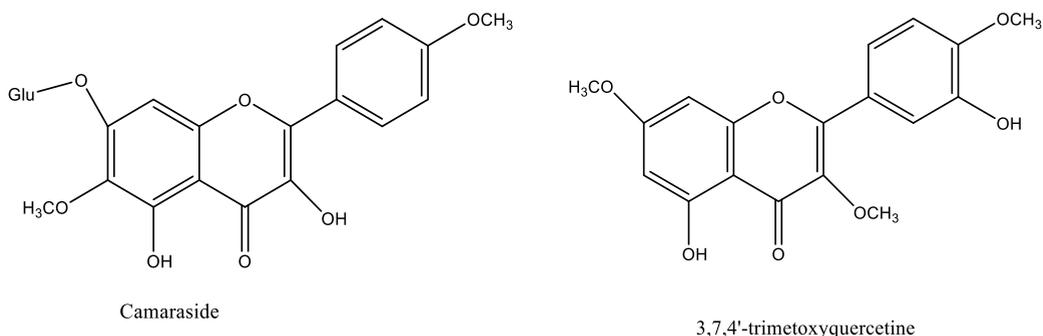
L'hispiduline a été isolée à partir des tiges et aussi à partir des feuilles de *L. camara* (Ghisalberti 2000; Patil *et al.* 2015).

Il a été également identifié dans l'extrait à l'acétone des feuilles de *L. camara*, le 3-méthoxyquercétine, le 3,7-diméthoxyquercétine et le 3,7,4'-triméthoxyquercétine (Wollenweber *et al.* 1997).

Sharma *et al.* ont répertorié d'autres flavonoïdes isolés de la partie aérienne et des feuilles de *L. camara* tels que la linaroside, lantanoside, camaroside, composés spécifiques à *L. camara* (Sharma *et al.* 2007).

D'autres flavonoïdes ont été isolés à partir de l'extrait hydro-méthanolique des fleurs de *L. camara* (Abou El-Kassem *et al.* 2012).

Les structures de quelques flavonoïdes isolées de *L. camara* sont montrées à la Figure 4.



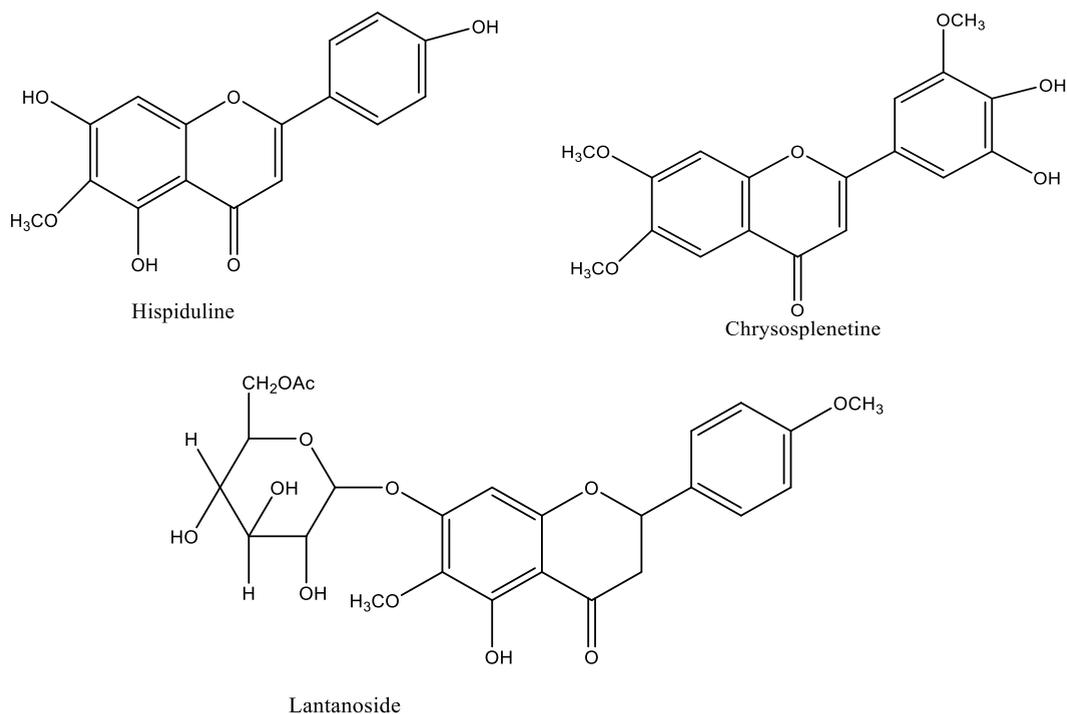


Figure 4: Structures de quelques flavonoïdes isolés de *L. camara*

I.2.5.4. Triterpènes

Barton et al. en 1954, ont mené les premiers travaux concernant l'isolement des triterpènes issus de *L. camara* qui étaient portées sur l'élucidation structurale de la lantadène A et B, premières molécules reconnues être toxiques spécifiques à *L. camara* (Ghisalberti 2000).

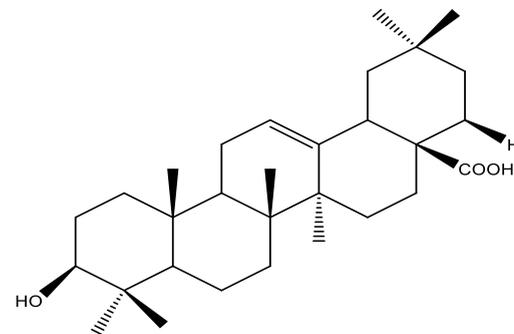
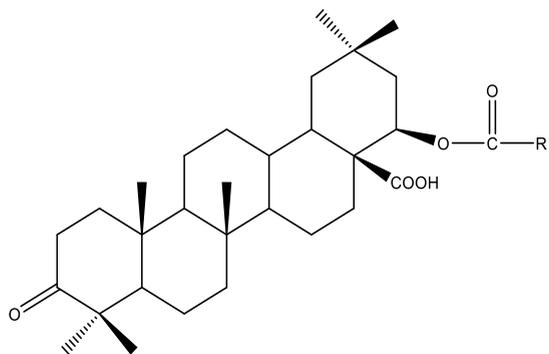
En 1976, dans une étude détaillée des taxons toxiques de *L. camara*, d'autres triterpènes ont été isolés en plus de la Lantadène A et B (Hart et al. 1976). Un analogue de la lantadène A a été identifié dans une étude en 1978 (Beeby 1978), et deux autres lantadènes, à savoir : la lantadène C (Johns et al. 1983) et D (Sharma et al. 1990) ont été élucidées les années suivantes. Un très grand intérêt a été montré sur les différentes lantadènes élucidées, en raison de leur toxicité démontrée ou suspectée (Sharma et al. 1991; Ghisalberti 2000).

A partir d'un échantillon de *L. camara* de l'Inde, il a été isolé l'acide lantique et lantanolique (Barua et al. 1971; Ghisalberti 2000). Une étude a montré que les racines de *L. camara* présentent une forte concentration d'acide oléanolique (Misra et al. 1997). Elles contiennent également, l'acide oléanonique, la lantadène A, l'acide camarique, l'acide pomonique, le β -sitostérol et ses glucosides (Misra & Laatsch 2000). L'exsudat sur la surface des feuilles de *L. camara* est un mélange de

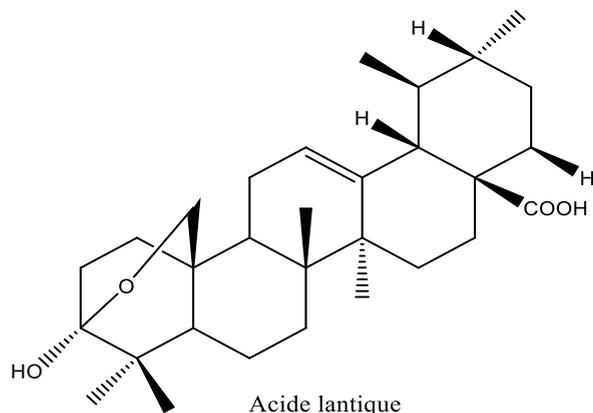
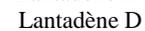
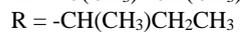
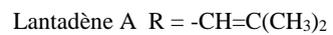
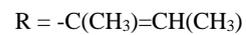
flavonoïdes aglycones, de lantadène A et d'acide ictérogénique (**Wollenweber et al. 1997**). L'acide lantanilique a été isolé de l'extrait méthanolique de la partie aérienne de *L. camara* récoltée au Pakistan (**Siddiqui et al. 1995**).

Plusieurs autres triterpènes contenus dans *L. camara* ont été identifiés (**Sharma & Sharma 1989; Begum et al. 1995, 2010; Siddiqui et al. 1995; Wollenweber et al. 1997; Misra & Laatsch 2000; Yadav & Tripathi 2003; Verma et al. 2013; Patil et al. 2015; Kartika et al. 2018**). Deux nouveaux triterpénoïdes de type oléanique avec un pont époxy entre C-3 et C-25, appelés acides lantacamariques A et B, ont été isolés des feuilles et des tiges de *Lantana camara* L. (**Ono et al. 2020**). La **Figure 5** montre les structures de quelques triterpènes isolés de *L. camara*.

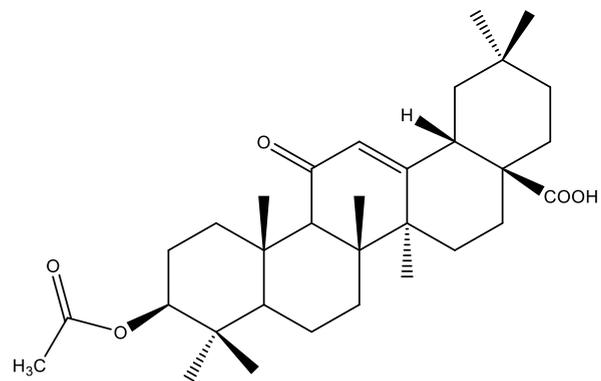
Notons que, l'acide lantique, l'acide lantanolique, les lantadène A, B, C et D, l'acide camarique, l'acide lantanilique, les acides lantacamariques A et B sont des composés spécifiques à *L. camara* d'où ils tirent leur nom.



Acide oléanolique



Acide lantique



Lantanone

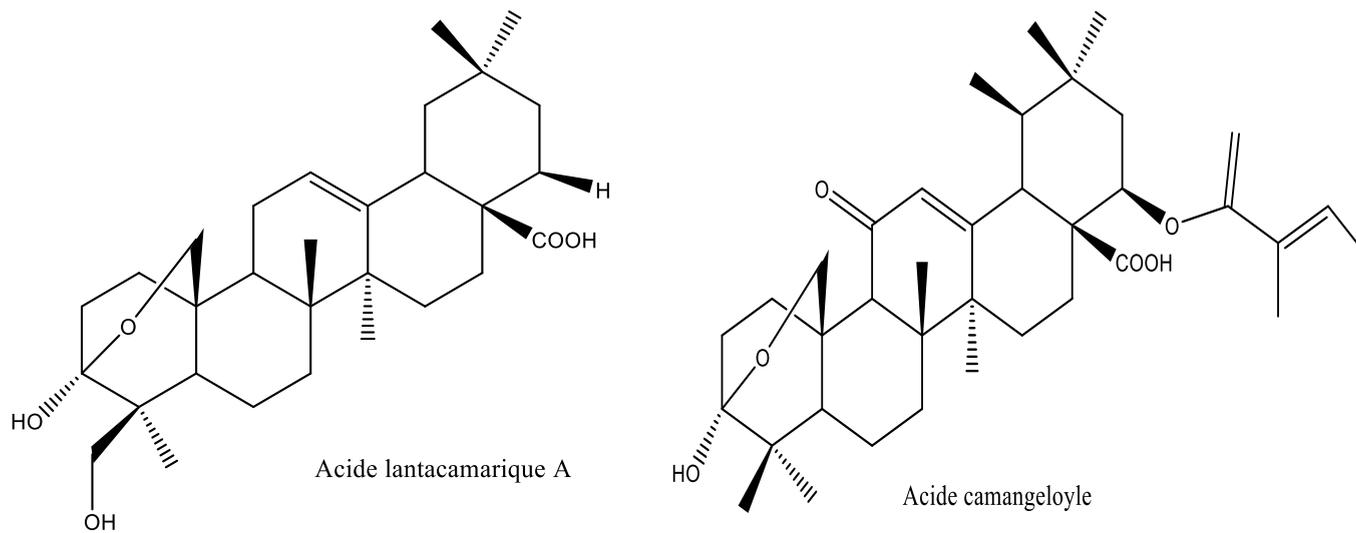


Figure 5: Structures de quelques triterpénoïdes isolés de *L. camara*.

I.2.5.5. Glycosides iridoïdes

Six glycosides iridoïdes isolés de l'extrait éthanolique des racines de *L. camara* ont été identifiés : theveside, theviridoside, 8-epiloganin, geniposide et lamiridoside (**Pan et al. 1992; Sharma et al. 2007**). Une étude faite sur *L. camara* a montré que les feuilles et les racines contiennent le sel de sodium de theveside tandis que le theviridoside et son ester correspondant n'ont été retrouvés que dans les racines (**Ghisalberti 2000**). La **Figure 6** montre quelques structures de glycosides iridoïdes isolés de *L. camara*.

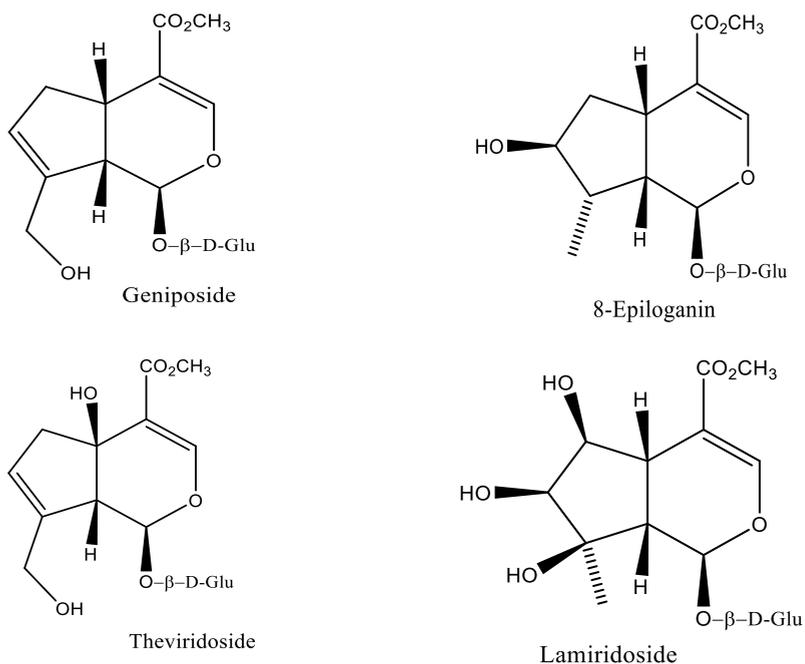


Figure 6: Structures de quelques glycosides iridoïdes isolés de *L. camara*.

I.2.5.6. Glycosides phénylétanoïde et les Glycosides phénylpropanoïdes

De l'extrait méthanolique des feuilles de *L. camara*, récolté en Côte d'Ivoire en 1987, a été isolé le verbascoside (**Herbert et al. 1991**). Une autre étude faite sur l'extrait des feuilles récoltées en Côte d'Ivoire (près d'Abidjan) a permis l'isolement de cinq glycosides phénylpropanoïdes : verbascoside (acteoside), isoverbascoside, derhamnosylverbascoside, isonuomioside A et calceolarioside E. Les deux derniers cités étaient isolés pour la première fois dans les feuilles au cours de cette étude (**Taoubi et al. 1997**). En outre, la lanatanaside et la martynoside ont été isolées des feuilles tandis que la martynoside a également été isolée de l'extrait de petites tiges (**Sharma et al. 2007**) (**Figure 7**).

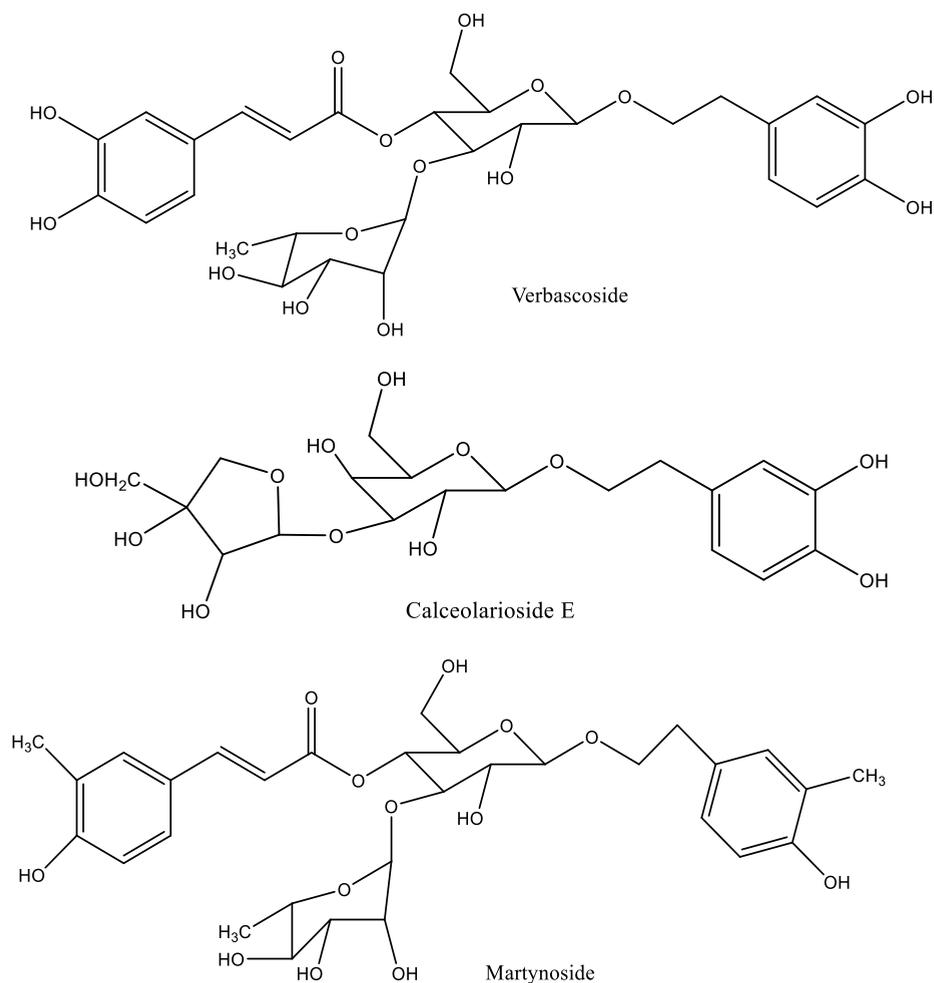


Figure 7: Structures de quelques glycosides phényl éthanoïdes et phénylpropanoïdes isolés de *L. camara*

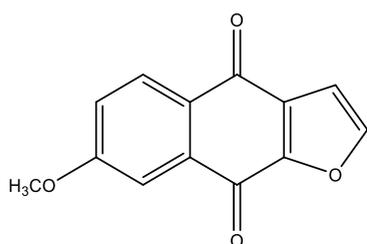
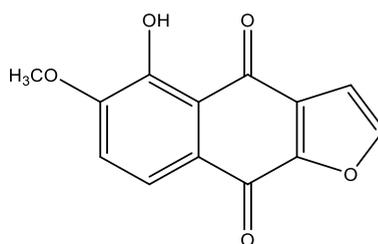
I.2.5.7. Autres composés

L'extrait à l'éthanol des racines d'un échantillon de *L. camara* contient des oligosaccharides dont l'ajugose, stachyose, verbascotetracose, verbascose, lantanose A et lantanose B (Pan *et al.* 1992).

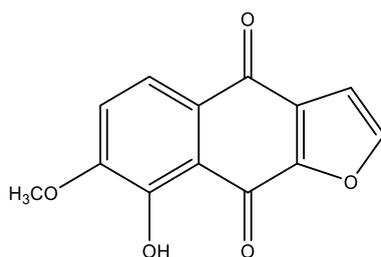
Au Sri Lanka, les travaux portant sur l'extrait hexanique des racines ont permis d'isoler le didantunezone quinone qui est 8-hydroxynaphtho [2,3- β] furan-4,9-quinone et son isomère 8-hydroxy ou isodidantunezone.

Cet extrait contenait également les paires d'isomères suivant la 6- et 7-méthoxydiodantunezone, la 6- et 7-méthoxyisodiodantunezone (**Abeygunawardena et al. 1991**). L'extrait méthanolique quant à lui contenait les 6- et 7-méthoxynaphtho[2,3-b]furan-4,9-quinones (**Abeygunawardena et al. 1991; Ghisalberti 2000**).

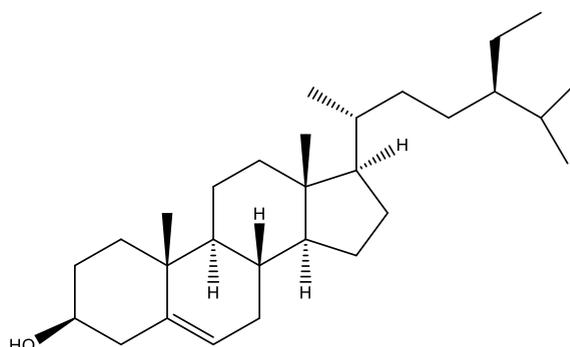
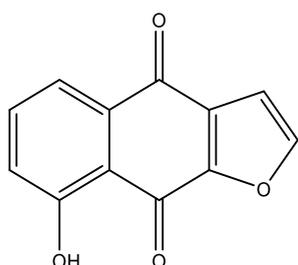
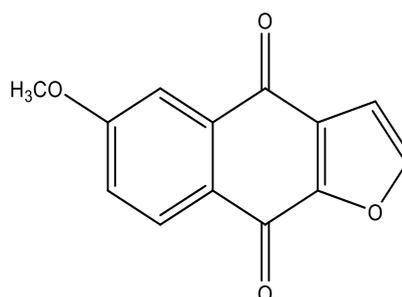
Les stéroïdes végétaux typiques, β -sitostérol, le campestérol, le stigmastérol, ainsi que β -sitostérol glucoside ont été isolés à partir des tiges de *L. camara* (**Ghisalberti 2000**) (**Figure 8**).

7-methoxynaphtho[2,3- β]furan-4,9-quinone

6-methoxyisodiodantunezone quinone



7-methoxydiodantunezone quinone

 β -sitostérol8-hydroxy naphtho[2,3- β]furan-4,9-quinone6-methoxynaphtho[2,3- β]furan-4,9-quinone

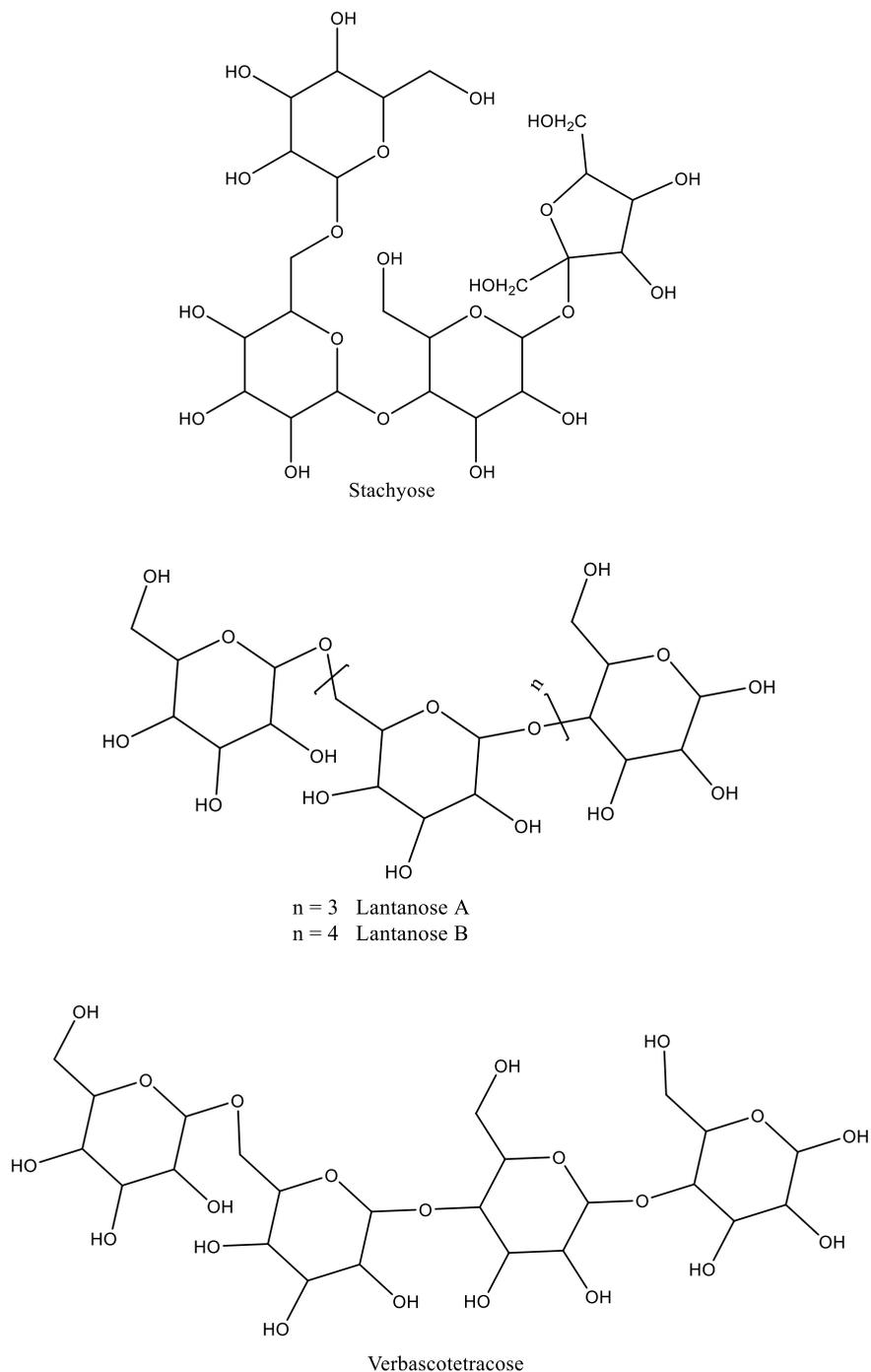


Figure 8: Structures de quelques molécules isolées de *L. camara*.

I.2.6. Etudes biologiques

Plusieurs études ont démontré scientifiquement le potentiel thérapeutique de *L. camara* à travers de nombreuses activités biologiques effectuées sur la plante entière, sur ses différentes parties ou sur les composés isolés.

Par ailleurs, la racine de *L. camara* est riche en composés triterpénoïdes bioactifs ayant une immense valeur thérapeutique tel que l'acide oléanolique (**Patel 2011**).

L'acide oléanolique et l'acide ursolique isolés de *L. camara* ont montré une activité anti-inflammatoire significative (CI₅₀ compris entre 2 et 4,6 µM) sur l'inhibition de l'élastase de leucocyte humaine ou human leucocyte elastase (HLE) (**Ghisalberti 2000**). En effet, HLE est une glycoprotéine considéré comme l'un des principaux médiateurs responsables de la destruction tissulaire qui est observée dans certaines maladies inflammatoires telles la fibrose kystique (FK), l'hépatite, l'emphysème pulmonaire et l'arthrite rhumatoïde (**Champagne 1999; Ghisalberti 2000**).

L'acétate ursolate isolé de l'extrait chloroformique (CHCl₃) des feuilles de *L. camara* provenant des Philippines, a montré une forte activité antimutagène chez la souris (**Barre et al. 1997; Ghisalberti 2000**).

L'acide 22-β-acétoxylantique isolé des feuilles de *L. camara* s'est révélé être un bon antimicrobien contre les bactéries *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus typhi*. (**Barre et al. 1997**). L'extrait d'acétate d'éthyle de fruits de *L. camara* a montré une forte activité antimicrobienne par rapport à *Acacia nilotica* (**Nagumanthri et al. 2012**).

Des flavonoïdes (linaroside et lantanoside) isolés de *L. camara* se sont avérés actifs contre la bactérie responsable de la tuberculose *Mycobacterium tuberculosis* (**Begum et al. 2008**).

Les glycosides iridoïdes sont des composés contenus dans les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle pour la préparation des sédatifs, fébrifuges, médicaments contre la toux, les remèdes pour les plaies et les hypotensions (**Ghisalberti 1998**). Parmi les iridoïdes isolés de *L. camara*, le géniposide a montré une action cholérétique retardée mais puissante chez les rats (**Ghisalberti 2000**). En effet, le géniposide a facilité la sécrétion de la bile (liquide participant à la digestion des graisses) chez ces rats.

La lantamine, un alcaloïde isolé de l'écorce de la tige et des racines possède des propriétés antispasmodique et antipyrétique comparable à la quinine (**Ghisalberti 2000**).

Une étude récente a montré que *L. camara* réduisait significativement la sécrétion d'acide gastrique, le pH et le score d'ulcère chez les rats mâles. Ceci indique et confirme les potentiels anti-ulcéreux de la plante largement utilisée (**Edem et al. 2020**).

La souche chloroquino-sensible 3D7 et la souche chloroquino-résistante W2 du cycle érythrocytaire du *Plasmodium falciparum* (*P. falciparum*) a été utilisée pour l'évaluation de l'activité antiplasmodiale de deux échantillons d'extrait au dichlorométhane de *L. camara* récolté sur l'île de la Réunion. L'échantillon 1 testé

sur la souche 3D7 et W2 a donné des valeurs de CI_{50} suivantes : $8,7 \pm 1,0$ $\mu\text{g/ml}$ pour la souche 3D7 et $5,7 \pm 1,6$ $\mu\text{g/ml}$ pour la souche W2. Concernant l'échantillon 2, les valeurs sont : $14,1 \pm 8,4$ $\mu\text{g/ml}$ pour la souche 3D7 et $12,2 \pm 2,9$ $\mu\text{g/ml}$ pour la souche W2 (Jonville 2011). L'effet antiplasmodiale de l'extrait DCM / MeOH (1 :1) des feuilles de *L. camara* a été également démontré sur une souche chloroquino-sensible. Le résultat du test a montré une valeur de $CI_{50} = 11$ $\mu\text{g/ml}$ (Clarkson *et al.* 2004). Cependant, une étude publiée en 2000 sur l'activité antiplasmodiale *in vitro* contre le *P. falciparum* de 18 plantes médicinales de Sierra Leone, a montré que l'extrait brut d'éthanol des feuilles de *L. camara* était dépourvu d'activité ($CI_{50} = 125$ $\mu\text{g/ml}$) (Marshall *et al.* 2000). Par ailleurs, en Inde l'extrait acétate d'éthyle des feuilles de *L. camara* a montré une activité antiplasmodiale *in vitro* contre le *P. falciparum* à la souche chloroquino-sensible 3D7 avec une valeur de $CI_{50} = 19 \pm 0,57$ $\mu\text{g/mL}$, puis à la souche chloroquino-résistante INDO ($CI_{50} = 20 \pm 1,5$ $\mu\text{g/mL}$). La cytotoxicité de cet extrait a été aussi évaluée dans cette étude par rapport à la lignée cellulaire HeLa ($CT_{50} = 42 \pm 2,3$ $\mu\text{g/mL}$), l'indice de sélectivité CT_{50}/CI_{50} (HeLa/3D7) était de 2,2 (Kamaraj *et al.* 2012).

Une autre étude a aussi rapporté que l'extrait éthanolique des feuilles de *L. camara* présentait une bonne activité antiplasmodiale ($CI_{50} = 17,5 \pm 6,0$ $\mu\text{g/mL}$) contre *P. falciparum* ainsi qu'une activité leishmaniale ($CI_{50} = 10 \pm 2,1$ $\mu\text{g/mL}$) (Céline *et al.* 2009).

Le **Tableau 3** ci-dessous présente d'autres études d'activités biologiques effectuées sur *L. camara* (extrait, huile essentielle) provenant de certains pays.

Tableau 3: Quelques études antérieures sur les activités biologiques de *L. camara*.

Activités biologiques	Partie de la plante	Habitat	Type	Références
Antifongique	Feuilles	Inde	Huile Essentielle	(Sharma <i>et al.</i> 2015)
		Pakistan	Extrait	(Naz & Bano 2013)
Antioxydant	Feuilles	Inde	Extrait	(Badgujar <i>et al.</i> 2017)
		Pakistan		(Naz & Bano 2013)
		Brésil		(Sousa <i>et al.</i> 2015)
	Racines	Brésil	Extrait	(Sousa <i>et al.</i> 2015)
Antimicrobien	parties supérieures	Inde	Extrait	(Ayub <i>et al.</i> 2017)
	Parties aérienne	Inde	Huile Essentielle	(Deena & Thoppil 2000)
	Feuilles	Pakistan	Extrait	(Naz & Bano 2013)
		Inde		(Harshita Singh <i>et al.</i> 2020)
	Fleurs	Inde	Extrait	(Harshita Singh <i>et al.</i> 2020)
Tiges				
Antibactérien	Feuilles	Inde	Extrait	(Dubey & Padhy 2013)
		Nigéria	Huile Essentielle	(Sonibare & Effiong 2008)
Cytotoxicité	Feuilles	Nigéria	Huile Essentielle	(Sonibare & Effiong 2008)
		Inde	Extrait	(Badgujar <i>et al.</i> 2017)
		Inde		(Kumar & Maneemegalai 2008; Remia & Logaswamy 2010; Rajasekaran &

Larvicide	Feuilles	Soudan	Extrait	Duraikannan 2012; Unnithan & Unnikrishnan 2015
		Indonésie		(Taha et al. 2011)
		Inde		(Kasmara et al. 2018; Melanie et al. 2020)
	Fleurs	Inde	Extrait	(Kumar & Maneemegalai 2008)
	Partie aérienne	Inde	Extrait	(Thanavendan & Kennedy 2017)
	Plante entière	Inde	Extrait	(Hemalatha et al. 2015)
Arabie Saoudite		(Asiry & Zaitoun 2020)		
Insecticide (Moustiques)	Feuilles	Inde	Huile essentielle	(Dua et al. 2010)
Insecticide	Feuilles	Zimbabwe	Extrait	(Sharma et al. 1988)
Antiulcéreux	Feuilles	Inde	Extrait	(Thamotharan et al. 2010; Sathish et al. 2011)
Termicide	Feuilles	Inde	Extrait	(Verma & Verma 2006)
		Tanzanie	Poudre	(James et al. 2020)
Antituberculeux	Feuilles	Inde	Extrait	(Rosaline et al. 2020)
	Plante entière	Indonésie		(Fatimah et al. 2017)
Cicatrisante	Racines	Inde	Extrait	(Sikdar et al. 2017)
Anti-inflammatoire	Feuilles	Sri Lanka	Extrait	(Dhara Shukla & Vankar 2018)
Anti-malaria	Racines	Tanzanie	Extrait	(Weenen et al. 1990)

I.2.7. Toxicologie

Les fruits verts de *L. camara* sont toxiques pour l'Homme et le bétail (**Ghisalberti 2000**). Le premier cas d'empoisonnement du bétail a été signalé à Townsville (Australie) en 1910. Par la suite, une toxicité par ingestion du feuillage de *L. camara* pour le bétail a été signalée dans au moins neuf pays, répartis sur cinq continents (**Sharma et al. 1988**). Toutes les espèces de *L. camara* ne sont pas toxiques et, parmi celles qui le sont, la sensibilité à l'intoxication varie selon les animaux.

Il est généralement admis que les lantadènes A, B, D et l'acide ictérogénique contenus dans la plante sont toxiques pour les ovins, les bovins et les chèvres. Cependant, les chevaux, les rats, les veaux et les agneaux ne sont pas sensibles à la lantadène A (**Ghisalberti 2000**). La lantadène C est aussi toxique, mais parmi les composés connus présents dans la plante, la lantadène A est le plus hépatotoxique (**Baruti et al. 2018**).

La menace de *L. camara* pour le bétail est au moins à trois volets. L'effet hépatotoxique de la plante, ainsi que son action allélopathique sur les herbes et les ressources fourragères. Enfin, l'infestation de potentiels pâturages, ce qui provoque la pénurie de fourrage. Les signes cliniques de l'intoxication des animaux par *L. camara* sont les suivants (**Sharma et al. 1988**) :

- Constipation
- Perte d'appétit
- Photosensibilité
- Enflément ou œdèmes de certaines parties du corps des animaux

La durée de la maladie et la gravité des symptômes dépendent de la quantité de feuillage consommée. Le taux de survie varie d'un endroit à un autre ; en Inde, la survie des animaux intoxiqués était très rare et les traitements symptomatiques utilisés n'étaient pas très efficaces. Néanmoins, si ces animaux survivent, ils sont ensuite malades et leur production n'est pas rentable (**Sharma et al. 1988**). Dans une étude récente de cas d'empoisonnement d'un taureau au *L. camara*, il a été déduit qu'un traitement de soutien approprié et opportun est efficace pour améliorer les signes d'empoisonnement. Toutefois, des mesures préventives doivent toujours être mises en place pour aider de manière significative les animaux à éviter l'empoisonnement (**Baruti et al. 2018**).

Les feuilles de *L. camara* contiennent un stéroïde, la lancamarone, qui est un poison pour les poissons. L'effet de la lancamarone sur les animaux n'a pas été étudié (**Sharma et al. 1988; Godofredo 2015**).

Quant à la toxicité de *L. camara* sur l'homme, précisément sur les enfants, elle n'est pas significative. Une étude a examiné la base de données du California Poison Control System concernant 641 cas pédiatriques signalés d'ingestion de fruits de *L. camara* entre 1997 et 2008. Les effets signalés étaient les suivants : vomissements, douleurs abdominales, agitation, diarrhée, irritation buccale, tachycardie, somnolence, nausées et mydriase. Aucun effet significatif et aucun décès n'ont été enregistrés. Le rapport conclut que l'ingestion de fruits non-mûres ne présentait pas de symptômes

plus fréquents ou plus graves que l'ingestion de fruits mûrs ou d'autres parties de la plante. Les enfants ayant des indigestions asymptomatiques ou des symptômes légers peuvent être traités à la maison (**Godofredo 2015**).

I.2.8. Autres études effectuées sur *L. camara*

I.2.8.1. Phytoremédiation

L'étude sur l'état de la pollution des métaux du sol autour de la décharge ouverte à Ranchi (Inde) a montré que *L. camara* peut être une espèce appropriée pour la décontamination des métaux du sol (**Singh et al. 2018**). En outre, au vu des résultats d'une étude menée en France, il a été déduit avec quelques précautions que l'utilisation de vers de terre (*P. corethrurus*) en combinaison avec *L. camara* pourrait être un moyen approprié d'améliorer la phytoextraction du plomb (Pb) pour le nettoyage des sites industriels (**Jusselme et al. 2015**). Le charbon actif bio-absorbant préparé à partir de *L. camara* s'est avéré adapté à l'élimination de la molécule de tartrazine d'une solution aqueuse (**Gautam et al. 2015**).

I.2.8.2. Synthèse de nanoparticules

La synthèse de nanoparticules d'argent (AgNPs) a été démontrée en utilisant l'extrait de feuilles de *L. camara*, agissant comme réducteur, régulateur de taille et stabilisateur à température ambiante. La quantité d'extrait de feuilles affecte la taille du produit de manière critique et permet un meilleur contrôle sur les nanostructures. Cette étude a montré l'efficacité antibactérienne de ces nanoparticules (**Ajitha et al. 2015**). Une autre étude a démontré l'activité antimicrobienne des nanoparticules issus de l'extrait des feuilles de *L. camara* (**Palei et al. 2020**). Par ailleurs les nanoparticules synthétisées à partir de l'extrait de fruits mûrs, présentent à une faible concentration, une activité antioxydante plus élevée que l'extrait de fruits (**Kumar et al. 2015**). Les nanoparticules synthétisées à partir de *L. camara* pourraient donc avoir des applications potentielles dans le domaine biomédical.

I.2.8.3. Écologie, allélopathie et biopesticide

L. camara étant une plante envahissante, certaines recherches ont été menées dans le but de l'éradication de la plante. Les conclusions tirées de ces recherches stipulent que les zones envahies par la plante devraient faire l'objet d'effort de gestion et d'éradication suivie de près, car les zones peuvent encore être prédisposées à une invasion continue par *L. camara* (**Mbedzi & Ligavha-Mbelengwa 2015; Muvengwi & Ndagurwa 2015**).

En revanche, *L. camara* est importante pour l'industrie horticole écologique. En effet une étude a montré le besoin important de développer de nouveaux cultivars de *Lantana* qui seront à la fois mâles et femelles stériles et disperser ses fruits (et ses graines) sur les terres naturelles et agricoles (**Czarnecki & Deng 2020**). De plus, pour

étudier la raison du haut niveau d'invasion de cette plante, un échantillonnage à différentes températures (saison) a été effectué.

Les résultats ont montré que *L. camara* possède des caractéristiques spécifiques qui lui permettent de résister à un large éventail de stress environnementaux et que même ces caractéristiques sont responsables du succès de l'invasion de la plante dans de nombreux pays (Nischal & Sharma 2020).

Des études ont démontré les propriétés allélopathique de *L. camara*. Ce potentiel allélopathique est proportionnel à la concentration. Par conséquent, *L. camara* peut être utilisé comme bio herbicide, en particulier dans la lutte contre les mauvaises herbes. Elle contribuerait ainsi à réduire l'utilisation excessive d'herbicides synthétiques (Mishra 2015; Talhi et al. 2020).

En outre *L. camara* est une plante qui, combinée à d'autres plantes, peut s'avérer utile comme biopesticide. Des expériences *in vivo* et *in vitro* ont été menées pour évaluer différentes parties de la plante *Solanum biflorum* en combinaison avec *L. camara* comme biopesticide contre la pourriture noire du chou. Les résultats ont montré que la combinaison fruits de *Solanum biflorum* + feuilles de *L. camara* comme biopesticide est la plus efficace dans la lutte contre la pourriture noire du chou (Marin & Bautista 2020).

I.2.8.4. Lombricompostage

Le lombricompost dérivé uniquement de *L. camara* a été considéré comme un bon engrais organique car il augmente avec succès la germination et encourage la croissance de certaines plantes lorsqu'il est employé à des concentrations de 1,5% dans le sol (p/p). La spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier a révélé que les phénols et les lactones sesquiterpènes responsables de l'impact allélopathique du *Lantana* étaient en grande partie détruits au cours du lombricompostage (Hussain et al. 2015).

I.2.8.5. Pollinisation

Une étude effectuée sur *L. camara* de la forêt du Chaco en Argentine a permis non seulement de décrire et de quantifier les visiteurs floraux, mais aussi de déterminer la composition quantitative des sucres du nectar de cette plante. Les résultats de cette étude ont montré que le nectar de *L. camara* est composé d'hexoses (glucose et fructose) et de saccharose, où les hexoses dominent sur le saccharose. Les insectes pollinisateurs fréquents étaient de nombreuses espèces de papillons diurnes, d'abeilles et de bourdons (Torres & Galetto 2014).

I.3. Généralités sur *Lantana rhodesiensis* Moldenke

I.3.1. Classification systématique de la plante

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Asteridae
Ordre :	Lamiales
Famille :	Verbenaceae
Genre :	<i>Lantana</i>
Espèce :	<i>Lantana rhodesiensis</i> Moldenke.

I.3.2. Aspect botanique et répartition

Lantana rhodesiensis (*L. rhodesiensis*) est une herbe ligneuse ou un petit arbuste de moins de 2 m de haut souvent à plusieurs tiges, et sans d'épines. Les feuilles sont généralement verticillées par trois ou parfois opposées, ovoïdes de 1,8 cm de long, limbe ovale-lancéolé. Le bout est pointu, la base rétrécie, le bord à dents rondes, la surface sablonneuse au-dessus mais poilue en dessous.

L'inflorescence est en épi dense de 3–4 cm de long et 10 mm de large. Elle est portée par un pédoncule plus court que l'épi. Les fleurs sont de couleur mauve-violet, parfois rose foncé, le centre est souvent jaune-blanc. Quant aux tiges, elles sont courtes de 2 cm, généralement poilues et nervurées. Les fruits sont des baies bleu-violet, arrondies et brillantes. Ces baies sont petites, mesurent 2,4 mm de diamètre et contiennent une graine. Elles sont recouvertes au départ par le calice membraneux, puis deviennent violets à maturité. La pulpe des baies mûres est sucrée, les baies sont récoltées pendant la saison des pluies (Ruffo *et al.* 2002; Ngugi *et al.* 2015) (Figure 9).



Figure 9: a. Jeune plante de *L. rhodesiensis* ; b. Plante à fruits mûres de *L. rhodesiensis*
(Source : Néa Fatimata., Nyanbélegé, samedi 13 août 2016, 10 :12 : 32)

L. rhodesiensis se trouve dans les prairies et les pâturages boisés, les forêts ouvertes, les anciennes cultures, et parfois parmi les rochers de granit, les buissons et les buissons secondaires à 100 - 2100 m (**Ruffo et al. 2002**). C'est une plante qui se retrouve dans de nombreux pays de l'Afrique de l'Est (Tanzanie, Kenya, Burundi, Rwanda, Éthiopie, Malawi, Zambie, Mozambique). En Afrique centrale, on la retrouve généralement à l'ouest du Cameroun et dans le bassin du Congo. *L. rhodesiensis* est également présente au Soudan (Afrique du nord) et au Burkina Faso (Afrique de l'ouest). Cette plante pousse naturellement mais elle peut être propagée par des semences et des boutures (**Ruffo et al. 2002; Bangou 2012; Ngugi et al. 2015**).

I.3.3. Synonymes et noms vernaculaires

L. rhodesiensis a un certain nombre de synonymes, notamment *Lantana ukambensis* (Vatke) Verdc. et *Lippia ukambensis* (Vatke) (**Ngugi et al. 2015**). Il existe un certain nombre de noms vernaculaires attribués à cette plante (**Fratkin 1996; Ruffo et al. 2002**) (**Tableau 4**).

Tableau 4: Noms vernaculaires de *L. rhodesiensis*.

Langues / Peuples	Noms
Chagga (Tanzanie)	Efurie
Anglais	Sage brush
Hehe (Tanzanie)	Luhongole
Nyamwezi (Tanzanie)	Mpugambu
Sambaa (Cameroun)	Msasakilasha
Samburu (Keneya)	Sunoni

I.3.4. Utilisations traditionnelles

Dans de nombreux pays africains, la plante est utilisée localement comme aliment, les baies mûres sont consommées fraîches. Elles sont sucrées et très appréciées des enfants (**Ruffo et al. 2002**). En médecine traditionnelle, les feuilles sont mâchées ou pilées et trempées dans de l'eau chaude.

Le liquide obtenu est bu comme traitement de la toux, la fièvre et les plaies dans la gorge et sur la langue. Les racines sont bouillies dans l'eau et bues contre les rhumatismes et les douleurs corporelles généralisées (**Ruffo et al. 2002**). Les feuilles et les tiges sont aussi utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle, du cancer et comme stimulant (**Bangou et al. 2011; Sawadogo et al. 2012**). La rougeole, la variole, le paludisme, (**Fratkin 1996**), le diabète (**Ngugi et al. 2015**) sont traités de manière traditionnelle avec la plante.

Les tiges sont également utilisées pour allumer le feu et servir de torches. Les feuilles sont utilisées comme répulsifs contre les insectes. La plante sert aussi de plante ornementale et de haie, elle fournit du fourrage aux abeilles (**Ruffo et al. 2002**).

L. rhodesiensis est une plante qui est largement utilisée dans les traditions médicinales africaines pour soigner les blessures chroniques et les maladies liées à la peau, mais aussi comme remède anti-leishmanienne ou cytotoxique, notamment au Burkina Faso, en Tanzanie, au Kenya ou en Éthiopie (**Sawadogo et al. 2015**).

I.3.5. Études phytochimiques

I.3.5.1. Screening phytochimique

Le criblage phytochimique réalisé à partir de l'extrait aqueux des feuilles de *L. rhodesiensis* a montré des niveaux détectables de phénols, alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, terpénoïdes, stérols, glycosides cardiaques, résines et anthraquinones liées. Les résultats ont également montré que l'extrait aqueux de feuilles de *L. rhodesiensis* manque de niveaux détectables de saponines, de sucres réducteurs et d'anthraquinones libres. Quantitativement, les niveaux de phénols et de tanins présents dans cet extrait

étaient respectivement de $685,25 \pm 30,77$ et $323,61 \pm 61,54$ mg/g d'équivalent acide gallique, tandis que ceux des flavonoïdes et des alcaloïdes étaient respectivement de $187,33 \pm 54,97$ et $32,67 \pm 10,07$ mg/g (Ngugi *et al.* 2015).

Les résultats d'une étude menée sur l'extrait méthanolique de la partie aérienne (tiges-feuilles) de *L. rhodesiensis* ont montré la présence de quantité significative de tanins, suivis de stérols/triterpènes et de flavonoïdes. Cependant le niveau de saponines contenu dans cet extrait est faible (Sawadogo *et al.* 2012).

Un dosage des composés phénoliques (phénols, flavonoïdes et de tanins) de l'extrait méthanolique (tiges-feuilles) a été effectué. Les résultats ont indiqué que la quantité de phénols est de $21,55 \pm 0,75$ mgGAE/100mg, celle des flavonoïdes atteint $5,09 \pm 0,19$ mgQE/100mg. Quant aux tanins, la quantité contenue dans cet extrait est de $14,52 \pm 0,27$ mgTAE/100mg (Bangou *et al.* 2011).

Concernant la composition minérale de l'extrait aqueux des feuilles de *L. rhodesiensis*, les résultats obtenus au cours d'une étude ont montré que cet extrait contient des niveaux détectables de potassium (K), de calcium (Ca), de manganèse (Mn), de fer (Fe), de zinc (Zn), de rubidium (Rb), de brome (Br) et de plomb (Pb), et des quantités indétectables de cuivre (Cu). De plus, les résultats indiquent que l'extrait fournit du potassium, du calcium, du manganèse, du fer et du zinc à des niveaux inférieurs à l'apport journalier recommandé (Ngugi *et al.* 2015).

I.3.5.2. Huile essentielle

Très peu d'études ont été effectuées sur la détermination de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* à notre connaissance, à ce jour. Des études antérieures faites sur l'huile essentielle de la partie aérienne de la plante provenant du Kenya ont montré que cette huile est dominée par le camphre (39,84%) et le camphène (8,63%) (Omolo *et al.* 2004), alors que celle extraite des feuilles de la Tanzanie présente le camphre (36,5%), 4-thujanol (18,5%) et 1,8-le cinéole 11,3%), β -cubébène (6,5%) comme principaux composés (Chogo & Crank 1982).

I.3.5.3. Flavonoïdes

A notre connaissance, à ce jour, il n'y a que deux polyméthoxyflavones isolés de l'extrait dichlorométhane de *L. rhodesiensis* (plante entière) à la suite d'une étude bioguidée, ce sont 5,6,7,3',4',5'-hexaméthoxyflavone et 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone (Sawadogo *et al.* 2015) (Figure 10).

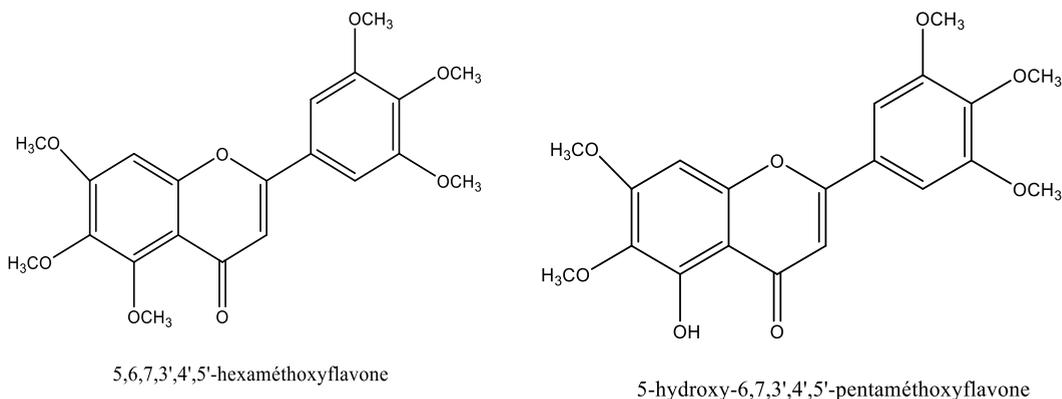


Figure 10: Structures de flavonoïdes isolés de *L. rhodesiensis*.

I.3.6. Études biologiques

L. rhodesiensis utilisé traditionnellement dans la phytothérapie a démontré une activité antidiabétique lorsque des doses thérapeutiques étaient administrées par voie intra-péritonéale et orale sur les souris. La voie intra-péritonéale s'est avérée plus efficace que la voie orale. L'activité antidiabétique serait probablement lié aux phytonutriments présents dans cette plante (Ngugi *et al.* 2015).

La flavone (5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone) isolée de la plante entière a montré des effets anti-prolifératifs et pro-apoptotiques significatifs (Sawadogo *et al.* 2015).

L'extrait méthanolique de la partie aérienne (tiges-feuilles) de *L. rhodesiensis* présente une bonne activité antioxydante, cette plante pourrait être une source potentielle pour isoler de nouvelles molécules antioxydantes. De plus, la plante présente une forte activité anticancéreuse par effet sélectif (Sawadogo *et al.* 2012).

L'effet inhibiteur de *L. rhodesiensis* sur certains enzymes a été évalué. Les résultats ont montré que *L. rhodesiensis* inhibe la glutathione-S-transferase (GST), l'acétylcholinestérase (AChE) et la carboxylestérase (CES) (Bangou *et al.* 2011). Il faut noter que la GST, la AChE et la CES sont connus pour leur participation au développement de la maladie d'Alzheimer, de la goutte, du cancer et des maladies cardiovasculaires (Hayeshi *et al.* 2007; Djeridane *et al.* 2008).

Quant à l'huile essentielle de la partie aérienne de *L. rhodesiensis*, elle s'est montrée répulsive contre les moustiques *Anophele gambiae* (Omolo *et al.* 2004).

I.3.7. Toxicologie

Une dose très élevée de *L. rhodesiensis* (1 g/kg de poids corporel) testé sur les souris, est susceptible de produire des effets toxiques. La toxicité d'une dose élevée de cette plante peut être expliquées par les phytonutriments présents dans la plante (Ngugi *et al.* 2015).

La 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone isolée de l'extrait dichlorométhane de la plante entière s'est révélée sélectivement cytotoxique (**Sawadogo et al. 2015**).

I.4. Généralités sur les huiles essentielles

I.4.1. Définition

Selon la pharmacopée européenne l'huile essentielle (HE) se définit comme un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenue à partir d'une matière première végétale botaniquement définie soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage (**Gadenne 2017**).

Une huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition (**Alleman et al. 2013; Guerriaud 2018**). Les huiles essentielles sont généralement biosynthétisées comme métabolites secondaires par des plantes odorantes, dites aromatiques. Le terme « huile » vient de leur caractère hydrophobe et de leur propriété à se solubiliser dans les graisses alors que le terme « essentielle » fait référence à l'odeur dégagée par la plante productrice (**Bouhdid et al. 2012**).

Encore appelées « essences » ou « essences aromatiques végétales », les huiles essentielles sont des substances odorantes, volatiles. Elles sont considérées comme le parfum des plantes et sont aussi des remèdes naturels. Elles doivent être utilisées à très faibles doses, car leurs principes actifs sont hyper concentrés (**Lardry & Haberkorn 2007**).

I.4.2. Répartition et localisation

Les huiles essentielles sont répandues dans la plupart des végétaux, habituellement en quantité infime. Cependant, elles sont produites en quantité suffisante par les plantes dites aromatiques, réparties dans plusieurs familles. Les plus importantes de ces familles sont : les labiées, les ombellifères, les annonacées, les myrtacées, les lamiacées, les conifères, les rutacées et les lauracées (**Lardry & Haberkorn 2007**).

Ces plantes aromatiques se distinguent par la présence de cellules sécrétrices d'huile essentielle dans presque tous leurs organes. Ces cellules sont des structures histologiques sécrétrices spécialisées qui servent à la synthèse et au stockage de l'HE. Il est donc possible d'obtenir une HE à partir de la plante entière ou bien seulement à partir de partie distincte de la plante, telle que les fleurs, les feuilles, les fruits ou les racines. De plus, à partir des bourgeons, des graines, des rhizomes, des écorces (tiges, tronc et racines), des tiges et des brindilles (**Brenes & Roura 2010; Bouhdid et al. 2012; Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013**).

Les cellules sécrétrices sont rarement à l'état isolé. Elles sont le plus souvent regroupées dans des poches (Myrtacées, Rutacées), dans des canaux sécréteurs (Apiacées) ou dans des poils sécréteurs (Lamiacées). Elles diffèrent selon l'organe

végétal considéré et sont souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante (Bouhdid *et al.* 2012; Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013).

I.4.3. Rôle

Les huiles essentielles jouent un rôle dans le développement et l'épanouissement de la plante. Toutefois, il se trouve que ce rôle n'est pas totalement défini. Il a été démontré que les plantes aromatiques se servent de leur HE pour inhiber la germination et le développement d'autres espèces végétales dans leur alentour, ce qui caractérise l'effet allélopathique des HE (De Feo *et al.* 2002).

En outre, les plantes utilisent les HE comme moyen de défense contre les herbivores ainsi que contre certains agents phytopathogènes tels que les insectes, les champignons, les micro-organismes etc... (effet répulsif) (Isman 2000; Rauha *et al.* 2000). Dans la plupart des plantes, les HE assument le rôle d'attraction des insectes pollinisateurs (effet attractif) et à la dispersion des graines (Beardsell *et al.* 1989; Luckow & Grimes 1997; Ciccarelli *et al.* 2008).

I.4.4. Techniques d'extraction

Les huiles essentielles sont extraites des plantes aromatiques par différentes techniques (Bouhdid *et al.* 2012). Les principales techniques ou méthodes d'extraction sont (Garnero 1996; Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013; Guerriaud 2018):

L'entraînement à la vapeur d'eau agissant sur le végétal frais ou sec : le matériel végétal, qui n'est pas en contact de l'eau, est soumis à l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, ensuite, les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées.

L'hydrodistillation avec addition d'eau au végétal ou à une gomme-résine naturelle : elle consiste à immerger le matériel à traiter dans un réacteur rempli d'eau que l'on porte ensuite à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et la phase organique (huile essentielle) se sépare de l'hydrolat par la différence de densité (décantation).

L'expression à froid du péricarpe ou zeste des agrumes (*Citrus*) : procédés mécaniques à température ambiante qui consiste à exercer sous un courant d'eau une action abrasive sur toute la surface du fruit. Après centrifugation les déchets solides sont éliminés et l'HE est séparée de la phase aqueuse par décantation à froid.

La pyrogénéation de l'écorce ou du bois de certains végétaux (écorce de bouleaux, bois de cade) : C'est une distillation sèche, Elle se fait sans addition d'eau ou de vapeur d'eau au végétal et conduit à un distillat ayant souvent l'apparence d'un goudron (liquide visqueux noirâtre). Ce mode de distillation est très peu utilisé.

Le rendement en huile essentielle des plantes est variable et dépend soit de l'organe, soit de la méthode d'extraction utilisée (Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013).

I.4.5. Méthodes d'analyse

L'analyse des HE reste une étape importante, elle demeure une opération délicate nécessitant la mise en œuvre simultanée de diverses techniques. On distingue deux grandes méthodes d'analyse. Ces méthodes constituent un moyen de caractérisation, vérification et de contrôle de la qualité des HE :

- La première méthode a pour but de définir les caractéristiques physicochimiques propres à chaque HE qui peuvent servir de critères de qualité entre producteurs et acheteurs. Ces caractères physicochimiques sont entre autres : la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire, l'indice d'iode, l'indice de carbonyle, l'indice d'acide et l'indice d'ester (**Kanko *et al.* 2004; Fella *et al.* 2006; Jean-Pierre Noudogbessi *et al.* 2008**).
- La deuxième méthode concerne l'identification qualitative et quantitative des différents constituants d'une HE, afin d'en connaître la composition chimique. Cette analyse est de plus en plus performante avec la mise au point du chromatographe et des méthodes spectrales plus évoluées telles que la CPG/IR, CPG/SM, RMN 13C etc... (**Fella *et al.* 2006; Ngom *et al.* 2012**).

I.4.5.1. Chromatographie en phase gazeuse

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une méthode de séparation dont les principes généraux qui comme toute chromatographie sont fondés sur la migration différentielle des constituants du mélange à analyser au travers d'un substrat choisi. Cependant, la particularité de cette méthode est d'opérer en totalité sur des produits volatils. Cela implique de maintenir une température minimale convenable sans qu'il y ait volatilisation du substrat, et de travailler en circuit étanche aux gaz (**Tranchant 1996**).

Pour son bon fonctionnement la CPG utilise des détecteurs. Le FID (Détecteur à ionisation de flamme) est le plus courant des détecteurs en CPG grâce à sa sensibilité mais il ne convient pas aux composés inorganiques. Il détecte la quantité de carbone dans un échantillon. Le FID est l'un des détecteurs au fonctionnement le plus simple en chimie organique. C'est une méthode de détection efficace, sensible et polyvalente, particulièrement indiquée pour l'analyse de produits naturels volatils. Un FID utilise ordinairement une flamme hydrogène / air chaud dans laquelle l'échantillon est brûlé, pour oxyder les molécules organiques et générer des ions chargés électriquement. La quantité totale d'ions est directement proportionnelle à la quantité de carbone dans l'échantillon et non au nombre de moles. Des électrodes près de la flamme mesurent en temps réel le signal électrique provenant des ions. Ce signal est reporté sur un graphique appelé chromatogramme. Dans le cas des huiles essentielles, tous les composés du mélange produiront un signal électrique. L'hélium et l'hydrogène peuvent être utilisés comme gaz vecteur. La température du FID doit être au minimum égale à la température du four. En général, on le règle à une température d'au moins

250 °C avec une marge de +20°C par rapport à celle du four. Le FID est un détecteur destructeur, car l'échantillon entier est pyrolysé (St-Gelais 2014; Venton 2017).

I.4.5.1.1. Chromatographie en phase gazeuse associée à l'indice de rétention CPG/IR

La CPG/IR est une technique analytique de choix pour l'individualisation des constituants de mélanges gazeux tels que les huiles essentielles. Elle doit ses performances à l'utilisation des phases stationnaires de mieux en mieux adaptées et à la forte capacité de séparation des colonnes capillaires (Tranchant *et al.* 1968; Arpino *et al.* 1995).

À l'origine, le mode d'identification par les temps de rétention était simple. Mais il a toutefois eu des inconvénients, car il exigeait de nombreuses analyses. De plus, cette façon de procéder s'est avérée insuffisante et aléatoire à l'usage. En effet, on dispose rarement de tous les composés étalons adéquats et plusieurs composés peuvent avoir des temps de rétention très voisins, voire identiques sur une colonne donnée. De plus, l'on observe souvent des écarts d'indice de rétention atteignant parfois 10 et même 20 unités pour un même composé, entre les données de la littérature et celles obtenues en analyse, surtout sur colonne polaire. Ceci pour les molécules les plus polaires qui sont éluées en dernier (Grundschober 1992).

Ainsi, il y a risque d'erreur si l'analyste n'utilise qu'un seul critère d'identification. Ces résultats ont pu être nettement améliorés grâce aux indices de rétention, mesurés sur deux colonnes de polarités différentes, l'une polaire et l'autre apolaire. L'analyste dispose ainsi de deux critères pour assurer l'identification des composés des essences. Ils sont calculés à partir des temps de rétention d'une gamme étalon d'alcane (plus rarement des esters méthyliques linéaires) à température constante (indice de Kováts) ou en programmation de température par interpolation linéaire (indices de rétention ou indices de Van Den Dool et Kratz (Ir)) (Kováts E 1958; Vandendool & Kratz 1963).

Certains auteurs ont pu relier la nature du groupe fonctionnel d'un soluté avec la différence entre son indice de rétention sur colonne polaire et apolaire. Néanmoins, si on prend en compte les cas de coélution qui sont presque automatiquement observés avec certains composés (par exemple le limonène qui coélué avec le 1,8-cinéole sur colonne apolaire, ou le β -eudesmol qui est superposé à l' α -cadinol sur colonne apolaire (BP-1) et sur la colonne polaire (BP-20), on admet facilement que les indices de rétention ne constituent pas une base suffisante pour l'identification des composés d'une huile essentielle. Sauf dans le cas de compositions chimiques déjà préétablies et d'analyses répétitives (contrôle de qualité d'huile essentielle commerciale). Pour rendre la CPG plus fiable, son association aux méthodes spectroscopiques s'est avérée nécessaire.

I.4.5.1.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse (CPG-SM)

La CPG-SM est une méthode d'analyse et de quantification des composés organiques volatils (tels que les HE) et semi-volatils.

Elle est aussi appelée GC-MS, d'après l'anglais « Gas Chromatography - Mass Spectrometry ». En effet, c'est une méthode d'une très grande sélectivité, avec des temps d'analyse devenus maintenant très courts.

Elle permet d'identifier et/ou de quantifier précisément de nombreuses substances présentes en très petites quantités, voire même en traces.

Cette méthode consiste à injecter la solution d'HE (cas d'analyse d'une HE) dans une colonne chromatographique montée en série avec un spectromètre de masse. À la sortie de la colonne via un cylindre intensément chauffé, chaque soluté passe directement dans la source d'ionisation du spectromètre qui est maintenue à une température élevée (généralement comprise entre 100 et 250°C) pour éviter la condensation des analytes (molécules) qui sont à l'état gazeux. La molécule, soumise à un faisceau électronique (ionisation), est détruite et fragmentée en multiples parties. Les fragments chargés positivement traversent un champ magnétique qui modifie leurs déplacements en une trajectoire curviligne. Cette trajectoire est plus longue lorsque le fragment est plus lourd, ce qui permet de réceptionner et d'analyser les différents morceaux les uns après les autres. Le mode d'ionisation le plus répandu est le mode d'ionisation par impact électronique (IE) (on parle d'"EI" pour "Electron Ionization"). Ce mode d'ionisation permet d'obtenir des spectres de fragmentation qui caractérisent les molécules (spectres compilables dans des bibliothèques) grâce aux bombardements par des électrons de haute énergie (70 eV) (**Bouchonnet & Libong 2004; Humbert & Lhermitte 2005**).

I.4.5.2. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN ¹³C)

La RMN ¹³C associée aux autres techniques spectrométriques précédemment décrits, est abondamment utilisée pour la détermination des structures des molécules naturelles isolées et purifiées ou de synthèses. Le principe de cette méthode est simple : il s'agit d'observer dans le spectre du mélange, les raies de résonance appartenant à un composé donné et ce faisant d'identifier ce dernier.

I.4.5.2.1. Méthode développée au laboratoire de l'Université de Corse

Depuis le début des années 90, l'équipe Chimie et Biomasse de l'Université de Corse utilise la RMN ¹³C comme outil d'analyse des mélanges complexes naturels (**Casanova 1994; Tomi et al. 1995**).

Le principe de cette méthode est l'identification et éventuellement la quantification des constituants de mélanges naturels complexes sans étape préalable de purification ou avec un fonctionnement réduit autant que possible.

Cette méthode est basée sur la comparaison des déplacements chimiques du spectre du mélange avec ceux des composés de références contenus dans des bibliothèques de spectres (**Figure 11**). L'enregistrement des spectres de référence et des mélanges est réalisé dans les mêmes conditions expérimentales (nature du solvant, concentration, paramètres d'enregistrement des spectres). Son originalité réside dans l'informatisation du traitement des données spectroscopiques, grâce à un logiciel d'aide à l'identification spécialement élaborée au laboratoire de l'Université de Corse. Ce logiciel permet l'édition des informations nécessaires à la caractérisation des constituants d'un mélange, à savoir :

- Le nombre de signaux observés par rapport au nombre de signaux attendus pour chaque molécule ;
- Les variations de déplacements chimiques des carbones dans le spectre du mélange par rapport aux valeurs de référence ($\Delta\delta$) ;
- Le nombre de superpositions de signaux qui se produisent lorsque les différents effets stériques et électroniques font que des carbones appartenant à des molécules différentes ont fortuitement le même déplacement chimique ou lorsque des molécules présentent des structures très proches ;
- De plus, l'intensité des pics permet éventuellement de contrôler l'appartenance du signal d'un carbone à tel ou tel composé.

Cette méthode a été appliquée à différentes familles de molécules (terpènes, lipides, sucres, phénols) selon un protocole expérimental spécifiquement adapté (nature du solvant, dilution, paramètres d'enregistrement des spectres) (**Baysal & Starmans 1999**).

Ainsi, différentes bibliothèques de spectres ont été construites au départ à partir de produits commerciaux. Elles sont régulièrement enrichies avec les spectres de composés isolés à partir de mélanges naturels ou préparés par héli-synthèse. La bibliothèque la plus importante est celle des terpènes qui contient les données de près d'un millier de molécules (mono- sesqui- et diterpènes ainsi que des phénylpropanoïdes que l'on trouve dans les huiles essentielles).

D'autres bibliothèques de spectres ont également été créées. Elles sont plus ou moins importantes en fonction de l'abondance des molécules appartenant à une même famille, de l'antériorité de leur création et de l'accessibilité des molécules de référence. Ces molécules de références sont les composés linéaires, triterpènes, sucres, sucres anhydres, phénols, coumarines, flavonoïdes. Par ailleurs, pour chaque famille de composés, une deuxième bibliothèque contenant les données spectrales publiées dans la littérature récente, a été élaborée permettant ainsi de disposer d'un très grand nombre de spectres de référence. L'avantage de la RMN ^{13}C est que pour chaque molécule nouvelle isolée et caractérisée structuralement, son spectre de RMN ^{13}C est décrit dans sa totalité.

Par contre, dans la description des autres spectres SM ou IR, seuls les principaux fragments ou les raies d'absorption les plus importantes sont décrites. Dans la RMN ^1H , divers signaux apparaissent sous forme de multiplets. Dans la RMN ^{13}C , les

spectres sont actuellement enregistrés à partir d'une quantité minimale (quelques milligrammes en général) de produits purifiés. La concentration est faible et la reproductibilité des déplacements chimiques est très bonne.

La méthode d'identification des constituants des mélanges par RMN ^{13}C a été appliquée avec succès à différentes familles de produits naturels, huiles essentielles, extraits végétaux, résines et biocombustibles. Après enregistrement et traitement de plusieurs milliers de spectres, le bilan peut être établi comme suit :

- La teneur minimale des composés identifiables avec un spectromètre de routine (9,4 T) est de l'ordre de 0,3-0,4% ;
- En général, tous les carbones des molécules identifiées sont observés, à l'exception de certains carbones (notamment les quaternaires) appartenant aux produits minoritaires ;
- Le nombre de superpositions est limité et n'empêche pas l'identification d'un composé ;

Les variations de déplacement chimique par rapport aux carbones de référence sont généralement inférieures à 0,05 ppm pour la très grande majorité des carbones. Il y a quelques exceptions, en particulier avec les composés phénoliques (thymol, carvacrol...) dont certains carbones présentent d'importantes variations de déplacement chimique selon la concentration, la polarité, le caractère protique du milieu et en fonction des autres constituants du mélange (alcools, dérivés carbonylés) (**Castola *et al.* 1997**).

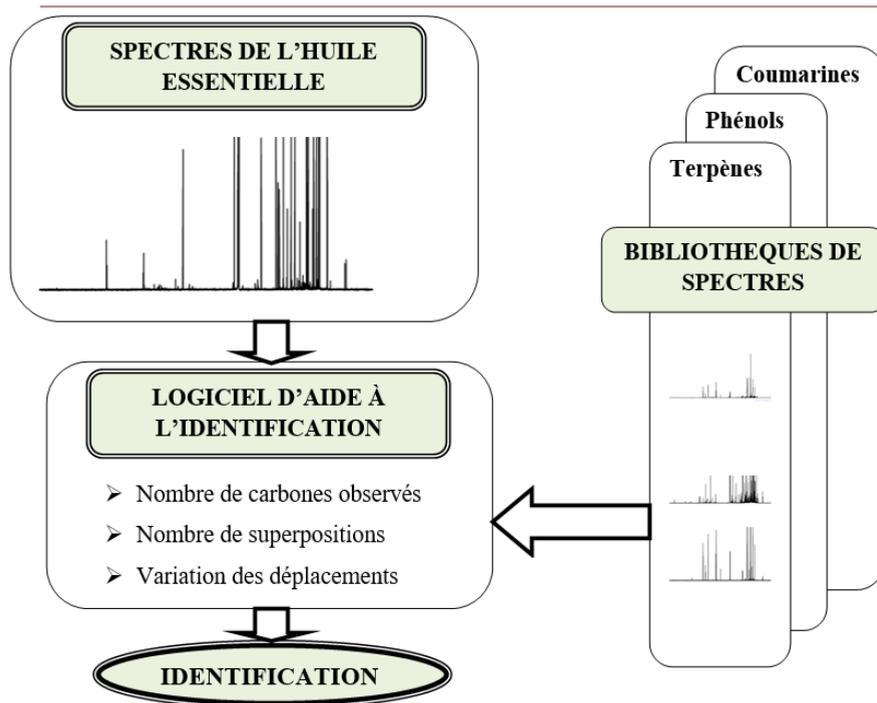


Figure 11: Identification des constituants d'une huile essentielle par RMN ^{13}C

I.4.6. Composition chimique et variabilité

Les huiles essentielles sont particulièrement composées de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée. Ces composés organiques possèdent des structures et des fonctions chimiques très diverses.

La structure de ces molécules peut être du type acyclique ou cyclique. Il s'agit de terpènes (monoterpènes et sesquiterpènes en majorité, diterpènes, triterpènes...) et de leurs dérivés oxygénés (alcools, aldéhydes, esters, éthers, cétones, phénols et oxydes) prépondérants dans la majorité des huiles essentielles. Il s'agit également des dérivés du phénylpropane (tel que l'eugénol), ou de composés à chaîne linéaire, ou des caroténoïdes (Garnero 1996; Bouhdid *et al.* 2012; Alleman *et al.* 2013).

De nombreuses huiles essentielles recèlent un ou quelques composés chimiques majoritaires, sorte de « race chimique », appelé « chémotype » (Lardry & Haberkorn 2007). Une caractéristique remarquable des HE est la grande variabilité de leur composition chimique. Elle peut être due à certains facteurs tels que la situation géographique, le climat, la nature du sol, le moment de la récolte, la partie de la plante utilisée et la méthode d'isolement (Brenes & Roura 2010; Alleman *et al.* 2013).

Ainsi pour une espèce donnée, plusieurs « chémotypes » (i.e. des variations de teneurs en métabolites secondaires) peuvent être distingués chimiquement (Alleman

et al. 2013). C'est le cas du thym (*Thymus vulgaris*) qui à lui seul possède sept chémotypes différents qui sont : thymol, linalol, géraniol, bornéol, (E)-sabinène hydrate (ou thuyanol ou thujanol)/terpinène-4-ol, p-cymène et carvacrol (**Pothier et al. 2001; Kaloustian et al. 2005**). Egalement l'huile essentielle de ravintsara encore appelé le camphrier (*Cinnamomum camphora*) existe sous cinq chémotypes selon l'organe ou les organes distillés et aussi selon la provenance de la plante (**Chalchat & Valade 2000; Stubbs et al. 2004; Mansard et al. 2019**), à savoir :

- *Cinnamomum camphora* CT cinéole est issu de la distillation des feuilles de *Cinnamomum camphora* en provenance de Madagascar ; son HE est dénommée HE de Ravintsara et renferme 20 % de terpènes constitués à 70-75 % de 1,8-cinéole ;
- *Cinnamomum camphora* CT linalol provient de la distillation des feuilles et du bois de *Cinnamomum camphora* en provenance de Chine ; son HE est appelée HE de bois de Hô ou encore HE de bois de rose d'Asie et contient 10 % de terpènes constitués à 80-90 % de linalol
- *Cinnamomum camphora* CT camphre résulte de la distillation des feuilles et du bois de *Cinnamomum camphora* en provenance du Vietnam et du Japon ; son HE, dénommée HE de Camphrier, est constituée de plus de 50 % de camphre. Le camphrier d'une des régions de l'Est de l'Australie présente une teneur en camphre (~ 65,8%) plus importante dans l'HE des feuilles que dans les autres parties de l'arbre, où le cinéole et le safrole étaient également présents dans des proportions substantielles ;
- *Cinnamomum camphora* CT nérolidol renferme 20 % de monoterpènes et 20 % de sesquiterpènes, dont 40 à 60 % de nérolidol ;
- *Cinnamomum camphora* CT safrol contient 10 % de monoterpénols et 80 % de safrol.

I.4.7. Caractère physique

Généralement, les HE sont liquides et volatiles à température ambiante. La volatilité dépend de la composition chimique. Plus une HE est riche en monoterpènes, plus elle sera volatile. Les HE sont incolores ou légèrement colorées en jaune pour la majorité d'entre elles. Elles peuvent se foncer au cours de la conservation si elles sont exposées à l'air et à la lumière.

Cependant certaines HE possèdent des couleurs qui les caractérisent, telles que le rouge pour l'HE de cannelle, le bleu pour la camomille et le vert pour l'absinthe (**Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013**).

Les HE présentent une densité souvent inférieure à 1. En revanche, celles de la cannelle de Ceylan et des clous de girofle, sont légèrement supérieures à 1 (**Kanko et al. 2004; Kaloustian & Hadji-Minaglou 2013**). Globalement, l'indice de réfraction des HE est supérieur à celui de l'eau à 20°C (**Kanko et al. 2004; Hilan et al. 2006**).

I.4.8. Utilisations

Les huiles essentielles font partie de notre vie à travers leurs utilisations dans différents secteurs. Elles peuvent être utilisées en parfumerie, cosmétique/esthétique, thérapeutique, hygiène, industrie agroalimentaire (comme arôme, complément alimentaire...) (**Lardry & Haberkorn 2007; Guerriaud 2018**).

L'utilisation des huiles essentielles pour soigner n'est pas une technique récente. L'aromathérapie s'est développée avec le temps. Ce secteur est en plein essor. Il est indispensable de bien choisir ses huiles essentielles pour une utilisation appropriée (**Gadenne 2017**).

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* est connue pour son effet anti-infectieux (Gadenne 2017). Cependant, chaque chémotype que présente cette huile est responsable d'effets qui lui sont propres et qui peuvent parfois se révéler antagonistes ou synergiques. L'HE de *Thymus vulgaris* à thymol se révèle hépatotoxique tandis que celui à thuyanol permet la régénération du foie (Lardry & Haberkorn 2007).

Plusieurs autres HE sont utilisées pour leur action notable dans certains troubles de la santé. Il s'agit entre autres, de l'HE de lavande qui est anxiolytique et réduit les troubles du sommeil, et de l'HE de *Melaleuca alternifolia* qui est efficace sur des onychomycoses (**Couic-Marinier & Lobstein 2013**). L'HE de menthe poivrée est efficace contre les troubles digestifs, les nausées, les migraines et les douleurs musculaires, névralgiques ou rhumatismales (**Lobstein & Couic-Marinier 2016**). L'HE de ravintsara qui est à la fois antivirale, anti-infectieuse et immunostimulante se révèle très utile en cas d'affections virales d'ordre respiratoire et digestive, ses propriétés proviennent de sa composition majoritaire en 1,8-cinéole (**Mansard et al. 2019**).

Concernant l'application esthétique, l'HE de *Helichrysum italicum* var. *serotinum* ou hélichryse italienne est utilisée pour sa forte activité anticoagulante accompagnée d'une activité anti-inflammatoire dans le traitement post-opératoire en chirurgie plastique et esthétique (**Voinchet & Giraud-Robert 2007**).

Les HE peuvent être présentes dans les formulations des différentes catégories de cosmétiques. Dans le passé, l'industrie cosmétique utilisait les HE principalement en raison de leurs propriétés parfumées bien connues (**Carvalho et al. 2016**). D'autres propriétés intéressantes de certaines HE ont été étudiées, démontrées et utilisées dans des produits cosmétiques (**Nohynek et al. 2010; Lubbe & Verpoorte 2011**). Les HE de fleurs, telles que la rose, la tubéreuse, la lavande officinale, le narcisse, le gardénia et le jasmin, restent les ingrédients aromatiques les plus populaires dans l'industrie cosmétique (**Carvalho et al. 2016**).

Les HE peuvent être retrouvées dans de nombreux autres produits tels que les insecticides anti-moustiques, les allume-feu pour barbecue (**Guerriaud 2018**). Elles peuvent être utilisées aussi comme biopesticide (**Chiasson & Beloin 2007**). En Côte d'Ivoire, un biopesticide a été obtenu à partir de l'HE des feuilles fraîches de *Ocimum gratissimum*, le NECO. Ce biopesticide pourrait être utilisé pour réduire les dégâts du ravageur *P. decolorata* et accroître la production du gombo en Côte d'Ivoire (**TANO**

et al. 2019). Il peut être associé dans un système de lutte intégré contre la maladie des raies noires en bananeraie (**Kassi et al.** 2014).

I.4.9. Toxicité

En raison des composés chimiques qui les constituent, les HE présentent certaines toxicités, la toxicité des HEs varie selon leur composition chimique. L'eugénol est considéré comme le plus "doux" des phénols que l'on trouve dans les HE. Il est allergène et potentiellement hépatotoxique. De ce fait, l'HE des clous de girofle (dominée par l'eugénol en moyenne 75 à 88%) est à proscrire chez les enfants de moins de 12 ans et les patients insuffisants hépatiques, ainsi que chez les femmes enceintes et allaitantes (**Lobstein et al.** 2017).

Certaines HE présentent une toxicité pour le système nerveux du fait de leur constitution en cétones et lactones : les HE de menthe poivrée, du curcuma, du romarin à camphre. Ces HE sont à proscrire chez les enfants, les épileptiques et les asthmatiques. Il est préférable de les éviter également chez les femmes enceintes car les molécules neurotoxiques peuvent provoquer une fausse couche ou perturber le développement neuronal du fœtus (**Lobstein & Couic-Marinier 2016; Doriane 2018**).

Quant aux HE contenant les phénols, aldéhydes, phénols méthyl éthers, elles présentent une agressivité importante pour la peau et doivent être absolument diluées dans des huiles végétales avant toute utilisation. C'est le cas de l'HE de bergamote, d'orange douce, de mandarine verte, de verveine odorante (**Doriane 2018**). Certaines études utilisent les rats ou les souris pour démontrer le caractère toxique des HE (**Bouidida et al.** 2004).

La toxicité des HE est un aspect positif lorsqu'il s'agit particulièrement des insectes. Plusieurs HE ont démontré leur efficacité face à certains insectes ravageurs, les moustiques, ainsi que les larves et les œufs (**Ketoh et al.** 2004; **J-P. Noudogbessi et al.** 2008; **Akantetou et al.** 2012).

I.5. Généralités sur quelques activités biologiques

I.5.1. Activité antioxydante

I.5.1.1. Définition radicaux libres, stress oxydant

Un radical libre est une espèce chimique, atome ou molécule, contenant un ou plusieurs électrons non appariés. C'est un composé très instable qui réagit avec d'autres composés essayant de capturer l'électron nécessaire (se comportant ainsi comme un oxydant) ou de céder un électron (agissant alors comme un réducteur) pour appairer son électron, afin d'acquérir la stabilité. Dans le cas où il se comporte comme un réducteur, débute alors une réaction en chaîne. La molécule stable attaquée devient elle-même un radical libre, ce qui pourrait causer d'importantes lésions dans une cellule (**Martínez-Cayuela 1995; Boudjouref 2011**). Les radicaux libres sont

produits par divers mécanismes physiologiques, car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable (**Favier 2003**).

Le stress oxydant résulte d'un déséquilibre entre les sources de radicaux prooxydes et les systèmes antioxydants (Favier 2003). Il peut être défini également comme étant le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène et la capacité du corps à neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (Boudjouref 2011).

I.5.1.2. Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO)

On appelle Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO) ou Reactive Oxygen Species (ROS), des radicaux libres dérivant de la molécule d'oxygène. Ces espèces incluent le radical superoxyde (O_2^-), le radical hydroxyde (OH \cdot), le monoxyde d'azote (NO \cdot) mais aussi certains dérivés oxygénés non radicalaires (qui peuvent être des précurseurs de radicaux), tels que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), le nitroperoxyde (ONOOH), l'oxygène singulet 1O_2 (dioxygène) (**Favier 2003; Boudjouref 2011**).

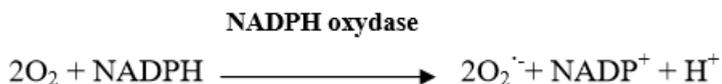
Le dioxygène (O_2) est l'une des origines de la formation de certains ERO. En effet, c'est une molécule biradicalaire formée de deux atomes présentant deux électrons non appariés. Il est donc capable de capter aisément 1 puis 2 électrons pour être en partie réduit en O_2^- puis en H_2O_2 (**Balendiran et al. 2004**). Il existe de nombreuses sources d'ERO dans l'organisme, parmi lesquelles l'auto-oxydation de la xanthine oxydase et la NADPH oxydase, le réticulum endoplasmique, les peroxysomes (**Garait 2006**).

Tous les radicaux de l'oxygène ne sont pas extrêmement réactifs, leur réactivité est très variable et dépend de la nature du radical. Ainsi donc, parmi les radicaux formés chez les êtres vivants, l'anion radicalaire superoxyde (O_2^-) et le monoxyde d'azote (NO \cdot) ne sont pas très réactifs. Cependant, ils constituent des précurseurs d'autres espèces plus réactives. Par ailleurs, des radicaux tels que, les radicaux peroxydes (ROO \cdot) ou surtout le radical hydroxyle (HO \cdot) sont extrêmement réactifs, et ce avec la majorité des molécules des tissus vivants (**Favier 2003**).

I.5.1.2.1. Radical superoxyde (O_2^-)

L'auto-oxydation de molécules telles que la dopamine, l'adrénaline, les flavines et les hydroquinones est parfois le produit direct du radical superoxyde (**Garait 2006**).

La NADPH oxydase joue également un rôle dans la formation du radical superoxyde. Etant présente dans la membrane plasmique des phagocytes, cette enzyme catalyse la formation d' O_2^- lors de la phagocytose (**Boudjouref 2011**).



L'origine principale du radical superoxyde est sans conteste la chaîne respiratoire mitochondriale. Ce système permet la production du radical superoxyde par addition d'un électron à l'oxygène moléculaire. Cette réaction est catalysée par le cytochrome-

oxydase mitochondrial contenu dans le réticulum endoplasmique lisse. Il semble que cette production radicalaire régule certaines fonctions du réticulum (**Garait 2006; Boudjouref 2011**).

cytochrome oxydase



Une autre source possible de production est la xanthine oxydase. Cette enzyme catalyse la dégradation de l'hypoxanthine en acide urique en condition de forte demande d'ATP et de déficit en oxygène. Mais elle peut également catalyser l'oxydation de la xanthine en acide urique. Dans cette réaction, l'oxygène moléculaire agit comme un accepteur d'électron produisant ainsi l' $\text{O}_2^{\cdot-}$ (**Garait 2006**).

Xanthine oxydase



I.5.1.2.2. Radical hydroxyle (OH^{\cdot})

L' OH^{\cdot} est la plus instable et la plus réactive de toutes les espèces dérivées de l'oxygène. La diffusion limitée de ce radical lui permet de réagir avec de nombreuses espèces moléculaires se trouvant à proximité (protéines, lipides, ADN...), entraînant ainsi de multiples dommages cellulaires. Il est principalement formé lors des réactions d'ions métalliques avec le peroxyde d'hydrogène. Ces réactions sont décrites sous le nom de réaction de Fenton. En effet, lors de cette réaction l' H_2O_2 se décompose en présence d'ions ferreux (Fe^{2+}), en un ion OH^- et un radical hydroxyle OH^{\cdot} (**Garait 2006**).



Le fer peut également catalyser la transformation du radical superoxyde en présence de peroxyde d'hydrogène pour produire le radical hydroxyle selon la réaction dite de Haber-Weiss. C'est une réaction lente et moins courante que la précédente dans les tissus vivants.



Ainsi, la présence simultanée de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), de radical superoxyde $\text{O}_2^{\cdot-}$ et de fer permet la production de radical hydroxyle OH^{\cdot} . Cependant, il se révèle comme étant le radical ayant un rôle primordial dans la cytotoxicité des ERO.

I.5.1.2.3. Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

Les peroxysomes sont une importante source de production d'H₂O₂ cellulaire. Toutefois, la réaction de dismutation du radical superoxyde entraîne également la formation de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). L'H₂O₂ est extrêmement réactif et possède un fort pouvoir oxydant. De plus, sa capacité à traverser les membranes biologiques fait qu'il peut se retrouver à une grande distance de son lieu de production (Garait 2006).



I.5.1.3. Conséquences du stress oxydant

Les radicaux libres sont produits spontanément et de manière continue au sein de notre organisme. La production des radicaux libres peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes.

Cet excès de radicaux libres est appelé « stress oxydant ». Le stress oxydant endommage les macromolécules intracellulaires, les lipides oxydants, l'ADN et les protéines dans différents tissus de diverses espèces (Favier 2003; Bokov *et al.* 2004).

Plusieurs dysfonctionnements cellulaires résultent de ces dommages biochimiques, variables selon le niveau de stress : excès de prolifération cellulaire, mort cellulaire par apoptose, dépôt de lipides, mutagenèse. En créant de tels troubles, le stress oxydatif est en partie responsable d'un grand nombre de pathologies liées à l'âge comme le cancer (Wiseman & Halliwell 1996), les troubles cardiovasculaires (Mao *et al.* 1993; Lapenna *et al.* 1998), les pathologies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson (Desport & Couratier 2002), ainsi que d'autres pathologies telles que l'hépatite (Cuzzocrea *et al.* 1998), le virus de la grippe (Peterhans 1997), la cataracte (Spector *et al.* 1997), la polyarthrite rhumatoïde (Aaseth *et al.* 1998), le glaucome et la pneumonie (Matés *et al.* 1999).

Autant de stratégies thérapeutiques ont été testées chez l'animal que chez l'homme pour prévenir l'apparition de ces maladies oxydatives. Elles utilisent l'amélioration nutritionnelle des capacités antioxydantes des antioxydants végétaux ou chimiques (Favier 2003). De nombreuses études témoignent de l'implication des radicaux libres et du stress oxydant dans le vieillissement depuis plusieurs années (Bokov *et al.* 2004; Barouki 2006; Thorin-Trescases *et al.* 2010).

I.5.1.4. Antioxydants

Le maintien et le contrôle du niveau non cytotoxique d'ERO sont assurés par des systèmes antioxydants. Un déficit ou un dysfonctionnement de ces systèmes engendre une augmentation des dommages tissulaires. Les antioxydants sont l'ensemble des molécules capables d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les ERO.

Les antioxydants peuvent être ou agir de manière enzymatique ou non-enzymatique. En réalité, il convient de réserver le terme antioxydant à toutes les molécules ou

composés dont la teneur dans les tissus diminue lors d'un stress oxydant et qui ne donnent pas de dérivés toxiques (**Favier 2003**).

I.5.1.4.1. Antioxydants enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques sont des composés endogènes synthétisés par les cellules et considérés comme la première ligne de défense de notre organisme contre les ERO. Ce sont : les superoxydes dismutases (SOD), les catalases (CAT), les glutathions peroxydases (GPx) et la glutathion réductase (GR). Les SOD et les peroxydases agissent en complémentarité dans la protection de l'organisme (**Mao et al. 1993; Favier 2003; Garait 2006**).

Les superoxydes dismutases (SOD) sont des enzymes qui ont la capacité d'éliminer l'anion superoxyde par une réaction de dismutation. Elles forment avec deux superoxydes de l'oxygène du peroxyde d'hydrogène. Il existe plusieurs isoformes de SOD, en fonction de leur localisation cellulaire et de leur cofacteur métallique. Il y a les superoxydes dismutases à manganèse (MnSOD) qui protègent la mitochondrie, les superoxydes dismutases à cuivre-zinc qui protègent le cytoplasme. Ceux-ci sont constitués de ceux qui protègent le cytosol (cCu-ZnSOD), la face externe de la membrane des cellules endothéliales (ecCu-ZnSOD) et le plasma sanguin (pCu-ZnSOD) (**Okado-Matsumoto & Fridovich 2001; Sturtz et al. 2001; Favier 2003**).

La catalase (CAT) catalyse la dégradation du peroxyde d'hydrogène pour former de l'eau et de l'O₂. Pour jouer son rôle de catalyseur, la CAT a besoin de Fe³⁺ comme cofacteur. Son rôle est très proche de celui du GPx. Ces deux enzymes diffèrent de par leur affinité pour l'H₂O₂ en tant que substrat. Le GPx pour mammifères a une plus grande affinité pour l'H₂O₂ à faibles concentrations que la CAT. En effet, lorsque le niveau de H₂O₂ est faible dans la cellule, le GPx est plus actif que la CAT pour éliminer l'H₂O₂. La CAT se retrouve à forte concentration dans les peroxysomes et les mitochondries, puis en plus faible quantité dans le cytosol. Cette enzyme est également abondante dans le foie et les globules rouges (**Powers & Lennon 1999; Garait 2006**).

Les glutathions peroxydase (GPx) sont responsables de la destruction du H₂O₂, mais aussi des peroxydes organiques toxiques formés par oxydation des acides gras ou du cholestérol. Ces enzymes réduisent l'H₂O₂ et les hydroperoxydes organiques, respectivement en eau et en alcool. Lors de la réaction de réduction de H₂O₂ en eau, deux molécules de glutathion réduite (GSH) sont oxydées en glutathion-disulfure (GSSG). Les glutathions peroxydase utilisent la glutathion réduit (GSH) comme donneur d'électrons et nécessite le sélénium comme cofacteur.

Il existe des glutathions peroxydases à sélénium dans le cytosol (cGPx), dans le plasma (pGPx), au niveau de la membrane cellulaire (HPGPx), et une isoenzyme est spécifique des cellules digestives (GIGPx). Les GPx se trouvent à la fois dans le cytosol et dans les mitochondries, l'activité de ces enzymes est très dépendante de l'apport nutritionnel en sélénium. Environ 45 % de l'activité des GPx se trouve dans

le cytosol, les 55 % restants se trouvant dans les mitochondries (**Powers & Lennon 1999; Favier 2003**).

La glutathion reductase (GR) a une distribution similaire à celle des GPx, et a pour rôle de régénérer le GSH à partir du GSSG grâce au NADPH qui est utilisé comme donneur d'électrons. Même si la GR n'est pas considérée comme une enzyme antioxydante primaire, elle est essentielle pour la fonction antioxydante normale des GPx (**Powers & Lennon 1999; Garait 2006**).

I.5.1.4.2. Antioxydants non-enzymatiques

Pour optimiser les performances, le stress oxydant doit être également contrôlé par l'apport de nutriments antioxydants connus et par la minimisation des effets des substances qui stimulent les ERO. Ainsi les espèces réactives qui ont échappé à la dégradation enzymatique sont terminées par des antioxydants briseurs de chaîne apportés par l'alimentation. Dans cette catégorie d'antioxydant se trouvent les vitamines E (tocophérol) solubles dans les lipides, C (ascorbate) solubles dans l'eau, l'ubiquinone, les oligoéléments, les composés naturels d'origines végétales (caroténoïdes, flavonoïdes, polyphénols, alcaloïdes, etc...) (**Matés et al. 1999; Favier 2003; Garait 2006**).

Les antioxydants non-enzymatiques agissent en piégeant les radicaux et en captant l'électron célibataire, les transformant ainsi en molécules ou ions stables. Ce type d'antioxydant est appelé piégeur ou éboueur (« scavenger » pour les Anglais) (**Favier 2003**). De plus, il y a des composés endogènes tels que le glutathion réduit (GSH), qui sont synthétisés par les cellules et jouent également le rôle de piégeur ou éboueur. On les qualifie ainsi d'antioxydant non-enzymatique (**Favier 2003; Garait 2006**).

❖ Vitamines

Les vitamines E et C sont bien acceptées comme les antioxydants naturels les plus efficaces dans la lutte contre le stress oxydant (**Packer 1991; Cuvelier et al. 2003; Garait 2006**).

Etant hydrophobe, la vitamine E s'insère entre les chaînes d'acides gras des phospholipides et y capte les radicaux peroxydes lipidiques ROO·, pour former un radical tocophéryle. De la sorte, elle protège les membranes cellulaires des dommages causés par la propagation de la peroxydation lipidique. La vitamine E capte également les radicaux superoxydes (sous leur forme protonée HO₂·), les radicaux hydroxyles HO·, ainsi que l'oxygène singulet ¹O₂ (**Gardès-Albert et al. 2003; Garait 2006; Haleng et al. 2007**).

La vitamine C, hydrosoluble, se localise dans le cytosol et dans le fluide extracellulaire ; c'est un excellent piégeur du radical O₂⁻ et du radical OH·. D'une manière générale, la vitamine C piégeuse va devenir un radical, puis sera soit détruite, soit régénérée par un autre système.

Ainsi, la vitamine E est régénérée par la vitamine C qui en réduisant le radical tocophéryle permet une meilleure efficacité de la vitamine E. Ensuite, elle est elle-même régénérée par dismutation des enzymes, les ascorbates réductases (**Packer 1991; Favier 2003; Garait 2006; Boudjouref 2011**).

La vitamine C a également d'autres rôles tels que son implication dans la synthèse du collagène et des globules rouges, des mécanismes de métabolisation du fer et dans le bon fonctionnement du système immunitaire (**Haleng et al. 2007**).

❖ Ubiquinone

Encore appelé coenzyme Q10 (CoQ10), l'ubiquinone est un composé antioxydant contribuant à la production d'énergie au cœur de nos cellules. Elle est disponible en complément alimentaire sous deux formes : l'ubiquinol ou ubiquinone. L'ubiquinol protège les membranes de la peroxydation lipidique par une diminution de la formation et de la propagation de radicaux peroxy. L'ubiquinone joue un rôle essentiel dans la chaîne mitochondriale de transport d'électrons et est un puissant inhibiteur de peroxydation lipidique, en synergie avec la vitamine E. Elle est également impliquée dans la régénération de la vitamine E ce qui amplifie son rôle protecteur contre les ERO (**Garait 2006; Haleng et al. 2007**).

Une étude a démontré que la supplémentation alimentaire chronique en CoQ10 (ubiquinone) réduit les lésions cardiaques produites par l' H_2O_2 (**Ferrara et al. 1995**).

❖ Oligoéléments

Le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le sélénium (Se) et le fer (Fe) sont des métaux essentiels dans la défense contre le stress oxydant. Ce sont le plus souvent les cofacteurs des enzymes antioxydantes, ils leur permettent de maintenir leur activité catalytique. Ainsi, le sélénium joue un rôle important comme cofacteur de la GPx.

Dans l'alimentation, on retrouvera essentiellement du sélénium organique, lié à un acide aminé, la cystéine. La SOD mitochondriale a besoin de manganèse comme cofacteur. Le cuivre et le zinc sont les cofacteurs de la SOD cytosolique. Le zinc protège également les groupements thiols des protéines et peut inhiber les réactions de formation d'EOA induites par des métaux de transition comme le fer ou le cuivre.

Quant au fer, il joue un rôle primordial dans le déclenchement de réactions de production d'ERO (réaction de Fenton, d'Haber-Weiss). Cependant, lorsqu'il est en excès dans l'organisme, il est capable de devenir pro-oxydant (**Garait 2006; Haleng et al. 2007**).

I.5.1.4.3. Composés naturels

De très nombreux composés naturels provenant des végétaux peuvent aussi avoir ce rôle de piègeurs il s'agit entre autres des polyphénols, des caroténoïdes, des flavonoïdes et des alcaloïdes, (**Bors et al. 1990; Favier 2003**).

Les polyphénols constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. On les retrouve dans les aliments comme les fruits, les légumes, les céréales. Ils sont présents sous plusieurs formes, flavonoïdes (agrumes, huile de lin), anthocyanine (fruits rouges, vins rouges), épicatechine (thé, chocolat, pommes, oignons, algues brunes). On peut citer certains composés tels que l'acide gallique, l'acide caféique et la quercétine.

Quant aux caroténoïdes, leurs principales sources alimentaires sont les fruits et les légumes. Plus de 600 caroténoïdes différents ont été isolés à partir de sources naturelles, mais seul un petit nombre d'entre eux se retrouvent dans le sang et les tissus animaux. Le plus connu des caroténoïdes est le β -carotène (**Haleng et al. 2007**).

Les polyphénols et les caroténoïdes sont en général de bons piègeurs de radicaux hydroxyles OH \cdot et peroxydes ROO \cdot . Ils sont donc susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique, mais d'une manière moins efficace que celles de la vitamine E. En outre, les caroténoïdes ont un rôle spécifique de capteur d'oxygène singulet $^1\text{O}_2$, ce qui leur permet d'exercer une protection vis-à-vis des dommages induits par les rayons ultraviolets de la lumière solaire (**Gardès-Albert et al. 2003**).

Le β -carotène est également appelé provitamine A car, après hydrolyse hépatique, il produit deux molécules de vitamine A. Néanmoins, tous les caroténoïdes ne possèdent pas cette propriété particulière (**Haleng et al. 2007**). Les polyphénols quant à eux sont de très bons chélateurs des métaux de transition comme le fer et le cuivre (**Haleng et al. 2007**).

Une étude faite sur l'effet antioxydant de plusieurs flavonoïdes a montré qu'une grande partie de l'effet inhibiteur des ERO par les flavonoïdes était probablement dû à la suppression de l'activité de la xanthine oxydase par ceux-ci (**Hanasaki et al. 1994**).

Les flavonoïdes, en particulier la quercétine, le flavonoïde le plus abondant dans les plantes utilisées dans les aliments, sont susceptibles d'être importants pour défendre les colocytes humains contre les attaques oxydatives (**Duthie & Dobson 1999**). En outre, la quercétine est la plus connue des flavonoïdes communément rencontrés.

Les alcaloïdes ont montré un bon potentiel antioxydant en atténuant les dommages oxydatifs induits par H $_2$ O $_2$ dans les cellules (**Slunská et al. 2010; Tiong et al. 2013**).

I.5.1.4.4. Glutathion réduit

Il existe également des composés endogènes synthétisés par les cellules qui jouent aussi le rôle de piègeurs. Le plus important parmi eux est le glutathion réduit (GSH) qui protège non seulement contre les radicaux oxygénés mais aussi contre le peroxyde d'hydrogène et/ou les peroxydes organiques grâce à la réaction catalysée par la glutathion peroxydase (GPx) (**Favier 2003; Garait 2006**).

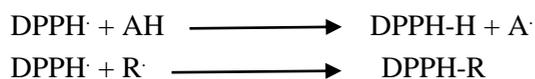
I.5.1.5. Principe de quelques tests d'activité antioxydante

I.5.1.5.1. DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

Ce test est basé sur la mesure de la capacité de piégeage des antioxydants vers le radical stable 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

Cette capacité peut être évaluée par spectroscopie de résonance de spin électronique sur la base du fait que l'intensité du signal de la DPPH est inversement liée à la concentration d'antioxydant testée et au temps de réaction. La technique la plus fréquemment utilisée est le test de décoloration d'une solution de DPPH dans l'éthanol ou le méthanol.

Le DPPH est un radical libre stable, de couleur violette lorsqu'il est en solution. Il présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm. Cette couleur violette de la solution de DPPH diminue ou disparaît par l'ajout d'un antioxydant (AH) ou d'une espèce radicalaire (R·) à la solution. De ce fait, le DPPH est réduit à l'hydrazine correspondante (couleur jaune) et entraîne une décoloration (**Brand-Williams *et al.* 1995; Sánchez-Moreno 2002**).



Différents auteurs utilisent diverses concentrations initiales de radicaux et différents temps de réaction. L'utilisation de la méthode de DPPH offre un moyen facile et rapide d'évaluer les activités anti-radicalaires des antioxydants, puisque le composé radicalaire est stable et n'a pas à être généré comme dans d'autres tests de piégeage des radicaux. Cependant, une certaine prudence doit être prise lors de l'utilisation de la méthode et de l'interprétation des données. Il est évident que l'interaction d'un antioxydant potentiel avec la DPPH dépend de sa conformation structurelle (**Brand-Williams *et al.* 1995**).

I.5.1.5.2. FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

Dans cette méthode, un sel ferrique, $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2\text{Cl}_3$ (TPTZ = 2,4,6-tripyridil-s-triazine), est utilisé comme agent oxydant. Le potentiel redox de ce sel est d'environ 0,70 V. La méthode FRAP nécessite un environnement acide (pH 3,6) (**Miguel 2010**). Elle est basée sur le pouvoir réducteur des antioxydants. Ainsi, un antioxydant potentiel réduit les ions ferriques (Fe^{3+}) oxydés pour produire des ions ferreux (Fe^{2+}), qui forment un complexe coloré en bleu avec la tripyridyl triazine (**Berker *et al.* 2007; Khasawneh *et al.* 2014**).

Les méthodes basées sur le transfert d'un seul électron détectent la capacité d'un antioxydant à transférer un électron pour réduire tout composé, y compris les métaux, les groupes carbonyles et les radicaux. La réaction générale est la suivante dans le cas des métaux (**Miguel 2010**) :



I.5.1.5.3. Blanchissement du β -carotène

La méthode du blanchissement du β -carotène comme l'indique le nom est basée sur la perte de la couleur du β -carotène. C'est une technique de spectrophotométrie qui consiste à mesurer à 470 nm la décoloration du β -carotène.

L'oxydation de l'acide linoléique génère des radicaux peroxydes et des hydroperoxydes de diènes conjugués qui vont oxyder le β -carotène, afin d'entraîner son blanchissement (perte de sa couleur rouge). Le taux de blanchissement du β -carotène peut être ralenti en présence d'antioxydant. Celui-ci pourrait neutraliser les radicaux libres générés par l'acide linoléique et prévenir l'oxydation du β -carotène (**Kulisic et al. 2004; Tepe et al. 2005**).

I.5.2. Activité anti-inflammatoire

I.5.2.1. Généralités / Définition de l'inflammation

L'inflammation est une réaction de défense des tissus vivants en réponse à une lésion ou une stimulation cellulaire excessive ou normale due à une agression. Le rôle de cette réponse inflammatoire est de détruire ou d'éliminer l'agent agresseur, d'éliminer les tissus lésés et de permettre la réparation des tissus. Elle accompagne habituellement la plupart des processus pathologiques et peut constituer à elle seule une source d'inconfort nécessitant un traitement (**Okoli & Akah 2004; Muster 2005**).

Les causes de l'inflammation sont diverses et de nature variées, elles peuvent être d'origine mécanique, allergique, traumatique (coupures, blessures, entorse, fracture...). Elles peuvent être également chimiques ou physiques (brûlures, irradiations ...), infectieuses (microbiennes, bactériennes, virales, parasitaires...) (**Henrotin et al. 2001; Okoli & Akah 2004; Heymonet 2013**).

Les principaux signes cliniques de l'inflammation sont la tuméfaction, l'hyperhémie, l'hyperthermie et la douleur (Henrotin et al. 2001).

I.5.2.2. Acide arachidonique

L'acide arachidonique est un acide gras essentiel, substrat de voies connues pour leurs rôles dans la régulation de la transmission de la douleur, la régulation de fonctions immunitaires et cardiovasculaires (**Zhou & Nilsson 2001; Laplante 2007**).

L'inflammation est caractérisée par la production exagérée des produits dérivés de l'acide arachidonique par voie enzymatique telle que celles des cyclo-oxygénase et des lipoxigénases (**Laplante 2007; Bangou 2012**).

I.5.2.3. Cyclo-oxygénases (COX)

Les enzymes cyclo-oxygénases catalysent la conversion de l'acide arachidonique en prostaglandines (PG) et en thromboxanes. Deux formes de COX ont été identifiées : la COX-1, qui est exprimée de manière constitutive dans la plupart des tissus et organes, et l'enzyme inductible COX-2, qui a été localisée principalement dans les cellules et tissus inflammatoires (Seibert *et al.* 1994).

Au début de la réaction inflammatoire, l'acide arachidonique est métabolisé par la COX-2 en prostaglandine PGG₂, puis la fonction peroxydase de l'enzyme réduit la PGG₂ en PGH₂ (Baud 2001). La production excessive des prostaglandines participe à l'inflammation et à la douleur (Seibert *et al.* 1994).

I.5.2.4. Lipoxygénases (LOX)

Au cours de la réaction inflammatoire, l'acide arachidonique est métabolisé également par les lipoxygénases (LOX) (Baud 2001).

Les LOX sont des enzymes qui catalysent des réactions entre des acides gras insaturés préférentiellement l'acide arachidonique et l'oxygène pour former des hydroperoxydes. Pendant la réaction d'inflammation l'acide arachidonique est métabolisé par la 5-LOX pour produire des leucotriènes (LT) (Brash 1999; Baud 2001).

Les leucotriènes ont un rôle important dans les réactions allergiques, ainsi que dans l'ischémie et la maladie d'Alzheimer (López *et al.* 2002; Bangou 2012). De plus, ils ont une puissante action broncho-constrictrice (Brash 1999). Ils jouent également un rôle dans la réaction inflammatoire retardée de l'asthme, d'où les médicaments contre l'asthme comprennent les inhibiteurs de la 5-LOX et les antagonistes des récepteurs des leucotriènes (Magnan & Vervloet 1998; Nenciu & Lamoureux 2007; Fayon *et al.* 2014).

La voie des lipoxygénases produit des lipoxines (LX) (Brash 1999; Baud 2001). Les lipoxines sont des médiateurs lipidiques contenant des trihydroxytétraènes généralement formés par le métabolisme trans-cellulaire initié par les actions séquentielles des lipoxygénases sur l'acide arachidonique. Ils sont principalement des contre-régulateurs de certains médiateurs de l'inflammation (Fierro & Serhan 2001; McMahon *et al.* 2001).

Les lipoxygénases (LOX) sont présentes dans les plantes, les champignons, les animaux et chez l'homme. Les plantes supérieures contiennent de multiples lipoxygénases, dont au moins huit ont été identifiées dans le soja, *Glycine max.* La 15-lipoxygénase (15-LOX) représente l'une des principales protéines dans le soja (Brash 1999). Cette lipoxygénase du soja (15-LOX) est régulièrement utilisée dans les tests d'activité anti-inflammatoire (Lyckander & Malterud 1996; Maiga *et al.* 2006).

I.5.2.5. Phases de la réaction inflammatoire / Réactions inflammatoires

La réaction inflammatoire est un processus dynamique comportant plusieurs étapes successives : la phase vasculaire ou vasculo-exsudative, la phase cellulaire, la phase de détersion, la phase terminale de réparation (résolution) et de cicatrisation (**Batteux et al. 2003; Rousselet et al. 2005; Collège Français des pathologistes 2011**).

I.5.2.5.1. Phase vasculaire ou phase vasculo-exsudative

La phase vasculaire consiste en une vasoconstriction artériolaire extrêmement brève de type réflexe sous l'action du système nerveux sympathique. Cette vasoconstriction va perturber le mouvement de la lignée thrombocytaire dans la circulation sanguine et entraîner l'activation des plaquettes (**Batteux et al. 2003**).

Au cours de l'activation plaquettaire plusieurs médiateurs cellulaires sont produits tels que, la thromboxane A2 aux propriétés agrégantes et vasoconstrictrices puissantes. Il y a aussi les prostaglandines, la phospholipase A2 qui favorise la formation d'acide arachidonique, ainsi que le PAF-acéther (phospholipide membranaire) (**Batteux et al. 2003**).

La libération de ces médiateurs induit une vasodilatation qui entraîne un érythème, un dégagement de chaleur, de rougeur, de douleur, une tuméfaction, une hyperesthésie (**Batteux et al. 2003; Soumeya 2014**).

Notons que le PAF-acéther (platelet activating factor) est un médiateur dérivé des phospholipides membranaires cellulaires. Il a pour structure le 1-O-alkyl-2-acétyl-snglycéryl-3-phosphorylcholine. En effet, le PAF-acéther est libéré par les monocytes, neutrophiles, plaquettes, macrophages, éosinophiles et les cellules endothéliales. De ce fait, son implication dans les réactions allergiques et inflammatoires a été suggérée (**Pretolani & Vargaftig 1987**).

Outre son rôle dans l'hémostase primaire, cette phase immédiate vasculaire a aussi pour fonction d'isoler le micro-organisme pathogène (**Batteux et al. 2003**). La phase vasculaire comporte trois phénomènes (**Rousselet et al. 2005; Collège Français des pathologistes 2011**) :

- La congestion active : c'est une vasodilatation artériolaire puis capillaire dans la zone atteinte ; il en résulte une augmentation de l'apport sanguin et un ralentissement du courant circulatoire.
- Un œdème inflammatoire (exsudat) qui résulte d'une augmentation de la pression hydrostatique due à la vasodilatation et surtout d'une augmentation de la perméabilité de la paroi des petits vaisseaux sous l'effet de médiateurs chimiques.
- Une diapédèse leucocytaire qui correspond à la migration des leucocytes en dehors de la microcirculation et leur accumulation dans le foyer lésionnel (passage de leucocytes au travers de la paroi d'un capillaire dilaté).

I.5.2.5.2. Phase cellulaire

La phase cellulaire se caractérise par la formation du granulome inflammatoire ou tissu de granulation inflammatoire ou par un afflux extravasculaire interstitiel de leucocytes (**Batteux *et al.* 2003; Collège Français des pathologistes 2011; Barnig 2016**).

Cette phase évolue en trois étapes. La première est la mise en place d'une immunité innée par recrutement cellulaire, avec un afflux de leucocytes polynucléaires neutrophiles dans un premier temps puis les monocytes / macrophages.

Par la suite, il y a la phase de mise en place d'une réponse non adaptative précoce, elle peut contrôler l'infection par un micro-organisme et favoriser l'induction d'une réponse cellulaire ou humorale.

La troisième phase se produit lorsque les mécanismes impliqués dans les deux premières phases sont submergés et ne peuvent pas contrôler définitivement l'infection. C'est la phase de la mise en place d'une réponse immunitaire adaptative impliquant l'activation des lymphocytes B et T, spécifiques au micro-organisme pathogène (**Batteux *et al.* 2003**).

I.5.2.5.3. Phase de détersion

Elle succède progressivement à la phase vasculaire, et elle est contemporaine de la phase cellulaire. C'est l'élimination des tissus nécrosés, des agents pathogènes et de l'exsudat. La détersion prépare nécessairement la phase terminale de réparation-cicatrisation. Si elle est incomplète, l'inflammation aiguë va évoluer en inflammation chronique. La détersion s'effectue selon 2 mécanismes : détersion interne et externe (**Rousselet *et al.* 2005; Collège Français des pathologistes 2011**).

- La détersion interne : c'est l'élimination des tissus nécrosés et de certains agents pathogènes (micro-organismes infectieux, corps étrangers) par phagocytose, tandis que le liquide d'œdème est drainé dans la circulation lymphatique et résorbé par les macrophages par pinocytose.
- La détersion externe : elle peut se faire de manière spontanée ou chirurgicale. Une détersion est spontanée lorsqu'elle s'effectue par liquéfaction de matériel nécrosé (pus, caséum) et élimination par fistulisation à la peau ou dans un conduit bronchique, urinaire, intestinal. Elle est chirurgicale lorsqu'elle s'effectue par parage chirurgical, souvent indispensable lorsque les lésions sont trop étendues ou souillées.

I.5.2.5.4. Phase terminale de réparation (résolution) et de cicatrisation

La réparation tissulaire suit une détersion complète. Elle dépend du degré des lésions tissulaires (**Batteux *et al.* 2003**). Elle aboutit à une cicatrice si le tissu lésé ne peut régénérer ou lorsque la destruction tissulaire a été très importante et/ou prolongée. Elle peut aussi aboutir à une restitution intégrale du tissu. La réparation

tissulaire se fait en plusieurs étapes (**Rousselet *et al.* 2005; Collège Français des pathologistes 2011**) :

- Bourgeon charnu : C'est un nouveau tissu conjonctif construit au cours de la réparation qui prend progressivement la place du granulome inflammatoire et va remplacer les tissus détruits au cours de l'inflammation. Le bourgeon charnu comporte des leucocytes du tissu de granulation, des fibroblastes et myofibroblastes, et des néo-vaisseaux sanguins.
- Constitution d'une cicatrice : La cicatrice est la marque définitive parfois laissée par le foyer inflammatoire après la phase de bourgeon charnu. Elle est formée d'un tissu conjonctif fibreux (prédominance de collagène) prenant la place des tissus définitivement détruits ; sa structure se modifie progressivement pendant plusieurs mois.
- Régénération épithéliale : Elle apparaît parallèlement à la réparation conjonctive. Les cellules épithéliales détruites sont remplacées par la prolifération des cellules épithéliales saines situées autour du foyer inflammatoire.

I.5.2.6. Types d'inflammation

I.5.2.6.1. Inflammation aiguë

L'inflammation aiguë est la réponse immédiate à un agent agresseur, de courte durée (quelques jours ou semaines), d'installation souvent brutale. Elle est caractérisée par des phénomènes vasculo-exsudatifs intenses (phase vasculaire) (**Rousselet *et al.* 2005; Collège Français des pathologistes 2011**), puis par une infiltration de polynucléaires neutrophiles (phase cellulaire) (**Khadidja *et al.* 2018**). Elle est la réponse typique du système immunitaire inné, résistante à la guérison complète de la lésion initiale (**Khadidja *et al.* 2018**).

Les inflammations aiguës guérissent spontanément ou avec un traitement, mais peuvent laisser des séquelles si la destruction tissulaire est importante (**Rousselet *et al.* 2005; Collège Français des pathologistes 2011**).

I.5.2.6.2. Inflammation chronique

L'inflammation chronique correspond à une inflammation n'ayant aucune tendance à la guérison spontanée et qui évolue en persistant ou en s'aggravant pendant plusieurs semaines voire plusieurs années, d'où le terme chronique (**Rousselet *et al.* 2005; Collège Français des pathologistes 2011**).

Les causes du caractère chronique d'une inflammation ne sont pas toujours évidentes. Dans beaucoup de cas, l'inflammation chronique peut être déterminée lorsqu'une inflammation aiguë récidive de façon répétée dans le même organe entraînant à chaque épisode des destructions tissulaires de moins en moins bien réparées. Elle peut aussi être distinguée par le maintien ou la persistance du (ou des) facteur(s) d'agression dans les tissus, qui peut être d'origine infectieuse, auto-immune

(ex : hépatite auto-immune), toxique...(Batteux *et al.* 2003; Collège Français des pathologistes 2011).

I.5.2.7. Anti-inflammatoires

La réaction inflammatoire est complexe et implique de nombreux médiateurs dont certains sont pro-inflammatoires et d'autres anti-inflammatoires. Un déséquilibre entre ces deux types de médiateurs conduit à la persistance de l'inflammation et à la destruction des tissus enflammés (Henrotin *et al.* 2001).

Pour corriger ce déséquilibre, il faut l'apport d'un aspect thérapeutique. Ainsi la thérapeutique anti-inflammatoire est destinée à contrôler l'excès de réaction aspécifique des tissus et éviter la transformation de la phase aiguë de l'inflammation en phase chronique (Muster 2005).

I.5.2.7.1. Anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS)

La cortisone est une hormone glucocorticoïde naturelle sécrétée par les glandes surrénales (Muster 2005). Son dérivé le cortisol possède des effets physiologiques variés et joue notamment un rôle dans la réponse au stress. Les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS) constituent des analogues structuraux du cortisol (Faure 2009).

Encore appelées glucocorticoïdes, les AIS ont tous une activité hormonale sur les régulations métaboliques (glucidique, protidique, lipidique notamment). Ils entraînent la mise au repos des surrénales par un mécanisme de freination hypothalamohypophysaire (Muster 2005). Les glucocorticoïdes diminuent l'expression des cyclo-oxygénases (COX), en particulier de COX-2, dans les cellules inflammatoires, abaissant ainsi la production des prostaglandines (Faure 2009).

D'une manière générale, ils sont capables d'inhiber toutes les phases de la réaction inflammatoire (Muster 2005). En effet, les glucocorticoïdes sont véhiculés par les protéines de transport que sont la transcortine et l'albumine. Ils traversent la membrane cytoplasmique par diffusion simple et se lient à un récepteur spécifique. Le complexe glucocorticoïde-récepteur ainsi formé va migrer vers le noyau de la cellule et va agir directement sur l'ADN en se fixant sur des séquences spécifiques appelées GRE (*glucocorticoid response element*), modifiant ainsi l'expression du gène. De ce fait, il induit une modification de la transcription par synthèse de protéines, comme c'est le cas pour la licoportine, une protéine qui inhibe la phospholipase A2 (Russo-Marie 1999; CEDEF 2008; Faure 2009).

Les glucocorticoïdes ont un effet antiprolifératif en plus de leur effet anti-inflammatoire. Il existe des glucocorticoïdes de synthèse, communément appelés corticoïdes. Ils sont utilisés en odontostomatologie exceptionnellement pour leurs effets antiallergiques. Les corticoïdes réduiraient de manière efficace l'œdème post chirurgical (Muster 2005).

Il y a aussi les dermocorticoïdes des AIS très utilisés en thérapeutique dermatologique (CEDEF 2005). Les glucocorticoïdes de synthèse sont indiqués dans

le traitement de plusieurs pathologies telles que : les réactions allergiques et les syndromes inflammatoires sévères entraînant un risque mortel. Ils sont indiqués également dans le traitement des affections pulmonaires, des maladies auto-immunes, des maladies gastroentérologiques, des processus tumoraux, des dermatoses inflammatoires, des arthrites, des rhumatismes inflammatoires chroniques (Faure 2009). Par De ce fait, il induit une modification de la transcription par synthèse de protéines, comme c'est le cas pour la licoportine, une protéine qui inhibe la phospholipase A2 (Russo-Marie 1999; CEDEF 2008; Faure 2009). La **Figure 12** montre quelques structures d'AIS.

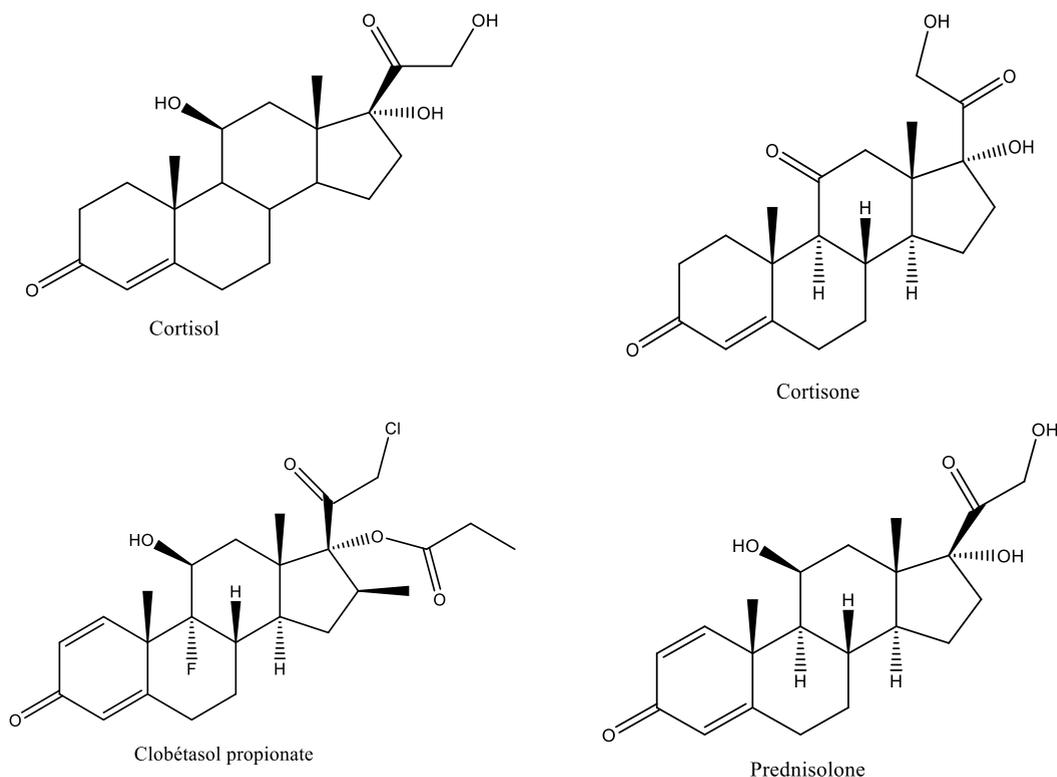


Figure 12: Structures de quelques molécules anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS)

1.5.2.7.2. Anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)

Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) regroupent différentes classes chimiques, mais sans structure stéroïdienne (Muster 2005). Ils agissent tous en inhibant la synthèse des prostaglandines, c'est-à-dire en inhibant les cyclo-oxygénases (Derrier & Mercatello 1997; Krzesinski & Piront 2002).

Les AINS sont largement utilisés en médecine et efficaces contre la douleur, l'inflammation ou la fièvre (**Krzesinski & Piront 2002**). Ils présentent des propriétés antalgiques, antipyrétiques et anti-inflammatoires, grâce à leur action inhibitrice de la synthèse des prostaglandines. Cela leur confère une prescription thérapeutique de choix, surtout chez les patients âgés, souvent atteints de troubles ostéoarticulaires et de l'arthrose (**Derrier & Mercatello 1997; Krzesinski & Piront 2002**).

Parce que les AINS inhibent les cyclo-oxygénases, en général, ils inhibent la production des prostanoides primaires (les prostaglandines, les prostacyclines et les thromboxanes) en bloquant l'accès de l'acide arachidonique au site actif des cyclooxygénases. Cependant les prostanoides produits par la COX-1 pourraient jouer un rôle dans la protection de la muqueuse gastrique, de l'agrégation plaquettaire, de l'homéostasie vasculaire et dans le maintien de l'équilibre hydro-sodé. Ceux produits par COX-2 paraissent intervenir particulièrement dans la réponse inflammatoire et dans quelques processus associés à la prolifération cellulaire (**Blain *et al.* 2000**).

Néanmoins, l'inhibition de la COX-2, enzyme inductible en cas d'inflammation est très utile pour stopper la synthèse des prostaglandines et pour atténuer les signes inflammatoires. Pourtant, au niveau rénal, la COX-2 exerce un effet local important dans les situations de déshydratation. Elle joue également un rôle majeur dans la régulation de l'hémodynamique glomérulaire (**Krzesinski & Piront 2002**). Par conséquent, les AINS entraînent des effets indésirables qui sont principalement digestifs, rénaux et cutanés (**Martin & J. Desmeules 2001; Krzesinski & Piront 2002; Muster 2005; Ponvert & Scheinmann 2006**).

Les effets nocifs des AINS s'étendent également au métabolisme cellulaire et à la croissance des principaux tissus composant le système musculo-squelettique (**Ziltener *et al.* 2010**). Tous les AINS, quelles que soient leur voie d'administration, leur forme galénique orale, leur classe chimique, exposent aux risques de toxicité gastro-intestinale (**Muster 2005**). Mais vu les dommages liés à l'inflammation et la particularité de chaque COX est née la notion de sélectivité pour les isoenzymes de la COX, d'où la classification des AINS. Ainsi il y a (**Blain *et al.* 2000; Vergne *et al.* 2000; Bannwarth 2005; Tréchet & Jouzeau 2014**) :

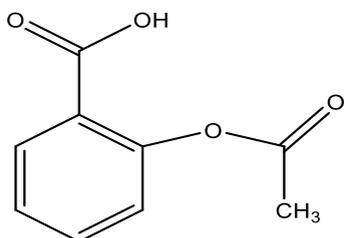
- Les inhibiteurs sélectifs de COX-1 qui correspondent à l'aspirine. L'aspirine est utilisée à fortes doses comme anti-inflammatoire notamment dans le traitement des affections rhumatismales, ou dans le traitement de la fièvre ou des douleurs.
- Les inhibiteurs non-sélectifs des COX qui se rapportent à la majorité des AINS classiques (diclofénac, ibuprofène, etc.). L'utilisation à long terme dans le cas de la polyarthrite rhumatoïde entraîne l'apparition d'un ulcère chez près de 20% des malades et d'un saignement dans 1 à 4% des cas.
- Les inhibiteurs préférentiels de COX-2 qui correspondent au méloxicam et au nimésulide
- Les inhibiteurs sélectifs de COX-2 qui se réfèrent aux coxibs utilisés plus fréquemment dans le traitement de l'arthrose et la polyarthrite rhumatoïde,

avec un intérêt potentiel pour le cancer colorectal et gastrique ainsi que la maladie d'Alzheimer.

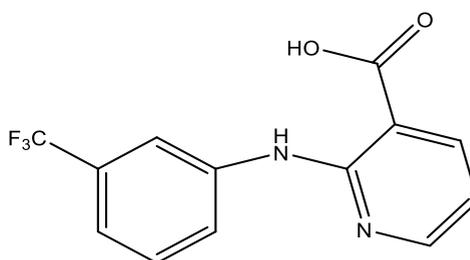
Les AINS peuvent être classés comme suit, selon leur formule chimique (**Tréchet & Jouzeau 2014**) :

- AINS à fonction acide : salicylés (acide acétylsalicylique), anthraniliques (acide niflumique), arylpropioniques (ibuprofène ; nabumétone), arylacétique Indolés (indométacine), arylacétique Non indolés (diclofénac)
- AINS à fonction sulfone : phénoxyphényl (nimésulide), oxicams : (piroxicam ; méloxicam), coxibs (Célécoxib, Étoricoxib)
- AINS à caractère acide sans fonction sulfone : pyrazolés (phénylbutazone)

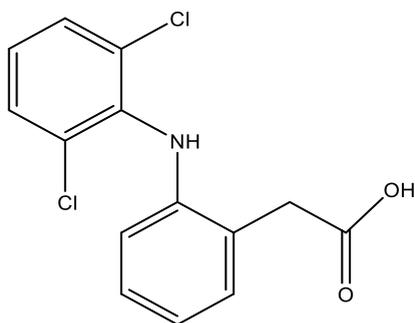
La **Figure 13** montre quelques structures d'AINS.



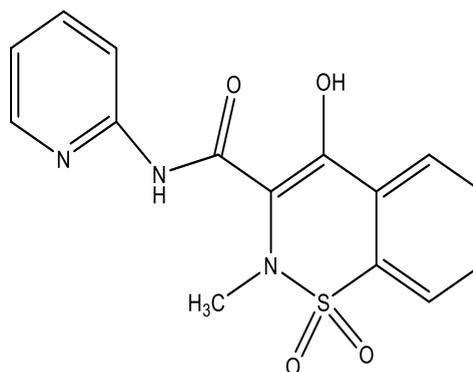
Acide acétylsalicylique "Aspirine"



Acide niflumique "Nifluril"



Diclofénac



Piroxicam

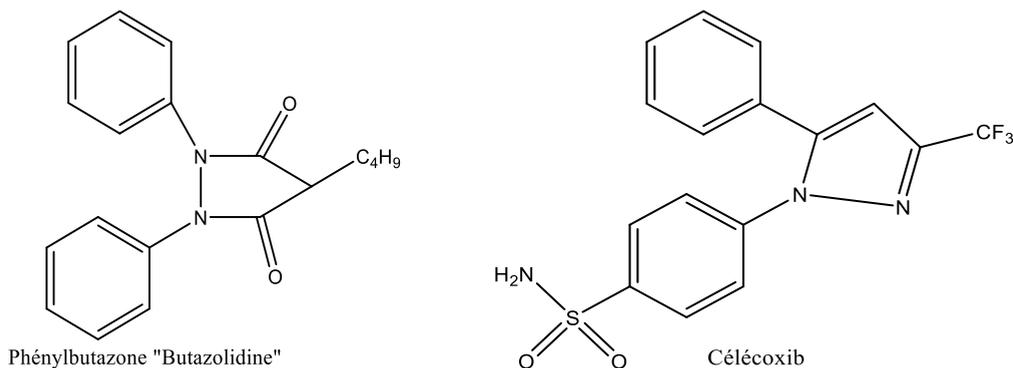


Figure 13: Structures de quelques molécules anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS)

I.5.2.7.3. Anti-leucotriènes

Comme l'indique le nom, sont des molécules capables d'inhiber les leucotriènes (LT). Au début des années 90 ont été découverts deux types de récepteurs aux cysteinyl-leucotriènes (CysLT). Le CysLT₁ présents sur le muscle bronchique et le CysLT₂ présent sur les cellules endothéliales et sur le muscle lisse des vaisseaux pulmonaires (**Labat *et al.* 1992; Magnan & Vervloet 1998**).

L'enzyme clé de la biosynthèse des leucotriènes est la 5-LOX, mais celle-ci ne peut agir que par l'intermédiaire d'une protéine spécifique, la FLAP (Five-Lipoxygenase Activating Protein) (**Magnan & Vervloet 1998; Brash 1999**).

Les anti-leucotriènes entraînent la disparition ou le blocage des récepteurs CysLT₁ et CysLT₂, l'inactivation de la voie de synthèse des leucotriènes par inhibition de la 5-LOX ou de la FLAP (**Magnan & Vervloet 1998; Baud 2001**).

Les antagonistes des leucotriènes représentent une avancée importante dans la thérapie anti-inflammatoire non stéroïdienne de l'asthme. Ils sont utilisés comme traitement alternatif ou complémentaire aux corticostéroïdes inhalés. Ils présentent à la fois une activité anti-inflammatoire et bronchodilatatrice, et un indice thérapeutique élevé (**Magnan & Vervloet 1998; Van Bever 2002**).

I.5.2.7.4. Anti-inflammatoires végétaux

De nombreuses plantes médicinales sont utilisées dans le traitement des troubles associés à la réponse inflammatoire ou dans le contrôle des aspects inflammatoires des maladies. Ces plantes médicinales doivent leurs activités à leurs constituants phytochimiques (**Weng *et al.* 2003; Sanogo *et al.* 2006; Okoli *et al.* 2007; Sawadogo *et al.* 2008; Huang *et al.* 2010; Ouédraogo *et al.* 2012; Amezouar *et al.* 2013; Faridi *et al.* 2014; Yougbaré-Ziébro *et al.* 2016**).

Elles peuvent exercer leur effet anti-inflammatoire en interférant généralement avec les voies de la réponse inflammatoire ou spécifiquement avec certains composants de ces voies. Elles peuvent donc interférer dans la libération de médiateurs pro-inflammatoires et d'enzyme, de même que dans l'activation de la séquence du complément. Les plantes peuvent également exercer leur effet anti-inflammatoire dans la migration des leucocytes sous stimulus inflammatoire avec libération conséquente du contenu cytoplasmique aux sites d'inflammation, ainsi que dans l'inhibition des gènes pro-inflammatoires etc... (Okoli & Akah 2004; Setty & Sigal 2005; Pereira *et al.* 2012; Nworu & Akah 2015).

Plusieurs d'entre elles sont utilisées dans le traitement des pathologies rhumatismales, tant dans la médecine traditionnelle que dans la phytothérapie moderne sous forme d'huile essentielle, d'extrait, de bain, de gel, de crème, d'infusions, de décoction etc... (Babulka 2007; Clere 2019). *Culcasia scandens* P. Beauv (Araceae) est l'une des plantes pour lesquelles une puissante action anti-inflammatoire est largement reconnue. Le criblage phytochimique de l'extrait méthanolique des feuilles de cette plante et des différentes fractions issues de cet extrait a montré la présence de glucides, de glycosides, de alcaloïdes, de saponines, de carbohydrates, de flavonoïdes, de tanins, de stérols et terpénoïdes. Des preuves pharmacologiques de l'activité anti-inflammatoire de cette plante ont été établies (Okoli & Akah 2000, 2004).

L'activité anti-inflammatoire des extraits de feuilles de *Culcasia scandens* (*C. scandens*) peut être médiée par l'inhibition de la synthèse des prostaglandines, l'inhibition de la migration des leucocytes et la stabilisation de la membrane. Le sitostérol isolé de cette plante a été identifié comme étant le composé principal de l'activité anti-inflammatoire des feuilles de *C. scandens* (Okoli & Akah 2004).

L'écorce de saule ou *salix alba* est connue au moins depuis l'Antiquité pour ses vertus curatives. Elle est utilisée comme anti-inflammatoire, antipyrétique et analgésique. L'utilisation de l'extrait d'écorce de saule a été signalée en 1763 en Angleterre, par le pasteur Edward Stone dans un mémoire portant sur l'utilisation thérapeutique de décoctions de l'écorce du saule blanc contre la fièvre et la douleur (Rev. Mr. Stone 1763). L'extrait d'écorce de saule blanc est standardisé pour sa teneur en salicyline. Différentes qualités de l'extrait sont disponibles dans le commerce et contiennent, par exemple, 15%, 25% ou 50% de salicyline (Shara & Stohs 2015).

Bien que les extraits d'écorce de saule contiennent généralement la salicyline, d'autres ingrédients contenus dans les extraits, notamment d'autres salicylates ainsi que des polyphénols et des flavonoïdes, peuvent également jouer un rôle important dans les actions thérapeutiques. Les effets indésirables semblent être minimes par rapport aux anti-inflammatoires non stéroïdiens, dont l'aspirine. La principale cause de préoccupation peut être liée aux réactions allergiques chez les personnes sensibles aux salicylates (Shara & Stohs 2015).

En Côte d'Ivoire, de nombreuses plantes sont utilisées dans le traitement des maladies inflammatoires. Le **Tableau 5** ci-dessous montre quelques plantes couramment utilisées dans les affections inflammatoires en Côte d'Ivoire.

Tableau 5: Quelques plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies lié à l'inflammation en Côte d'Ivoire

Nom Scientifique	Parties utilisées	Mode de préparation	Types de maladie inflammatoire	Références
<i>Daniellia oliveri</i>	Feuilles	décoction	tuberculose	(Yaya <i>et al.</i> 2016)
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	Fruits	décoction, infusion	hypertension artérielle, maladies rhumatismales,	(N'zebo <i>et al.</i> 2018)
<i>Spondias mombin</i> L.	Feuilles et racines	décoction (Instillation oculaire)	conjonctivite	(Adiko <i>et al.</i> 2014)
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	feuilles	Jus (instillation oculaire)	conjonctivite	(Adiko <i>et al.</i> 2014)
<i>Combretum paniculatum</i> Vent	feuilles	décoction	Stomatite, tuberculose	(Kabran <i>et al.</i> 2014)
<i>Nymphaea lotus</i> Linn	feuilles	décoction	Entérite, fièvre	(Kabran <i>et al.</i> 2014)
<i>Boerhavia diffusa</i> Linn	feuilles	décoction	asthme	(Irie-N'guessan <i>et al.</i> 2011)
<i>Dichrostachys cinerea</i>	Ecorce des racines	décoction	asthme	(Irie-N'guessan <i>et al.</i> 2011)

I.5.2.8. Principes de quelques tests de l'activité anti-inflammatoire

I.5.2.8.1. Dénaturation protéique

La dénaturation protéique est une conséquence de l'inflammation. Dans un premier temps, la protéine subit des changements structuraux avec perte de sa forme tridimensionnelle et présente à sa surface des zones hydrophobes. Dans les conditions physiologiques normales, ces zones sont inaccessibles car elles sont enfouies au sein

de la macromolécule. C'est l'étape de la dégradation ou dénaturation de la protéine (**Arrigo 2005**).

Ensuite, se déroule l'étape de la réponse *heat shock* (réponse au choc thermique) au cours de laquelle il y aura l'activation transcriptionnelle des gènes *heat shock proteins* (HSP) ou protéines de choc thermique. Les HSP vont reconnaître les sites structuraux hydrophobes devenus accessibles après dénaturation ou dégradation de la protéine. L'interaction des HSP avec la protéine dénaturée ou dépliée favorise soit leur assemblage (qui est le plus souvent délétère pour la cellule), soit leur repliement ou leur transport dans les différents organites intracellulaires, soit leur dégradation (**Jacquier-sarlin & Polla 1994**).

Enfin, cette interaction HSP - protéine dénaturée est rompue avec l'hydrolyse d'ATP car les HSP contiennent à leur extrémité N-terminale un domaine commun très conservé correspondant à un site de liaison à l'ATP et à l'activité ATPasique. Ces HSP permettraient à la cellule-hôte de maintenir l'intégrité structurelle et fonctionnelle des protéines cellulaires en permettant la renaturation des protéines si les possibilités de réparation de la cellule le permettent. Dans le cas d'une attaque pathogène, les HSP participeraient à l'élimination du pathogène, soit en favorisant le catabolisme des protéines bactériennes altérées, soit en participant à l'apprêtement et à la présentation des antigènes bactériens. C'est la phase d'élimination (**Jacquier-sarlin & Polla 1994**; **Arrigo 2005**).

La dénaturation des protéines tissulaires est l'une des causes bien documentées des maladies inflammatoires et arthritiques (**Chandra et al. 2012**). La production d'auto-antigènes dans certaines maladies arthritiques peut être due à la dénaturation des protéines *in vivo* (**Eugene L. Opie 1962**; **Umapathy et al. 2010**).

L'albumine de sérum bovin (ASB) ou Bovin Serum Albumin (BSA), est une protéine extraite du sérum de bovin largement utilisée (**Galanos et al. 1972**; **Gong et al. 2007**; **Lawrence A.D. Williams et al. 2008**; **Wang et al. 2008**). Le test de l'ASB cherche à éliminer autant que possible l'utilisation d'échantillons vivants dans les méthodes d'étude des anti-inflammatoires pour le processus de développement de médicaments anti-inflammatoires (**L A D Williams et al. 2008**). Une étude a rapporté que l'une des caractéristiques de plusieurs médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens est leur capacité à stabiliser (empêcher la dénaturation) la BSA traitée thermiquement à un pH pathologique [pH 6,2 - 6,5] (**Grant et al. 1970**). Les auteurs examinent depuis plusieurs années la capacité de plusieurs produits naturels (extraits complexes, huiles essentielles et composés purs) à stabiliser la BSA à un pH pathologique (**L A D Williams et al. 2008**; **Bourassa et al. 2010**; **Rahman et al. 2015**; **Grace et al. 2017**).

I.5.2.8.2. Inhibition de la lipoxygénase (LOX)

Le test de détermination des inhibiteurs de la lipoxygénase détecte les hydroperoxydes produits dans la réaction de lipoxygénation (**Gaffney 1996**) en utilisant une LOX purifiée. Le protocole d'essai exige l'ajout du produit (soit un extrait

de plante, une huile essentielle, une molécule) à l'enzyme avant le début de la réaction, suivi par l'initiation de la réaction avec l'ajout d'un substrat (**Jacob & Kumar 2015**).

I.5.3. Activité antiplasmodiale

I.5.3.1. Définition de la malaria, symptômes

La malaria (en Italien = mauvais air) ou le paludisme (du latin, palus : marais) est une maladie causée par un parasite protozoaire du genre *Plasmodium* (**Wéry 1995**).

La maladie est transmise à l'homme essentiellement par des piqûres de moustiques femelles appartenant au genre *Anopheles* appelés « vecteurs du paludisme » et plus rarement lors d'une transfusion sanguine ou par transmission mère-enfant pendant la grossesse. Il existe cinq espèces de parasites responsables du paludisme chez l'homme : *Plasmodium vivax* (*P. vivax*), *Plasmodium ovale* (*P. ovale*), *Plasmodium malariae* (*P. malariae*), *Plasmodium falciparum* (*P. falciparum*) (homme comme hôte réservoir) et *Plasmodium knowlesi* (*P. knowlesi*) (le réservoir est le singe) (**EFICATT 2019**).

Les espèces *Plasmodium falciparum* et *Plasmodium vivax* sont les plus dangereuses. La durée d'incubation entre la piqûre d'*anophèle* et les premiers signes cliniques dépend de l'espèce en cause : minimum 7 jours et généralement inférieur à 2 mois pour *P. falciparum*, 15 jours à 10 mois pour *P. vivax*, 15 jours à plusieurs mois pour *P. ovale*, 18 à 40 jours pour *P. malariae*, et 9 à 12 jours pour *P. knowlesi*.

Le paludisme est une affection fébrile aiguë, les signes cliniques sont de diverses expressions et gravités, puis dépendent de l'espèce plasmodiale et de son hôte. Les premiers symptômes sont la fièvre, les céphalées et les frissons qui parfois peuvent être modérés et difficiles à attribuer au paludisme. À cela peuvent s'associer des myalgies, une asthénie, des nausées, des vomissements, des diarrhées, une pâleur ou un ictère. Les sujets fortement atteints développent fréquemment un ou plusieurs des symptômes suivants : anémie sévère, détresse respiratoire ou œdème pulmonaire, troubles neurologiques, défaillance circulatoire ou choc, syndrome hémorragique, hypoglycémie, insuffisance rénale (**EFICATT 2019**).

Selon le dernier Rapport de l'OMS sur le paludisme dans le monde, de décembre 2019, il y avait eu 228 millions de cas de paludisme en 2018, contre 231 millions en 2017. On estime à 405 000 le nombre de décès dus à la maladie en 2018, un chiffre en baisse par rapport aux 416 000 décès enregistrés en 2017. En 2018, plus de la moitié des cas de paludisme dans le monde ont été enregistrés dans six pays : Nigeria (25 %), République démocratique du Congo (12 %), Ouganda (5 %), ainsi que la Côte d'Ivoire, Mozambique et Niger (4 % chacun) (**World Health Organization 2019**).

I.5.3.2. Définition d'un antipaludique

Un antipaludique est un produit naturel ou de synthèse qui, administré par voie orale, parentérale ou rectale, à dose unique ou à doses répétées permet de détruire le

Plasmodium ou de bloquer sa croissance dans le but de prévenir ou de guérir le paludisme.

Les antipaludiques naturels sont les quininés et l'artémisinine (Quinghaosu) ainsi que tous ses dérivés. Quant aux antipaludiques de synthèses ce sont tous les autres médicaments antipaludiques. La classification des antipaludiques s'effectue selon le mode d'action et la structure chimique du composé. Ainsi on a :

- Les schizonticides érythrocytaires qui regroupent les Amino-4-quinoléines (chloroquine, amodiaquine) et les arylamino-alcools qui, eux, renferment les quinoléines méthanolés (quinine, méfloquine), les phénanthrène méthanol (halofantrine, luméfántrine), ainsi que l'artémisinine (quinghaosu) et ses dérivés (artéméter, artésunate, dihydroartémisinine)
- Les schizonticides érythrocytaires et tissulaires regroupant les antifoliques (sulfamides ou sulfadoxine), les antifoliniques (pyriméthamine, proguanil), les antibiotiques (doxycycline).

1.5.3.3. Plantes antipaludéennes et activité antiplasmodiale

Des études ethnobotaniques de divers pays révèlent que plusieurs groupes ethnolinguistiques utilisent les plantes dans le traitement du paludisme (**Betti 2001; Denou et al. 2016; Agbodeka et al. 2017**).

En Côte d'Ivoire, une étude faite en 2001 sur les pratiques thérapeutiques de la population de Bouaké, une ville du centre du pays a montré que seulement 1,2 % des chefs de ménage interrogés disent avoir recours au service d'un tradipraticien (utilisation de plantes). De plus, 1,9 % pratiquent l'automédication traditionnelle en cas de présomption du paludisme parce qu'ils déclarent faire confiance à la médecine traditionnelle (**Dossou-Yovo et al. 2001**).

Cette pratique date de bien longtemps et persiste encore. Le monde de la pharmacopée traditionnelle joue et continue de jouer un rôle très important dans la découverte de nouvelles molécules d'intérêt thérapeutique et particulièrement dans la lutte contre le paludisme. Plusieurs plantes ont même fait l'objet de recherches scientifiques afin de confirmer leur utilisation traditionnelle. Les activités antiplasmodiales des plantes que ce soit *in vitro* ou *in vivo* ainsi que leurs toxicités ont été démontrées (**Weniger et al. 2008; Agbodeka et al. 2017**).

Les résultats d'une étude sur les activités antipaludiques *in vitro* de différents extraits de quatre plantes antipaludéennes ont montré que les activités les plus marquées sur la souche résistante K1 de *Plasmodium falciparum* ont été observées avec les extraits au dichlorométhane des parties aériennes de *Anogeissus leiocarpus* (CI₅₀ = 3,8 µg/mL) et de la racine de *Cochlospermum planchonii* (CI₅₀ = 4,4 µg/mL). Quant aux extraits au méthanol et au dichlorométhane de feuille de *Hymenocardia acida*, ils ont montré des valeurs de CI₅₀ égales respectivement à 6,9 et 10,7 µg/mL, alors que l'extrait au dichlorométhane de feuille de *Microdesmis keayana* présentait une valeur de CI₅₀ = 12,2 µg/mL (**Weniger et al. 2008**).

Des enquêtes ethnobotaniques ont recensé les plantes antipaludéennes ivoirienne et leur mode d'emploi (**Tableau 6**).

Tableau 6: Quelques plantes antipaludéennes ivoirienne issues de certaines études ethnobotaniques

Nom scientifique	Parties utilisées	Modes de préparation du remède	Modes d'administration	Références
Nephrolepis biserrata	feuilles	décoction	boisson	(Lydie <i>et al.</i> 2018)
Microgramma owariensis (Desv.) Alston	feuilles	décoction	boisson	(Dominique <i>et al.</i> 2018)
Phymatodes scolopendria (Burm.) Ching	Plante entière	décoction	boisson	(Dominique <i>et al.</i> 2018)
Ageratum conyzoides	feuilles	décoction	ablution	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
Boerhvia diffusa Capsicum	feuilles	décoction	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
Chromolaena odorata	feuilles	décoction	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
Cordia vignei	feuilles	décoction	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
Ficus exasperata	Écorce de tige	macération	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
		pétrissage + eau	purge	
Ocimum gratissimum	feuilles	décoction	Bain de vapeur	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
		Pétrissage + eau	purge	
Phyllanthus amarus	Rameau feuillé	décoction	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)
Rauvolfia vomitoria	feuilles	décoction	boisson	(Koffi N'GUESSAN <i>et al.</i> 2009)

CHAPITRE II

Matériels et Méthodes

II.1. Cadre de l'étude

Les travaux de la présente thèse s'inscrivent dans le cadre d'une cotutelle internationale entre l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan Cocody et l'Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech. Ils ont été réalisés dans quatre (04) laboratoires :

- ✓ Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière (**LCRM**) de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire, qui a abrité les manipulations concernant la production des échantillons d'huiles essentielles, le criblage phytochimique qualitative et la production des différents extraits.
- ✓ Equipe de Chimie et Biomasse de l'Université de Corse-CNRS, Ajaccio, France. Ce laboratoire a permis la détermination de la composition chimique des échantillons d'huiles essentielles des récoltes mensuelles de *Lantana camara* par analyse CPG-FID/IR, CPG-SM et RMN ¹³C.
- ✓ Laboratoire de Chimie des Molécules Naturelles (**LCMN**) de l'Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech, Gembloux, Belgique. Ce laboratoire a abrité la majorité des travaux de la présente thèse.
- ✓ Laboratoire de Pharmacognosie, Centre Interdisciplinaire de Recherches en Médecine (**CIRM**) de l'Université de Liège, Belgique. Ce laboratoire a permis de faire l'activité antiplasmodiale des extraits puis l'analyse RMN des molécules isolées.

II.2. Matériel végétal

II.2.1. Récolte de *Lantana camara*

Les feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara* ont été récoltés à Brègbo, un village à 9 km de Bingerville (5°21'20N, -3°53'7O) au sud de la Côte D'Ivoire. La collecte des échantillons s'est faite chaque mois, dans la matinée, sur deux ans (Juin 2015 – Juin 2017) correspondant à deux périodes de récolte ou deux cycles végétatifs. La première période s'étend de Juin 2015 à Juin 2016 et la deuxième de Juillet 2016 à Juin 2017.

De plus, les feuilles, les fleurs, les fruits et les tiges de *L. camara* ont été également récoltés dans 15 régions de la Côte d'Ivoire, sur une base minimum de 3 villes par région. Les récoltes se sont effectuées à partir de Juin 2015 jusqu'à Décembre 2017.

Les récoltes ont été faites en mi-journée et au cours du même mois dans les villes de la même région. Le matériel végétal a été authentifié par le professeur L. Aké Assi, du Centre National de Floristique (CNF, Abidjan, Côte d'Ivoire), numéro herbier UCJ017433. Chaque organe a été récolté frais.

II.2.2. Récolte de *Lantana rhodesiensis*

Une récolte mensuelle des tiges et les feuilles fraîches de *L. rhodesiensis* a été faite de juin 2017 à septembre 2017 à Kapélé (9.437056, -5.701292) et Nyanbélagé (9.467, -5.693), Département de Korhogo, région Nord de la Côte d'Ivoire. Les données météorologiques de l'année 2017 ont été obtenues de la Société d'exploitation et de Développement aéronautique, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM).

Les localités ont été choisies pour leur accessibilité et l'abondance de la plante dans la région. Les fruits frais ont été récoltés en quantité suffisante pour l'hydrodistillation dans chaque localité que dans le mois de juillet. De plus, les racines de *L. rhodesiensis* ont été récolté également à Nyambélagé de juin 2017 à septembre 2017, tandis que à Kapélé, la récolte des racines a été effectuée seulement durant les mois de juin et de juillet 2017.

Une autre récolte de feuilles, tiges et racines a eu lieu à Doropo (9°49'N, 3°20'O) dans le département de Bouna en novembre 2015 et août 2017. Le matériel végétal a été authentifié au Centre national de Floristique (CNF), Abidjan, Côte d'Ivoire par M. Assi Jean (Technicien au CNF), où un herbier y a été conservé (numéro d'herbier : UCJ017435). Pour normaliser les conditions, les plantes ont été récoltées le matin, au début de chaque mois.

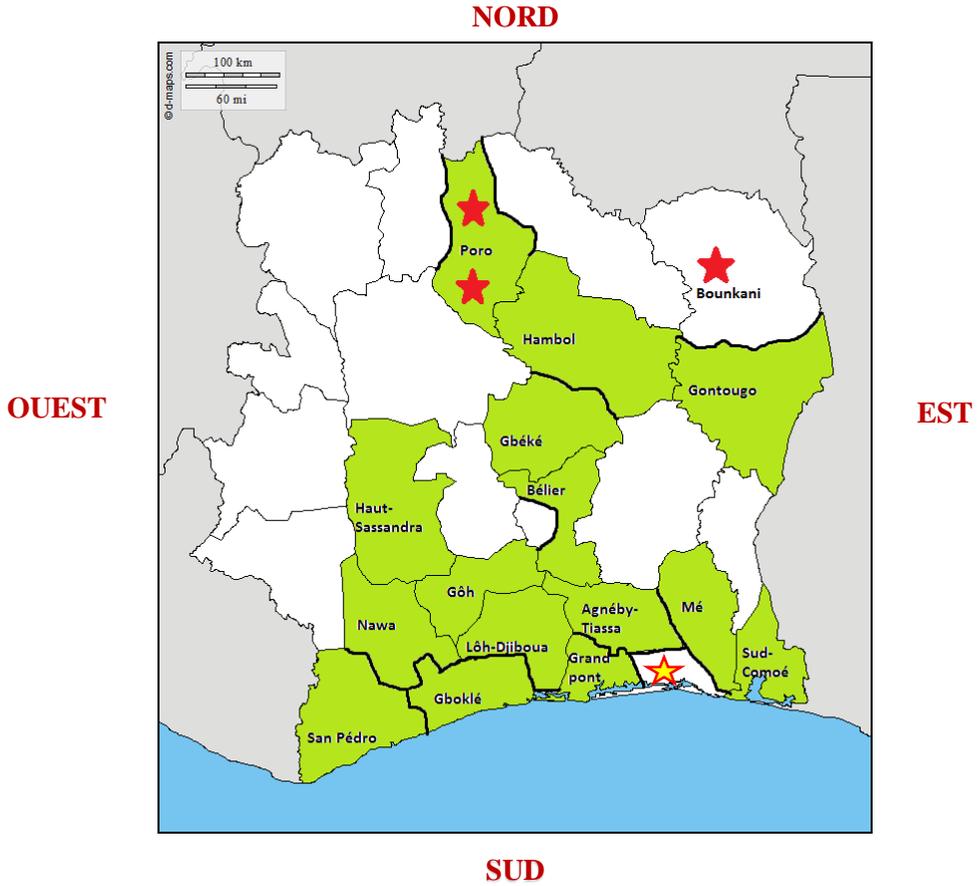


Figure 14. Carte de la Côte d'Ivoire présentant les différents sites de récolte de *L. camara* et *L. rhodesiensis*

- ★ Site de récolte de *L. rhodesiensis*
- Région de récolte de *L. camara*
- ★ Site de récolte mensuelle de *L. camara*

II.3. Solvants, produits et réactifs utilisés

Les solvants et les réactifs utilisés sont mentionnés dans le **Tableau 7** ci-dessous.

Tableau 7: Solvants et réactifs utilisés lors des travaux effectués.

Solvants	Concentration et/ou qualité	Fournisseurs
Méthanol	99,1% ; Technique ; HPLC	VWR International (Fontenay-Sous-Bois, France)
Acétate d'éthyle (EtoAc)	99,8% ; HPLC	Chem-Lab
Dichloromethane (DCM)	99,1% ; HPLC	Chem-Lab
Hexane	99,9% ; HPLC	Chem-Lab
Acetonitrile	99,8% ; HPLC	Chem-Lab
Acetone	99,8% ; HPLC	Chem-Lab
Chloroforme	99,1% ; HPLC	Chem-Lab
Eau distillée		

Réactifs	Concentration et/ou qualité	Fournisseurs
2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	CAS :1898-66-4 ; D9132	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Serum albumine Bovine (BSA)	≥98% ; 05470-1G	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Sulfate de sodium anhydre (Na ₂ SO ₄)	CAS: 7757-82-6	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Ferricyanure de potassium	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)

Acide trichloroacétique (TCA)	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Chlorure de fer	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Chlorure de sodium	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Chlorure de potassium	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Hydrogénophosphate disodique	100 %	VWR BDH Chemical (Belgium)
Dihydrogénophosphate potassium	100 %	VWR BDH Chemical (Belgium)
Acide chlorhydrique	99 - 100 %	VWR Chemicals (Radnor, PA, USA)
Acide acétique glacial	99 - 100%, HPLC	VWR Chemicals (Radnor, PA, USA)
Acide formique	≥ 98 %; 33015-1L	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Acide phosphorique (H ₃ PO ₄)	85 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Aldehyde anisique	≥ 99 %	VWR Chemicals (Radnor, PA, USA)
Acide sulfurique	≥ 99 %	VWR Chemicals (Radnor, PA, USA)
Carbonate de sodium anhydre	99,9%	VWR Chemicals (Radnor, PA, USA)
Folin-Ciocalteu's	F9252-100mL	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Chlorure d'aluminium	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Acétate de sodium 1M	≥ 99 %	Merck KGaA (Darmstadt, Germany)
Acide linoléique	≥ 99 %; L1376-5G	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
<i>β</i> -carotène	≥ 99 %; C9750-5G	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Tween 40	P1540-100mL	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)

Lipoxygénase du soja (LOX)	15MU, 67mg	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
P-anisaldéhyde	98%; A88107-100G	Sigma-Aldrich(Schnelldorf, Ger)

Substances de références	Concentration et/ou qualité	Fournisseurs
Trolox	CAS :53188-07-1	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Thymol	≥98,5% ; CAS :89-83-8	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Limonène	~90% ; CAS :5989-27-5	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Acide ascorbique	≥ 98%, HPLC	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Diclofénac sodique	≥98,5% ; CAS:15307-79-6	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Acide galique	≥ 98%, HPLC	Fulka
Quercétine	≥ 95%, HPLC	Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)
Talisma UL	≥ 98%	(Biosix SA)

II.3.1. Préparation des réactifs

Réactifs préparés au laboratoire :

- 1- **Réactif de Liebermann** : Le réactif se compose d'anhydride acétique /acide sulfurique : 2-1
- 2- **Réactif de Dragendorff** : 1,7 g de sous-nitrate de bismuth et 20 g d'acide tartrique (+) sont agités dans 40 mL d'eau. 40 mL d'une solution à 40% (p/v) d'iodure de potassium sont ajoutés à la suspension. Le tout est mélangé durant une heure puis filtré. La solution stock obtenue peut être conservée plusieurs mois à l'abri de la lumière. Le réactif de pulvérisation est préparé extemporanément en mélangeant 5 mL de la solution stock et 15 mL d'eau. Ce réactif colore en orange les alcaloïdes.
- 3- **Réactif de Stiasny** : Solution constituée de formol à 30% et de HCl concentré dans les proportions (2 :1)
- 4- **Réactif de Mayer** : Dissoudre 1,35 g de HgCl₂ dans 50 mL d'eau, y ajouter 5 g de KI et compléter à 100 mL avec de l'eau distillée.

- 5- **Réactif des flavonoïdes / acides phénoliques (Révélation des CCM)** : Solution composée de 10 g /L de diphénylborate d' aminoéthanol (DPBAE) dans le méthanol et de 50 g/L de polyéthylène glycol (PEG) 400R dans le méthanol. Pulvériser la plaque avec ce réactif.
- 6- **Réactif des terpènes (Révélation des CCM)** : Le réactif est constitué de 0,5 mL de P-anysaldéhyde, 50 mL d'acide acétique glacial et 1 mL d'acide sulfurique concentré à ajouter goutte à goutte.

II.4. Matériel d'extractions

II.4.1. Hydrodistillation

Afin d'obtenir les huiles essentielles pour notre étude, nous avons soumis les organes de chaque plante à une hydrodistillation. Le matériel utilisé est un Clevenger et les vials en verre ambrés (1 - 5 mL) ont servis pour le stockage des huiles essentielles.

II.4.2. Macération

Chaque organe à subir une macération à froid dans un mélange méthanol-eau (50/50) afin d'obtenir les différents extraits utilisés pour notre étude. Les organes ont été macérés dans une bonbonne de 20 L en verre borosilicaté de marque Pyrex à col rodé (60/46) et avec un rodage latéral 29/32 pour le robinet.

II.5. Matériel chromatographique

II.5.1. Chromatographie sur couche mince (CCM)

Les fractions et les composés étudiés ont été soumis à la chromatographie sur couche mince en phase normale. La phase stationnaire utilisée est une plaque en aluminium 20 cm X 20 cm recouverte par un gel de silice d'épaisseur 0,2 mm avec indicateur de fluorescence (Silice 60 F₂₅₄, Merck, 1.05554.0001). Les dépôts d'échantillons sont réalisés à l'aide de capillaires (Micropipettes, HIRSCHMANN LABORGEÄTE® ringcaps®, DURAN®, Allemagne, Reproductibilité CV ≤ 0,6%, Exactitude ≤ ± 0,30%) ayant une capacité de 1-5µL.

II.5.2. Chromatographie liquide sur colonne ouverte (CC)

Nous avons utilisé des colonnes en verre de diamètres et hauteurs variables selon la quantité de produits à séparer et selon la résolution voulue. La phase stationnaire utilisée est de type Aldrich silicagel, 60Å, 40-63µm.

II.5.3. Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP)

II.5.3.1. CLHP analytique

La chaîne de chromatographie liquide haute performance (CLHP) analytique utilisée est une Agilent 1260 series pourvue d'une pompe quaternaire, d'un dégazeur, d'un injecteur automatique, d'un détecteur DAD (détecteur à barrettes de diodes) et d'une enceinte thermostatée. Le système est contrôlé par un logiciel Agilent chemstation.

La phase stationnaire utilisée est la suivante : Silice greffée C18 : Agilent, Eclipse XDB-C18, 3.5µm, 4.6×150mm (made in USA).

II.5.3.2. CLHP préparative

Nous avons utilisé le matériel suivant :

Un appareil interchim puriflash 4250 avec une injection automatique, une boucle d'injection de 2mL, un collecteur automatique avec un débit de 20 mL/min. La phase stationnaire est Interchim UPTISPHERE STRATEGY C18-2-15UM 250×21.2 mm.

II.6. Matériel d'analyse

II.6.1. Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur par ionisation par flamme associée à l'indice de rétention CPG-FID/IR

L'analyse des HES a été effectuée à l'aide d'un système Clarus 500 Perkin Elmer (Perkin Elmer, Courtaboeuf, France) équipé d'un FID et de deux colonnes capillaires en silice fondue (50m x 0,22 mm, épaisseur du film 0,25 µm), BP-1 (polydiméthylsiloxane) et BP-20 (polyéthylène glycol). La température du four a été programmée de 60 °C à 220 °C à 2 °C / min, puis maintenue isotherme à 220 °C pendant 20 min ; Température de l'injecteur : 250 °C ; température du détecteur : 250 °C ; gaz porteur : hélium (0,8 mL / min) ; split : 1/60 ; volume injecté : 0,5 mL.

II.6.2. Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse en mode d'impact électronique (CPG-SM ou GC-MS)

L'analyse CPG-SM des échantillons d'HE a été faite à l'aide de deux types d'appareil, en fonction de leur disponibilité avec des méthodes d'identification légèrement différentes.

- Certains échantillons ont été analysés avec un détecteur Clarus SQ8S Perkin Elmer TurboMass (quadripôle), directement couplé à un Clarus 580 Perkin-Elmer Autosystem XL, équipé d'une colonne capillaire en silice fondue Rtx-1 (polydiméthylsiloxane) (60 m × 9 0,22 mm de diamètre intérieur, épaisseur du film 0,25 µm). Cet appareil a été nommé CPG-SM (A).
- D'autres échantillons ont été analysés à l'aide d'un système Agilent 7890B GC couplé à un détecteur MSD 5977B (Agilent, Santa Clara, CA, USA) et

équipé d'une colonne capillaire HP-5MS (5% phényl-95% méthyl siloxane, 30m x0, 25mm, x0, 25µm), avec de l'hélium comme gaz porteur (1,2 mL / min). Cet appareil a été nommé CPG-SM (B).

II.6.3. Spectrométrie de masse (SM)

Plusieurs types d'appareils de spectrométrie de masse ont été utilisés pour déterminer la masse et la pureté des composés isolés.

- Une chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (CL-SM) de type WATERS LCT Premier Alliance 2695 a été utilisée pour contrôle de la pureté des échantillons. La détection en CL étant obtenue en mode barrette d'iode et, en SM, en mode temps de vol en utilisant une désorption-ionisation Laser assistée par matrice (Maldi TOF) qui est basée sur une ionisation par électrospray en mode positif (ESI+). Cet appareil a été nommé CL-SM (A).
- Un système CL-SM Agilent associé à un système CLHP Agilent 1260 Infinity couplé à un Q-TOF-MS Agilent 6530, équipé d'une source ESI fonctionnant en mode positif. Une colonne analytique Sunfire® C18 (150×2,1 mm ; 3,5 µm, Waters) a été également utilisée. Cet appareil a été nommé CL-SM (B).
- Un système CL-SM de type ESI-ion trap mass spectrometer (Esquire HCT ion trap mass spectrometer ; Bruker, Leiderdorp, The Netherlands). L'ESI a fonctionné en mode positif. Cet appareil a été nommé CL-SM (C).

II.6.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)

Nous avons utilisé les appareils suivants :

- Les spectres de résonance magnétique nucléaire (RMN) des échantillons d'HE ont été enregistrés sur un spectromètre à transformée de Fourier Bruker AVANCE 400 (Equipe biomasse, Université de Corse) fonctionnant à 100,63 MHz pour ^{13}C , équipé d'une sonde de 5 mm, dans le CDCl_3 , tous les déplacements étant référencés par TMS interne.
- Les spectres RMN 1D et 2D des composés isolés ont été enregistrés sur un spectromètre Bruker NEO 500 MHz équipé d'une cryosonde (Département de Pharmacie, Ulg), résonant respectivement à 500 MHz pour ^1H et 126 MHz pour ^{13}C . Les données obtenues ont été traitées et exploitées par le logiciel MestRenova 12.0.2-20910.

II.7. Méthodes d'extractions

II.7.1. Hydrodistillation

La matière fraîche (0,2 - 1,5 kg) a été soumise à une hydrodistillation pendant 4 heures à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Les huiles essentielles ont été collectées, séchées sur du sulfate de sodium anhydre, puis stockées dans des vials scellés à 4°C jusqu'à leur analyse. Le rendement en huile essentielle (en pourcentage, %) a été calculé à l'aide de la formule suivante (**Zhang et al. 2015**):

$$\text{Rendement en huile essentielle (\%)} = \frac{\text{masse de l'huile essentielle séchée (g)}}{\text{masse de matière fraîche (g)}} \times 100$$

II.7.2. Macération (préparation des extraits)

Les feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis* ont été séchées à température ambiante au laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, puis broyés. Les différents organes sous forme de poudre (1kg) ont été macérés à froid dans 15 litres du mélange MeOH/H₂O (50 : 50, v/v) et agité pendant 48 heures à l'aide d'un agitateur magnétique.

Ensuite, le mélange a été filtré trois fois sur coton. Le filtrat obtenu a été concentré sous pression réduite au moyen d'un évaporateur rotatif sous vide (Büchi R-134), puis lyophilisé. Les différents organes ont été extraits à trois reprises.

II.8. Méthodes de séparation et d'identification

II.8.1. Méthodes chromatographiques

II.8.1.1. Chromatographie sur Couche Mince (CCM)

Les plaques en aluminium recouvertes de silice (Silicagel 60 F₂₅₄ Merck) ont servi de support de phase stationnaire pour les analyses en chromatographie sur couche mince en phase normale. Le rassemblement des collectes (éluates) à la suite des fractionnements et des purifications fut possible, grâce au développement des plaques CCM.

Les dépôts sont effectués à l'aide de capillaires et séchés sous hotte. Le volume de dépôt dépend de la concentration de l'échantillon dissout dans le solvant approprié.

Le développement des différents chromatogrammes a été effectué dans des cuves en verre saturée par une phase mobile (l'éluant). Après migration, les plaques CCM sont séchées sous hotte et observées à la lumière visible et dans une chambre noire sous lampes UV 254 et 366 nm. Ensuite, elles sont pulvérisées avec le réactif approprié et observées de nouveau à la lumière visible, puis à l'UV 254 et 366.

L'hexane, le dichlorométhane, l'acétate d'éthyle, le méthanol, l'acétone, le chloroforme, l'acide acétique, l'acide formique, et l'eau distillée dans les proportions différentes ont composé les différents systèmes d'élution, choisis en fonction du type

de la fraction étudiée. Les révélateurs étaient la solution de p-anisaldéhyde puis chauffage de la plaque et la solution de DPBAE / PEG sans chauffage de la plaque (pour les flavonoïdes en particulier). Le tableau ci-dessous présente quelques phases mobiles utilisées.

Tableau 8: Quelques phases mobiles utilisées pour la révélation de certaines classes chimiques

Eluant	Proportion (mL)	Révélateur	Observation	Famille de composé
EtoAc	100			
Acide formique	11			(Orange) Flavonoïdes,
Acide acétique glacial	11	DPBAE / PEG	UV 366 nm	(Bleu) Acides phénoliques
Eau distillée	26			
DCM	8,5			
Acétone	2,5	DPBAE / PEG	UV 366 nm	Génine
Acide formique	0,9			

II.8.1.2. Chromatographie liquide sur colonne ouverte (CC)

La phase stationnaire (Aldrich silicagel, 60Å, 40-63µm) est placée dans la colonne à raison de 100 g pour 1 g d'extrait ou de fraction en général.

L'échantillon à séparer est dissous dans un solvant adéquat puis mélangé avec un peu de silice de la phase stationnaire et évaporé à sec. Le mélange poudre de silice – échantillon est déposé au sommet de la colonne et recouvert de sable de mer, puis élué par une phase mobile qui s'écoule sous l'effet de la gravité.

Les éluats recueillis dans différents erlernmayers sont regroupés en fonction de leur similitude en CCM puis concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif.

II.8.1.3. Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP)

II.8.1.3.1. CLHP analytique

La durée des analyses était de minimum 25 min et de maximum 37 min. Différents systèmes d'élutions ont été utilisés selon les méthodes de séparation. La température était de 25°C, le débit 1 mL/min, le volume injecté 10µL. La longueur d'onde utilisée était de 254 nm avec une bande passante de largeur 4 nm.

Le système d'élution était composé de l'acétonitrile (MeCN) qualité CLHP (Merck), solvant B et d'eau distillée, solvant A. L'acétonitrile et l'eau distillée ont été acidifiés à 0,1% H₃PO₄.

II.8.1.3.2. CLHP préparative

Pour les purifications en chromatographie liquide haute performance, les conditions étaient les suivantes :

- Température : 25°C ;
- Débit : 20 mL/min ;
- Volume d'injection : 2 mL.

Les éluants utilisés étaient composés de l'acétonitrile (MeCN) qualité CLHP (Merck) acidifiée à 0,1% H₃PO₄, solvant C et de l'eau distillée acidifiée à 0,1% H₃PO₄, solvant D. De même que la CLHP analytique, la durée des analyses était au minimum de 25 min et de 37 min maximum. Pour chaque purification, différents systèmes d'élutions ont été utilisés selon les méthodes de séparation.

II.8.2. Méthodes d'analyses

Dans le cadre de notre travail, nous avons utilisé les méthodes d'analyses suivantes :

II.8.2.1. Chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur par ionisation par flamme associée à l'indice de rétention CPG-FID/IR

Les proportions relatives des constituants de l'huile essentielle analysée par CPG-FID/IR ont été exprimées en pourcentages obtenus par normalisation de la surface de pointe, sans utiliser de facteurs correcteurs. Les indices de rétention (RI) ont été déterminés par rapport aux temps de rétention d'une série de n-alcanes par interpolation linéaire (logiciel des composés cibles de Perkin Elmer). L'identification des composés a été réalisée par comparaison de leurs indices de rétention CPG (RI) sur des colonnes polaires et apolaires, déterminés par rapport aux temps de rétention d'une série de n-alcanes avec interpolation linéaire avec ceux des composés de référence (König *et al.* 2001).

II.8.2.2. Chromatographie en phase gazeuse associée à la spectrométrie de masse en mode d'impact électronique (CPG-SM ou GC-MS)

L'analyse des échantillons d'HE avec la CPG-SM (A) a été effectuée comme suite :

La température du four a été programmée pour augmenter de 60 à 230 °C à 2°/min et ensuite maintenue isotherme à 230° pendant 45 min ; température de l'injecteur, 250 °C ; température de la source d'ions, 150 °C ; gaz porteur, He (1 ml/min) ; rapport de division, 1 :80 ; volume d'injection, 0,2 ml ; énergie d'ionisation, 70 eV.

Les spectres de masse de l'ionisation des électrons (EI) ont été acquis sur la plage de masse 35 - 350 Da. L'identification des composés a été effectuée par comparaison des spectres de masse avec les spectres de référence répertoriés dans des bibliothèques en éditions traditionnelles ou informatisées Adams, Wiley, NIST (**McLafferty & Stauffer 1994; Adams 1995; NIST 1999**).

Deux types d'information sont ainsi accessibles. Ce sont la masse moléculaire exacte du composé d'une part et d'autre part des renseignements structuraux à partir des fragmentations observées. Chaque proposition du logiciel de comparaison des spectres de masse est assortie d'une note de concordance qui reflète la validité de la structure proposée. Si la note de concordance est correcte, les indices de rétention du constituant proposé sont comparés à ceux présents dans les bibliothèques, ou répertoriés dans la littérature (**König *et al.* 2001; Paolini 2005**).

L'analyse des HEs effectuée avec la CPG-SM (B) est la suivante :

0,1 mg d'HE a été dissout dans 1 mL d'hexane, puis un µL de cette solution d'huile essentielle a été injectée en mode splitless. Le programme de température du four a été établi pour d'augmenter la température de 50°C (1min) à 300°C (5min), à un rythme de 5°C/min. Le détecteur sélectif de masse a été utilisé avec une énergie d'ionisation de 70 eV utilisée sur une plage de masse de balayage de 40 à 400 unités de masse atomique.

Les températures de la source et du quadripôle étaient respectivement fixées à 230°C et 150°C. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel MassHunter Workstation, du navigateur d'analyse qualitative et de l'analyse qualitative Workflows (version B.08.00, Agilent Technologies, Inc. 2016), avec identification des composants individuels sur la base de leur indice de rétention chromatographique (IR) et de la comparaison des spectres avec une bibliothèque (Pal 600K®).

Les IR ont été déterminés expérimentalement en utilisant une série de n-alcanes C7-C30, et ont été comparés avec ceux rapportés dans la littérature (**Babushok *et al.* 2011**). L'identification a été faite également par référence à des composés standards authentiques (Sigma, Darmstadt, Allemagne) analysés dans les mêmes conditions que les huiles essentielles.

II.8.2.3. Spectrométrie de masse

Les analyses chromatographiques de la CL-SM (A) sont obtenues en mode gradient d'élution en utilisant comme phase mobile une solution aqueuse d'acide formique à

0,1 % (v/v) en mélange progressif avec de l'acétonitrile pur de 5 à 100 %, pendant 20 minutes. La colonne utilisée est une C₁₈ de type Xselect de longueur 150 mm et de diamètre intérieur 2,1 mm, la taille des particules étant de 3,5 µm.

Concernant l'analyse avec la CL-SM (B), un débit de 250 µL/min et un gradient linéaire à deux voies : Voie A (95-0 % de H₂O+0,1 % d'acide formique), Voie B (5-100 % de MeOH) pendant 30 minutes. Les conditions ESI ont été définies avec une température capillaire à 320 °C, une tension de source à 3,5 kV, et un débit de gaz de 10 L/min.

L'analyse avec la CL-SM (C) s'est effectuée avec une pression du nébuliseur 50 psi ; débit de gaz sec 10 L/min ; température du gaz sec 300°C. La plage de balayage et les tensions du spectromètre de masse ont été optimisées indépendamment pour chaque molécule analysée.

II.8.2.4. Résonance Magnétique Nucléaire (RMN)

Les spectres RMN ¹³C des HEs ont été enregistrés avec les paramètres suivants : largeur d'impulsion = 4 µs (angle de basculement 45°) ; temps d'acquisition = 2,7 s pour une table de données 128K avec une largeur spectrale de 25 000 Hz (250 ppm) ; découplage du mode CPD ; résolution numérique = 0,183 Hz/pt.

Des séquences d'impulsions standards de la bibliothèque Bruker ont été utilisées pour les spectres bidimensionnels. Des séquences à gradient amélioré ont été utilisées pour les expériences bidimensionnelles hétéronucléaires.

L'identification des différents composés des HE a été effectuée sur la comparaison des signaux des spectres RMN ¹³C des mélanges avec ceux des spectres de référence compilés dans la bibliothèque spectrale du laboratoire, à l'aide d'un logiciel de laboratoire (Tomi *et al.* 1995). Cette méthode permet l'identification des composants individuels de l'huile essentielle à des teneurs aussi faibles que 0,4-0,5%. Quelques composés ont été identifiés par comparaison avec les données de la littérature.

Quant à l'analyse des composés isolés elle s'est déroulée comme suit :

Les échantillons à analyser (0,5-5 mg) sont dissous dans 600 µL de solvant deutéré adéquat (Euriso-Top), puis transvasés à l'aide d'un filtre dans des tubes analytiques de 5 mm de diamètre. Les déplacements chimiques (δ) ont été exprimés en ppm par rapport au tétraméthylsilane (TMS). Les constantes de couplage (J) sont exprimées en Hertz (Hz).

Le solvant deutéré utilisé pour solubiliser les échantillons était précisé à chaque analyse. La référence pour les déplacements chimiques de chaque spectre était celle du solvant utilisé :

- CD₃OD (δ_H=3,31 ppm et δ_C = 49,0 ppm)

Des expériences mono et bidimensionnelles ont été réalisées en utilisant des microprogrammes Bruker standard en vue de déterminer les différentes structures des composés isolés, il s'agit de RMN-¹H, RMN-¹³C, COSY ¹H-¹H, HSQC, HMBC.

- **COSY** (COrelated SpectroscopY) : expérience bidimensionnelle qui met en évidence les couplages homonucléaires geminaux ($^2\text{JH-H}$) et vicinaux ($^3\text{JH-H}$) entre proton (^1H).
- **HSQC** (Heteronuclear Single Quantum Coherence) : expérience qui met en évidence le couplage hétéronucléaire $^1\text{J } ^{13}\text{C-}^1\text{H}$.
- **HMBC** (Heteronuclear Multiple Bond Connectivity) : expérience qui met en évidence les couplages hétéronucléaires ^2J et $^3\text{J } ^1\text{H-}^{13}\text{C}$.

II.9. Criblage phytochimique

II.9.1. Détermination des classes phytochimiques

La révélation des classes phytochimiques contenues dans la plante étudiée a été déterminée par des tests en tube réalisés sur la poudre végétale des feuilles, tiges et racines de la plante. Les différents tests ont été effectués selon les méthodes décrites par (**Bekro et al. 2008; Bidie et al. 2011**):

- Les tests de détection des flavonoïdes et des anthocyanes sont mis en évidence par la réaction à la cyanidine
- Les leucoanthocyanes ont aussi été caractérisées par la réaction à la cyanidine sans ajout de copeaux de magnésium.
- Le réactif de Stiasny a été utilisé pour l'identification des tanins.
- Les stérols et terpènes ont été mis en évidence par le test de Liebermann/Buchard.
- Le test de mousse pour les saponosides.
- Pour mettre en évidence les alcaloïdes, les réactifs de Dragendorff (réactif de l'iodobismuthate) et de Mayer ont été utilisés.
- Pour mettre en évidence les polyphénols, la réaction au chlorure ferrique 2% (FeCl_3) a été utilisée.

La présence des principales classes phytochimiques est classée comme suite :

+++ = quantités très élevées / abondant

++ = quantités élevées / moyen

+ = faible quantité / faible

- = non détectable / absent

II.9.2. Dosages des composés phénoliques

II.9.2.1. Dosage de polyphénols totaux

Le contenu phénolique total des extraits a été mesuré par la méthode Folin-Ciocalteu selon la procédure de (**McDonald et al. 2001**) avec quelques modifications. Une courbe d'étalonnage standard a été préparée en utilisant différentes concentrations (0, 50, 100, 150, 200, 250 mg/L) d'acide gallique dans un mélange méthanol : eau (50 : 50, v/v). Des solutions d'extraits de feuilles, de tiges et de racines de *L. rhodesiensis*

ont été préparées dans du méthanol : eau (50 : 50, v/v) à une concentration de 3 mg/mL.

0,5 mL de chaque échantillon ou étalon phénolique a été mélangé avec 2,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu (1 : 10 dilué avec de l'eau distillée) et 2 mL de solution aqueuse de carbonate de sodium Na₂CO₃ (1M) dans un tube à essai et bien agités. Les tubes ont été recouverts de parafilm et laissés au repos pendant 15 minutes à l'abri de la lumière et à température ambiante avant que l'absorbance du mélange ne soit mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre Ultrospec 7000 UV-vis Double Faisceau (GE Healthcare, Chicago, IL, USA).

Toutes les analyses ont été effectuées en triplicata. La teneur totale en phénol a été calculée en mg d'équivalent acide gallique (EAG)/g d'extrait de plante selon l'équation suivante (Alara *et al.* 2017)

$$T = C \times \frac{V}{M}$$

T : teneur phénolique totale en mg d'équivalent acide gallique (EAG)/g d'extrait de plante,

C : concentration d'acide gallique établie à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage en mg/mL ($y = ax + b$, où y = absorbance de l'acide gallique et $x = C$),

V : volume de la solution d'extrait en mL,

M : masse de l'extrait en g.

II.9.2.2. Dosage de flavonoïdes totaux

La teneur totale en flavonoïdes de chaque extrait d'organe de *L. rhodesiensis* a été déterminée par la méthode décrite par Martial-didier *et al.* (Martial-didier *et al.* 2017) avec des modifications mineures, la quercétine a été utilisée comme standard. Une gamme de concentrations de 0,01 à 0,2 mg/mL de quercétine a été préparée dans du méthanol. Une solution de 3 mg/mL de chaque extrait d'organe a été préparée dans du méthanol également.

Dans un volume de 0,5 mL de solution d'extrait a été ajouté 0,5 mL de chlorure d'aluminium à 10 % (P/V) et le même volume d'acétate de sodium (C₂H₃NaO₂) 1M. Ensuite, 2 mL d'eau distillée y ont été ajoutés et la mesure de l'absorbance à 415 nm a été effectuée après 30 minutes d'incubation à température ambiante.

Toutes les analyses ont été effectuées en triplicat. Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalent quercétine (QE)/g d'extrait de plante.

II.10. Tests biologiques

II.10.1. Evaluation de l'activité antioxydante *in vitro*

II.10.1.1. Activité anti-radicalaire par la méthode d'inhibition du radical DPPH

L'activité anti-radicalaire des extraits végétaux, huiles essentielles et composés purs isolés traduit leur aptitude à piéger les radicaux libres de l'organisme.

II.10.1.1.1. Protocole utilisé pour les échantillons d'huiles essentielles

L'activité de piégeage des radicaux DPPH a été déterminée comme décrit par (**Bicas *et al.* 2011**), avec quelques légères modifications. Un mL d'une solution méthanolique d'huiles essentielles (25, 50, 75 et 100 µg/mL) a été mélangé à 1 mL d'une solution méthanolique de DPPH (0,004% P/V). Le mélange a été incubé à température ambiante pendant 30 minutes, et l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre à double faisceau Ultrospec 7000 UV-vis (GE Healthcare, Chicago, IL, USA).

À titre de comparaison, l'inhibition du radical libre DPPH par le Trolox, acide ascorbique, thymol et le limonène a également été analysée dans les mêmes conditions. Le Trolox et l'acide ascorbique ont été utilisés comme étalon positif. Tous les tests ont été effectués en trois exemplaires.

Le pourcentage d'inhibition (%I) du radical libre DPPH a été calculé comme décrit par (**Hazzit *et al.* 2009**):

$$\%I = \frac{Ab - Aa}{Ab} \times 100$$

Où, Ab est l'absorbance du milieu réactionnel sans huile essentielle et Aa est l'absorbance de l'échantillon à tester. I% a été tracé par rapport aux concentrations de l'échantillon pour obtenir l'indice CI₅₀, qui est défini comme la concentration d'antioxydant nécessaire pour diminuer de 50% la concentration initiale de DPPH (**Sharififar *et al.* 2007**).

II.10.1.1.2. Protocole utilisé pour les extraits et les composés isolés

L'activité antioxydante des extraits et des substances testées a été mesurée en termes de capacité à donner de l'hydrogène ou à piéger les radicaux, en utilisant le radical stable 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) comme réactif. Cela a été évalué selon la méthode de Barkat et Imène (**Barkat Malika & Imène Laib 2011**), avec quelques modifications.

Cinquante microlitres de différentes concentrations (200, 400, 600, 800 et 1000 µg/mL) de l'échantillon dans du méthanol (extraits, composés isolés et substance

témoin) ont été ajoutés à 2 mL d'une solution méthanolique de DPPH à 0,004 % (P/V). Les mesures d'absorbance ont été relevées à 517 nm, après 30 minutes d'incubation à température ambiante à l'aide d'un spectrophotomètre à double faisceau Ultrospec 7000 UV-vis (GE Healthcare, Chicago, IL, USA).

À titre de comparaison, l'inhibition du radical libre DPPH par l'Acide ascorbique a également été analysée dans les mêmes conditions. L'absorption d'un échantillon blanc contenant la même quantité de méthanol et de solution de DPPH a servi de témoin négatif.

Toutes les déterminations ont été effectuées en trois exemplaires. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par les échantillons a été calculé et tracé en fonction des concentrations des échantillons pour obtenir l'indice CI_{50} .

II.10.1.2. Pouvoir réducteur par la méthode FRAP

La méthode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) est basée sur l'habilité des huiles essentielles, extraits ou des composés à réduire l'ion ferrique (Fe^{3+}) en ion ferreux (Fe^{2+}). Le pouvoir réducteur des échantillons d'huile essentielle, du thymol, du limonène et des standards (Trolox et acide ascorbique) ainsi que des extraits a été déterminé selon le protocole de Lamia et al. (Lamia et al. 2018).

En somme, 1 mL d'échantillon de différentes concentrations a été mélangé avec 1 mL de phosphate de sodium 0,2M tampon pH 6,6 et 1 mL de solution de ferricyanure de potassium à 1%, et a été incubé à 50°C pendant 20 min. Un mL d'acide trichloroacétique (TCA) à 10 % (v/v) a ensuite été ajouté à la solution, suivi d'une centrifugation à 3000 g pendant 10 minutes. Le surnageant a été récupéré et mélangé avec 1,5 mL d'eau distillée et 150 μ L 0,1 % $FeCl_3$.

L'absorbance à 700 nm a ensuite été mesurée. L'augmentation de l'absorbance du mélange réactionnel, par rapport au blanc, a indiqué une augmentation du pouvoir réducteur.

II.10.1.3. Blanchissement du β -carotène

La méthode décrite par Lamia et al. (Lamia et al. 2018) est employée avec une légère modification. Une émulsion β -carotène/acide linoléique est préparée par solubilisation de 0,5 mg de β -carotène dans 1 mL de chloroforme. Cette solution est mise dans un ballon avec 25 μ L d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40. Après évaporation du chloroforme à 40 °C, 100 mL d'eau oxygénée sont ajoutés au résidu pour former une émulsion jaunâtre.

Trois cent cinquante microlitres de différentes concentrations d'échantillon (extrait) dans du méthanol sont ajoutés à 2,5 mL de l'émulsion dans des tubes à essai. Les tubes à essai sont incubés dans un bain-marie à 50 °C pendant 2 h avec un témoin négatif (blanc) contenant du méthanol pur au lieu de l'échantillon.

Un témoin positif (acide ascorbique), est aussi préparé avec la même procédure. Les valeurs d'absorbance sont mesurées à 470 nm. Le pourcentage d'inhibition (%I) des échantillons est calculé comme suit :

$$\%I = \frac{A(\beta - \text{carotène après 2h})}{A(\beta - \text{carotène initial})} \times 100$$

Où, A (β -carotène après 2 h) est la valeur d'absorbance du β -carotène après 2 h restant dans les échantillons alors que, A (β -carotène initial) est la valeur d'absorbance du β -carotène de la solution standard fraîchement préparée. L'activité a été calculée comme une concentration d'inhibition de 50% (CI₅₀).

II.10.2. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

II.10.2.1. Dénaturation de la sérum albumine bovine

L'effet anti-inflammatoire *in vitro* des huiles essentielles a été déterminé en utilisant la méthode de dénaturation des protéines décrite par Rahman et al. (**Rahman et al. 2015**), avec quelques modifications.

La protéine utilisée était de 5 % (P/V) de BSA dans l'eau. Le phosphate de sodium buffer pH 6,3 contenait 136mM de NaCl, 2,68mM de KCl, 10,1mM de Na₂HPO₄ et 1,76mM de KH₂PO₄ dans l'eau distillée. Le pH a été ajusté à 6,3 en utilisant du HCl 1M.

Des solutions méthanoliques d'huile essentielle (0,05mL) à différentes concentrations (25, 50, 75 et 100µg/mL) et de standard, le diclofénac sodique (25, 50, 75 et 100µg/mL), ont été mélangées individuellement avec 0,45mL de 0,5% (P/V) de BSA. Les échantillons ont été incubés à 37°C pendant 20 minutes, puis la température a été augmentée, en maintenant les échantillons à 57°C pendant 3 minutes. Après refroidissement, 2,5 mL de tampon phosphate ont été ajoutés aux solutions. L'absorbance a ensuite été mesurée à 255 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Les résultats obtenus pour les huiles essentielles ont été comparés à ceux du diclofénac sodique. Le pourcentage d'inhibition (%I) a été calculé par la formule suivante (**Thanh et al. 2017**):

$$\%I = \frac{\text{Abs C} - \text{Abs T}}{\text{Abs C}} \times 100$$

Où, Abs C est l'absorbance du milieu réactionnel sans inhibiteur ni huiles essentielles, et Abs T est l'absorbance de l'échantillon d'essai. La CI₅₀ a été déterminé graphiquement.

II.10.2.2. Test d'inhibition de la lipoxygénase (LOX)

L'inhibition de la lipoxygénase (EC 1.13.11.12) (LOX) de *Glycine max* a été déterminée *in vitro* par la méthode spectrophotométrique décrite par Tanoh et al. (Tanoh *et al.* 2019), avec quelques modifications.

Un mélange de tampon de borate de sodium (800 µL, 0,2 M, pH 9) et de solution LOX de soja (Sigma-aldrich) (35 µL, 1000 U/mL) a été incubé avec différentes concentrations d'huile essentielle (100 µL) dans une cuve de 1 mL à température ambiante pendant 15 min. Après incubation, le substrat d'acide linoléique (35 µL, 250 µM) a été ajouté à chaque cuve pour démarrer la réaction avec la formation d'hydroperoxydes. L'absorbance a été mesurée à 234 nm. Tous les tests ont été effectués en trois exemplaires.

La quercétine (Sigma Aldrich) a été utilisée comme inhibiteur standard à la même concentration que les huiles essentielles. Le pourcentage d'inhibition (%I) de la LOX a été calculé à l'aide de l'équation suivante (Youbare-Ziebrou *et al.* 2016):

$$\%I = \frac{S - E}{S} \times 100$$

E : activité enzymatique sans inhibiteur ; S : activité enzymatique en présence de l'échantillon à tester.

La valeur de la CI₅₀ (µg/mL) a été déterminée graphiquement pour toutes les huiles essentielles testées ainsi que le standard et correspondait à la concentration nécessaire pour diminuer de 50 % l'activité LOX.

II.10.3. Évaluation de l'activité insecticide contre un insecte ravageur de blé.

II.10.3.1. Culture

Sitophilus granarius (*S. granarius*) est un charançon des grains de blé. Les cultures de *S. granarius* ont été maintenues en laboratoire sans exposition aux insecticides et ont été élevées dans des bocaux en verre de 1 L contenant des grains de blé stérilisés (environ 300 insectes).

Le bocal a été recouvert d'une toile à mailles fines par laquelle l'air peut entrer. Les cultures d'insectes ont été maintenues dans l'obscurité à 28 ± 2°C et 70±5% d'humidité relative. Des insectes adultes, âgés de 1 à 7 jours, ont été utilisés dans les expériences.

Toutes les procédures expérimentales ont été conduites dans les mêmes conditions que celles des cultures.

II.10.3.2. Activité insecticide par toxicité de contact

Les recherches sur l'activité insecticide de l'huile essentielle de *L. camara* contre *S. granarius* ont été effectuées par application par contact direct (Abdelgaleil 2006).

Le Talisma UL (Cypermétrine Biosix SA, Belgique) est un insecticide de référence pour la lutte contre les insectes nuisibles pendant le stockage des céréales. Il a été utilisé comme témoin positif. Différentes concentrations de 6 à 42 µL/mL d'huile essentielle et de Talisma UL ont été préparées en utilisant l'acétone comme solvant.

Des aliquotes de 500 µL des solutions d'huile essentielle ont été appliquées dans un tube contenant 20 g de grains de blé. Après évaporation du solvant pendant 20 minutes, 12 insectes adultes ont été placés dans les tubes et maintenus à $28 \pm 2^\circ\text{C}$ et $70 \pm 5\%$ d'humidité relative pendant 24 heures. Le témoin a reçu 500 µL d'acétone et a été traité dans les mêmes conditions. Chaque test avec l'huile essentielle, le Talisma UL et le témoin a été effectué en six exemplaires. Après 24 heures de traitement, le nombre de charançons morts a été compté et la mortalité des charançons a été calculée par l'équation suivante (Ayalew 2020) :

$$\text{Mortalité des charançons (\%)} = \frac{\text{Nombre de charançons morts}}{\text{Nombre total de charançons}} \times 100$$

Les valeurs de DL₅₀ (dose létale causant respectivement 50% de la mortalité après 24h, exprimée en µl/mL) ainsi que les courbes de mortalité des insectes ont été déterminées pour chaque échantillon d'huile essentielle de *L. camara* et pour le Talisma UL.

II.10.3.3. Activité insecticide par répulsion

L'effet répulsif de l'huile essentielle de *L. camara* contre *S. granarius* adulte a été étudié selon la méthode décrite par (McDonald L.L. *et al.* 1970).

Un disque de papier filtre (8 cm de diamètre) a été coupé en deux parties. Une partie a été imprégnée avec la solution acétonique d'huile essentielle (100µL) (6 à 42 µL/mL) et l'autre avec de l'acétone (100µL). Après quelques minutes d'évaporation, le filtre en papier imprégné a été fixé avec du ruban adhésif et placé dans une boîte de Pétri. Dix adultes de *S. granarius* ont été libérés dans la boîte de pétri, couverts et maintenus à $30 \pm 1^\circ\text{C}$ et $70 \pm 5\%$ d'humidité relative. Le nombre d'insectes présents sur chaque partie du papier-filtre a été déterminé 2h après exposition.

Ce test a été utilisé pour chaque concentration et l'ensemble du traitement a été réalisé en triplicat. Le pourcentage de répulsion (%Pr) a été calculé comme suit (Ayalew 2020) :

$$\%Pr = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Nc : Nombre d'insectes trouvés sur le morceau de papier filtre traité à l'acétone

Nt : Nombre d'insectes trouvés sur le morceau de papier filtre traité avec une solution d'huile essentielle.

Les valeurs obtenues du pourcentage de répulsion après calcul sont classées selon les différentes classes répulsives variant de 0 à V, selon la classification de (McDonald L.L. *et al.* 1970) (Tableau 9).

Tableau 9: Classification de la répulsivité selon McDonald

Classe	Pourcentage de répulsion (Pr)	Propriété de la substance traitée
0	$Pr \leq 0,1\%$	Non répulsive
I	$0,1 < Pr \leq 20\%$	Très faiblement répulsive
II	$20 < Pr \leq 40\%$	Faiblement répulsive
III	$40 < Pr \leq 60\%$	Modérément répulsive
IV	$60 < Pr \leq 80\%$	Répulsive
V	$80 < Pr \leq 100\%$	Très répulsive

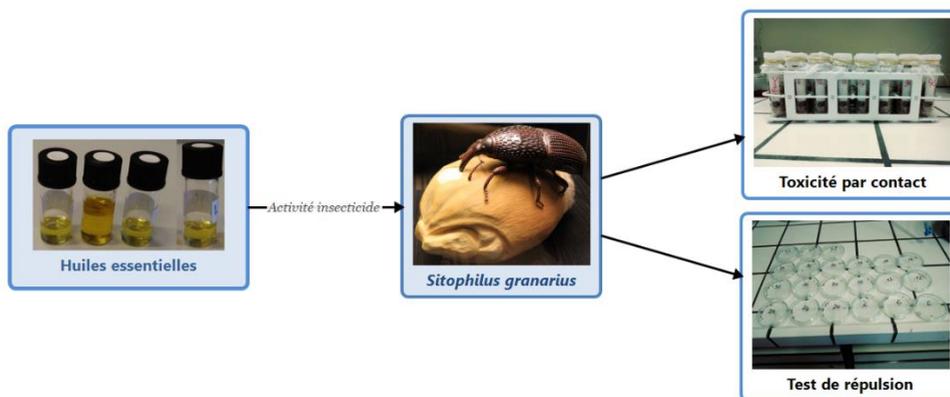


Figure 15: Activité insecticide

II.10.4. Activité anti-plasmodiale *in-vitro*

Le test antiplasmodial a été réalisé au laboratoire de pharmacognosie (département de pharmacie) de l'Université de Liège. L'évaluation de l'inhibition de la prolifération parasitaire érythrocytaire s'effectue par la méthode colorimétrique résultant de l'activité du lactate déshydrogénase plasmodiale.

L'activité antiplasmodiale des extraits bruts ou des composés purs testés *in vitro* sur le *Plasmodium falciparum* (*P. falciparum*) est exprimée en fonction de la concentration nécessaire d'un extrait ou d'un composé pour réduire de 50% la croissance d'une population de parasites (CI₅₀). Cette concentration s'exprime en µg/mL pour les extraits bruts et en µM ou nM pour les composés purs.

Selon les valeurs de CI₅₀ obtenues, une classification de l'activité antiplasmodiale a été admise (**Tableau 10**). Cette classification est basée sur les recommandations de l'OMS et les résultats des différentes études menées sur les criblages antiplasmodiaux des plantes et des composés purs isolés des plantes au laboratoire de pharmacognosie (Frédérich *et al.* 2001; Bero *et al.* 2009; Bero & Quetin-Leclercq 2011; Manzo 2012; Ledoux *et al.* 2017).

Tableau 10: Classification de l'activité antiplasmodiale des extraits de plantes et des composés purs isolés

Echantillons testés	CI ₅₀ (µg/ml ou µM)	Classification
Extraits bruts (µg/mL)	>50	Inactif
	15 < CI ₅₀ < 50	Activité modérée
	5 < CI ₅₀ < 15	Actif
	< 5	Très actif
Composés purs (µM)	> 50	Inactif
	11 < CI ₅₀ < 50	Composé peu actif
	2 < CI ₅₀ < 11	Composé actif
	< 1	Composé très actif (lead compound)

II.10.4.1. Culture *P. falciparum*

Des cultures *in vitro* continues de stades érythrocytaires asexués de *P. falciparum*, de la souche 3D7 sensible à la chloroquine (initialement isolée chez un patient vivant près de l'aéroport de Schiphol aux Pays-Bas) et de la souche W2 résistante à la chloroquine (initialement isolée chez un réfugié laotien en 1980) ont été maintenues selon la procédure de Trager et Jensen en 1976, avec les modifications apportées par (Frédérich *et al.* 2001). Les manipulations ont été faites dans des conditions stériles, sous hotte à flux laminaire vertical (Gera filtration technology).

II.10.4.2. Souches de *P. falciparum*

Deux souches de *P. falciparum* ont été utilisées pour la réalisation des tests, il s'agit de :

- La souche 3D7 sensible à la chloroquine, initialement isolée chez un patient vivant près de l'aéroport de Schiphol aux Pays-Bas (Delemarre & Van Der Kaay 1979). Dans nos conditions expérimentales, la CI_{50} moyenne de la chloroquine pour cette souche était comprise entre 0,020 et 0,025 μM .
- La souche W2 résistante à la chloroquine est un clone provenant de l'Indochine III/CDC mais initialement isolée chez un réfugié laotien en 1980 (Campbell *et al.* 1982). Elle a été obtenue du Pr Dallas (Munford R, Univ Texas Southwestern Med School) qui a soigné le patient et fourni du sang parasité au CDC. Dans nos conditions expérimentales, la CI_{50} moyenne de la chloroquine pour cette souche variait entre 0,7 - 0,8 μM .

Les souches ont été obtenues auprès du Malaria Research and Reference Reagent Resource Center, MR4.

II.10.4.3. Milieu de culture

Le milieu de culture était constitué de RPMI 1640 (Gibco Fisher Scientific, Loughborough, Royaume-Uni) contenant du $NaHCO_3$ (32 mM), de l'HEPES (25 mM) et de la L-glutamine. Le milieu a été complété par 1,76 g/L de glucose (Sigma-Aldrich, Machelen, Belgique), 44 mg/mL d'hypoxanthine (Sigma-Aldrich, Machelen, Belgique), 100 mg/L de gentamycine (Gibco, Fisher Scientific, Loughborough, Royaume-Uni), et 10% de sérum humain (A+), comme décrit par Bero *et al.* 2013 (Bero *et al.* 2013).

II.10.4.3.1. Culture *in vitro*

La culture des parasites du *P. falciparum* dans des globules rouges humains est réalisée au stade érythrocytaire asexué. Ces parasites sont maintenus dans des milieux de cultures à 37 %, selon les conditions suivantes. Le Rapport du volume des hématies au volume sanguin est fixé à 3 % dans un environnement réduit en oxygène composé de 5 % de CO_2 , de 5 % de O_2 et de 90 % de N_2 .

L'évolution de parasites dans le sang est suivie en continu par des frottis sanguins fixés pendant 3 minutes avec du réactif de May-Grünwald (Merck, 101424), qui permet également une pré-coloration ou avec du MeOH grade HPLC, puis lavés à l'eau simple. Les lames du frottis sanguins sont par la suite colorées une seconde fois pendant 10 à 15 min au Giemsa (Merck, 109204) à 6% à dans du tampon phosphate à pH = 7,4 (Sigma, P4417). La seconde coloration au Giemsa dure 30 minutes, si la fixation s'est faite par le MeOH. Les lames du frottis sont lues au microscope optique (ZEISS Axiolab) avec un objectif 100X, sous immersion.

La parasitémie est déterminée après comptage des globules rouges parasités et des globules rouges non parasités. Les dilutions de la culture se font tous les 2 à 3 jours en fonction du taux de croissance de chaque souche et en fonction de la parasitémie voulue. Les différentes souches de *Plasmodium* peuvent être congelées et conservées à -195,79 °C dans l'azote liquide.

II.10.4.4. Synchronisation de *P. falciparum*

Dans cette partie, la technique utilisée pour la synchronisation est celle mise au point par Lambros et Vanderberg JP en 1979 (**Lambros & Vanderberg 1979**).

Cette technique est réalisée avec des parasites dans leurs stades de développement, de préférence le stade "jeune trophozoïte. La membrane des globules rouges infectés par le parasite du plasmodium au stade schizonte est détruite suite aux modifications de la pression osmotique interne provoquée par l'utilisation du sorbitol (Merck, 107759). Les formes anneaux (jeunes trophozoïtes) sont donc les seules qui restent dans le milieu de culture.

Pour synchroniser un milieu de culture sa parasitémie doit être supérieure à 5% avec la forme trophozoïte majoritaire. La culture est centrifugée à 2000 tours/minutes pendant 5 minutes. Le surnageant est remplacé par un même volume d'une solution de sorbitol 5 % dans l'eau distillée stérile (P/V) et incubée 10 minutes à température de la sale. Le tout est agité en continu. Après centrifugation du milieu de culture, le culot est récupéré et lavé au moins 3 fois avec du milieu complet (RPMI 1640) et ajusté à la fin à un hémocrite de 5 %.

II.10.4.5. Tests de chimiosensibilité ou évaluation de l'activité antiplasmodiale *in vitro*

Des solutions d'extraits bruts ont été préparées dans du DMSO (Sigma-Aldrich D-4540) à 10 mg/mL (ou 1mg d'extrait dilué dans 100µL de DMSO).

Les solutions d'extraits et de composés testés ont été diluées 10 fois avec du milieu de culture prêt à l'emploi pour donner une solution à 1 mg/ml (concentration finale de DMSO). Chaque échantillon d'essai a été appliqué en une série de huit dilutions doubles dans une plaque de 96 puits (Nunc, 167008) et testé en trois exemplaires.

La parasitémie était de 2 % et l'hémocrite de 1 %, comme décrit par Murebwayire et al. (**Murebwayire et al. 2008**). Des globules rouges infectés sont utilisés comme

témoins positifs de croissance et des hématies non parasitées sont également utilisées comme témoins négatifs (blanc). L'artémisinine 98 % (Sigma-Aldrich, Machelen, Belgique) à une concentration initiale de 100 ng/mL a été utilisée comme témoin positif dans toutes les expériences.

La plaque est incubée pendant 48 heures à 37 °C dans une boîte à culture hermétiquement fermée imprégnée d'un sachet de gaz Genbox microaer (Biomérieux, 96125) générant un milieu microaérobie. Elle est ensuite congelée pendant plus ou moins 24 heures à -20 °C, puis décongelée à 37 °C pendant 45 minutes. Vingt µL de chaque puit homogénéisé sont transférés dans une nouvelle plaque à 96 puits et additionnés de 100 µL d'une solution composée d'1 mL de Triton X-100 (Sigma, X100), 10 mg de saponine (Merck, A18820), 1 g de lithium L-lactate (Sigma, L2250) et 200 mg d'APAD (Sigma, A5251) / 100 mL de tampon TRIS pH8 (Sigma, T6664).

La nouvelle plaque à 96 puits est incubée pendant 15 minutes à 37 °C, ensuite 20 µL d'un mélange de solution préparé d'1 mL d'une solution de 2 mg NTB (Nitrotetrazolium blue chloride, Sigma, N6639) / ml dans de l'eau distillée et d'1 mL d'une solution de 0,1 mg de PES (Phenazine ethosulfate, Sigma, P4544) / mL dans du tampon TRIS pH8 sont ajoutés à l'abri de la lumière et incubés 30 à 45 minutes à 37 °C. La croissance des parasites a été estimée par la détermination de l'activité du lactate déshydrogénase (LDH), selon la méthode colorimétrique décrite en 1993 par Makler et al (**Makler & Hinrichs 1993; Makler et al. 1993**).

L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (Stat Fax 2100) à 630nm. L'intensité de coloration est proportionnelle à la quantité d'enzyme présente dans le milieu réactionnel et donc à la quantité de parasites. Les valeurs de la CI_{50} ont été calculées à partir des graphiques.

II.10.4.5.1. Principe de la méthode colorimétrique

Le lactate déshydrogénase (LDH) est une enzyme, dont une forme analogue est aussi présente dans les cellules humaines et intervenant dans la glycolyse anaérobie. Elle est capable de transformer le pyruvate en L-lactate en utilisant comme coenzyme le nicotinamide adénine dinucléotide (NAD). Le coenzyme utilisé dans le cas de notre étude est un analogue du NAD⁺, le 3-acétyl pyridine adénine dinucléotide (APAD), qui a 300 fois plus d'affinité pour la LDH parasitaire que pour la LDH humaine (**Makler et al. 1998**). Pour effectuer une mesure au spectrophotomètre, un sel de tétrazolium est ajouté à la solution.

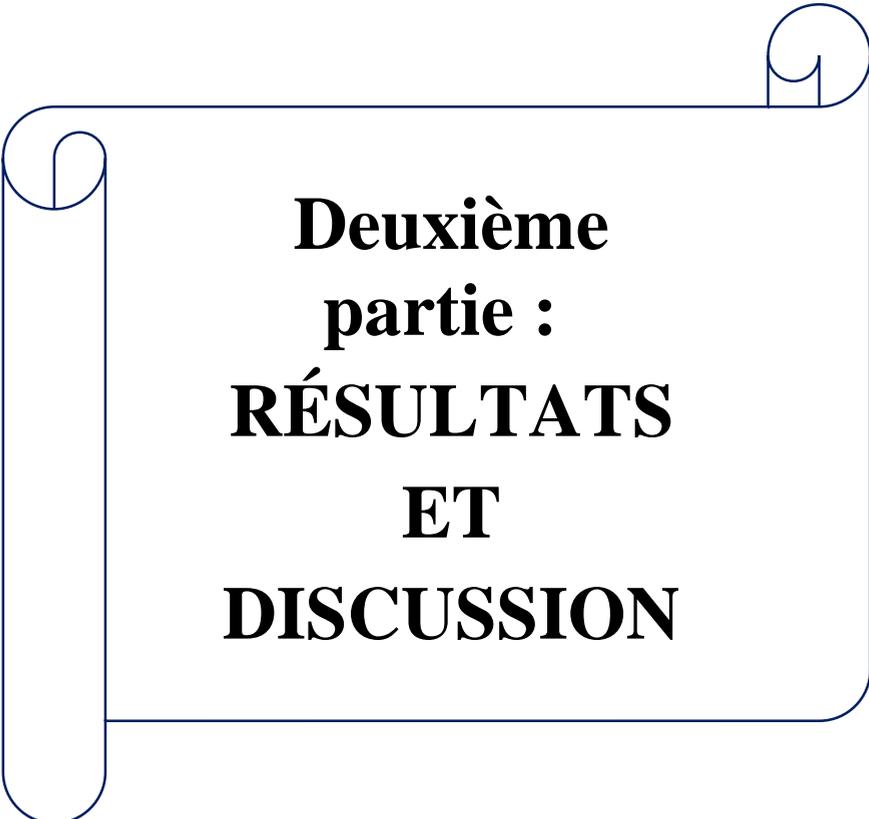
II.11. Méthodes d'analyses statistiques

Les valeurs moyennes des données sont présentées avec l'écart-type de la moyenne (moyenne ± SD). Différents logiciels d'analyse statistique ont été utilisés.

- Les données de chaque expérience biologique ont été statistiquement réalisées à l'aide du logiciel Graph Pad Prism 8.2.1 (Graph Pad Software

Inc., San Diego, CA, USA), également à l'aide du logiciel Minitab 18 (Minitab LLC, State College, PA, USA). Une comparaison des moyennes (ANOVA à un facteur) à l'aide du test de comparaisons multiples de Tukey, au seuil de significativité de $p < 0,05$.

- La dose létale pour 50 % de la population d'insectes LD_{50} est calculée par la méthode des probits de Finney, 1971, pour la comparaison de la toxicité des huiles essentielles testées. Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits de mortalité à l'aide du logiciel statistique XLSTAT-Pro 7.5 a permis de déterminer la DL_{50} (Zoheir *et al.* 2011).
- La comparaison de la composition des échantillons d'huile essentielle de la récolte mensuelle de *L. rhodesiensis* a été effectuée en utilisant des procédures statistiques multivariées comme décrit précédemment (Soilhi *et al.* 2019). L'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse en grappes hiérarchiques (CAH) ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT 2016.02.27444 (Addinsoft, Paris, France). La CAH a utilisé les fonctions de distance euclidienne à coefficient basées sur la dissimilitude entre deux échantillons. Un dendrogramme a été construit sur la base de mesures carrées de la distance euclidienne (méthode de Ward).
- L'analyse multivariée des échantillons d'huile essentielle de *L. camara* (récolte mensuelle et récolte selon les régions) a été réalisée en soumettant les données quantitatives de l'analyse chromatographique à l'ACP. La proportion de composants dans les échantillons d'huile essentielle de *L. camara* a été utilisée pour définir une matrice $m \times n$, où m représente les échantillons et n les composés déterminés dans l'huile essentielle. L'ACP et la CAH ont été effectuées par le logiciel "R 3.6.0". Toutes les analyses ACP ont été effectuées à l'aide du package FactoMineR (version 1.41) et les analyses CAH ont été réalisées à l'aide du package Factoextra (version 1.0.5).



**Deuxième
partie :
RÉSULTATS
ET
DISCUSSION**

Chapitre III

**Composition chimique et activités
biologiques de l'huile essentielle de *Lantana
camara* Lin**

III.1. Étude multivariée de l'impact phénologique sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana camara*

Pour étudier la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* au cours de son cycle végétatif, une récolte mensuelle des feuilles, fleurs, fruits et tiges a été effectuée pendant deux ans (juin 2015 à juin 2017) sur le site de Brègbo (5°18'23.1"N 3°49'49.6"W) à 9 km de Bingerville (5°21'20N, -3°53'7O) au Sud de la Côte d'Ivoire.

Nous avons reparti ces mois de collectes en deux périodes de récolte. La première période s'étend de juin 2015 à juin 2016 et la deuxième de juillet 2016 à juin 2017.

Au cours des mois de collectes sur le site, nous avons constaté que la floraison et la fructification de *L. camara* est quelquefois peu abondante durant le mois de juin, atteint un pic généralement en juillet et août, et parfois en novembre et en décembre.

Les échantillons d'huile essentielle ont été obtenus par hydrodistillation des organes frais. Au total 82 échantillons d'huile essentielle, dont 24 échantillons d'HE de feuilles, 20 échantillons d'HE de fleurs, 18 échantillons d'HE de fruits et 20 échantillons d'HE de tiges.

L'HE des feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara* obtenue était limpide, de forte odeur et de couleur jaune. Les échantillons d'huile ont été analysés par CPG-IR, CPG-SM et RMN ¹³C au laboratoire de Corse (France).

III.1.1. Rendement (Rdmt)

Les valeurs des rendements de l'HE des feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara* des différents mois de collectes sont représentées dans la **Figure 16** ci-dessous. La majorité des échantillons d'HE présente un rendement très faible.

Le rendement de l'HE des feuilles fraîches est presque homogène (0,051 – 0,110), sauf celui de l'échantillon du mois de juin 2017 qui a une teneur basse (0,042 %). Au niveau des tiges et des fruits frais, le rendement varie entre 0,002 % et 0,017 %. Cependant le rendement de l'échantillon des fruits du mois de juin 2017 atteint 0,049 %, tandis que celui des tiges atteint cette teneur dans le mois juillet 2015 (0,048 %). En général, le rendement des feuilles fraîches est élevé par rapport à celui des fleurs, fruits et tiges. Toutefois, nous avons remarqué que, le rendement de l'HE des fleurs récoltées dans les mois de forte floraison et fructification est plus élevé que celui des feuilles. Le rendement des tiges et des fruits récoltés durant ces mois augmente également. Cette forte variabilité peut être due à des paramètres climatiques et saisonniers. Cela pourrait aussi se justifier par le rôle (attracteur) des médiateurs chimiques dévolus aux essences au cours de la floraison et fructification.

Il faut souligner que pendant certains mois, la récolte de *L. camara* a donné lieu à de très faibles quantités de certains organes. Il a été impossible de quantifier précisément les rendements en huile essentielle. C'est le cas par exemple, de la récolte des fleurs durant le mois de janvier de la première période. Nous constatons que,

quelle que soit la période de récolte, le matériel végétal des mois de juillet et d'août présente un meilleur rendement.

Comparés aux données de la littérature, les différents rendements d'huile essentielle des feuilles obtenus dans cette étude (0,04 - 0,12 %) sont inférieurs à ceux des feuilles de *L. camara* d'Égypte (0,36 %) (**Abdelgaleil 2006**). Ils restent néanmoins proches du rendement des feuilles fraîches de *L. camara* du Brésil (0,1 %) (**Sousa et al. 2012**). Les différences peuvent résulter de l'hydrodistillation et des conditions de stockage des plantes ainsi que des contraintes environnementales et climatiques (**Rebey et al. 2018**).

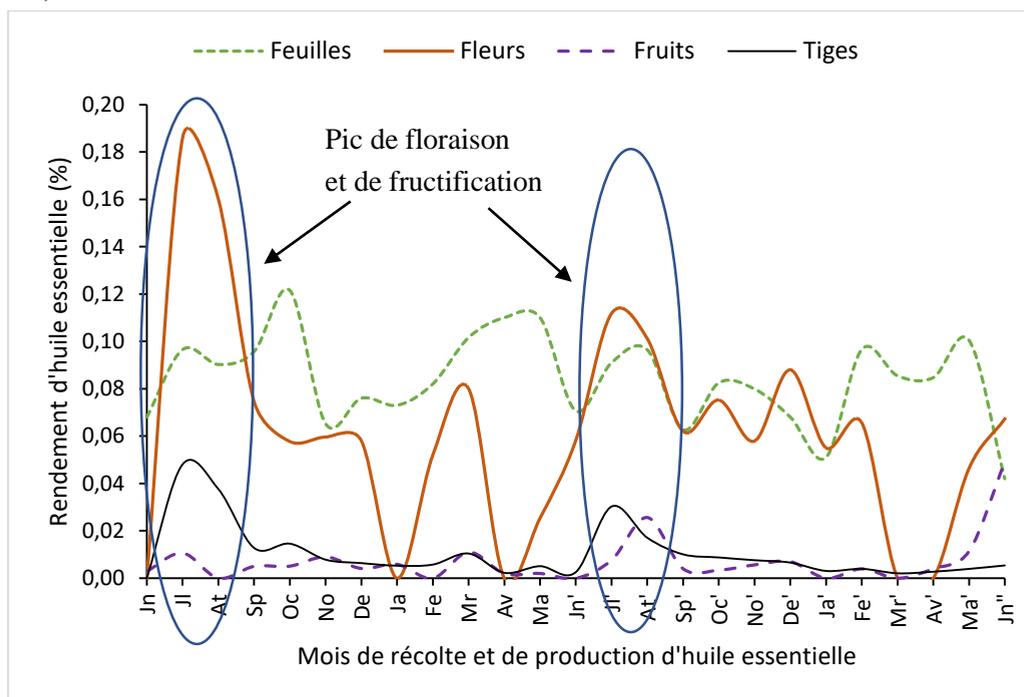


Figure 16: Rendement d'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara*

III.1.2. Composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara*

III.1.2.1. Huile essentielle des feuilles

Tous les 24 échantillons d'huile essentielle de feuilles ont d'abord été analysés par CPG(Ir). En fonction de leur profil chromatographique, 8 échantillons ont été analysés par CPG-SM et RMN ¹³C. Cela nous a permis d'identifier 70 composés représentant 94,0 à 99,1 % de la composition chimique globale de chaque échantillon.

Les composés identifiés dont la teneur est supérieure ou égale à 0,6% sont représentés dans les **Tableau 11** et **Tableau 12**.

Nous constatons que, l'HE des feuilles de *L. camara* est majoritairement constituée de mono et sesquiterpènes. Elle est dominée par les composés sesquiterpéniques.

Dans tous les échantillons, le (*E*)- β -caryophyllène (24,4 - 39,9 %) et l' α -humulène (10,1 - 20,5 %) sont les deux principaux composés que l'on retrouve à proportion constante. Les monoterpènes tels que l' α -pinène et le sabinène sont présents dans des proportions plus faibles, mais en juin 2016, ces monoterpènes atteignent respectivement jusqu'à 6,5 % et 10,9 %. En outre, la proportion de thymol a beaucoup fluctué, puisqu'elle a augmenté en juillet (16,5 %) et en août (18,4 %) 2015, mais est restée inférieure (trc - 2,3 %) dans les échantillons des autres mois. Cet effet saisonnier indique une influence de l'environnement sur la composition de l'huile essentielle de *L. camara*.

Parallèlement, il a été observé que la composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* varie d'un pays à un autre et parfois même au sein d'une même région (**Tableau 2**) (**Ngassoum et al. 1999; Pino et al. 2004; Sonibare & Effiong 2008; Benites et al. 2009; Costa et al. 2010; Machado et al. 2012; Rodrigues et al. 2018**).

En effet, comme l'indique les résultats obtenus, (*E*)- β -caryophyllène a été identifié comme le principal composé, ce qui a également été démontré dans des études précédentes menées en Égypte, où ce composé a atteint jusqu'à 42,63 % (**Mohamed & Abdelgaleil 2008**), en Algérie (26,3 - 47,1 %) (**Zoubiri & Baaliouamer 2012b,a**), au Bangladesh (13,57 %) (**Chowdhury et al. 2007**) et en Inde (23,3 %) (**Rana et al. 2005**).

Deux études réalisées au Brésil avaient mis en évidence le bicyclogermacrène (19,42 %) et l'isocaryophyllène (16,70 %) (Sousa et al. 2010); le germacrène D (24,90 %) et le (*E*)- β -caryophyllène (14,31 %) (Machado et al. 2012) comme composants majeurs.

Tableau 11: Composition chimique des feuilles de la première période

Composés	Ira	Irp	Id	Composition des feuilles première période (juin 2015-juin 2016)												
				Jn	Jt	At	Sp	Oc	No	De	Ja	Fe	Mr	Av	Ma	Jn
α-pinène	929	1014	1.2.3	2,4	1,7	2,8	2,3	2,1	1,9	1,3	3,1	3,3	3,6	2,5	4,8	6,5
sabinène	964	1122	1.2.3	4,8	3,0	5,2	4,7	4,8	4,6	3,2	7,5	6,3	6,9	4,9	8,8	10,9
β -pinène	969	1111	1.2.3	1,7	1,3	2,0	1,8	1,7	1,6	1,1	2,3	2,3	2,2	1,7	3,0	4,0
myrcène	979	1160	1.2	0,5	0,5	0,9	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8
p-cymène	1011	1270	1.2	0,5	2,1	3,9	0,5	0,2	0,5	0,3	0,3	0,7	0,1	0,2	0,2	0,4
limonène*	1019	1201	1.2.3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6	0,8	0,5	0,7	0,8
linalol	1082	1545	1.2.3	1,5	1,4	1,2	1,3	1,2	1,8	2,2	1,2	1,4	1,0	1,4	1,5	2,0
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2	0,6	1,1	1,3	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,7
géraniol (citral)	1241	1730	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
thymol	1267	2176	1.2.3	2,1	16,5	18,4	trc	0,1	1,4	0,4	-	-	trc	trc	-	0,5
α -copaène	1374	1487	1.2.3	0,9	0,8	0,7	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	1,0
β -cubebène	1384	1528	1.2	1,2	0,4	0,6	1,3	1,3	1,6	1,4	1,3	1,0	1,4	1,4	1,4	1,1
β -élémyène	1386	1586	1.2	1,5	1,2	1,3	1,9	1,9	1,4	1,6	1,7	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	35,6	29,2	24,4	33,9	35,4	35,2	33,7	34,8	31,8	36,3	37,9	35,6	32,1
β -copaène	1424	1586	1.2.3	1,6	1,7	1,4	2,3	2,0	1,9	1,9	1,8	2,1	1,7	1,7	1,7	1,7
(E)- β -farnésène	1446	1664	1.2.3	1,2	0,9	0,6	1,0	1,2	1,5	2,3	1,2	0,9	1,2	1,3	1,2	1,3
α-humulène	1448	1664	1.2.3	18,2	13,4	10,1	16,1	18,0	17,4	17,2	17,8	18,7	19,8	20,1	17,4	13,3
α -curcumène	1465	1769	1.2	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4	0,4	0,7	0,9	0,7	0,2	0,2	0,2	0,3
γ -curcumène	1468	1676	1.2	0,9	0,6	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6		0,9	0,6	0,7	0,6	0,7
γ-muurolène	1468	1682	1.2.3	4,0	3,5	3,7	4,6	5,7	5,6	5,4	5,5	2,3	4,4	4,0	3,7	4,1

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

germacrène D	1473	1703	1.2.3	0,6	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4
β-sélinène	1479	1717	1.2.3	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9	1,1	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7
germacrène bicyclo (E,E)	1488	1721	1.2.3	3,1	2,8	1,8	2,3	3,7	3,2	2,1	0,9	0,6	2,5	2,7	3,1	3,7
4-épi cubebol	1488	1878	1.2	0,7	0,5	0,4	0,7	0,7	0,6	0,7	2,2	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3
α-selinène	1491	1727	1.2	0,8	0,8	0,7	1,1	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7
α-muuroolène	1499	1712	1.2.3	1,0	0,8	0,7	1,0	1,2	1,3	1,7	1,2	0,9	1,0	1,2	1,1	1,2
cubebol	1504	1930	1.2	1,7	1,0	0,8	1,5	2,0	1,5	1,7	1,2	1,3	1,2	1,4	0,7	0,6
δ-cadinène	1512	1750	1.2.3	0,8	1,0	0,8	0,9	0,7	0,8	1,0	0,9	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8
spathuléol	1557	2111	1.2.3	1,0	1,4	1,1	1,6	0,9	0,8	0,9	0,5	1,0	0,1	0,5	0,2	0,3
himachalène oxydo	1561	1960	1.2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,3	-	1,2	0,2	0,2	0,1	0,1
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	1,2	1,1	1,1	3,1	1,1	0,9	1,8	1,0	5,0	0,6	1,0	0,5	0,5
humulène oxyde II	1590	2038	1.2	0,6	0,5	0,6	1,1	0,5	0,4	0,8	0,4	1,9	0,4	0,5	0,2	0,2
isospathuléol	1615	2217	1.2	1,1	0,3	0,3	0,5	0,8	0,9	1,4	0,4	0,3	0,6	0,8	0,3	0,3
cubenol	1632	2052	1.2	-	0,1	-	-	-	0,5	0,7	-	-	0,1	0,1	-	-
phytol E	2098	2604	1.2.3	0,4	trc	0,5	0,6	trc	0,6	1,1	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3
Monoterpènes hydrogénés (%)				11,2	9,9	18,5	10,7	10,6	10,5	7,2	14,8	14,2	15,8	11,4	20,1	25,5
Monoterpènes oxygénés (%)				4,4	19,5	21,0	2,1	1,9	3,9	3,6	2,1	3,2	1,5	2,2	2,2	3,3
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				75,5	61,6	51,3	73,9	79,2	77,0	76,5	75,4	68,3	77,1	79,3	73,0	66,1
Sesquiterpènes oxygénés (%)				5,1	4,5	4,1	8,8	5,0	4,7	7,5	2,8	10,5	3,1	4,6	2,0	2,0
Diterpènes (%)				0,4	0,0	0,5	0,6	0,0	0,6	1,1	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3
Autres (%)				0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,3	0,1	0,2	0,4	0,8
Total composés identifiés (%)				96,5	95,7	95,7	96,2	96,8	96,8	96,1	95,7	96,6	97,9	98,1	97,9	98,0

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

Tableau 12: Composition chimique des feuilles de la deuxième période

Composés	Ira	Irp	Id	Composition de feuilles deuxième période (juillet 2016-juin 2017)										
				Jt	At	Sp	Oc	No	De	Ja	Mr	Av	Ma	Jn
α-pinène	929	1014	1.2.3	5,5	2,3	2,2	1,1	2,9	4,9	1,2	3,9	4,0	3,1	3,8
sabinène	964	1122	1.2.3	9,5	5,1	4,8	3,2	6,1	9,0	2,5	7,3	7,6	6,2	7,7
β -pinène	969	1111	1.2.3	3,6	1,7	1,8	0,9	2,0	2,9	0,9	2,6	2,6	2,1	2,5
myrcène	979	1160	1.2	0,8	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,3	0,6	0,7	0,5	0,7
limonène*	1019	1201	1.2	0,7	1,0	0,5	0,3	0,5	0,6	0,3	0,7	0,6	0,5	0,6
linalol	1082	1545	1.2.3	1,6	1,3	1,0	1,4	1,4	1,5	0,8	1,1	1,4	1,5	1,5
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2.3	0,7	0,5	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,4
néral	1213	1675	1.2	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
géraniol (citral)	1241	1730	1.2	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
thymol	1267	2176	1.2.3	0,4	0,3	0,1	0,1	1,9	1,1	0,2	0,4	1,4	1,7	2,3
α -copaène	1374	1487	1.2.3	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	1,4	1,1	1,0	1,0	0,9
β -cubebène	1384	1528	1.2	1,1	1,0	1,2	1,5	1,0	1,1	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2
β -élémane	1386	1586	1.2	1,4	1,1	1,9	2,1	1,8	1,6	1,9	1,2	1,2	1,2	1,4
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	32,6	34,2	36,0	39,9	34,3	33,3	37,0	35,1	34,3	35,9	35,3
β -copaène	1424	1586	1.2.3	1,9	2,0	2,1	2,2	1,8	1,7	2,6	1,9	1,6	1,7	1,7
(E)- β -farnésène	1446	1664	1.2.3	1,2	1,3	1,0	1,2	1,4	1,3	1,4	1,1	1,2	1,7	1,5
α-humulène	1448	1664	1.2.3	14,0	14,3	16,6	16,4	17,2	16,3	20,5	19,2	17,6	17,5	15,0
γ -curcumène	1468	1676	1.2	0,8	0,8	1,0	0,9	0,7	0,7	0,9	0,7	0,6	0,6	0,6
γ-muurolène	1468	1682	1.2	4,2	5,2	5,8	7,4	5,0	4,9	6,2	4,1	4,4	4,5	5,0
germacrène D	1473	1703	1.2.3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0,6	0,6

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

β-sélinène	1479	1717	1.2.3	0,9	1,1	1,3	0,9	1,0	0,9	1,0	0,7	0,9	0,9	0,6
germacrène bicyclo (E,E)	1488	1721	1.2.3	3,2	3,4	4,1	5,3	2,8	2,9	2,5	2,0	3,8	3,4	5,1
4-épi cubebol	1488	1878	1.2.3	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3
α-selinène	1491	1727	1.2	0,8	1,0	1,0	0,7	0,9	0,8	1,1	0,9	0,8	0,8	0,6
α-muuroène	1499	1712	1.2	1,2	1,4	1,3	1,2	1,4	1,2	1,4	1,1	1,1	1,5	1,4
cubebol	1504	1930	1.2.3	0,7	1,5	1,5	1,6	1,1	1,1	0,8	0,9	1,2	1,1	1,0
δ-cadinène	1512	1750	1.2	1,0	0,8	1,0	0,7	1,0	0,8	1,3	0,9	0,9	0,8	0,8
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	0,7	1,0	1,2	0,5	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5
humulène oxyde II	1590	2038	1.2.3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3
isopathuléol	1615	2217	1.2	0,4	0,8	0,7	0,5	0,8	0,4	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6
phytol E	2098	2604	1.2.3	0,2	0,6	0,7	0,5	0,7	tr	0,5	0,3	0,5	0,1	0,2
Monoterpènes hydrogénés (%)				22,4	1,2	11,0	6,8	13,9	20,2	6,4	17,2	17,3	14,0	17,2
Monoterpènes oxygénés (%)				2,9	1,2	1,6	1,8	3,9	3,3	1,7	2,3	3,4	4,0	4,3
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				67,6	1,2	79,1	85,0	74,7	71,4	84,3	74,6	73,7	76,1	73,8
Sesquiterpènes oxygénés (%)				2,6	1.2.3	4,9	4,6	4,0	2,1	3,8	2,9	3,2	2,7	2,2
Diterpènes (%)				0,2	0,6	0,7	0,5	0,7	0,0	0,5	0,3	0,5	0,1	0,2
Autres composés (%)				0,7	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
Total composés identifiés (%)				96,4	94,0	97,5	97,4	97,4	97,2	96,9	97,6	98,3	97,2	97,9

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

III.1.2.2. Huile essentielle des fleurs

Le total des échantillons d'HE des fleurs (20) a été analysé par CPG-IR, puis par rapport à leur profil chromatographique, cinq échantillons ont été également analysés par CPG-SM et RMN ¹³C. Nous avons identifié, par combinaison des techniques CPG-IR, CPG-SM et RMN ¹³C, 73 composés au total, représentant 88,0 à 96,9 % de la composition chimique des échantillons. Les composés identifiés de l'huile essentielle des fleurs dont la teneur est supérieure ou égale à 0,6% sont représentés dans les **Tableau 13** et **Tableau 14**.

La plupart des échantillons d'huile essentielle isolées des fleurs de *L. camara* sont dominés par le (*E*)- β -caryophyllène (19,2 - 36,6 %) et α -humulène (8,5 - 19,9 %). Toutefois, la proportion de thymol a atteint 34,3 %, 26,3 % et 21,6 % respectivement en juillet, août et novembre 2015. Cependant, elle est inférieure à 1 % pendant les autres mois de la première période de récolte. Le sabinène est classé comme deuxième monoterpène prédominant. On le retrouve en quantité appréciables (jusqu'à environ 6 %) en plus d'un mois. Les sesquiterpènes tels que le (*E*)- β -farnésène, γ -muurolène, sont présents de manière homogène et à des proportions appréciables tout au long des périodes de récolte.

Tout comme les feuilles, les fleurs de *L. camara* produisent de l'huile essentielle riche en sesquiterpènes, dominés par le (*E*)- β -caryophyllène et l' α -humulène.

Des études antérieures ont révélé également la prédominance des sesquiterpènes dans l'huile essentielle des fleurs de *L. camara*. Les principaux composés sont le (*E*)- β -caryophyllène (26,9 %), bicyclogermacrène (12,5 %), cis-davanone (7,4 %), et δ -cadinène (7,4 %) dans le nord-est de l'Inde (**Misra & Saikia 2011**). Un autre échantillon d'huile de fleurs provenant d'Inde présente le β -élémane (14,5%), germacrène-D (10,6 %), α -copaène (10,7 %) α -cadinène (7,2 %), (*E*)- β -caryophyllène (7,0 %) and γ -élémane (6,8 %) comme composés majoritaires (**Khan et al. 2002**).

L'échantillon du Cameroun est dominé par l'*ar*-curcumène (27,1 %), nerolidol (13,3 %) (**Ngassoum et al. 1999**).

Une étude a montré la présence d'un monoterpène comme composé majoritaire de l'huile des fleurs de *L. camara*, notamment le sabinène (14,18 %) (**Singh et al. 2012**).

Cependant, bien que ces compositions soient dominées par les sesquiterpènes, il existe une différence avec l'huile essentielle des fleurs provenant de Côte d'Ivoire. Les composés tels que l'*ar*-curcumène et la davanone n'ont pas été détectés dans les échantillons de la Côte d'Ivoire. Quant au nerolidol, il est présent en très faible proportion (inférieur à 1 %). L'oxyde de caryophyllène (10,6 %) est le composé majoritaire de l'huile essentielle d'un échantillon de fleurs provenant de l'Arabie Saoudite (**Khan et al. 2016**), alors que ce composé est présent dans les échantillons de notre étude en faible proportion. La plus forte proportion n'atteint pas 5 %.

La composition de l'huile des fleurs de la Côte d'Ivoire diffère des autres compositions citées par la présence du thymol, surtout en tant que composé majoritaire dans certains échantillons.

Tableau 13 : Composition chimique des fleurs de la première période

Composés	Composition de fleurs première période (juin 2015-juin 2016)												
	Ira	Irp	Id	Jt	At	Oc	No	De	Fe	Mr	Av	Ma	Jn
α -pinène	929	1014	1.2.3	0,3	0,4	0,5	0,5	1,0	1,4	0,5	2,7	1,6	0,4
sabinène	964	1122	1.2.3	0,2	0,8	1,1	1,2	2,9	2,6	1,6	5,4	3,4	1,9
β -pinène	969	1111	1.2.3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,7	0,6	0,3	1,9	0,8	0,4
myrcène	979	1160	1.2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6	0,3
p-cymène	1011	1270	1.2	1,6	0,8	0,3	1,1	0,5	0,8	0,1	0,5	0,3	0,2
limonène*	1019	1201	1.2.3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5
γ -terpinène	1047	1244	1.2	1,1	0,2	-	0,7	0,1	0,1	0,2	-	0,2	0,1
linalol	1082	1545	1.2.3	2,5	3,1	1,1	2,4	3,0	2,5	1,5	1,5	1,7	1,7
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2	2,3	2,2	0,2	1,5	0,8	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5
néral	1213	1675	1.2	0,2	0,2	0,1	0,7	-	2,4	0,1	-	0,1	0,1
géranial (citral)	1241	1730	1.2	-	-	-	0,8	-	3,9	-	-	-	-
thymol	1267	2176	1.2.3	34,3	26,3	0,3	21,6	0,4	0,1	trc	trc	trc	0,2
α -copaène	1374	1487	1.2.3	1,0	1,1	1,8	1,1	1,3	1,5	1,8	1,2	1,5	1,5
β -cubebène	1384	1528	1.2.3	0,1	0,5	1,7	0,7	1,1	1,2	1,4	-	1,4	1,4
β -élémente	1386	1586	1.2	0,9	1,2	1,3	0,9	1,4	1,0	1,1	0,5	1,2	1,4
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	19,2	22,3	34,4	22,4	30,0	29,5	35,7	35,6	32,8	30,7
β -copaène	1424	1586	1.2.3	1,3	1,6	2,5	1,5	1,9	1,9	2,2	1,8	2,2	2,2
(E)- β -farnésène	1446	1664	1.2.3	2,9	2,8	5,4	3,6	4,5	4,2	4,8	1,1	4,3	4,5
α-humulène	1448	1664	1.2.3	8,5	10,0	16,1	10,4	14,4	15,2	17,3	19,9	15,2	14,5
α -curcumène	1465	1769	1.2	0,3	0,4	1,5	0,7	1,2	1,1	0,2	0,5	0,4	0,1

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

γ -curcumène	1468	1676	1.2	0,7	1,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,9	0,5	0,6	1,1
γ-muurolène	1468	1682	1.2.3	2,6	4,4	5,3	3,6	4,9	3,2	5,1	2,0	5,2	6,2
germacrène D	1473	1703	1.2.3	1,0	1,2	0,6	1,0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7
β -sélinène	1479	1717	1.2.3	0,9	1,1	1,0	1,0	1,4	0,8	0,7	0,1	0,7	0,9
germacrène bicyclo (E,E)	1488	1721	1.2.3	1,0	1,2	1,6	1,2	1,4	0,5	1,9	0,9	2,3	2,7
4-epi cubebol	1488	1878	1.2	0,4	0,4	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,8	0,4	0,7
α -selinène	1491	1727	1.2	0,8	0,9	1,3	0,8	1,0	1,0	1,2	1,8	1,1	1,1
α -muurolène	1499	1712	1.2.3	1,8	1,7	2,8	2,0	2,6	2,1	2,6	1,1	2,5	2,6
cubebol	1504	1930	1.2	0,6	0,8	2,8	1,7	2,3	1,0	1,1	1,6	1,2	1,7
δ -cadinène	1512	1750	1.2	1,8	1,9	1,1	1,2	1,6	1,6	2,3	0,5	2,0	2,3
β -élémol	1532	2074	1.2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	-	0,2	0,6	0,5
germacrène B	1557	1814	1.2.3	0,4	0,4	0,8	0,8	1,1	0,7	0,6	-	0,7	0,7
himachalène oxydo	1561	1960	1.2	0,1	0,1	0,4	0,1	0,4	0,7	0,2	1,3	0,2	0,2
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	0,6	0,9	1,8	1,0	1,8	3,5	0,9	4,9	1,1	1,0
spathuléol	1577	2111	1.2.3	-	0,8	0,8	0,5	0,9	0,3	0,3	1,1	0,3	0,3
humulène oxyde II	1590	2038	1.2	0,3	0,3	0,8	0,1	0,2	1,4	0,5	2,0	0,5	0,6
isospathuléol	1615	2217	1.2	0,7	0,9	2,0	1,7	2,8	1,4	1,4	0,3	1,6	1,9
γ -eudesmol	1622	2157	1.2	-	0,2	0,4	-	0,6	-	0,4	0,2	0,4	0,5
τ -muurolol	1625	2185	1.2	0,2	0,2	0,6	-	0,6	0,5	0,4	0,2	0,4	0,5
cubenol	1632	2052	1.2	-	-	-	-	0,7	0,3	0,5	-	0,3	0,7
Monoterpènes hydrogénés (%)				5,1	3,8	3,1	5,9	7,3	7,5	4,6	11,8	9,1	5,0
Monoterpènes oxygénés (%)				40,4	32,4	1,8	28,2	5,1	10,3	2,5	2,3	2,5	2,7
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				46,5	55,4	82,7	55,2	73,4	67,8	81,8	71,0	76,2	77,1
Sesquiterpènes oxygénés (%)				3,1	4,7	9,0	5,4	10,5	9,7	6,3	11,1	7,2	8,3

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

Diterpènes (%)	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4
Autres composés (%)	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,6
Total composés identifiés (%)	95,2	96,6	96,9	95,2	96,7	95,7	95,8	96,6	95,4	94,1

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

Tableau 14 : Composition chimique des fleurs de la deuxième période

Composés	Composition de fleurs deuxième période (juillet 2016-juin 2017)												
	Ira	Irp	Id	Jt	At	Sp	No	De	Ja	Fe	Av	Ma	Jn
α -pinène	929	1014	1.2.3	1,4	1,9	0,6	1,3	2,6	0,1	0,9	0,7	1,7	0,9
sabinène	964	1122	1.2.3	3,9	5,3	2,7	3,7	5,8	0,3	2,7	1,8	3,8	2,9
β -pinène	969	1111	1.2.3	0,9	1,1	0,6	0,8	1,2	0,1	0,6	0,5	0,8	0,6
myrcène	979	1160	1.2	0,7	1,0	0,4	0,6	0,9	0,1	0,5	0,4	0,6	0,5
α -phellandrène	996	1164	1.2	0,5	1,2	0,3	0,6	1,0	0,1	0,5	0,4	0,8	0,6
p-cymène	1011	1270	1.2	0,8	0,2	0,3	tr	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
limonène*	1019	1201	1.2.3	1,1	16,0	0,6	0,9	1,0	0,1	0,7	0,5	0,7	0,6
β -phellandrène*	1019	1210	1.2.3	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,1	0,4	0,3	0,4	0,3
(E)- β -ocimène	1035	1249	1.2	0,6	0,9	0,5	0,6	0,7	0,1	0,5	0,4	0,6	0,7
γ -terpinène	1047	1244	1.2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,5	0,0	0,2	0,2	0,4	0,5
linalol	1082	1545	1.2.3	2,5	3,1	2,3	2,8	2,4	0,8	1,7	0,9	2,4	1,7
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2	0,7	0,9	0,6	0,7	0,8	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

citronellol	1206	1769	1.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-
géraniol	1232	1844	1.2.3	0,1	0,2	-	0,2	-	-	-	-	3,1	-
thymol	1267	2176	1.2.3	0,1	1,4	-	0,1	7,7	2,8	0,2	0,1	4,3	5,9
eugenol	1333	2173	1.2	-	-	-	-	-	0,8	0,3	0,3	0,4	0,4
eugenol méthyl	1365	2005	1.2	-	-	-	-	0,9	0,3	-	-	-	-
α -copaène	1374	1487	1.2.3	1,5	1,1	1,4	1,4	1,4	1,1	1,3	1,6	1,2	1,4
β -cubebène	1384	1528	1.2	1,0	0,8	1,2	1,1	1,0	0,9	1,3	1,1	1,1	1,4
β -élémane	1386	1586	1.2	1,6	1,1	1,6	1,4	1,2	1,7	1,1	1,0	1,1	1,2
2,5-diméthoxy-p-cymène	1397	1860	1.2.3	trc	0,2	0,5	0,9	0,2	0,8	0,7	0,2	0,1	0,5
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	31,6	23,2	32,1	31,9	25,9	24,5	32,5	36,6	27,2	29,3
β -copaène	1424	1586	1.2.3	2,1	1,6	2,2	2,0	1,7	1,2	2,2	2,2	1,7	2,0
γ -élémane	1426	1628	1.2	-	-	-	-	-	2,1	-	-	-	-
(E)- β -farnésène	1446	1664	1.2.3	3,3	2,6	4,3	3,7	4,3	2,5	3,9	4,1	4,1	4,1
α-humulène	1448	1664	1.2.3	14,0	9,9	15,4	15,5	11,9	11,3	16,1	16,8	12,2	12,5
alloaromadendrène	1453	1633	1.2	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	1,1	0,4	0,4	0,3	0,3
α -curcumène	1465	1769	1.2	0,7	0,2	0,7	0,1	0,1	-	0,2	0,2	0,2	0,2
γ -curcumène	1468	1676	1.2	0,6	0,5	0,6	0,9	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7
γ-muurolène	1468	1682	1.2.3	4,3	4,2	5,3	5,0	4,3	7,7	5,0	5,3	4,9	6,8
germacrène D	1473	1703	1.2.3	0,4	0,3	0,4	0,4	1,1	1,0	0,6	0,6	0,5	0,9
β -sélinène	1479	1717	1.2.3	0,8	0,6	0,8	0,7	1,0	0,8	0,7	0,8	0,7	1,2
germacrène bicyclo (E,E)	1488	1721	1.2.3	1,7	1,9	2,1	1,4	1,9	1,9	2,2	2,4	2,3	3,8
4-épi cubebol	1488	1878	1.2	0,6	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
α -selinène	1491	1727	1.2	1,1	0,8	1,1	1,0	0,9	1,1	1,1	1,1	0,8	0,9
α -muurolène	1499	1712	1.2	2,1	1,6	2,8	2,1	2,3	1,6	2,2	2,5	2,3	2,5

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

cubebol	1504	1930	1.2	1,3	0,7	1,4	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4
δ-cadinène	1512	1750	1.2	1,9	1,6	2,0	1,9	1,6	2,0	2,2	2,2	1,7	1,8
β-élémol	1532	2074	1.2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	1,7	0,2	-	1,2	0,5
germacrène B	1557	1814	1.2.3	0,6	0,4	0,8	0,9	0,6	5,2	0,9	0,6	0,5	0,6
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	1,7	0,4	1,5	1,2	0,5	1,1	0,9	0,7	0,4	0,4
spathuléol	1577	2111	1.2.3	0,8	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
humulène oxyde II	1590	2038	1.2	0,8	0,2	0,7	0,6	0,1	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3
isopathuléol	1615	2217	1.2.3	1,2	0,8	1,8	1,2	1,4	1,2	1,5	1,5	1,6	2,0
τ-muurolool	1625	2185	1.2	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	1,3	0,4	0,4	0,3	0,4
cubanol	1632	2052	1.2	0,3	-	0,5	0,2	0,3	0,4	-	0,7	-	-
α-bisabolol	1670	2218	1.2	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
eudesm-7(11)en-4a-ol	1674	2271	1.2	0,1	-	-	0,1	-	1,8	0,1	-	-	-
Monoterpènes hydrogénés (%)				11,0	29,8	6,7	9,6	15,9	1,3	7,5	5,5	10,5	8,1
Monoterpènes oxygénés (%)				3,8	7,1	3,2	4,4	11,4	4,0	2,5	1,5	12,2	8,3
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				71,7	53,7	77,2	74,2	63,3	66,4	76,8	81,8	64,9	73,6
Sesquiterpènes oxygénés (%)				8,1	3,2	8,2	6,5	4,7	16,0	6,7	6,1	5,1	4,9
Diterpènes (%)				0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Autres composés (%)				0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,1
Total composés identifiés (%)				95,1	94,1	95,7	95,2	95,6	88,0	93,8	95,2	93,4	95,3

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

III.1.2.3. Huiles essentielles des fruits et des tiges

L'analyse des échantillons des huiles essentielles des fruits (18 échantillons) et tiges (20 échantillons) de *L. camara* a permis de montrer la prédominance des sesquiterpènes dans l'huile essentielle de ces organes. Les sesquiterpènes représentent 41,5 à 92,8 % de la composition chimique totale de l'HE des fruits (**Tableau 15** et **Tableau 16**) et 23,9 à 81,6 % de la composition chimique totale de celle des tiges (**Tableau 17** et **Tableau 18**).

Cependant, l'huile essentielle des fruits d'août de la deuxième période se distingue par une proportion plus élevée de néral (15,3 %) et de géranial (23,2 %). Plusieurs échantillons d'huile essentielle de tiges de *L. camara* contiennent également des proportions élevées de monoterpènes oxygénés : jusqu'à 41,1 % de thymol dans l'échantillon du mois d'août et 9,2 % de linalol dans celui de novembre de la première période de récolte. Bien que l'échantillon d'huile de tiges du mois d'août se distingue par sa prédominance en monoterpène, en plus du thymol, nous pouvons énumérer le p-cymène (5,9 %), le γ -terpinène (6,2 %) et le linalol (5,4 %).

Qualitativement, les compositions chimiques de l'huile essentielle des fruits et des tiges sont proches. L'HE des fruits présente aussi des proportions appréciables de linalol, et également du thymol comme composé majoritaire de certains échantillons. L'acide palmitique est un composé majoritaire de l'huile de certains échantillons de tiges. Sa proportion atteint jusqu'à 11,6 % en septembre et 10,8 % en octobre de la deuxième période. Il est aussi présent dans la composition de certains échantillons d'huile HE de fruits, mais à des proportions n'atteignant pas 2 %.

Contrairement aux feuilles et aux fleurs, il existe peu de recherches scientifiques pour documenter la composition de l'huile essentielle des fruits de *L. camara* et encore très peu sur la composition chimique de l'huile essentielle des tiges.

Dans cette étude, la composition chimique de plusieurs échantillons d'HE des fruits et des tiges de *L. camara* de la Côte d'Ivoire présentent des proportions élevées de thymol. Ces échantillons d'huiles sont également riches en composés sesquiterpéniques dominés par (*E*)- β -caryophyllène et α -humulène.

Par contre, les échantillons de fruits et de tiges provenant du sud de la Chine ont révélé les principaux constituants tels que l'acide palmitique (22,5 %), l'acide stéarique (12,6 %) et le germacrène D (7,0 %) pour l'HE de fruits, puis le germacrène D (31,0 %), β -élémyène (17,6 %), α -phellandréne (6,7 %) et l'acide palmitique (5,2 %) pour l'HE de tiges (**Zhu et al. 2013**). Sur la base des composés majoritaires, la composition chimique de l'HE des fruits du sud de la Chine est proche de celle de l'échantillon du nord de l'Inde. La composition chimique de cet échantillon d'HE de fruits de l'Inde est dominée par l'acide palmitique (22,8 %), l'acide stéarique (12,8 %) et le germacrène D (7,1 %). L'HE de tiges est dominée par l'acide palmitique (32,7 %) et l'acide stéarique (23,9 %) (**Khan et al. 2003**).

Une autre étude a montré que l'huile essentielle des fruits de l'Inde (Ghaziabad au nord de l'Inde) est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène (21,42 %), le nérolidol E (18,85 %) et l' α -humulène (9,97 %) (**Singh et al. 2012**). Quant à l'huile des fruits

provenant du Nigéria, elle est dominée par le germacrène D (38,1 %), le germacrène-D-4-ol (19,6 %), le β -caryophyllène (17,7 %) et le germacrène B (16,5 %) (**Usman et al. 2012**). La composition chimique de l'huile essentielle des fruits et des tiges du sud de la Chine et du nord de l'Inde est différente de celle des échantillons d'huile de fruits et de tiges issus de cette étude. Dans la composition de l'huile de ces pays (Inde et Chine), il y a certains composés à proportion majoritaire ou non négligeable, tels que l'acide stéarique, le (-) italicene éther, le sesquiphellendène, le γ -curcuménal, le cedrol qui n'ont pas été détectés dans la composition des échantillons de la Côte d'Ivoire.

Tableau 15 : Composition chimique des fruits de la première période

Composés	Composition de fruits première période de recolte (juin 2015-juin 2016)												
	Ira	Irp	Id	Jn	Jt	Sp	Oc	No	De	Ja	Mr	Av	Ma
α -pinène	929	1 014	1.2.3	0,2	1,8	0,4	-	0,2	0,1	0,1	0,6	0,1	0,2
sabinène	964	1 122	1.2.3	0,4	3,0	1,1	-	0,7	0,2	0,4	1,6	-	0,1
β -pinène	969	1 111	1.2.3	0,1	1,0	0,4	-	0,2	0,1	0,1	0,5	trc	0,1
myrcène	979	1 160	1.2	0,1	0,9	0,3	-	0,3	0,2	0,2	0,2	trc	0,1
α -phellandrène	996	1 164	1.2	-	0,6	0,3	-	0,2	-	0,1	-	-	0,1
p-cymène	1 011	1 270	1.2	0,5	2,4	0,2	-	1,0	0,3	0,3	0,7	0,1	0,1
limonène*	1 019	1 201	1.2.3	0,1	0,9	0,5	-	0,3	0,2	0,4	0,6	0,1	0,1
(E)- β -ocimène	1 035	1 249	1.2	0,3	0,6	0,5	-	0,3	0,1	0,2	-	0,1	0,1
γ -terpinène	1 047	1 244	1.2	0,1	2,3	0,6	-	1,3	-	0,2	-	0,1	0,2
linalol	1 082	1 545	1.2.3	3,8	6,0	4,8	3,5	4,9	3,6	4,0	4,2	0,7	5,5
terpinèn-4-ol	1 160	1 599	1.2	1,5	2,3	1,6	1,3	2,2	1,1	0,7	1,1	trc	1,7
citronellol-R-(+)	1 208	1 762	1.2.3	1,3	0,2	0,1	-	-	0,1	0,1	-	0,2	0,1
néral	1 213	1 675	1.2	-	0,2	0,1	-	1,0	0,4	0,8	-	-	0,1
géraniol	1 232	1 844	1.2.3	0,9	0,6	0,3	-	0,9	0,1	trc	0,1	0,3	0,2
géranial (citrail)	1 241	1 730	1.2	-	-	-	0,5	1,3	-	1,3	-	-	-
thymol	1 268	2 180	1.2.3	23,0	27,6	1,0	1,5	15,8	1,6	1,2	trc	0,2	0,1
eugenol méthyl	1 368	2 009	1.2	-	-	0,2	0,6	0,5	0,1	0,1	-	-	-
α -copaène	1 374	1 487	1.2.3	0,9	0,8	1,2	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	1,1
β -cubebène	1 384	1 528	1.2.3	-	-	0,8	0,7	0,7	1,1	1,1	1,3	0,8	1,1
β -elemène	1 386	1 586	1.2.3	1,2	0,9	1,4	1,1	0,9	0,9	1,3	0,7	1,4	0,8

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

(E)-β-caryophyllène	1 416	1 592	1.2.3	20,5	15,1	27,1	23,7	21,4	27,0	29,7	24,8	29,5	29,4
β -copaène	1 424	1 586	1.2.3	1,2	1,1	2,0	1,5	1,5	1,9	2,0	2,1	1,5	1,9
(E)- β -farnésène	1 446	1 664	1.2.3	2,9	2,6	4,0	4,5	4,1	5,3	5,1	3,6	5,2	5,0
α-humulène	1 448	1 664	1.2.3	10,5	7,2	13,1	13,6	10,6	14,1	15,1	14,7	17,3	16,7
α -curcumène	1 465	1 769	1.2	-	-	-	0,6	0,1	0,7	trc	0,9	0,2	0,2
γ -curcumène	1 467	1 676	1.2	-	-	-	0,8	-	0,7	trc	-	1,2	0,9
γ -muurolène	1 468	1 682	1.2.3	0,7	0,5	1,0	2,7	0,7	3,5	1,1	1,3	4,5	3,5
germacrène D	1 473	1 703	1.2.3	1,9	1,8	4,5	0,7	2,7	0,6	4,3	0,5	0,5	0,5
β -sélinène	1 479	1 717	1.2.3	2,0	1,0	0,5	0,2	1,1	0,3	0,6	0,9	0,1	0,6
4-epi-cubebol	1 485	1 882	1.2	0,6	0,6	1,3	1,3	0,8	1,1	0,9	0,7	-	0,9
germacrène bicyclo (E,E)	1 489	1 721	1.2.3	1,7	1,2	2,1	1,4	1,5	1,4	1,7	trc	1,4	1,7
α -selinène	1 491	1 727	1.2	0,9	0,7	1,3	1,4	1,0	1,3	1,2	1,2	1,7	1,2
α -muurolène	1 499	1 712	1.2.3	2,0	1,7	2,8	2,8	2,5	3,2	3,2	2,9	3,6	3,3
cubebol	1 504	1 933	1.2	0,9	0,8	1,8	2,8	1,2	1,9	1,6	2,1	-	1,2
δ -cadinène	1 512	1 750	1.2.3	1,8	1,1	2,1	2,0	1,6	2,0	1,9	0,7	2,8	2,2
β -élémol	1 532	2 074	1.2	1,8	0,3	0,4	-	0,5	1,0	0,5	0,6	-	1,0
(E)-nérolidol	1 548	2 036	1.2.3	0,1	0,2	0,6	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
germacrène B	1 557	1 814	1.2.3	0,2	-	0,5	0,4	0,3	0,7	0,5	0,3	0,7	0,5
himachalène oxydo	1 563	1 965	1.2	0,1	trc	0,2	-	0,1	0,3	0,3	2,1	0,3	0,2
oxyde de caryophyllène	1 567	1 975	1.2.3	1,7	0,9	1,5	3,5	1,4	2,7	2,2	9,0	2,2	1,8
spathuléol	1 578	2 115	1.2.3	0,2	0,2	0,4	1,0	0,2	0,4	0,3	0,7	0,5	0,1
epi cubenol	1 582	2 069	1.2	0,6	-	-	0,5	-	-	-	-	1,2	0,3
humulène oxyde II	1 591	2 031	1.2	0,1	0,4	0,8	1,5	0,7	1,2	0,9	4,0	1,0	1,0
cubenol 1,10-di-epi	1 612	2 056	1.2	1,4	trc	0,7	1,3	trc	0,8	0,6	-	0,7	0,6

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

isospathuléol	1 616	2 222	1.2	-	1,3	2,4	3,0	2,2	3,2	2,6	1,8	1,7	2,4
g-eudesmol	1 622	2 157	1.2.3	-	0,4	-	-	0,6	-	-	0,6	0,4	0,5
τ-muurolol	1 626	2 190	1.2	-	0,3	0,8	0,9	0,6	1,0	0,7	0,7	-	0,4
τ-cadinol	1 628	2 164	1.2	-	0,2	0,7	0,4	0,2	0,8	0,5	0,3	1,6	0,7
thymyl tiglate	1 635	2 162	1.2	0,5	0,2	1,6	0,1	1,1	0,5	0,4	0,5	0,9	0,3
eudesm-7(11)en-4a-ol	1 674	2 271	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0,7
acide palmitique	1 936	2 875	1.2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	0,1
phytol E	2 098	2 604	1.2.3	-	0,5	1,8	0,6	0,1	2,1	1,7	1,1	2,8	1,3
Monoterpènes hydrogénés (%)				2,0	15,3	4,9	0,0	5,1	1,4	2,3	4,4	0,5	1,4
Monoterpènes oxygénés (%)				30,7	37,4	8,4	7,0	26,5	7,7	8,4	5,7	1,4	8,2
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				50,5	37,3	67,8	63,0	53,8	69,2	73,4	60,9	75,0	73,1
Sesquiterpènes oxygénés (%)				6,8	4,2	9,2	13,4	7,1	13,0	9,8	21,4	13,1	10,8
Diterpènes (%)				0,0	0,5	1,8	0,6	0,1	2,1	1,7	1,1	2,8	1,3
Autres composés (%)				0,7	0,7	2,2	0,7	2,0	0,9	0,9	0,8	2,5	0,9
Total composés identifiés (%)				90,6	95,3	94,3	84,7	94,7	94,3	96,6	94,3	95,3	95,7

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

Tableau 16 : Composition chimique des fruits de la deuxième période

Composés	Composition de fruits deuxième période de recolte (juillet 2016-juin 2017)										
	Ira	Irp	Id	Jt	At	Sp	De	Fe	Av	Ma	Jn
α -pinène	929	1 014	1.2.3	2,4	0,9	0,2	0,3	0,3	0,7	1,1	0,3
octèn-3-ol	959	1 446	1.2.3	0,3	0,8	0,1	0,1	-	0,1	-	0,1
sabinène	964	1 122	1.2.3	3,9	2,4	0,8	0,6	0,4	1,6	2,6	0,7
β -pinène	969	1 111	1.2.3	1,4	0,7	0,2	0,2	0,1	0,6	0,7	0,2
myrcène	979	1 160	1.2	0,9	0,7	0,2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2
α -phellandène	996	1 164	1.2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,5	0,4	0,1
p-cymène	1 011	1 270	1.2	0,9	0,4	0,1	0,8	-	0,3	-	0,4
limonène*	1 019	1 201	1.2.3	1,0	0,5	0,4	0,3	0,1	0,6	0,5	0,2
(E)- β -ocimène	1 035	1 249	1.2	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2
γ -terpinène	1 047	1 244	1.2	2,2	0,6	0,3	0,5	0,3	0,7	0,3	0,5
linalol	1 082	1 545	1.2.3	5,8	3,9	4,3	4,5	2,0	2,7	4,3	5,0
terpinèn-4-ol	1 160	1 599	1.2	1,8	0,9	1,2	1,5	0,7	1,7	0,9	1,2
nérol	1 206	1 797	1.2	trc	1,6	0,1	0,1	-	-	-	0,1
citronellol-R-(+)	1 208	1 762	1.2.3	0,1	0,1	0,1	0,1	-	0,1	1,6	0,2
néral	1 213	1 675	1.2.3	0,2	15,3	0,2	0,1	-	0,1	-	0,1
géraniol	1 232	1 844	1.2.3	0,2	4,8	-	0,2	-	0,2	4,0	0,5
géraniol (citral)	1 241	1 730	1.2.3	-	23,2	-	-	-	-	-	-
thymol	1 268	2 180	1.2.3	17,5	2,3	-	22,1	0,3	0,4	5,6	21,5
geranyl acétate	1 358	1 749	1.2	-	-	-	-	-	-	0,9	-
eugenol méthyl	1 368	2 009	1.2	-	-	-	2,2	-	-	-	-
α -copaène	1 374	1 487	1.2.3	1,0	0,5	1,4	1,1	1,9	1,1	1,2	1,1

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

β-cubebène	1 384	1 528	1.2.3	0,5	0,5	1,2	-	-	0,8	1,0	0,6
β-élémente	1 386	1 586	1.2.3	0,7	0,5	0,8	0,2	0,2	1,0	1,2	0,7
2,5-diméthoxy-p-cymène	1 397	1 860	1.2.3	trc	trc	1,0	0,4	1,1	0,3	-	0,1
(E)-β-caryophyllène	1 416	1 592	1.2.3	18,7	11,2	28,3	20,8	36,9	29,2	26,5	19,4
β-copaène	1 424	1 586	1.2.3	1,3	0,9	2,1	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4
(E)-β-farnésène	1 446	1 664	1.2.3	3,1	1,8	5,0	4,5	6,3	3,4	5,3	4,6
α-humulène	1 448	1 664	1.2.3	8,8	5,6	13,9	10,3	18,3	16,0	12,8	9,2
α-curcumène	1 465	1 769	1.2	0,1	0,1	0,5	-	0,9	-	-	0,1
γ-curcumène	1 467	1 676	1.2	0,6	0,2	0,7	0,6	0,3	0,8	0,5	0,6
γ-muuroolène	1 468	1 682	1.2.3	2,4	1,5	4,0	2,5	4,8	3,7	3,5	3,5
germacrène D	1 473	1 703	1.2.3	0,6	0,3	0,4	2,2	0,8	0,8	0,8	1,4
β-sélinène	1 479	1 717	1.2.3	0,3	0,7	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2
4-épi-cubebol	1 485	1 882	1.2	0,6	0,7	1,1	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7
germacrène bicyclo (E,E)	1 489	1 721	1.2.3	1,4	0,5	1,9	1,9	2,5	2,0	1,7	1,7
α-sélinène	1 491	1 727	1.2	0,8	trc	1,4	0,8	1,5	1,3	1,1	0,9
α-muuroolène	1 499	1 712	1.2.3	2,0	1,3	3,5	2,6	3,8	2,5	3,2	2,8
cubebol	1 504	1 933	1.2	0,8	1,3	1,8	0,9	1,0	1,5	1,6	1,3
δ-cadinène	1 512	1 750	1.2	1,3	0,6	2,0	1,4	2,3	2,1	1,8	1,4
β-élémol	1 532	2 074	1.2	0,1	0,0	0,2	0,2	-	-	1,9	0,8
germacrène B	1 557	1 814	1.2.3	0,3	0,2	0,4	0,2	1,1	0,6	-	0,3
oxyde de caryophyllène	1 567	1 975	1.2.3	0,9	0,9	1,7	1,3	1,3	1,8	0,9	1,1
épi cubenol	1 582	2 069	1.2	0,2	0,2	0,8	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
humulène oxyde II	1 591	2 031	1.2	0,5	0,5	0,9	0,5	0,4	1,0	0,3	0,4
cubenol 1,10-di-epi	1 612	2 056	1.2	0,4	0,3	-	0,4	0,7	0,6	-	-

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

isopathuléol	1 616	2 222	1.2.3	1,5	1,4	2,7	1,8	2,3	1,7	2,5	2,3
τ -muurolol	1 626	2 190	1.2	-	-	0,3	0,2	-	0,7	0,4	0,4
τ -cadinol	1 628	2 164	1.2	0,2	0,3	0,7	0,3	0,5	0,5	-	0,2
cubenol	1 632	2 052	1.2	-	0,3	1,2	-	-	0,4	-	-
phytol E	2 098	2 604	1.2.3	0,7	0,4	1,8	1,0	1,2	0,8	0,8	1,5
Monoterpènes hydrogénés (%)				15,5	7,6	3,2	3,8	1,6	6,8	6,4	3,4
Monoterpènes oxygénés (%)				26,1	52,6	6,3	29,2	2,9	5,4	16,5	29,3
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				45,4	28,3	72,1	53,3	86,1	70,6	64,9	52,4
Sesquiterpènes oxygénés (%)				5,0	4,7	10,1	6,0	6,7	8,8	6,6	6,9
Diterpènes (%)				0,7	0,4	1,8	1,0	1,2	0,8	0,8	1,5
Autres composés (%)				1,2	1,2	0,7	2,5	0,2	0,8	0,9	0,5
Total composés identifiés (%)				93,9	94,7	94,3	95,7	98,7	93,3	96,2	94,0

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

Tableau 17 : Composition chimique des tiges de la première période

Composés	Composition de tiges première période (juin 2015-juin 2016)													
	Ira	Irp	Id	Jt	At	Sp	Oc	No	Ja	Fe	Mr	Av	Ma	Jn
α -pinène	929	1014	1.2.3	0,2	0,8	1,4	-	0,1	0,3	0,1	-	-	-	0,2
octèn-3-ol	959	1446	1.2.3	0,3	0,5	0,1	-	-	0,4	0,3	-	0,1	0,2	0,5
sabinène	964	1122	1.2.3	0,2	0,9	2,6	0,1	0,3	1,0	0,4	-	-	-	0,6
β -pinène	969	1111	1.2.3	0,2	0,6	1,2	0,1	0,1	0,4	0,2	-	-	-	0,3
octan-3-ol	977	1389	1.2	0,8	0,8	0,2	-	0,1	0,4	0,4	-	-	0,2	0,6
myrcène	979	1160	1.2	0,2	1,2	0,3	-	0,1	0,2	0,1	-	-	-	0,2
p-cymène	1011	1270	1.2	0,9	5,9	0,4	0,1	0,3	0,3	0,4	-	-	tr	0,1
limonène*	1019	1201	1.2.3	0,2	0,4	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	-	-	-	0,2
γ -terpinène	1047	1244	1.2	0,4	6,2	0,2	0,1	0,1	-	0,2	-	-	-	0,2
p-cymenene	1072	1433	1.2	0,1	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
linalol	1.082	1.545	1.2.3	9,0	5,4	4,7	7,2	9,2	8,3	5,8	1,3	1,4	2,4	6,5
verbenol trans	1124	1673	1.2	0,6	-	-	0,2	-	0,2	-	0,2	0,2	-	-
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2	2,0	2,6	0,6	0,4	0,7	0,4	0,6	0,3	0,3	0,4	0,4
salicylate de methyl	1167	1776	1.2	-	-	1,1	0,3	-	1,1	1,6	0,3	0,9	1,1	0,8
nérol	1206	1797	1.2	0,1	-	-	-	-	0,4	1,5	-	0,1	-	-
néral	1213	1675	1.2	0,2	0,4	-	0,2	0,4	-	-	0,7	-	0,1	-
géraniol	1232	1844	1.2.3	0,7	0,1	0,1	-	0,3	0,2	-	1,3	1,0	0,2	0,1
géraniol (citral)	1241	1730	1.2.3	-	0,1	-	-	0,5	0,7	2,4	-	-	-	-
thymol	1268	2180	1.2.3	38,6	41,4	0,8	0,9	7,3	0,6	0,3	0,2	0,5	0,5	0,4
eugenol	1333	2173	1.2	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
eugenol methyl	1368	2009	1.2	-	-	0,2	0,1	0,6	-	-	-	-	-	-

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

α -copaène	1374	1487	1.2.3	0,4	0,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9
β -cubebène	1384	1528	1.2	-	-	1,3	1,1	0,7	0,9	1,0	0,9	0,7	0,9	1,2
β -elemène	1386	1586	1.2	0,4	0,5	1,3	1,4	1,0	1,0	1,3	0,8	1,1	0,8	1,2
2,5-diméthoxy-p-cymène	1397	1860	1.2.3	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	9,9	7,3	24,6	24,0	17,0	19,1	24,8	19,1	20,2	19,4	22,5
β -copaène	1424	1586	1.2	0,7	0,4	2,0	1,8	1,2	1,3	1,7	1,5	1,1	1,0	1,8
γ -elemene	1430	1627	1.2	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2	0,4	-	0,2
geranyl acetone	1430	1859	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(E)- β -farnesène	1446	1664	1.2.3	2,8	1,4	4,1	6,2	6,9	6,1	5,7	5,6	4,3	4,4	6,4
α-humulène	1448	1664	1.2.3	5,2	3,2	12,4	12,8	9,3	11,6	14,6	13,1	13,1	11,0	11,5
alloaromadendrène	1455	1638	1.2	0,1	-	0,3	0,2	0,2	0,2	-	0,3	1,1	0,4	0,3
α -curcumene	1465	1769	1.2	-	0,1	-	0,1	0,7	0,9	-	0,9	0,7	-	0,1
γ -curcumene	1467	1676	1.2	0,7	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,9	0,8
γ -muurolène	1468	1682	1.2	1,2	0,3	1,0	0,8	2,1	2,4	0,8	1,9	2,3	2,6	3,9
germacrène D	1473	1703	1.2.3	1,2	1,0	4,7	4,5	1,3	0,8	5,6	0,7	0,6	0,8	0,8
β -sélénène	1479	1717	1.2	0,7	1,7	0,8	0,8	0,7	1,0	0,8	trc	0,1	0,7	0,2
4-epi-cubebol	1485	1882	1.2	-	0,5	1,0	1,1	0,6	0,9	0,7	0,9	0,7	1,4	0,8
germacrène bicyclo (E,E)	1489	1721	1.2.3	1,2	1,1	2,4	2,7	0,9	0,5	1,9	1,3	1,3	-	2,6
α -selinène	1491	1727	1.2.3	0,6	0,3	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,2	1,1
α -muurolène	1499	1712	1.2.3	2,2	1,2	3,3	4,8	5,0	4,7	3,6	4,8	3,5	3,3	4,8
cubebol	1504	1933	1.2	1,0	0,6	2,4	3,2	2,1	2,7	1,0	2,2	2,1	1,2	1,3
δ -cadinène	1512	1750	1.2	1,0	0,7	1,0	0,9	1,1	1,1	1,4	1,1	1,0	1,7	1,5
β -élémol	1532	2074	1.2	0,5	0,2	-	0,4	0,7	0,5	0,3	3,2	3,2	2,5	0,7
(E)-nérolidol	1548	2036	1.2	0,1	0,1	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,7	0,3

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

germacrène B	1557	1814	1.2.3	-	-	-	0,4	-	-	-	0,3	0,7	0,4	0,4
spathuléol	1561	2116	1.2	0,6	0,3	1,0	0,2	0,8	0,6	0,3	0,8	1,0	0,8	0,5
himachalene oxydo	1563	1965	1.2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,7	-	0,7	0,6	-	-
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	1,2	0,6	1,3	1,3	2,5	4,0	2,0	4,5	3,4	2,9	1,7
epi cubenol	1582	2069	1.2	-	-	-	-	1,3	-	-	-	0,5	0,6	-
humulene oxyde II	1591	2031	1.2	0,5	0,2	0,9	0,8	0,3	2,2	1,0	2,4	2,0	1,7	1,0
edesm-5-en-11-ol	1600	2.122	1.2	-	-	0,3	0,3	0,2	0,5	0,1	0,5	0,6	0,2	-
cubenol 1,10-di-epi	1612	2056	1.2	0,3	-	0,4	0,3	-	-	0,4	0,7	0,5	0,6	0,5
isospathuléol	1616	2222	1.2	2,4	1,3	3,4	6,0	6,2	5,2	2,6	5,8	5,7	3,1	4,2
γ-eudesmol	1622	2157	1.2	0,3	-	0,5	-	0,5	0,5	0,4	0,8	0,1	-	0,4
τ-muurolol	1626	2190	1.2	-	0,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,5	0,4
τ-cadinol	1628	2164	1.2	0,1	-	-	0,4	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	1,4	0,4
cubenol	1632	2052	1.2	-	-	-	0,1	1,2	-	-	-	0,7	-	-
thymyl tiglate	1635	2162	1.2	-	0,8	-	2,0	-	-	0,9	-	0,7	-	-
eudesm-7(11)en-4a-ol	1674	2271	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	1,7	0,4
pentadecanal	1691	2019	1.2	1,2	0,1	1,1	0,6	1,0	1,0	-	0,7	0,8	1,0	1,2
acide palmitique	1934	2875	1.2.3	0,5	-	-	-	1,4	-	-	1,8	2,6	4,9	1,3
phytol E	2098	2604	1.2.3	1,4	-	1,5	1,6	3,3	2,2	0,9	6,2	3,4	10,2	5,3
Monoterpènes hydrogénés (%)				2,9	19,3	7,5	0,9	1,4	2,8	2,0	0,0	0,0	0,0	2,1
Monoterpènes oxygénés (%)				52,0	50,9	7,4	9,4	18,4	12,0	12,3	4,2	4,9	4,8	8,4
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				29,6	21,0	64,5	68,5	52,7	57,3	66,8	57,4	56,5	53,1	64,2
Sesquiterpènes oxygénés (%)				6,1	2,9	8,9	11,1	14,9	15,3	8,1	21,2	21,3	17,1	11,0
Diterpènes (%)				1,4	0,0	1,5	1,6	3,3	2,2	0,9	6,2	3,4	10,2	5,3
Autres composés (%)				2,8	2,4	2,9	3,1	3,2	2,9	3,2	3,0	5,1	7,3	4,4

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

Total composés identifiés (%)	94,8	96,6	92,8	94,5	93,9	92,4	93,4	92,0	91,2	92,4	95,5
-------------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

Tableau 18 : Composition chimique des tiges de la deuxième période

Composés	Composition de tiges deuxième période de récolte (juillet 2016-juin 2017)											
	Ira	Irp	Id	Jt	At	Sp	Oc	No	De	Ja	Fe	Mr
octèn-3-ol	959	1446	1.2.3	-	0,6	-	-	0,7	0,6	0,1	0,3	0,2
octan-3-ol	977	1389	1.2	0,1	0,9	-	-	0,6	0,5	0,1	-	0,2
myrcène	979	1160	1.2	-	0,2	-	-	-	-	0,1	-	-
limonène*	1019	1201	1.2.3	-	7,9	-	-	0,1	-	0,2	-	-
linalol	1082	1545	1.2.3	2,6	6,2	0,5	0,2	2,9	4,6	1,3	0,8	2,4
terpinèn-4-ol	1160	1599	1.2	0,4	0,7	0,1	-	0,6	0,5	0,2	-	0,4
salicylate de methyl	1167	1776	1.2	0,1	0,5	-	-	0,9	0,9	-	-	1,0
thymol	1268	2180	1.2.3	11,7	2,8	-	0,2	13,4	11,1	1,4	1,2	2,7
eugenol	1333	2173	1.2	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-
eugenol methyl	1368	2009	1.2	-	-	-	-	-	1,6	0,2	-	-
α -copaène	1374	1487	1.2.3	0,8	0,7	-	0,5	1,1	0,8	1,0	0,8	-
β -cubebène	1384	1528	1.2	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,8	1,1	0,8	0,9
β -elemène	1386	1586	1.2	1,1	0,8	0,8	1,6	0,8	1,1	1,5	1,4	1,0
2,5-diméthoxy-p-cymène	1397	1860	1.2.3	-	1,0	2,7	1,4	2,5	0,7	1,4	2,4	0,6
(E)-β-caryophyllène	1416	1592	1.2.3	19,6	16,2	14,2	14,0	20,7	19,0	25,3	24,5	24,8

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

β-copaène	1424	1586	1.2	1,6	1,4	1,2	1,1	0,8	1,4	1,5	1,6	1,5
γ-elemene	1430	1627	1.2	0,1	-	-	-	-	-	1,5	1,3	0,5
geranyl acetone	1430	1859	1.2	-	1,6	-	-	0,1	-	0,2	-	0,1
(E)-β-farnesène	1446	1664	1.2.3	5,3	4,9	4,0	4,5	3,6	6,3	3,0	4,1	4,0
α-humulène	1448	1664	1.2.3	10,1	7,8	8,7	7,2	10,0	11,0	13,6	15,4	14,7
γ-curcumene	1467	1676	1.2	0,9	0,7	0,7	0,6	0,9	0,7	0,9	0,7	0,8
γ-muuroène	1468	1682	1.2	2,9	2,5	2,5	2,4	2,5	2,6	6,4	2,9	3,1
germacrène D	1473	1703	1.2.3	1,0	0,7	0,5	0,6	3,8	2,6	1,1	1,7	1,1
β-sélinène	1479	1717	1.2	0,9	0,9	1,0	0,8	1,2	0,3	0,7	1,5	0,9
4-epi-cubebol	1485	1882	1.2	0,8	0,7	0,8	0,5	-	0,7	0,5	-	0,8
germacrène bicyclo (E,E)	1489	1721	1.2.3	1,1	0,9	0,7	0,7	2,7	2,7	2,0	1,4	1,2
α-selinène	1491	1727	1.2	1,1	0,9	1,3	0,9	0,9	1,1	1,2	0,7	1,2
α-muuroène	1499	1712	1.2.3	4,3	3,8	3,8	3,5	3,0	4,6	2,5	2,8	3,6
cubebol	1504	1933	1.2	1,4	1,7	2,1	2,3	1,1	1,1	1,4	0,6	1,5
δ-cadinène	1512	1750	1.2	1,7	1,3	1,6	0,8	2,1	1,7	1,8	2,3	1,7
β-élémol	1532	2074	1.2	0,5	0,5	0,1	-	-	0,3	0,9	-	-
germacrène B	1557	1814	1.2.3	0,3	0,2	-	0,2	0,6	0,3	2,8	1,0	0,6
spathuléol	1561	2116	1.2	0,7	0,6	0,8	1,2	0,3	0,2	0,5	0,3	0,4
oxyde de caryophyllène	1567	1975	1.2.3	2,0	2,0	2,3	2,5	2,6	2,3	1,3	1,6	3,1
epi cubenol	1582	2069	1.2	-	-	2,1	0,5	-	-	0,4	-	-
humulène oxyde II	1591	2031	1.2	1,1	0,9	1,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,8
edesm-5-en-11-ol	1600	2122	1.2	0,2	-	0,9	-	0,2	-	0,3	-	0,2
cubenol 1,10-di-epi	1612	2056	1.2	0,7	0,6	-	-	0,6	0,6	0,4	-	-
isosphatuléol	1616	2222	1.2	4,1	4,9	4,2	4,0	2,4	3,5	2,0	1,6	3,1

Chapitre III : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Lin

γ -eudesmol	1622	2157	1.2	-	0,4	0,6	-	0,1	0,4	0,4	-	0,5
τ -muurolol	1626	2190	1.2	0,5	0,6	1,2	-	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6
τ -cadinol	1628	2164	1.2	0,4	0,3	0,3	-	0,2	0,2	0,6	-	0,3
cubanol	1632	2052	1.2	0,4	1,4	0,3	-	0,2	0,5	-	-	-
eudesm-7(11)en-4a-ol	1674	2271	1.2	0,4	0,3	0,5	-	-	-	0,6	-	0,1
pentadecanal	1691	2019	1.2	2,8	1,0	4,2	1,1	1,3	1,0	1,2	3,3	1,7
acide palmitique	1934	2875	1.2.3	1,5	2,1	11,6	10,8	1,2	0,9	1,3	4,6	1,4
phytol E	2098	2604	1.2.3	6,6	5,8	8,7	17,9	6,0	4,1	2,7	12,7	3,4
Monoterpènes hydrogénés (%)				0,0	9,7	0,0	0,0	0,4	0,2	1,4	0,0	0,0
Monoterpènes oxygénés (%)				15,1	11,7	0,6	0,4	18,5	17,4	3,0	2,0	7,0
Sesquiterpènes hydrogénés (%)				55,7	49,6	47,6	44,4	59,2	60,0	69,7	67,0	64,5
Sesquiterpènes oxygénés (%)				11,7	12,9	15,3	9,7	8,8	9,9	11,9	7,1	11,5
Diterpènes (%)				6,6	5,8	8,7	17,9	6,0	4,1	2,7	12,7	3,4
Autres composés (%)				4,6	5,1	15,8	12,0	4,8	5,6	3,5	8,2	4,5
Total composés identifiés (%)				93,7	94,8	88,0	84,4	97,6	97,2	92,2	96,9	90,9

* : % (polaire) car coélution sur colonne apolaire ; - : absent ; trc : trace ; Ir : indices de rétention sur colonnes apolaire (Ira) et polaire (Irp) ; Id : Identification. 1 (CPG (Ir)). 2 (MS). 3 (RMN) ; Mois : Ja (Janvier) ; Fe (Fevrier) ; Mr (Mars) ; Av (Avril) ; Ma (Mai) ; Jn (Juin) ; Jt (Juillet) ; At (Août) ; Sp (Septembre) ; Oc (Octobre) ; No (Novembre) ; De (Decembre).

III.1.3. Evolution de la teneur en thymol dans la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* au cours du cycle végétatif

Nous avons remarqué que les sesquiterpènes hydrocarbonés sont les composés dominants de la plupart des échantillons d'huile essentielle étudiés. Mais, certains monoterpènes également sont présents à des proportions élevées, particulièrement le thymol (monoterpène oxygéné). Ce composé présente de fortes variations saisonnières. Dans la composition chimique des échantillons d'un même organe, des proportions élevées de thymol ont été trouvées dans certaines HE de certains mois de récolte, alors que ce composé est parfois absent dans d'autres échantillons. La figure ci-dessous montre la variation du thymol dans l'huile essentielle des organes étudiés au cours des deux années de récoltes.

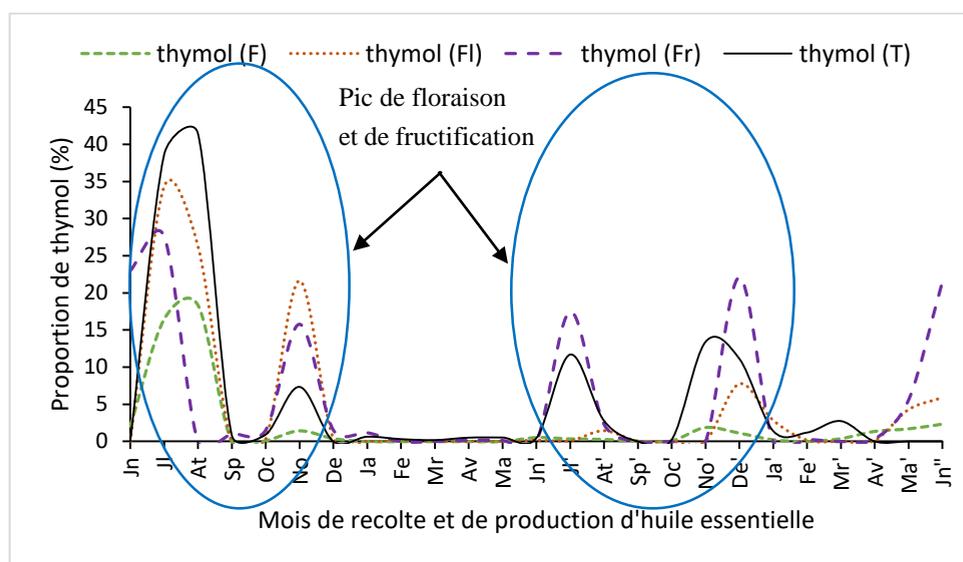


Figure 17 : Variation de la proportion du thymol dans l'huile essentielle des organes de *L. camara* ; F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges

Le thymol est une molécule importante, il a été démontré que les huiles essentielles contenant du thymol présentent de nombreuses propriétés, entre autres : des propriétés antifongiques, larvicides, antimicrobiennes et antioxydantes (Voda *et al.* 2003; El Ajjouri *et al.* 2008; Tchoumboungang *et al.* 2009; Amarti *et al.* 2011; Koffi *et al.* 2013).

Lorsqu'une huile essentielle est produite pour certaines propriétés, une composition chimique constante de cette huile est nécessaire. La connaissance des variations chimiques au cours du cycle végétatif de la plante est alors cruciale pour choisir le moment adéquat de la récolte. Cela a déjà été signalé avec le thymol dans l'huile essentielle de thym (*Thymus vulgaris* L. et thymol). En effet, de fortes variations de

ces composés ont été mises en évidence tout au long des saisons, avec un rendement maximal de thymol pendant la période de floraison (**Atti-Santos et al. 2004; Arraiza et al. 2009**).

Pendant son cycle végétatif, la floraison et la fructification de *L. camara* a lieu durant presque toute l'année (Cavalli 2002). Dans notre étude, au cours des mois de récolte sur le site, nous avons constaté que la floraison et la fructification de *L. camara* est quelquefois un peu abondante dans le mois de juin. Elles atteignent généralement un pic en juillet et août, puis parfois en novembre et en décembre. La composition chimique de l'huile essentielle des échantillons d'organes récoltés dans ces différents mois présente parfois une proportion élevée de thymol (**Figure 17**). Il est fort possible que la plante produise plus de thymol pendant les périodes de floraison et de fructification pour se protéger contre les insectes nuisibles.

En effet, les plantes aromatiques sont des sources de métabolites secondaires à propriétés insecticides ou répulsives, capables d'induire une protection des plantes. Certains insectes sont particulièrement sensibles à l'activité des terpènes oxygénés, notamment phénoliques tels que le carvacrol, le thymol, le terpinéol ou le linalol (**Regnault-Roger & Hamraoui 1997**). Cependant, la biosynthèse de ces composés peut être induite par des attaques de pathogènes ou de parasites (**Benhamou & Picard 1999; Benhamou 2009; Benhamou & Rey 2012**). Elle peut être également influencée par la saison des pluies et la situation climatique.

III.1.4. Étude de la variabilité chimique de l'huile essentielle de *L. camara*

L'analyse multivariée des échantillons d'huile essentielle de la récolte mensuelle de *L. camara* a été réalisée en soumettant les données quantitatives de l'analyse chromatographique à l'analyse en composantes principales (ACP). Cela afin d'obtenir une description statistique et de mettre en évidence une éventuelle variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle des organes de *L. camara*, en fonction de la période ou du mois de récolte.

La proportion de composants dans les échantillons d'huile essentielle de *L. camara* a été utilisée pour définir une matrice $m \times n$, où m représente les échantillons et n les composés déterminés dans l'huile essentielle. Les données cumulées sont constituées de 82 individus (82 échantillons) et 84 variables (84 composés identifiés). Parmi les 84 composés du tableau des données, uniquement ceux qui contiennent moins de 40 valeurs nulles (zéro) et ayant un pourcentage de la quantité totale supérieure ou égale à 2 % ont été sélectionnés pour effectuer l'ACP. La CAH a été menée afin d'obtenir un regroupement des échantillons d'huile essentielle.

III.1.5. Analyse statistique de la composition chimique de l'huile essentielle des organes

L'ACP sera limitée aux deux premières composantes qui, ensemble, expliquent 74,26 % de la variabilité totale de la composition chimique. La première composante

principale (Dim1, 53,12 %) est essentiellement composée de trois monoterpènes de contribution opposée, le sabinène (ayant une contribution positive), le linalol et le thymol dont la contribution est négative. En outre, la deuxième composante principale (Dim2, 21,14 %) est essentiellement constituée des contributions positives des variables sesquiterpènes (**Figure 18.a**).

Les sesquiterpènes ayant une corrélation principale positive avec Dim1 sont (*E*)- β -caryophyllène, α -humulène, γ -muurolène, (E.E) bicyclo-germacrène. Par contre, ceux présentant une corrélation principale négative avec Dim1 sont le (*E*)- β -farnésène, α -muurolène, isospathuléol. En effet, selon le premier axe (Dim1), les corrélations principales positives les plus significatives sont (*E*)- β -caryophyllène, sabinène, les corrélations principales négatives les plus significatives sont, l'isospathuléol et l' α -muurolène. Nous pouvons conclure que principalement, la composition chimique des échantillons d'huile essentielle des organes de *L. camara* étudiés diffère par les composés cités plus haut (**Figure 18.a**).

La **Figure 18.b** montre la carte des échantillons suivant les deux premières composantes. Cette carte indique qu'en général, la composition chimique de l'huile essentielle des organes de *L. camara*, récoltés sur le même site, est assez variable. Cette variabilité est élevée au sein des différents organes, mais elle est également présente entre les périodes et les mois de récolte. En effet, pour un même organe, certains échantillons présentent des compositions chimiques très différentes. Cela a induit, par exemple, la présence d'échantillons d'huile essentielle d'un même organe dans différents groupes formés par l'analyse hiérarchique des groupes (CAH). Quatre principaux groupes ont été suggérés, repartis comme suit :

- Groupe I (C1) : Un échantillon d'huile essentielle de fleurs et vingt-trois échantillons d'huiles essentielles de feuilles.
- Groupe II (C2) : Seize échantillons d'huile essentielle de fleurs, trois échantillons d'huile essentielle de fruits, deux échantillons d'huile essentielle de tiges et un échantillon d'huile essentielle de feuilles
- Groupe III (C3) : Trois échantillons d'huile essentielle de fleurs, sept échantillons d'huile essentielle de fruits et trois échantillons d'huile essentielle de tiges
- Groupe IV (C4) : Huit échantillons d'huile essentielle de fruits et quinze échantillons d'huile essentielle de tiges

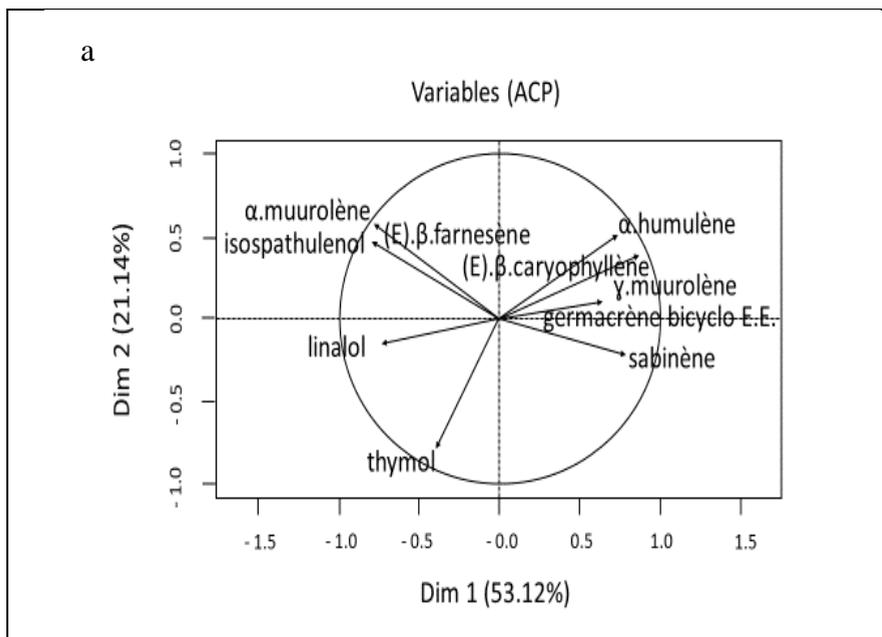
Ce cloisonnement a été corroboré par l'ACP (**Figure 19**). L'analyse conjointe des **Figure 18.a** et **Figure 19** montre que l'huile des feuilles contient généralement une forte proportion de sabinène et une faible proportion de thymol et de linalol. Pour les HE de tiges, de fleurs et de fruits, c'est l'inverse. Il y a une proportion plus élevée de thymol et de linalol et une présence plus faible de sabinène.

La proportion et l'écart-type des composés principaux de chaque groupe sont indiqués à la **Figure 20**. En outre, les échantillons des groupes I, II et IV (**Figure 20.a, b et d**) sont caractérisés par des proportions élevées de (*E*)- β -caryophyllène et de α -humulène, tandis que les échantillons du groupe III (**Figure 20.c**) présentent une

proportion plus élevée de thymol. La composition des tiges, des fleurs et des feuilles diffère assez nettement les unes des autres, tandis que la composition des fruits est plus variable et intermédiaire entre celle des tiges et celle des fleurs.

Essentiellement constitué d'huiles de feuilles, le groupe I pourrait marquer le stade de formation des bourgeons floraux au cours du cycle végétatif de la plante. L'abondance de fleurs dans le groupe II pourrait probablement annoncer la formation des fruits. Le groupe III, qui est constitué d'un mélange d'échantillons de fruits, de tiges et de fleurs, présente la proportion la plus faible de (*E*)- β -caryophyllène ($17,61 \pm 5,061$ %) et de α -humulène ($8,423 \pm 0,948$ %) (**Figure 19**). Dans ce groupe, le nombre plus élevé d'échantillons de fruits par rapport aux fleurs pourrait marquer la période de fructification, d'où la production élevée de thymol par la plante, afin de se protéger (**Regnault-Roger & Hamraoui 1997**).

Nous pouvons noter que la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* varie quantitativement et qualitativement d'un organe à un autre au cours du cycle végétatif de la plante. Ces variations peuvent être liées à certains facteurs écologiques tels que l'âge de la plante, le stade du cycle végétatif de la plante, le moment de la récolte ou encore les différences génétiques interindividuelles entre les plantes poussant sur un même site (**Thompson et al. 2003; Karousou et al. 2005; Dos Santos et al. 2019**).



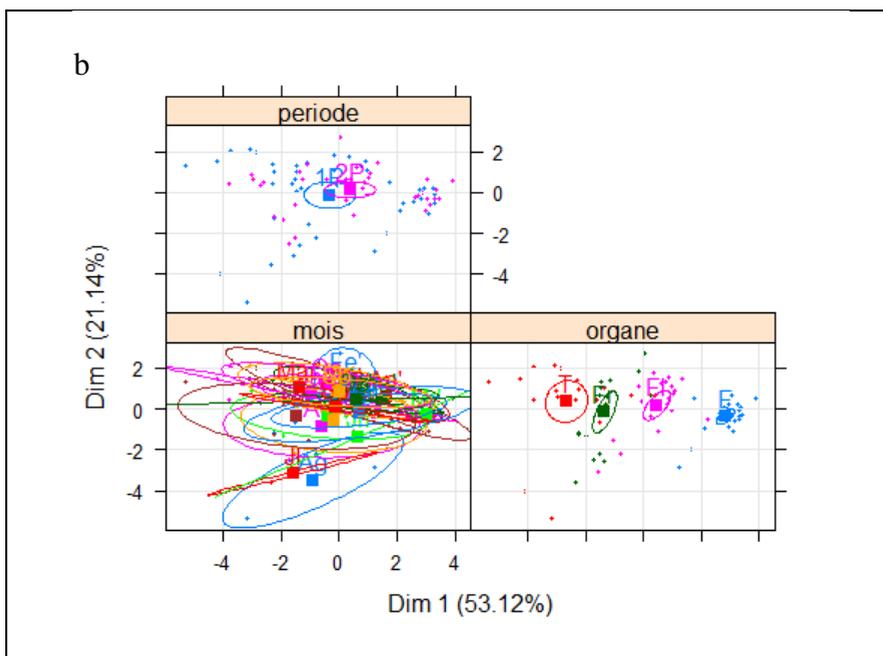


Figure 18: a. ACP - Carte des variables suivant les composantes Dim 1 et Dim 2 ; b. Carte de la repartition des échantillons selon les périodes et mois de récoltes suivant les composantes Dim 1 et Dim 2. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges

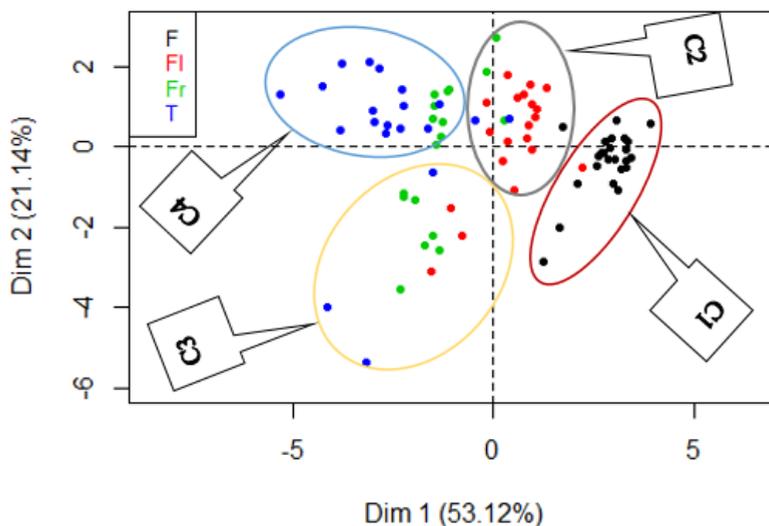
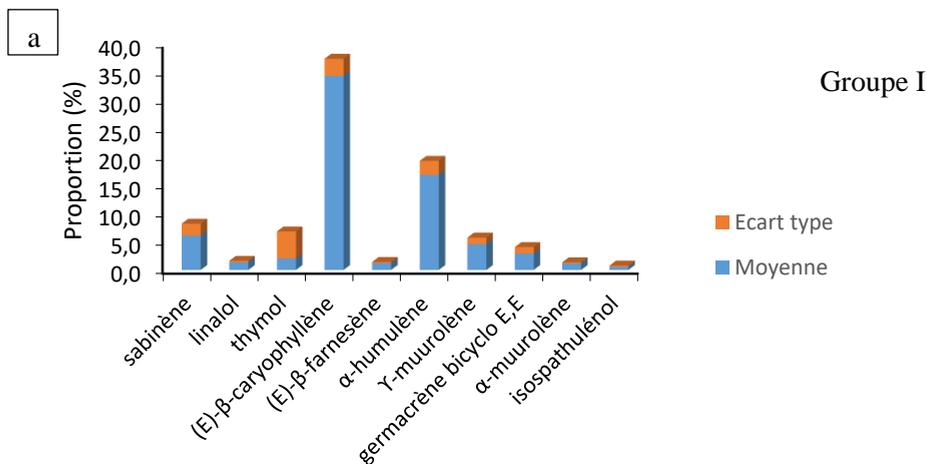
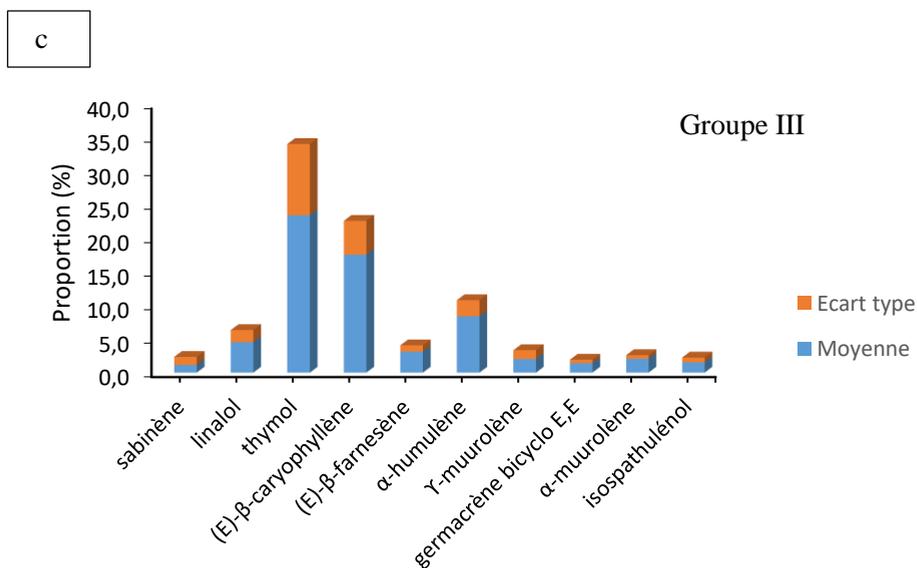
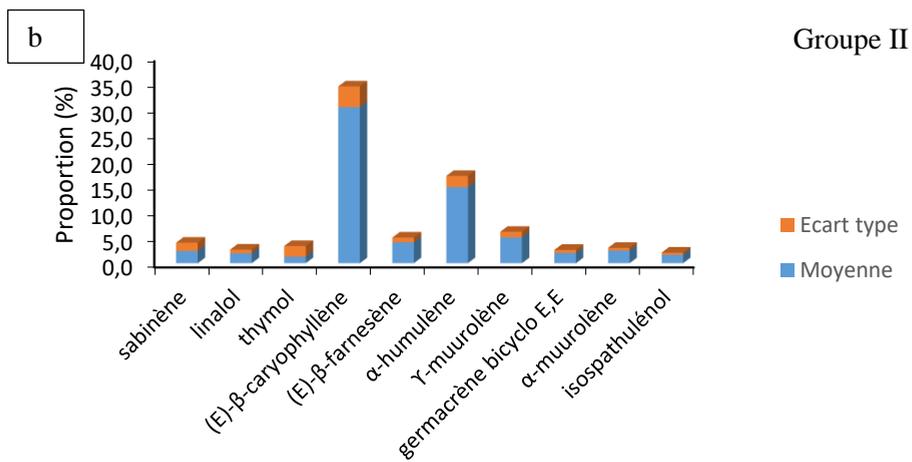


Figure 19: Répartition des échantillons d'huiles essentielles de *L. camara* par l'ACP et regroupement par la CAH ; C1, C2, C3 et C4 sont les groupes définis. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges





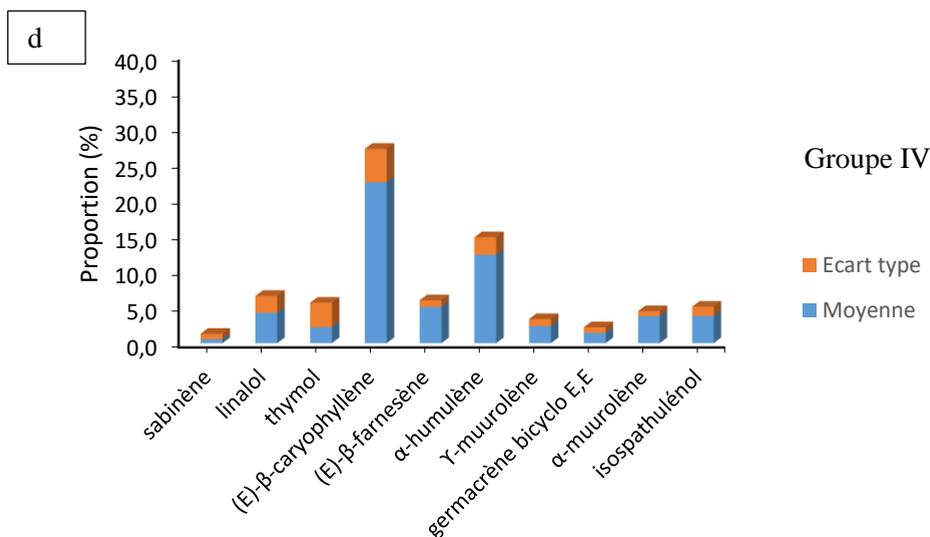


Figure 20: Proportion des principaux constituants des différents groupes (moyenne et écart-type)

L'ACP a également été réalisée pour examiner de plus près la variation de la composition chimique de chacun des organes de *L. camara* de cette étude. Cette analyse a été menée sur la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara* en fonction des mois ou des périodes de récolte. Une analyse par grappe (CAH) a été effectuée pour étudier la similarité des échantillons d'huile essentielle sur la base de la distribution des constituants.

III.1.5.1. Analyse statistique de la composition chimique des feuilles

L'analyse par grappes propose une répartition en trois groupes pour les échantillons d'huile essentielle de feuilles, ce qui est plus ou moins en accord avec distribution faite par l'ACP (**Figure 21**). Les échantillons de juillet et août de la première période de récolte présentent une composition chimique très différente des autres échantillons d'huile essentielle de feuilles. Cela a été démontré par l'analyse conjointe de l'ACP et la CAH, par leur regroupement dans le même groupe (C1). Ces échantillons sont caractérisés par leur proportion élevée de thymol. La répartition des échantillons de la deuxième période sur le plan de l'ACP est proche.

Pendant la deuxième période, la composition chimique des échantillons d'huile essentielle des feuilles est en général constante, dominée principalement par (*E*)-β-caryophyllène et α-humulène. Cependant, la CAH propose une séparation de ces échantillons, ainsi les groupes 2 (C2) et 3 (C3) sont constitués d'un mélange d'échantillons de la première et deuxième période de récolte. Nous avons constaté que

l'échantillon de décembre de la première période a une composition chimique différente de celle du même mois de la deuxième période parce qu'ils ne sont pas dans le même groupe. Aussi selon la distribution de l'ACP, cet échantillon semble avoir également une composition chimique un peu différente des autres échantillons appartenant à son groupe.

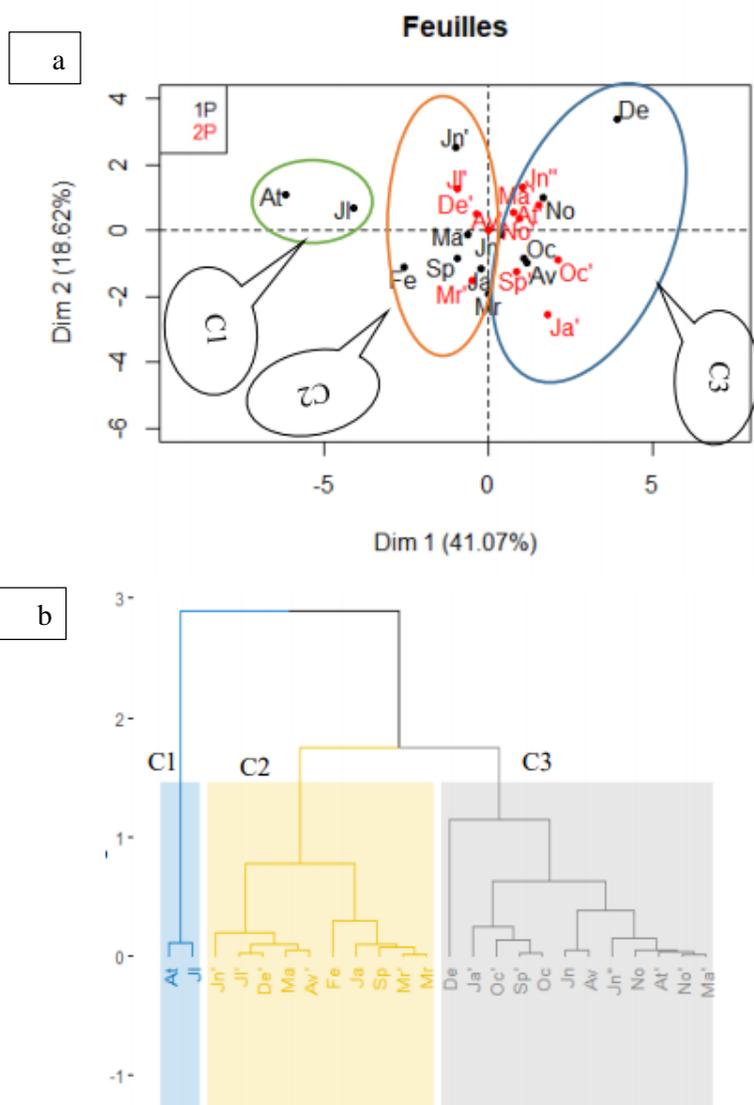


Figure 21: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des feuilles selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période

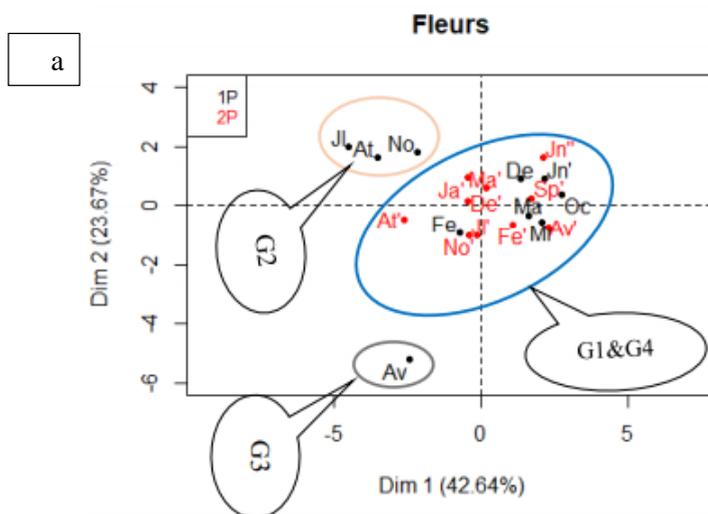
III.1.5.2. Analyse statistique de la composition chimique des fleurs

La représentation graphique des échantillons sur le plan factoriel de l'ACP générée par les composantes principales 1 et 2 qui décrivent respectivement 42,64 % et 23,67 % de la variabilité totale, montre une répartition des échantillons en trois groupes alors que la CAH suggère quatre groupes (**Figure 22**). La répartition faite par l'ACP met en évidence les principales différences d'ordre quantitatif et qualitatif entre les trois groupes de compositions chimiques proposés.

Le groupe 2 (G2) suggéré par la CAH en accord avec l'ACP est mieux individualisé et regroupe les échantillons d'huile essentielle des mois de juillet, août et novembre de la première période de récolte. Ces échantillons présentent donc une composition chimique similaire. Elle est caractérisée par le thymol, (*E*)- β -caryophyllène et α -humulène. La moyenne de la proportion de chacun de ces composés dans le groupe est de ($27,4 \pm 6,42$ %), ($21,3 \pm 1,84$ %) et ($9,6 \pm 0,99$ %) respectivement.

L'échantillon d'huile essentielle de fleurs d'avril de la première récolte est éloigné de tous les échantillons selon la représentation graphique de l'ACP. Cet échantillon constitue à lui seul le troisième groupe (G3). Cela montre qu'il y a une différence au niveau de la composition chimique de l'échantillon par rapport à celle des autres échantillons.

Nous avons remarqué que cet échantillon a la proportion la plus élevée de α -humulène (19,9 %). Selon la distribution graphique des échantillons sur le plan factoriel de l'ACP, la séparation des deux autres groupes (G1 et G4) que suggère la CAH n'est pas nette. Cela conduit à dire que certains échantillons du groupe 1 (G1) et du groupe 4 (G4) ont des compositions chimiques qui ne sont pas significativement différentes.



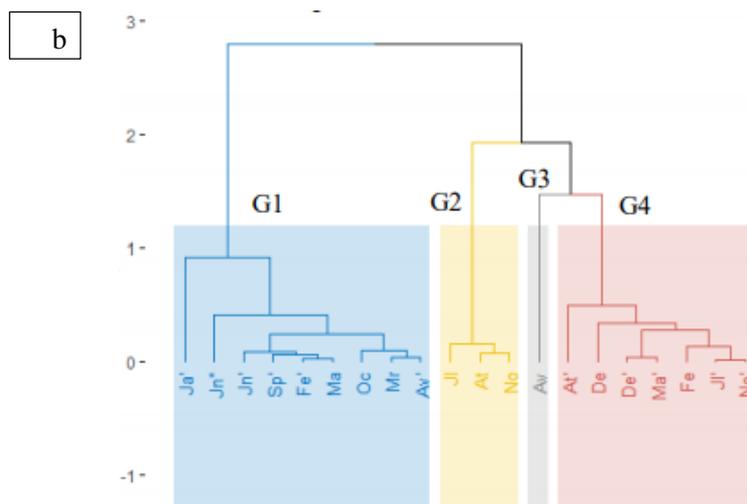


Figure 22: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des fleurs selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première période, 2P : Deuxième période.

III.1.5.3. Analyse statistique de la composition chimique des fruits

En ce qui concerne la composition chimique des échantillons d'huile essentielle de fruits, les résultats de l'ACP et de la classification (CAH) ont révélé la formation de quatre groupes nettement séparés. Chaque groupe est constitué d'échantillons provenant de la première et de la deuxième période de récolte.

Les échantillons d'avril de la première période et de février de la deuxième période présentent une similarité dans la distribution des constituants et forment le groupe 1 (D1) (**Figure 23**). Ces échantillons sont les plus pauvres en composés monoterpéniques avec une proportion de 1,9% pour l'échantillon d'avril et 4,5 % pour l'échantillon de février.

La présence d'échantillons provenant du même mois, mais pas de la même période de récolte, a été constatée dans les groupes 2 (D2), 3 (D3) et 4 (D4). Le groupe 3 est constitué des échantillons de juillet et août de la deuxième période et de l'échantillon de juillet de la première période, tandis que le groupe 4 est constitué des échantillons de juin et de novembre de la première période, puis d'échantillons de décembre et juin de la deuxième période. Ces deux groupes se caractérisent par la présence marquée de monoterpènes oxygénés tels que le thymol dans la composition chimique de l'huile essentielle des échantillons qui les constitue. Mais ces groupes se distinguent par le fait que les échantillons qui constituent le groupe 3 sont plus riches en monoterpènes que ceux du groupe 4, qui eux ont une composition chimique assez constante sur la base de leurs composés majoritaires, thymol (15,8 – 23,0 % ; moy : 20,6 ± 3,26 %), (*E*)- β -caryophyllène (19,4 – 21,4 % ; moy : 20,5 ± 0,84 %) et α -humulène (9,2 – 10,6

% ; moy : $10,1 \pm 0,67$ %). Quant au groupe 2, il contient plus d'échantillons de la première période que d'échantillons de la deuxième période et est caractérisé par (*E*)- β -caryophyllène (moy : $27,3 \pm 2,08$ %) et α -humulène (moy : $14,4 \pm 1,32$ %).

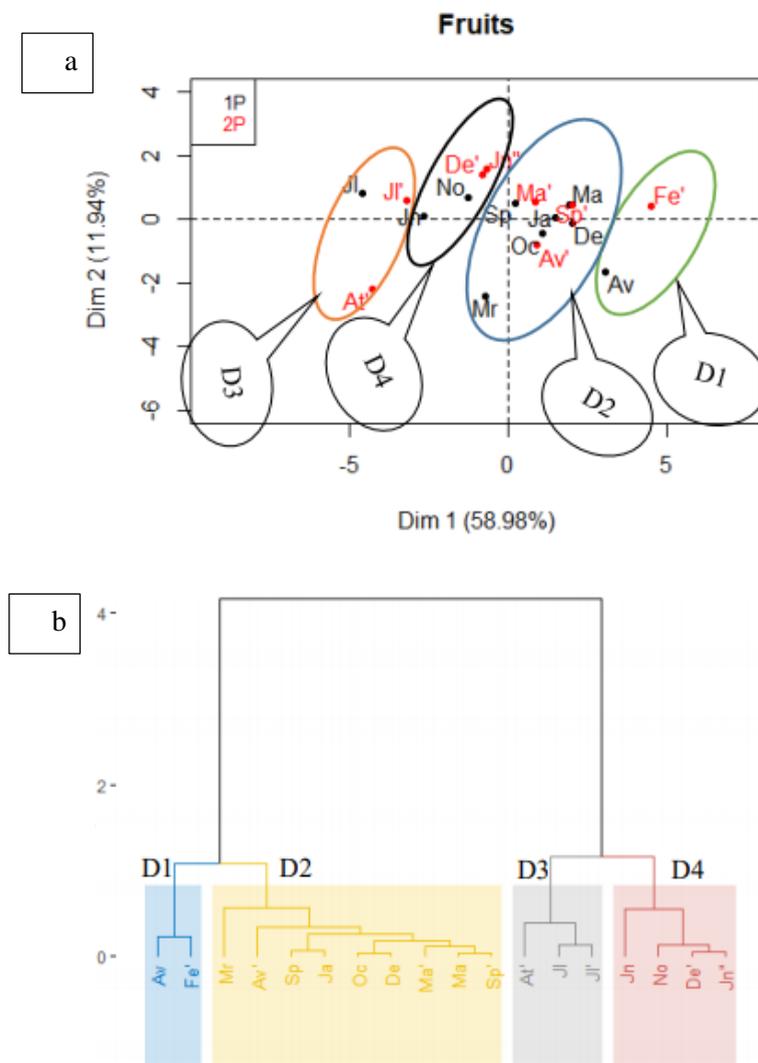
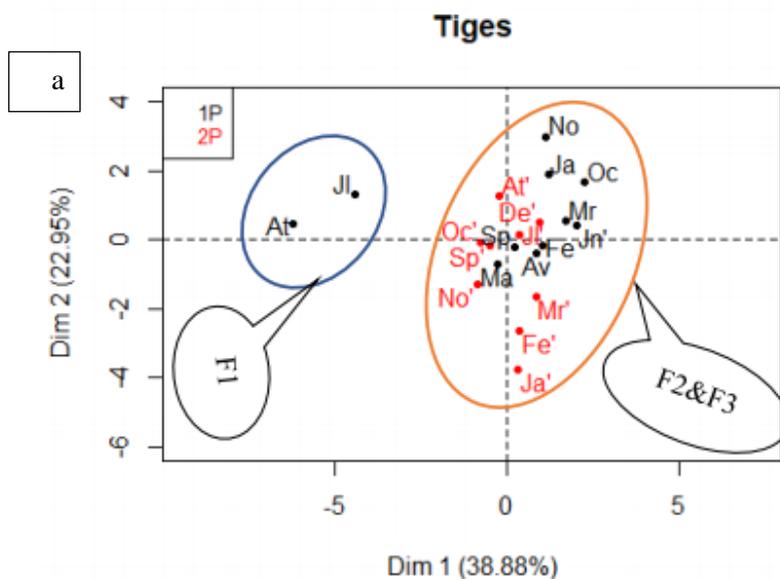


Figure 23: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des fruits selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période.

III.1.5.4. Analyse statistique de la composition chimique des tiges

Le dendrogramme propose une partition en trois groupes tandis que l'ACP oriente plutôt la partition vers deux groupes (**Figure 24**).

Comme dans la répartition des échantillons de feuilles et de fleurs, les échantillons de tiges du mois de juillet et août de la première période se trouvent dans le même groupe (F1). Ce qui montre la similarité de la composition chimique de ces échantillons. Ce groupe est caractérisé par la moyenne de la proportion de thymol la plus élevée ($40,0 \pm 2,0$ %) et celle de (*E*)- β -caryophyllène ($8,6 \pm 1,8$ %) et α -humulène ($4,2 \pm 1,4$ %) la plus basse. Le groupe 1 (F1) est clairement distinct des deux autres groupes formés par la CAH. Ces derniers sont constitués d'échantillons provenant de la première et de la deuxième période de récolte. La séparation de ces groupes par l'ACP n'est pas nette. Les échantillons de tiges de trois mois de la deuxième période de récolte (janvier, février et mars 2017) montrent une composition chimique globalement constante (figure 24.a).



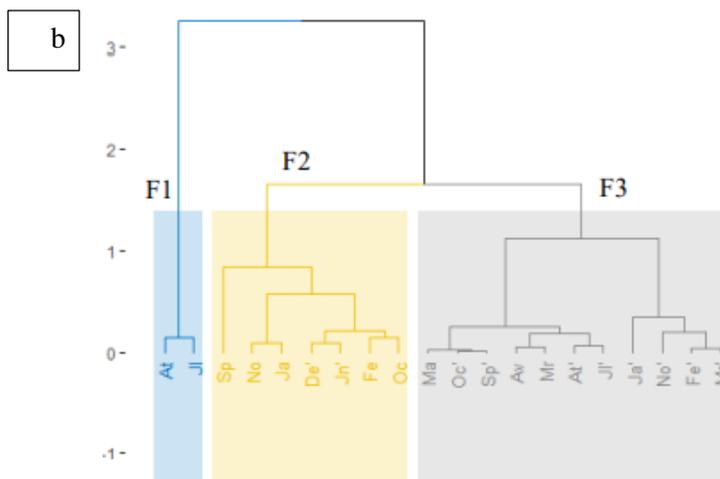


Figure 24: a. Répartition des échantillons d'huile essentielle des tiges selon l'ACP ; b. Dendrogramme. 1P : Première périodes, 2P : Deuxième période.

Selon les analyses CAH et ACP, des échantillons de l'huile essentielle de *L. camara* de cette étude, nous pouvons noter que, la variation de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* au sein d'un même organe dépend de la période ou du mois de fructification et de floraison abondante. Cela s'explique par la présence dans un même groupe des échantillons du mois de juillet, août et souvent novembre.

III.2. Etude multivariée de l'impact de site de récolte sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana camara*

Les feuilles, les fleurs, les fruits et les tiges de *L. camara* ont été collectés frais dans quarante-huit villes de la Côte d'Ivoire (CI), réparties selon quinze régions administratives. Les récoltes ont été effectuées de juin 2015 à décembre 2017. Après hydrodistillation, les résultats des échantillons d'huile essentielle obtenus par organe, par ville et région ont été enregistrés et sont mentionnés dans la figure ci-dessous (**Figure 25**).

Au total, 154 échantillons d'huiles essentielles ont été obtenus. Ces échantillons sont constitués de 48 échantillons d'huiles essentielles de feuilles, 37 échantillons d'huile essentielle de fleurs, 28 échantillons d'huile essentielle de fruits et 41 échantillons d'huile essentielle de tiges.

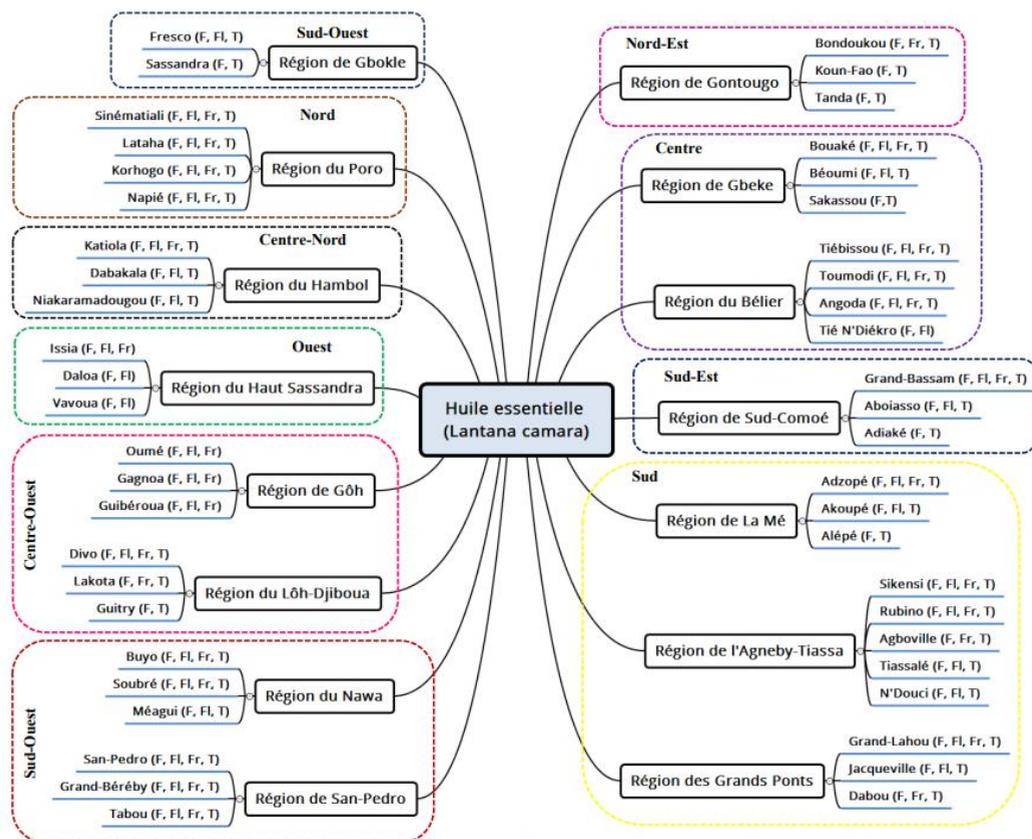


Figure 25: Échantillons d'huile essentielle par ville et par régions. F : Feuilles, Fl : Fleurs, Fr : Fruits, T : Tiges.

III.2.1. Rendement (Rdmt)

Nous constatons que les organes de *L. camara* présentent une diversité de leurs rendements en huiles essentielles (0,001 - 0,43 %). Le rendement en huile essentielle de fruits et de tiges (0,001 - 0,04 %) est plus faible que celui de l'huile essentielle des feuilles et des fleurs (0,03 - 0,43 %). Les corrélations entre les changements de rendement en huile essentielle et les positions géographiques (longitude, latitude et altitude) des sites de collecte ne sont pas clairement définies. Bien souvent, les variations de rendement sont liées à certains facteurs tels que les facteurs environnementaux, génétiques, ainsi qu'à la quantité de matériel végétal/espèce (Figueiredo *et al.* 2008; Ghasemi Pirbalouti *et al.* 2016). En outre, certaines études suggèrent que le rendement en huile est également corrélé avec les conditions climatiques ou la saison (Souza de Oliveira *et al.* 2017).

III.2.2. Composition chimique

L'analyse des échantillons d'huile essentielle provenant des feuilles, des fleurs, des fruits et des tiges de *L. camara* a montré un total de 108 composés représentant plus de 99,9 % du total des composés identifiés. Les tableaux de la composition chimique de chaque organe provenant des villes de récolte par région ont été établis. Seuls les composés ayant une fourchette $\geq 0,0 - 1,0$ % ont été présentés dans chaque tableau. La fourchette d'un composé correspond au minimum et au maximum de ce composé dans l'huile de l'organe selon les villes (annexe 1, 2, 3 et 4).

Indépendamment des lieux de collectes, les échantillons d'huile essentielle de *L. camara* sont dominés par des composés sesquiterpéniques. La quasi-totalité des échantillons est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène (jusqu'à 47 %) et l' α -humulène (jusqu'à 27,8 %). Viennent ensuite le δ -cadinène (jusqu'à 12,8 %), l'oxyde de caryophyllène (jusqu'à 11,6 %) et l' α -copaène (10,9 %) principalement représentés dans certaines villes. Les monoterpènes, tels que le thymol (jusqu'à 40,5 %), le sabinène (jusqu'à 19,3 %) et le 1,8-cinéol (jusqu'à 16,5 %) sont plus nombreux dans certaines villes en fonction des organes.

En outre, il a été constaté que le sabinène et le 1,8-cinéole sont les principaux composés de nombreux échantillons d'HE des feuilles par rapport aux échantillons d'HE des fleurs, des fruits et des tiges. Cependant, il existe des composés dont la quantité varie en fonction de l'organe de la plante. Parmi eux, le p-cymène ($12,1 \pm 0,10$ %), dont la proportion est élevée dans l'huile essentielle de fruits de la ville de Guibéroua dans la région de Gôh (Centre-Ouest de la CI), semble être faible dans d'autres localités. La proportion du germacrène D est plus élevée dans les échantillons d'huile essentielle extraite des feuilles ($11,8 \pm 0,12$ %) et des tiges ($14,2 \pm 0,20$ %) recueillies dans la localité de Katiola (région de Hambol, Centre-Nord de la CI). Dans la région du Poro (Nord de la CI), la davanone est l'un des principaux composés de l'huile de feuilles de Lataha ($13,6 \pm 0,74$ %), de l'huile de tiges de Korhogo ($12,6 \pm 0,43$ %) et de l'huile de fruits de Sinématiali ($10,2 \pm$ %).

L'huile essentielle des échantillons de tiges prélevés dans la ville de Grand-Lahou (région des Grands-Ponts, Sud de la CI) est dominée par l'acide palmitique ($14,6 \pm 0,03$ %) et le phytol ($11,3 \pm 0,19$ %). Il a été observé que, de tous les échantillons d'huile de tiges, la plus faible proportion de (*E*)- β -caryophyllène ($1,9 \pm 0,01$ %) se retrouve dans l'huile essentielle de tiges d'Agboville (région d'Agneby-Tiassa, Sud de la CI). L'huile essentielle de cet échantillon est caractérisée par une forte proportion de géraniol ($13,5 \pm 0,46$ %), de méthyl eugénol ($12,8 \pm 0,62$ %), de thymol ($12,7 \pm 0,42$ %) et d' α -humulène ($11,3 \pm 0,24$ %).

En général, sur la base des principaux composants, ces résultats sont similaires à ceux obtenus par des études précédentes, sur les échantillons d'HE de *L. camara* de Côte d'Ivoire. Cependant, la davanone n'avait pas été détectée dans les échantillons d'HE précédemment étudiés. Ce composé a été identifié comme un composant majeur dans certains de nos échantillons et cela est conforme aux études rapportées (Ngassoum *et al.* 1999; Misra & Saikia 2011; El Baroty *et al.* 2014).

Les résultats de cette étude ont montré que la composition de l'huile essentielle change souvent entre les différentes parties de la plante. Selon les études publiées sur la variabilité de l'huile essentielle, la variation saisonnière, le climat, les facteurs édaphiques, les facteurs génétiques, l'évolution, la distribution géographique des populations sont des facteurs qui affectent la composition de l'huile essentielle (**Figueiredo et al. 2008; Costa et al. 2009; Yavari et al. 2010**). Les facteurs édaphiques ou pédologiques sont des facteurs écologiques liés aux caractéristiques physiques et chimiques du sol. Sadeghi et al. (2014) ont montré que la variation du rapport sesquiterpène/monoterpène est liée aux conditions géographiques telles que l'altitude et la latitude (**Sadeghi et al. 2014**).

La **Figure 26** montre la combinaison des principaux composés que l'on retrouve dans l'huile essentielle des organes de *L. camara* de Côte d'Ivoire. Sur la base des composés majoritaires identifiés, nous constatons que parmi les huiles essentielles des différents organes, la composition chimique de celle des feuilles varie plus que les autres organes. La composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de *L. camara* est proche de celle des fruits et des tiges.

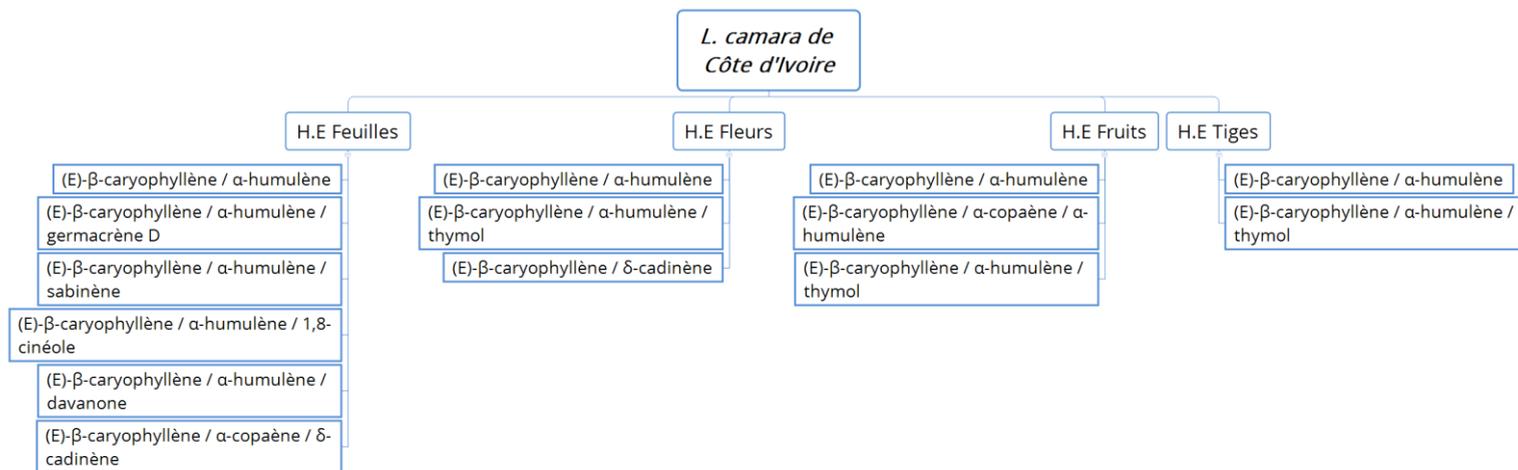


Figure 26: Combinaison de composés majoritaire de l'huile essentielle des organes de *L. camara* de Côte d'Ivoire ; HE : Huile Essentielle.

Tableau 19 : Climat et géomorphologie en fonction des zones de la Côte d'Ivoire.

	Zone 1 (Sud et Littoral)	Zone 2 (Centre)	Zone 3 (Nord)	Zone 4 (Montagnes et Ouest)
Climat	-Attiéen ou régime équatorial de transition ou subéquatorial. -2 saisons sèches et 2 saisons de pluies (mai-juillet et octobre-novembre)	-Baouléen ou régime équatorial de transition atténué ou climat tropical humide -2 saisons sèches et 2 saisons de pluies (juin-octobre et mars-mai)	-Soudanais ou régime tropical de transition -une saison sèche et une saison des pluies (juillet –octobre) -chaleur élevée	-Sub-montagnard ou climat des montagnes - une saison sèche et une saison des pluies
Géomorphologie	-Formation du socle et du bassin sédimentaire (métasédiment, granitoïdes, sable, argile, sable argileux, argile sableuse) -zone de forêt et bande littoral	Forêt mésophile (constitué de forêt dégradée mésophile et savane mésophile) ou forêt claire	Forêt claire et savane herbeuse	Relief montagneux, chaîne de Guinée -zone forestière

Le **Tableau 20** présente la répartition des différentes régions de récolte de *L. camara* en fonction des zones climatiques et forestières de la Côte d'Ivoire.

Tableau 20 : Régions de récoltes en fonction des zones de la Côte d'Ivoire.

	Zone 1 (Sud et Littoral)	Zone 2 (Centre)	Zone 3 (North)
Régions de récoltes	Sud-Comoe, La-Me, Grands-Ponts, Agneby-Tiassa, San-Pedro, Nawa, Gbokle, Lôh-Djiboua	Gôh, Haut-Sassandra, Belier, Gbeke, Gontougo, Hambol	Poros

Pour étudier la variabilité de l'huile essentielle des organes de *L. camara* en fonction des régions de la Côte d'Ivoire, nous avons établi la moyenne de la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle de chacun des organes selon les régions. Ainsi, nous avons obtenu un tableau de composition chimique par organe selon les régions. Chaque tableau est constitué de la composition chimique moyenne de l'organe (feuille, fleur, fruit ou tige) issu des régions de récolte. Pour atteindre notre objectif nous allons utiliser les analyses statistiques notamment l'ACP et la CAH qui nous permettront de discriminer les organes en fonction des régions. Dans chaque tableau de compositions chimiques, seuls les composés qui contiennent moins de 10 valeurs nulles (zéro) et ayant un pourcentage de la quantité totale supérieure ou égale à 2% ont été sélectionnés pour effectuer l'ACP.

NB : RBE : région de Gbeke ; RBO : région de Gbokle ; RGO : région de Gontougo ; RAGT : région de l'Agneby-Tiassa ; RLAM : région de La Me ; RLOD : région de Lôh-Djiboua ; RNAW : région de Nawa ; RPOR : région du Poros ; RSPD : région de San-Pedro ; RGRP : région des Grands-Ponts ; RHAM : région du Hambol ; RGOH : région du Gôh ; RHSD : région du Haut-Sassandra ; RSCO : région du Sud-Comoe ; RBEL : région de Belier.

III.2.3.1. Composition chimique des feuilles

Cette étude a été menée sur la moyenne de la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle des feuilles selon les régions.

Les deux premiers composants principaux ont représenté 71,97 % de la variance totale des composés. La répartition des échantillons selon l'analyse ACP a montré une séparation possible en trois groupes (**Figure 28.a**). De même, l'analyse CAH a divisé les compositions d'huiles essentielles de feuilles en trois groupes. La présence de compositions d'huiles essentielles de feuilles de régions géographiquement éloignées a été observée dans un même groupe (**Figure 28.b**).

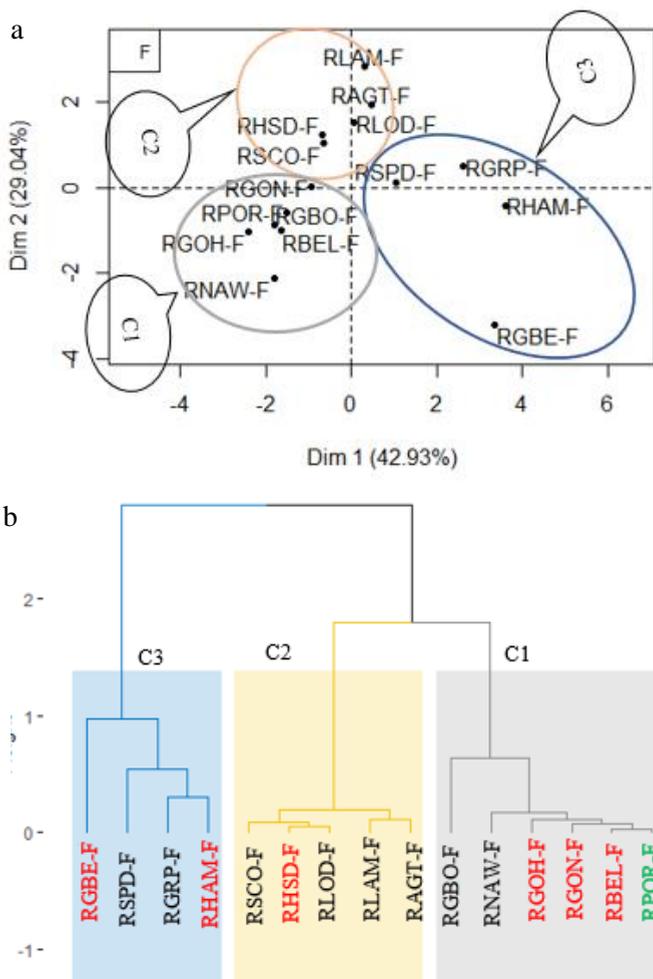


Figure 28 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de feuilles par analyse des composants principaux, F : feuilles ; (b). Dendrogramme ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.

Le groupe C1 est constitué de six régions provenant du Sud, Sud-Ouest, Est, Centre et Nord de la CI. Il est caractérisé par le (*E*)- β -caryophyllène ($33,87 \pm 2,80$ %), l' α -humulène ($19,24 \pm 1,78$ %) et le sabinène ($9,30 \pm 1,59$ %). Quant au groupe C2, il est constitué de cinq régions issues du Sud-Est, Sud et Ouest de la CI. Il est également caractérisé par le (*E*)- β -caryophyllène ($26,04 \pm 5,24$ %), l' α -humulène ($11,59 \pm 4,39$ %) et le sabinène ($9,12 \pm 4,16$ %). Ces deux groupes se distinguent par leurs composés mineurs. Le groupe C3 est constitué de quatre régions, il s'agit de la région de Gbeke (Centre de la CI), la région de San-Pedro (Sud-Ouest de la CI), la région de Grands-Ponts (Sud de la CI) et la région du Hambol (Centre-Nord de la CI). Ce groupe

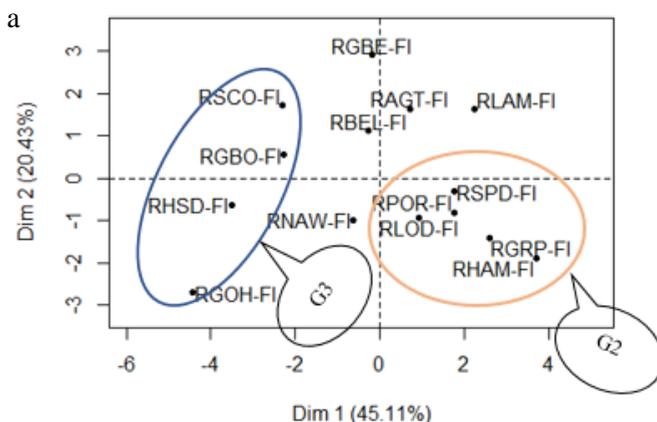
est dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($25,93 \pm 3,35$ %), l' α -humulène ($13,90 \pm 1,97$ %), le sabinène ($11,98 \pm 4,74$ %) et le 1,8-cinéole ($8,39 \pm 1,57$ %). Cette répartition des échantillons a montré qu'il existe deux chémotypes majeurs de l'huile essentielle de feuilles de *L. camara* de Côte d'Ivoire, qui sont le (*E*)- β -caryophyllène/ α -humulène et le (*E*)- β -caryophyllène/ α -humulène/sabinène.

III.2.3.2. Composition chimique des fleurs

Cette étude a été menée sur la moyenne de la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle des fleurs selon les régions.

Les résultats obtenus par l'analyse de l'ACP (**Figure 29 a**) ont révélé l'existence d'une forte variabilité chimique au sein des huiles essentielles de fleurs des régions de la Côte d'Ivoire. Les deux premiers axes générés par l'ACP représentent 65,56 % de la variance totale. Par conséquent, l'analyse CAH a permis d'obtenir trois groupes de compositions chimiques (**Figure 29 b**). Chaque groupe est constitué de compositions chimiques de certaines régions n'appartenant pas à la même zone climatique, ni forestière. Les groupes G1 et G2 sont caractérisés par le (*E*)- β -caryophyllène ($28,81 \pm 7,3$ % pour G1 et $21,33 \pm 3,19$ % pour G2) et l' α -humulène ($18,18 \pm 4,45$ % pour G1 et $13,26 \pm 1,45$ % pour G2). La différence entre les groupes se situe au niveau de la proportion des autres composés principaux, tels que, le sabinène, le 1,8-cinéole, le thymol, l' α -copaène, le δ -cadinène, le caryophyllène oxyde. Le groupe G3 est dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($28,34 \pm 8,04$ %), l' α -humulène ($15,60 \pm 4,19$ %), le sabinène ($11,59 \pm 3,24$ %) et le 1,8-cinéole ($6,05 \pm 2,87$ %).

Sur la base des composés principaux qui dominent les différents groupes formés par l'analyse CAH des feuilles et des fleurs, nous pouvons dire que la composition chimique des feuilles est proche de celle des fleurs.



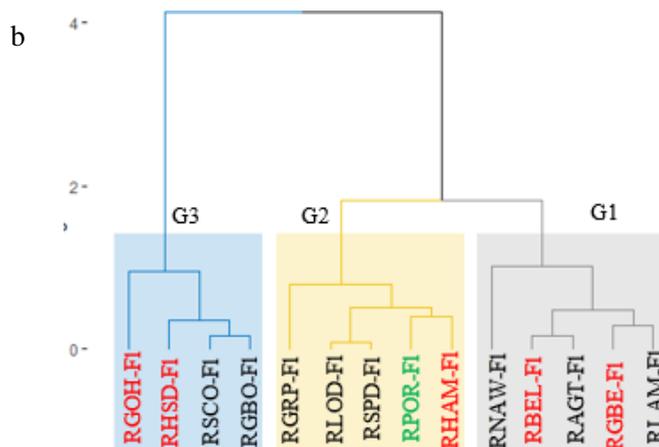


Figure 29: (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de fleurs par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; FI : Fleurs ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.

III.2.3.3. Composition chimique des fruits

Cette étude a été menée sur la moyenne de la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle des fruits selon les régions.

L'analyse de regroupement a fondé cinq grappes selon les deux premiers axes générés par l'ACP (figure 30b). Composée de neuf régions, la première grappe (D1) est caractérisée par le (*E*)- β -caryophyllène ($23,55 \pm 3,40$ %) et l' α -humulène ($16,32 \pm 2,06$ %). Dans ce groupe, sur les neuf régions, sept régions sont géographiquement proches avec en générale le même climat. Ce sont les régions du Lôh-djiboua, des Grands-ponts, de l'Agneby-tiassa, de La-Me, du Sud-comoé, de San-pedro et du Nawa (**Figure 30 b** et **Tableau 21, Tableau 22**). La deuxième grappe est constituée de deux régions du centre de la Côte d'Ivoire. Ce groupe est dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($17,48 \pm 0,59$ %), l' α -humulène ($11,27 \pm 3,77$ %). Les trois dernières grappes sont constituées d'une région chacune, formant ainsi des groupes individuels. La composition de l'HE des fleurs de la région du Hambol est marquée par le thymol (18,9 %), le (*E*)- β -caryophyllène (16,9 %), le δ -cadinène (12,5%), l' α -copaène (8,4%) et le germacrène D (8,3%). Celle de la région du Gôh est caractérisée par le (*E*)- β -caryophyllène (22,4 %), l' α -humulène (9,5 %), le thymol (17,1 %) et le 1,8-cinéole (8,2 %). La composition de la région de Gontougo est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène (33,4 %), l' α -humulène (22,4 %) et le thymol (11,1 %). La constitution de ces régions en groupes individuels pourrait être due à un problème d'échantillonnage. En effet dans les régions du Hambol et de Gontougo, nous n'avons obtenu qu'un échantillon d'HE de fruit par région. Dans certaines villes, les quantités récoltées n'étaient pas suffisantes pour la distillation. Quant à la région du

Gôh, nous avons obtenu de l'HE dans toutes les villes de récoltes. Cette région se démarque par la teneur du 1,8-cinéole dans la composition chimique de ses fruits.

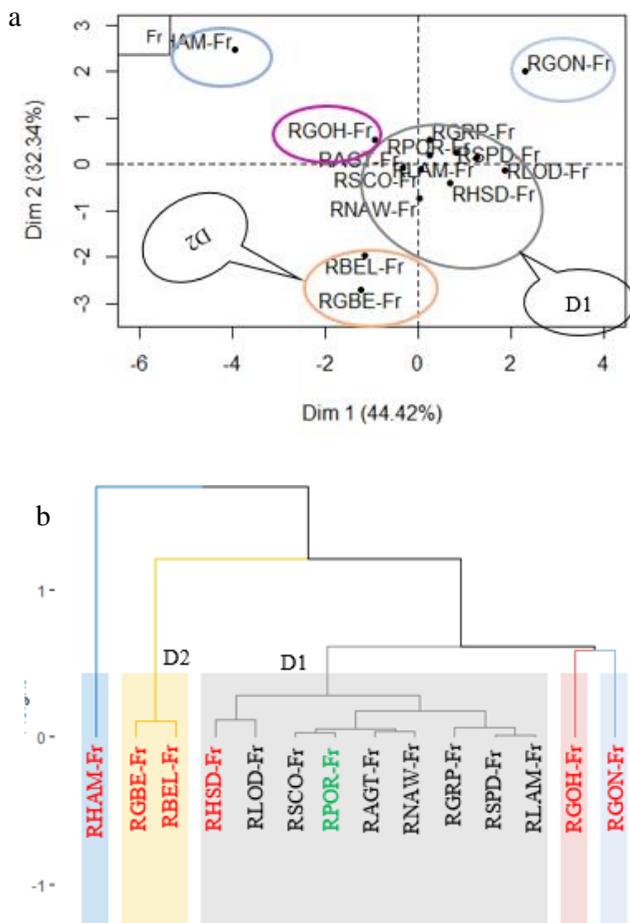


Figure 30 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de fruits par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; Fr : Fruits ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.

III.2.3.4. Composition chimique des tiges

Les analyses ACP et CAH ont permis de mettre en évidence quatre groupes de composition chimique d'huile essentielle de tiges selon les régions (**Figure 31**). Le (*E*)- β -caryophyllène (16,19 - 25,38 %) et l' α -humulène (13,54 - 16,5 %) sont les composés caractéristiques de chaque groupe. La différence notable entre ces groupes

est la proportion de composés principaux mineurs que sont le β -bisabolène, le valencène et le δ -cadinène. Dans le groupe F1, on a le valencène à $2,89 \pm 0,69\%$, le β -bisabolène à $3,20 \pm 0,89\%$, et le δ -cadinène à $3,47 \pm 1,27$. Dans le groupe F2, la proportion de valencène est de $4,72 \pm 0,89\%$, celle de β -bisabolène est de $4,30 \pm 0,87\%$, et celle de δ -cadinène $5,12 \pm 1,89\%$. Quant au groupe F3, sa teneur en valencène est de $1,33 \pm 0,89\%$, celle de β -bisabolène est de $3,57 \pm 0,72\%$, et celle de δ -cadinène $3,33 \pm 0,66\%$. Le groupe F4 est constitué uniquement de la région de San-Pedro. Les échantillons d'HE de tiges ont été obtenus dans toutes les villes de récoltes de cette région. La proportion du β -bisabolène (6,9%) et du δ -cadinène (6,0%) est plus élevée dans ce groupe.

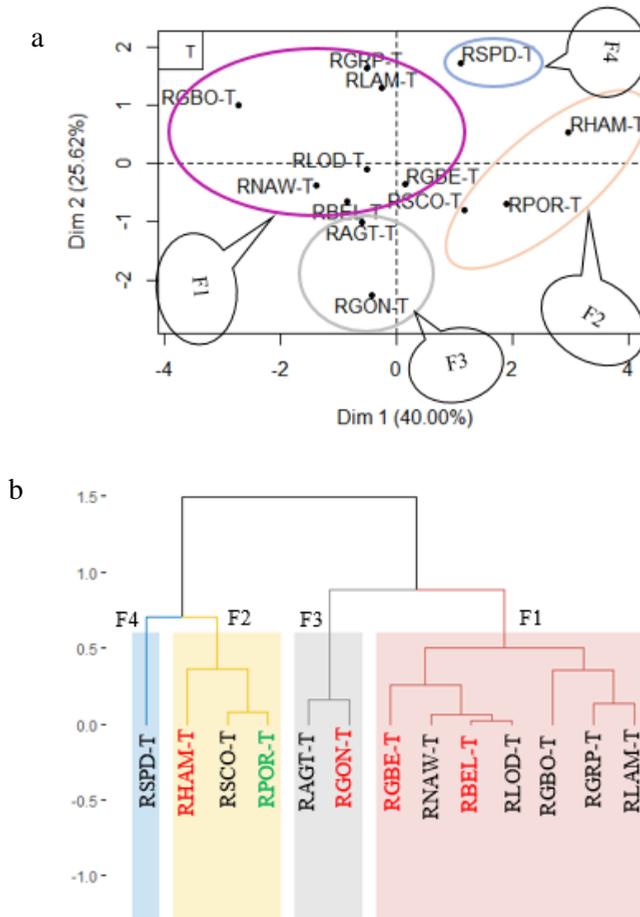


Figure 31 : (a). Répartition des échantillons d'huile essentielle de tiges par analyse des composants principaux. (b). Dendrogramme ; T : Tiges ; noir : région de la zone 1, rouge : région de la zone 2 et vert : région de la zone 3.

Dans cette étude axée sur la variabilité de l'huile essentielle des organes de *L. camara* selon les régions de Côte d'Ivoire, l'analyse statistique a montré une grande distribution de l'huile essentielle à partir d'échantillons de régions éloignés géographiquement appartenant à un même groupe.

En général, les régions ou villes voisines présentent des climats, des sols et des facteurs biotiques similaires, et par conséquent une composition d'huile essentielle similaire (Lei *et al.* 2010). En ce qui concerne la répartition des compositions d'huile de fleurs, les résultats montrent que les compositions chimiques d'huile essentielle de fleurs des régions situées au sud et au sud-ouest (région de San-Pedro et région des Grands-Ponts) appartiennent au même groupe que les compositions d'huile des régions du nord et du centre-nord (région de Poro et région du Hambol). Selon la répartition climatique, végétatif et géomorphologique de la Côte d'Ivoire (Figure 27), les conditions environnementales et climatiques des régions de San-Pedro et Grands-Ponts (zone 1) sont différentes de celles des régions du Poro et Hambol (zone 2 et 3) (voir Tableau 19 et Tableau 20). Nous avons constaté que dans les différents groupes formés par la CAH de tous les organes étudiés il y a non seulement de régions géographiquement proches (ou de la même zone), mais également des régions géographiquement éloignées (ou de zones différentes). Ces observations permettent de conclure que la diversité chimique de *L. camara* de Côte d'Ivoire ne peut être attribuée seulement à des facteurs biogéographiques (sol et environnement).

L'influence de certains facteurs environnementaux sur trois chémotypes de *Thymus piperella* (populations sauvages) a également été étudiée. Les résultats ont indiqué que l'indice d'aridité et l'altitude ainsi que les facteurs affectant l'équilibre hydrique tant dans les sols que dans les plantes sont liés à deux chémotypes de la plante. Cependant, l'influence des facteurs climatiques sur le chémotype p-cymène et carvacrol est moins évidente (Boira & Blanquer 1998).

La littérature rapporte qu'il existe une relation significative entre la composition des huiles essentielles de feuilles de *Lychnophora ericoides* (sauvage) du Brésil et les facteurs édaphiques (Curado *et al.* 2006). Les résultats obtenus sur *Ferula assafoetida* ont montré que la teneur et la composition des huiles essentielles appartenant aux populations sauvages de la plante sont influencées par des facteurs génétiques, climatiques et édaphiques (lié à la nature du sol, propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol) (Moghaddam & Farhadi 2015). Dans notre étude, des régions très éloignées donnent des compositions chimiques proches, cela serait due à des facteurs génétiques.

Les études sur les variations inter et intra spécifiques de la composition chimique des huiles essentielles sont innombrables. En général, les variations dues à des différences génétiques sont beaucoup plus importantes que celles dues à des conditions environnementales (Circella *et al.* 1995; Bazina *et al.* 2002; Wagner *et al.* 2005; Mewes & Pank 2007; Pank 2007; Beáta Gosztola 2010). En outre, les variations quantitatives et qualitatives généralement observées attirent notamment l'attention sur l'échantillonnage aléatoire approprié (échantillonnage représentatif)

pour obtenir des informations valables sur la composition chimique d'une espèce. Lors de l'évaluation de la variabilité de la composition chimique, bien que l'échantillonnage soit représentatif, il faut aussi prendre en compte que dans de nombreux cas, le matériel végétal étudié n'est pas homogène. Dans notre étude la plante de *L. camara* étudiée est non cultivée, hétérogène. En raison sa diversité chimique, une sélection continue des chémotypes souhaités pourrait conduire à des populations plutôt homogènes et reproductibles.

III.2.4. Répartition cartographique de *L. camara* en fonction des régions de la Côte d'Ivoire

Pour établir la carte de répartition chimique de *L. camara* en fonction des régions de la Côte d'Ivoire, nous avons établi la moyenne et l'écart-type de la composition chimique des différents échantillons d'huile essentielle de l'ensemble des organes selon les régions. Le **Tableau 21** présente les composés caractéristiques de la composition chimique de *L. camara* de 15 régions de la Côte d'Ivoire.

Tableau 21 : Composés caractéristiques de la composition chimique de *Lantana camara* des différentes régions de la Côte d'Ivoire

		sabinène	1,8-cinéol	thymol	α -copaène	(<i>E</i>)- β - caryophyllène	cadina-4(14)5- diène	α -humulène	germacrène D	δ -cadinène
RHAM	Z2	1,7 ± 2,5	1,2 ± 0,9	6,6 ± 8,3	5,6 ± 1,9	18,9 ± 2,2	4,3 ± 0,8	10,3 ± 3,8	6,8 ± 1,5	7,4 ± 3,6
RSPD	Z1	5,6 ± 6,8	0,1 ± 0,3	2,1 ± 1,2	3,0 ± 0,6	22,7 ± 1,1	3,9 ± 0,7	15,7 ± 2,0	1,9 ± 0,6	4,4 ± 1,7
RGBO	Z1	5,6 ± 3,6	6,9 ± 3,3	1,6 ± 1,5	2,0 ± 1,0	25,4 ± 1,7	1,5 ± 0,4	17,9 ± 2,3	0,0 ± 0,0	1,9 ± 1,1
RGBE	Z2	4,7 ± 3,7	3,7 ± 4,4	2,2 ± 4,0	4,2 ± 2,3	28,0 ± 9,1	3,5 ± 0,9	12,3 ± 6,8	1,7 ± 1,1	4,0 ± 1,3
RPOR	Z3	4,6 ± 4,9	2,8 ± 2,2	5,1 ± 2,7	1,8 ± 0,6	22,5 ± 3,4	3,0 ± 0,4	14,2 ± 0,9	0,7 ± 0,3	3,3 ± 1,5
RSCO	Z1	4,2 ± 4,7	1,7 ± 2,0	2,8 ± 3,1	1,7 ± 0,4	28,4 ± 9,9	2,7 ± 0,4	16,6 ± 2,0	1,2 ± 0,9	3,5 ± 1,2
RGON	Z2	7,4 ± 6,6	4,8 ± 4,1	4,2 ± 5,9	1,8 ± 0,3	25,9 ± 9,0	3,0 ± 0,8	17,7 ± 4,3	1,5 ± 0,9	2,9 ± 1,3
RLOD	Z1	5,5 ± 3,5	2,1 ± 2,5	3,0 ± 3,9	2,2 ± 1,0	26,7 ± 6,3	3,0 ± 0,7	15,9 ± 2,6	1,8 ± 1,0	2,7 ± 0,9
RLAM	Z1	2,6 ± 4,2	0,0 ± 0,0	1,6 ± 1,2	2,1 ± 0,5	30,4 ± 5,6	3,9 ± 0,3	19,6 ± 2,7	1,7 ± 0,5	3,7 ± 1,0
RGRP	Z1	4,4 ± 2,5	1,6 ± 1,9	0,9 ± 0,7	4,9 ± 1,3	26,9 ± 3,9	3,9 ± 0,4	15,3 ± 1,9	2,4 ± 0,7	6,2 ± 1,6
RAGT	Z1	3,5 ± 4,5	0,0 ± 0,0	2,9 ± 2,7	1,8 ± 0,5	22,7 ± 6,4	3,0 ± 0,8	17,6 ± 2,1	2,4 ± 1,1	2,8 ± 0,9
RNAW	Z1	8,1 ± 5,9	3,6 ± 3,6	1,2 ± 1,1	2,3 ± 0,8	21,8 ± 1,8	3,3 ± 0,6	13,0 ± 2,6	1,7 ± 0,6	2,6 ± 1,1
RBEL	Z2	6,3 ± 5,7	3,8 ± 3,4	3,6 ± 3,0	1,7 ± 0,5	23,1 ± 4,3	2,6 ± 0,8	15,3 ± 2,6	0,7 ± 0,6	2,4 ± 1,0
RGOH	Z2	11,0 ± 5,1	8,3 ± 0,8	9,4 ± 7,4	1,1 ± 0,2	24,6 ± 5,0	1,6 ± 0,5	10,8 ± 1,9	0,7 ± 0,3	1,3 ± 0,3
RHSD	Z2	13,9 ± 1,8	10,2 ± 5,8	1,5 ± 0,6	1,4 ± 0,4	28,5 ± 5,5	2,2 ± 0,8	15,3 ± 2,3	0,8 ± 0,7	1,7 ± 0,4

RGBE : région de Gbeke ; RGBO : région de Gbokle ; RGON : région de Gontougo ; RAGT : région de l'Agneby-Tiassa ; RLAM : région de La Me ; RLOD : région de Lôh-Djiboua ; RNAW : région de Nawa ; RPOR : région du Poro ; RSPD : région de San-Pedro ; RGRP : région des Grands-Ponts ; RHAM : région du Hambol ; RGOH : région du Gôh ; RHSD : région du Haut-Sassandra ; RSCO : région du Sud-Comoé ; RBEL : région de Belier. Z1 : Zone 1, Z2 : Zone 2 et Z3 : Zone 3.

Au regard du **Tableau 21**, nous constatons que la composition chimique de l'HE de *L. camara* des régions du Sud-Comoé, de La-Me, de l'Agneby-Tiassa et de Gbeke est dominée uniquement par le (*E*)- β -caryophyllène et l' α -humulène. Par ailleurs, la composition chimique de la région des Grands-Ponts est dominée par le δ -cadinène en plus du (*E*)- β -caryophyllène et l' α -humulène. La composition chimique de la région du Poro est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène, l' α -humulène et le thymol. Quant à celle de la région du Hambol, elle est dominée par les mêmes composés que dans la région du Poro auxquels s'ajoutent le δ -cadinène, le germacrène D et l' α -copaène. Le (*E*)- β -caryophyllène, l' α -humulène, le sabinène, le thymol et le 1,8-cinéol, sont les composés qui dominent la composition chimique de la région du Gôh. En ce qui concerne la composition chimique des régions de San-Pedro, Gontougo, Lôh-Djiboua, Nawa et Bélier, elle est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène, l' α -humulène et le sabinène. Les régions du Gboklé et du Haut-Sassandra ont quant à eux une composition chimique dominée par le 1,8-cinéol en plus du (*E*)- β -caryophyllène, l' α -humulène et le sabinène.

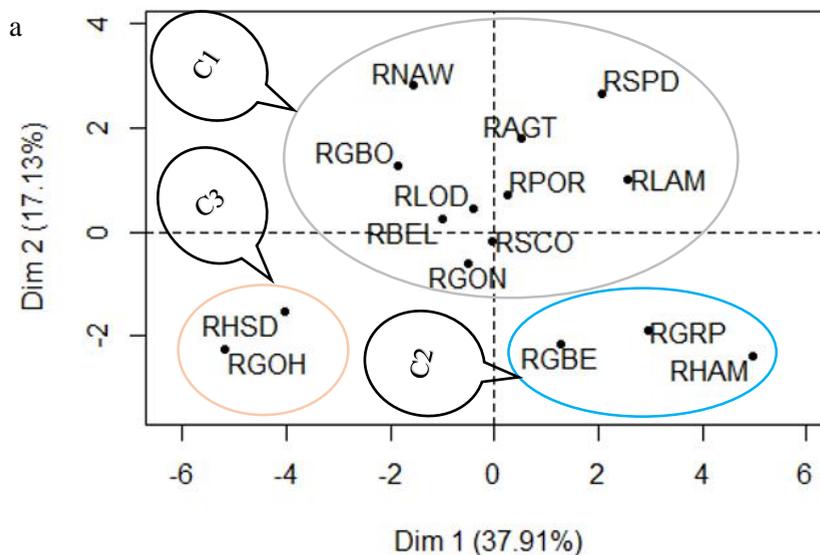
Afin d'obtenir une description statistique de la composition chimique de l'HE de *L. camara* en fonction des régions, nous avons intégré aux résultats obtenus certaines données météorologiques, notamment la température moyenne ($^{\circ}\text{C}$) et les précipitations totales sur le mois (mm) (**Tableau 22**). Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse ACP et CAH.

Le dendrogramme propose une répartition de la composition chimique des différentes régions en trois grands groupes (**Figure 32**). La répartition graphique de la composition des régions sur le plan factoriel de l'ACP est en accord avec ces trois groupes.

- Le groupe C1 est constitué de dix régions. Il s'agit des régions du Nawa, de San-Pédro, de La-Mé, du Lôh-Djiboua, de Gontougo, du Sud-Comoé, du Bélier, de l'Agneby-Tiassa, de Gboklé et du Poro. Ce groupe est principalement dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($25,0 \pm 2,9$ %) et l' α -humulène ($16,3 \pm 1,9$ %). Les composés tels que le sabinène ($5,3 \pm 1,7$ %), δ -cadinène ($3,0 \pm 0,7$ %) et le cadina-4(14)5-diène ($3,0 \pm 0,7$ %) sont présents à des proportions appréciables.
- Le groupe C2 est constitué de trois régions ; les régions Hambol, Gbèkè et Grands-Ponts. Il est dominé également par le (*E*)- β -caryophyllène ($24,6 \pm 5,0$ %) et l' α -humulène ($12,6 \pm 2,5$ %). Ce groupe présente des proportions appréciables de δ -cadinène ($5,9 \pm 1,7$ %), α -copaène ($4,9 \pm 0,7$ %), cadina-4(14)5-diène ($3,9 \pm 0,4$ %), sabinène ($3,6 \pm 1,6$ %), et de thymol ($3,2 \pm 3,0$ %) et de valencène ($3,1 \pm 1,1$ %).
- Le groupe C3 est constitué des régions de Gôh et Haut-Sassandra. C'est un groupe dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($21,8 \pm 8,8$ %) et l' α -humulène ($12,3 \pm 5,2$ %). Par ailleurs, ce groupe présente des proportions appréciables de sabinène ($5,3 \pm 3,7$ %), thymol ($3,2 \pm 2,5$ %) et de δ -cadinène ($3,3 \pm 2,2$ %).

Tableau 22 : Moyenne météo sur l'ensemble du pays selon les mois de récoltes par région

Régions	Mois de récolte	Température moyenne (°C)	Précipitations totales sur le mois (mm)
Gôh	Juin 2015	26	249
Haut-Sassandra	Juillet 2015	27	68
Belier	Septembre 2015	28	118
Sud-Comoe	Décembre 2015	29	37
Agneby-Tiassa	Mars 2021	27	112
San-Pedro	Juin 2016	27	144
Nawa	Juillet 2016	25	622
Poro	Août 2016	25	48
Hambol	Octobre 2016	26	101
Gbeke	Octobre 2016	29	52
Gontougo	Janvier 2017	27	14
Grand-Ponts	Mars 2017	27	78
Gbokle	Août 2017	24	96
La Me	Novembre 2017	26	110
Lôh-Djiboua	Décembre 2017	26	58



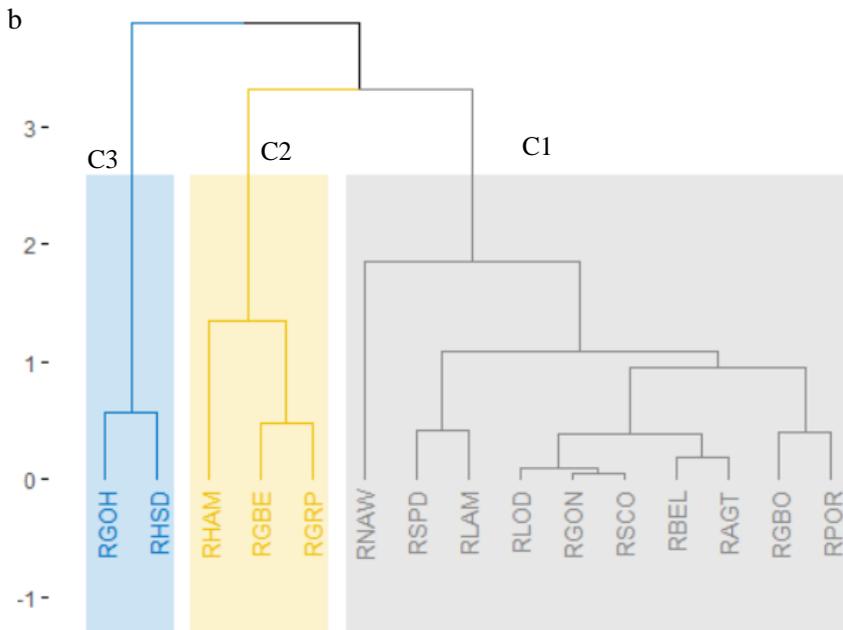
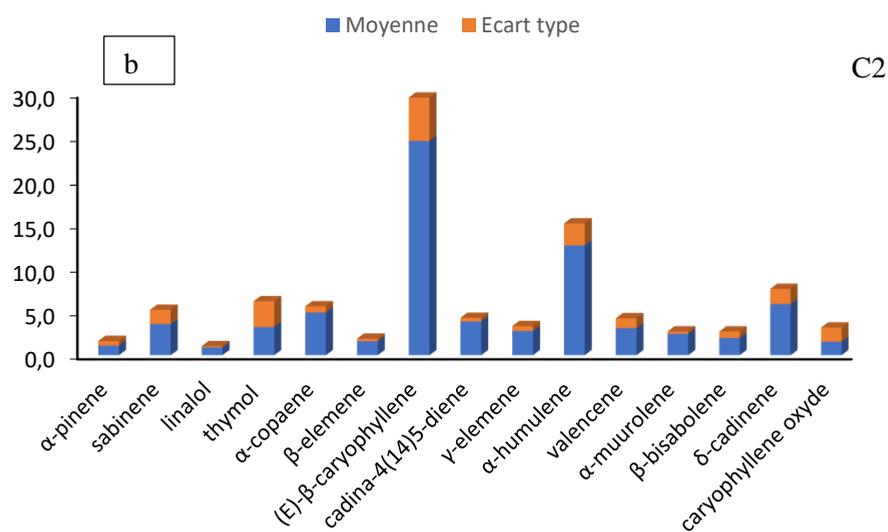
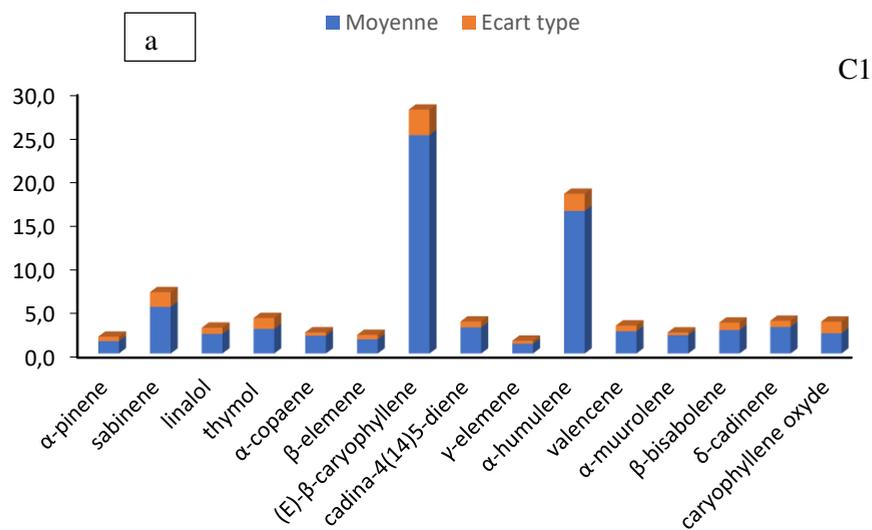


Figure 32. a. ACP ; b. Dendrogramme de l'analyse CAH de la composition chimique selon les régions ;

La composition chimique de l'HE de *L. camara* des régions de la Côte d'Ivoire se différencie par la teneur des composés mineurs, en proportions appréciables ou non négligeables. En effet, parmi les trois groupes définis, la proportion de l' α -copaène dans le groupe C2 ($4,9 \pm 0,7$ %) est environ le double de celle des groupes C1 ($2,0 \pm 0,4$ %) et C3 ($2,6 \pm 1,8$ %). Le groupe C1 présente la proportion la plus élevée de linalol ($2,3 \pm 0,7$ %) par rapport aux groupes C2 ($0,9 \pm 0,2$ %) et C3 ($1,3 \pm 0,8$ %). Quant au groupe C2, il se distingue par une proportion élevée de γ -élémyène ($2,8 \pm 0,6$ %) et de caryophyllène oxyde ($2,3 \pm 1,3$ %) par rapport aux groupes C1 et C3. Les proportions de l' α -muuroène et du β -bisabolène sont élevées dans les groupes C1 ($2,1 \pm 0,3$ % et $2,7 \pm 0,9$ %) et C2 ($2,5 \pm 0,3$ % et $2,0 \pm 0,7$ %) par rapport au groupe C3 ($1,7 \pm 0,8$ % et $1,6 \pm 0,9$ %) (**Annexe 5**).

Les histogrammes de la **Figure 33** présentent les proportions moyennes et les écarts types des composés principaux des différents groupes.



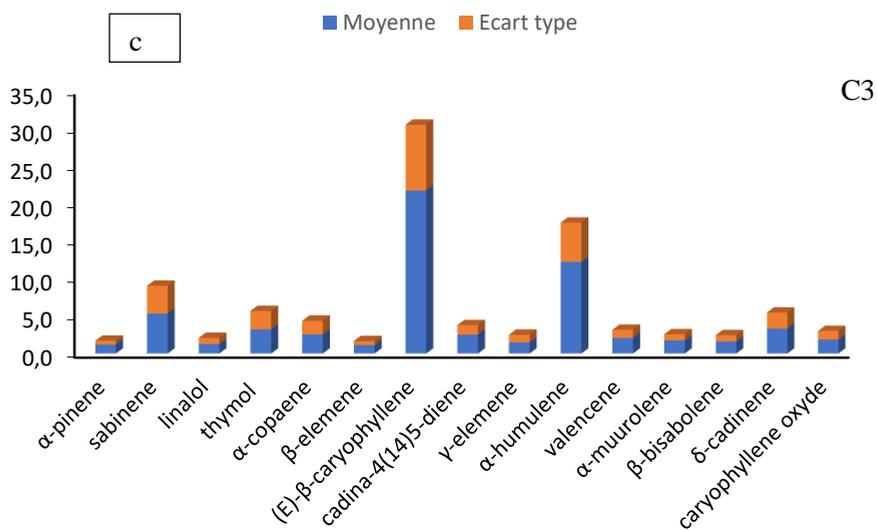


Figure 33. Proportion des principaux composés des différents groupes de composition chimique de l'HE de *L. camara* selon les régions (moyenne et écart type)

Cette étude a permis de définir les composés qui caractérisent la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* de 15 régions de la Côte d'Ivoire. Elle a également permis de classer les régions sur la base de compositions chimiques similaires. Il ressort trois chémotypes ou trois groupes de composés caractéristiques selon les régions de la Côte d'Ivoire :

- Chémotype 1 : (*E*)-β-caryophyllène / α-humulène / sabinène / cadina-4(14)5-diène / δ-cadinène (régions du groupe C1)
- Chémotype 2 : (*E*)-β-caryophyllène / α-humulène / d-cadinène / α-copaène / cadina-4(14)5-diène / sabinène / thymol / valencène (régions du groupe C2)
- Chémotype 3 : (*E*)-β-caryophyllène / α-humulène / sabinène / thymol / δ-cadinène (régions du groupe C3)

La **Figure 34** montre la répartition de la composition chimique selon les 15 régions. Nous constatons que sur le littoral et au nord, il y a deux chémotypes (chématype 1 et 2). Quant au sud-ouest du pays, il présente également deux chémotypes (chématype 1 et 3). À l'Est de la Côte d'Ivoire, la région de Gontougo est caractérisée par un chémotype (chématype 1)

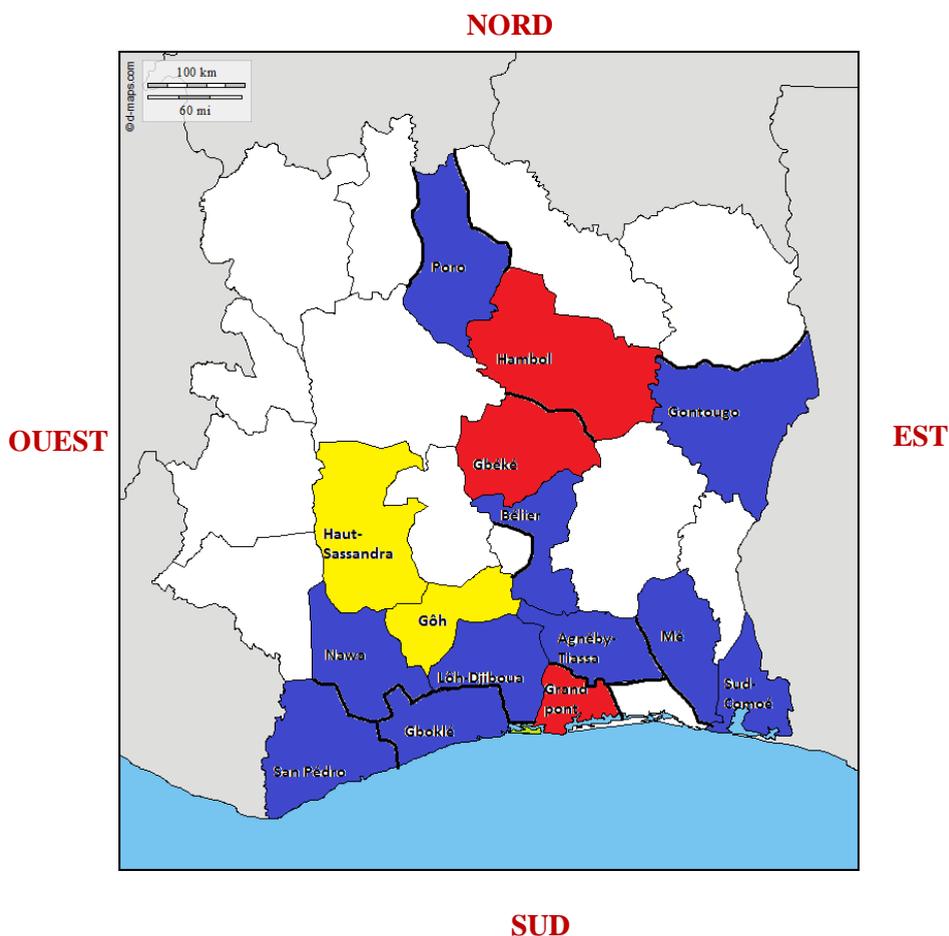


Figure 34. Carte de chémotype de l'HE de *L. camara* selon les régions de la côte d'Ivoire ; bleu : groupe C1 ; rouge : groupe C2 ; jaune : groupe C3

III.3. Activités biologiques de l'huile essentielle de Lantana camara de Côte d'Ivoire

L'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de *L. camara* de Côte d'Ivoire a été réalisée sur trois échantillons d'huile essentielle ont été sélectionnés sur la base de leur composition chimique. Il s'agit de l'HE de *L. camara* (LC) des feuilles [LC (F) J1] et des fleurs [LC (Fl) J1] de juillet 2015, puis l'HE des feuilles de juillet 2016 [LC (F) J12]. Les échantillons des différents organes ont été récoltés pendant la période de floraison et de fructification sur le site de Brègbo. La **Figure 35** montre les proportions des composés majoritaires contenus dans chacun des échantillons choisis.

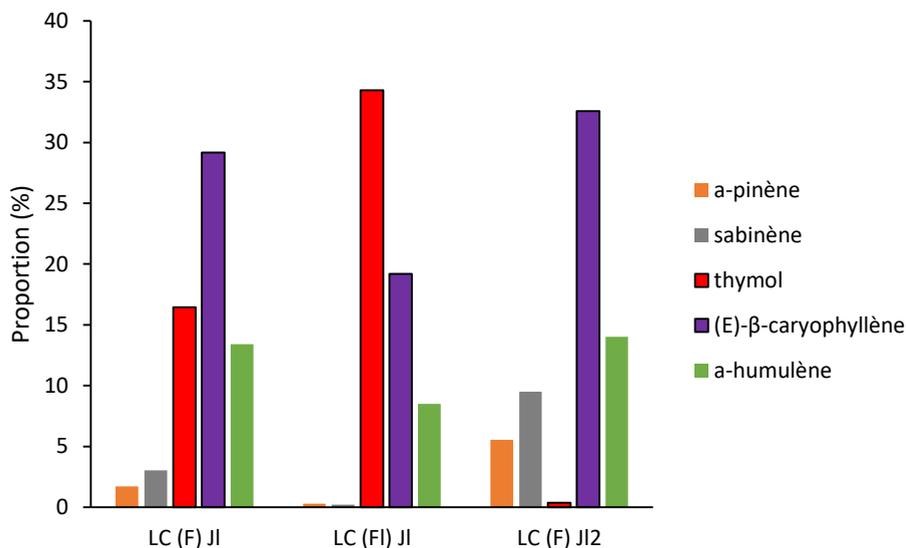


Figure 35: Proportions des composés majoritaires des échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. camara* utilisés pour l'étude des activités biologiques. LC (F) JI : huile essentielle des feuilles de juillet 2015 ; LC (Fl) JI : huile essentielle des fleurs de juillet 2015 ; LC (F) JI2 : huile essentielle des feuilles de juillet 2016.

III.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante des échantillons d'huile essentielle a été évaluée par le test de piégeage des radicaux DPPH et la méthode du pouvoir réducteur ferrique (FRAP), en comparaison avec les standards Trolox et acide ascorbique (contrôles positifs).

Les résultats du test du DPPH de chaque échantillons d'HEhuile, la CI_{50} a été déterminée pour. Ce facteur représente la concentration d'huile essentielle qui a réduit la concentration de DPPH de 50% (décoloration de la solution méthanolique de DPPH). L'huile essentielle des fleurs a montré une plus grande activité de piégeage des radicaux (CI_{50} : $15,53 \pm 0,14 \mu\text{g/mL}$) que celles des feuilles récoltées en juillet 2015 (CI_{50} : $21,96 \pm 0,25 \mu\text{g/mL}$) et en juillet 2016 (CI_{50} : $71,19 \pm 1,33 \mu\text{g/mL}$). Le trolox présentait une valeur de CI_{50} de $12,36 \pm 0,02$ et l'acide ascorbique une valeur de $11,80 \pm 0,01 \mu\text{g/mL}$ (**Figure 36.a**).

Concernant la détection de l'activité antioxydante par la méthode de FRAP, les résultats enregistrés dans la **Figure 36.b** montre l'absorbance du Trolox, de l'acide ascorbique et des échantillons d'huile essentielle de *L. camara*, en fonction des concentrations. Parmi les échantillons d'huiles essentielles, les absorbances les plus élevées ont été observées avec l'huile de LC (Fl) JI, d'où le pouvoir réducteur élevé de cette huile. En revanche, l'huile essentielle de la LC (F) JI2 a montré une faible activité. Son absorbance est plus faible pour toutes les concentrations. Les

absorbances les plus fortes ont été observées avec l'acide ascorbique par rapport à celle du Trolox.

Dans la littérature, l'activité antioxydante de *L. camara* de diverses origines a été signalée (**Bhakta & Ganjewala 2009; Bangou et al. 2012; Elansary et al. 2012; Kumar et al. 2014; Mishra 2015; Al-Zubairi et al. 2017**). Cependant, nous avons montré ici que l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *L. camara* provenant de différents organes de plantes au même stade phénologique, poussant à un même endroit, varie considérablement selon la composition chimique. Dans les deux méthodes étudiées, l'échantillon d'huile de fleurs a montré la plus forte activité antioxydante, suivie par l'huile de feuilles de juillet 2015. Son effet antioxydant est proche de celui du Trolox et de l'acide ascorbique.

Les résultats trouvés dans cette étude sont dus au thymol, dont les propriétés antioxydantes ont déjà été démontrées (**Esmaceli & Khodadadi 2011**). En outre, la présence de p-cymène, bornéol, β -myrcène, camphène, verbenone, 1,8-cinéol, α -pinène, α -terpinène et γ -terpinène, même en petites proportions, peut également contribuer à l'activité antioxydante avec un effet synergique probable (**Dawidowicz & Olszowy 2014; Smeriglio et al. 2017; Benyoucef et al. 2018**). Cela explique l'activité antioxydante plus faible de l'huile LC (F) J12, par rapport à l'huile LC (F) J1. Dans cette dernière il y a 16,5 % de thymol. Selon Gamal et al. (2014) les HE des feuilles et des fleurs de *L. camara* d'Égypte ont montré une capacité modérée de piégeage du radical DPPH (**El Baroty et al. 2014**). L'activité de HE des feuilles était plus élevée que celle de l'HE des fleurs. Il a été observé que la composition chimique de ces HE d'Égypte était différente de celle des échantillons d'HE utilisés pour le dosage de la DPPH dans cette étude. L'HE des feuilles et des fleurs d'Égypte est dominée par la davanone (23,37 – 28,59 %), l'humulène (12,29 – 14,32 %), le E-caryophyllène (8,03 – 22,69 %), β -copaène (4,43 – 11,38 %), Z-caryophyllène (8,18 – 11,21 %), α -curcumène (6,33 – 10,26 %).

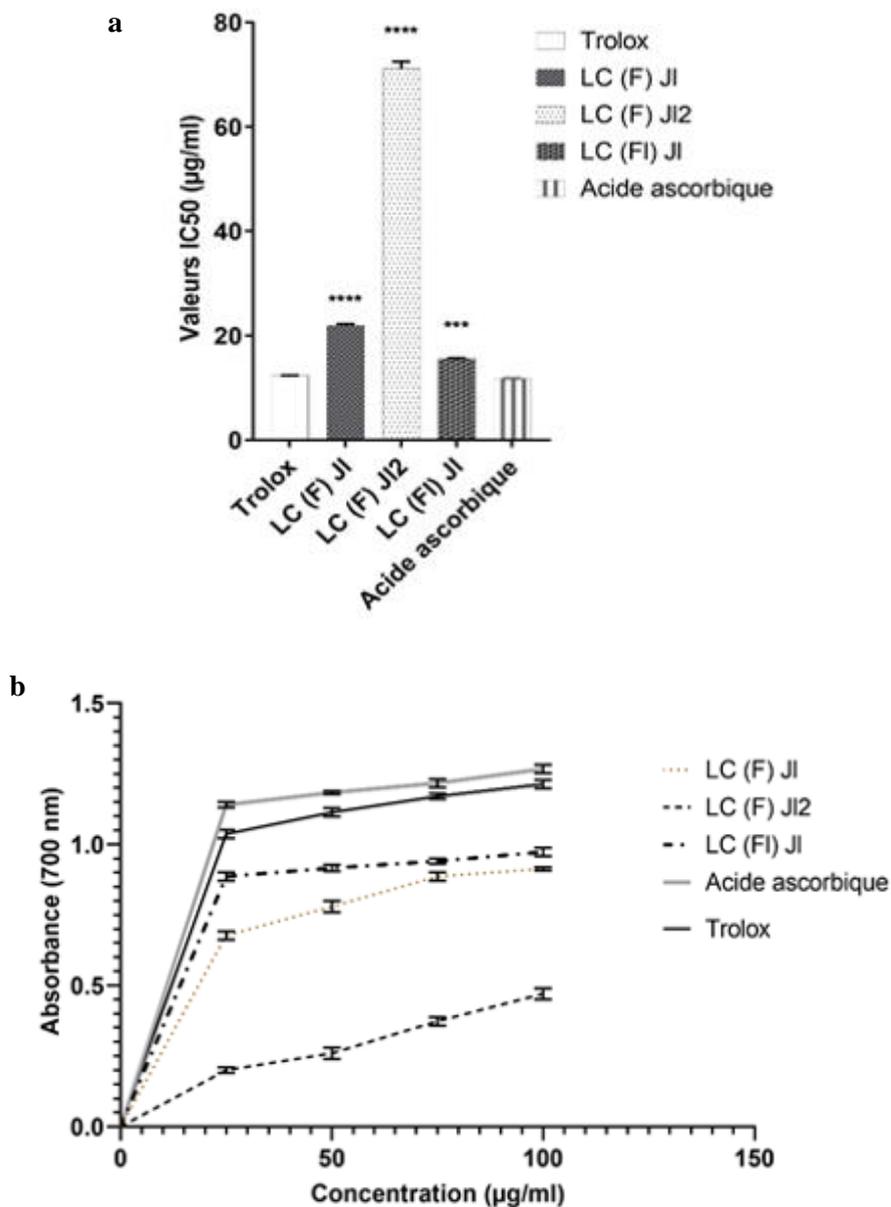


Figure 36: a. Valeurs CI_{50} de l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *L. camara* par le dosage du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), test de Tukey's par rapport au Trolox et l'acide ascorbique **** $p < 0.0001$; *** $p < 0.001$; b. Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de *L. camara*, du Trolox et de l'acide ascorbique

III.3.2. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

Les propriétés anti-inflammatoires des échantillons d'huile essentielle de *L. camara* ont été évaluées *in vitro* par le test d'inhibition de la lipoxygénase (LOX) et par la méthode de dénaturation des protéines.

Dans la première méthode, les résultats (CI₅₀) de la capacité de l'huile essentielle à inhiber la LOX, un enzyme impliqué dans le processus inflammation, sont présentés dans la **Figure 37.a**. Ces résultats montrent que tous les échantillons d'huiles essentielles présentent une activité élevée. La valeur la plus faible est observée avec l'échantillon LC (F) J1 qui présente une valeur CI₅₀ de $17,23 \pm 0,10$ µg/mL. La quercétine a été utilisée comme référence pour ce test (CI₅₀ : $13,54 \pm 0,01$ µg/mL).

Dans la seconde méthode, l'effet anti-inflammatoire *in vitro* de l'huile essentielle de *L. camara* a été évalué sur la base de la dénaturation de l'albumine bovine ou Bovin Serum Albumin (en anglais, BSA). Le principe de cette méthode est basé sur la capacité des échantillons d'HE à empêcher la dénaturation thermique de la BSA. En effet, la production d'auto-antigènes dans certaines maladies rhumatismales peut être due à la dénaturation des protéines *in vivo*. Les mécanismes de dénaturation impliquent probablement des altérations des liaisons électrostatiques, hydrogènes, hydrophobes et disulfures. Il a été démontré que plusieurs médicaments anti-inflammatoires ont une capacité dose-dépendante d'inhiber la dénaturation des protéines induite thermiquement (**Grant et al. 1970; Chandra et al. 2012**). Les résultats (**Figure 37.b**) montrent que les échantillons d'huile essentielle de *L. camara* ont une CI₅₀ intéressante de $15,45 \pm 0,04$ µg/mL pour l'échantillon LC (F) J12. Quant à l'échantillon LC (F) J1, il présente une CI₅₀ de $15,82 \pm 0,07$ µg/mL, tandis que l'échantillon LC (F) J1 a une valeur de CI₅₀ = $17,75 \pm 0,07$ µg/mL. Le diclofénac utilisé comme étalon de référence montre une valeur CI₅₀ de $15,31 \pm 0,17$ µg/mL. En outre, le test de Tukey montre que la différence entre le diclofénac et la LC (F) J12 n'est pas significative.

Les résultats des deux méthodes montrent que tous les échantillons d'huile essentielle possèdent une activité anti-inflammatoire intéressante. Les échantillons de feuilles présentent une activité anti-inflammatoire plus importante que celui des fleurs. La forte activité anti-inflammatoire de l'échantillon de LC (F) J12 est probablement due aux proportions élevées de (*E*)-β-caryophyllène et α-humulène, qui sont particulièrement efficaces (composés à potentialité anti-inflammatoire) (**Fernandes et al. 2007; Veiga et al. 2007**).

Toutefois, il est également possible que d'autres composés aient interagi de manière synergique ou antagoniste. L'activité anti-inflammatoire des extraits et de l'huile essentielle de *L. camara* a déjà été démontrée dans plusieurs études (**Gidwani et al. 2009; Silva et al. 2015; Bairagi et al. 2017**). Selon l'inhibition de l'enzyme 5-lipoxygénase, la CI₅₀ de l'huile de *L. camara* du Pérou était de 81,5µg/mL (**Benites et al. 2009**). Cela indique que *L. camara* est une plante aux propriétés anti-inflammatoires sous diverses formes, ce qui justifie la large utilisation de cette plante

dans la médecine traditionnelle pour ses propriétés anti-rhumatismales (Ghisalberti 2000).

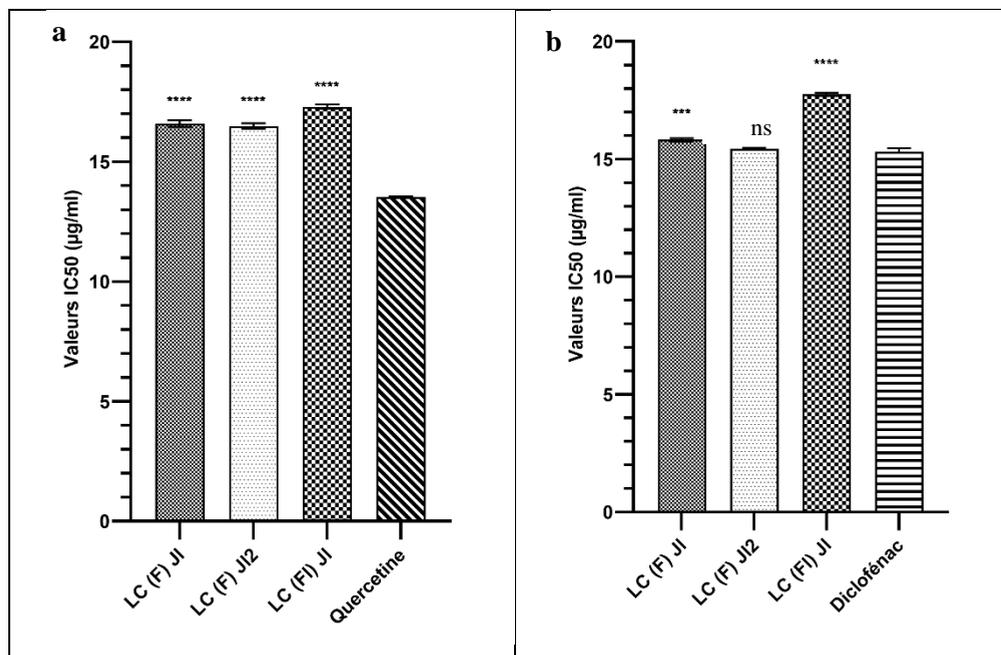


Figure 37: a. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *L. camara* par inhibition de la LOX; b. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *L. camara* par la dénaturation de l'albumine bovine. Les valeurs sont exprimées en \pm SD ($n = 3$ expériences), **** $p < 0,0001$, *** $p < 0,001$, ns (non significatif), par rapport au Diclofenac, quercétine (ANOVA à un facteur suivi du test de comparaisons multiples de Tukey).

III.3.3. Evaluation de l'activité insecticide

L'activité insecticide de contact et l'activité insecticide par répulsion (insectifuge) des trois échantillons d'huile essentielle de *L. camara* ont été évaluées contre des adultes de *Sitophilus granarius* (*S. granarius*). Cet insecte est un ravageur majeur qui provoque des pertes dramatiques de grains lors du stockage en silos dans le monde entier (Rajashekar *et al.* 2012; Fleurat-lessard 2018).

Les échantillons d'huile essentielle et l'insecticide de référence Talisma ont été dilués dans de l'acétone à différentes concentrations (6 à 42 $\mu\text{L}/\text{mL}$). Les valeurs de DL_{50} (dose létale causant 50 % de la mortalité après 24 h) du test de la toxicité par contact ont été déterminées. Les résultats montrent que la toxicité de l'échantillon d'huile de fleurs LC (F1) J1 est supérieure à celle des deux échantillons d'huile de feuilles. La valeur DL_{50} de l'huile essentielle des fleurs est de 13,67 $\mu\text{L}/\text{mL}$, tandis

que celle de l'échantillon LC (F) J1 est de 25,49 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Quant à l'échantillon LC (F) J12, sa valeur d' DL_{50} est de 27,38 $\mu\text{L}/\text{mL}$. En comparant les valeurs DL_{50} des échantillons d'huile essentielle de *L. camara* testés avec la valeur DL_{50} de Talisma, nous pouvons noter que la toxicité de Talisma ($\text{DL}_{50} = 9,873 \mu\text{L}/\text{mL}$) est 1,5 fois plus importante que la toxicité de l'huile de fleurs. Cependant, les échantillons d'huile essentielle de feuilles sont 2,8 à 3 fois moins toxiques que le Talisma, sur *S. granarius*.

Les résultats de la toxicité par répulsion des échantillons d'huile essentielle de *L. camara* sur *S. granarius* ont été donnés dans la **Figure 38**. Selon la classification de McDonal et al (1970) (**McDonald L.L. et al. 1970**), l'effet répulsif de l'huile essentielle de *L. camara* augmente en fonction de la concentration. À une concentration de 6 $\mu\text{L}/\text{mL}$, l'échantillon LC (F) J1 est faiblement répulsif (26,7 %) alors que le taux de répulsion de l'échantillon LC (F) J1 est modéré (60 %). Cependant, à la concentration maximale utilisée dans l'essai (42 $\mu\text{L}/\text{mL}$), ces deux échantillons d'huile ont été classés plus répulsifs, avec un taux de répulsivité de 86 % pour LC (F) J1 et 93 % pour LC (F) J1. En comparaison, l'échantillon LC (F) J12 est répulsif à 73 %.

Suite aux résultats des tests insecticides réalisés, nous avons constaté que le pouvoir insecticide des échantillons d'huile essentielle varie en fonction des organes, de la composition chimique de l'huile essentielle et des concentrations utilisées. Dans le test de répulsion, l'huile essentielle de fleur de *L. camara* a montré la plus forte activité insecticide sur le *S. granarius*, avec un pourcentage de répulsion allant de 60 à 93,3 % selon les concentrations utilisées pendant 2 heures d'exposition. Le test insecticide par contact a également montré le potentiel insecticide élevé de l'huile de fleurs par rapport aux autres échantillons. En comparant les principaux composés des trois huiles, on peut attribuer cette forte activité à la proportion de thymol contenue dans l'huile des fleurs (34,5 %). Dans les huiles essentielles de feuilles, la proportion de thymol de l'échantillon LC (F) J1 est de 16,5 % et celle de l'échantillon LC (F) J12 est de 0,4 %. Cela pourrait aussi expliquer l'activité insecticide de l'échantillon LC (F) J1 qui est supérieur à celui de LC (F) J12.

De nombreuses études ont montré le pouvoir insecticide du thymol (**Pandey et al. 2009; Tchoumboungang et al. 2009**). De plus, certains monoterpènes, en particulier les monoterpènes oxygénés, sont des molécules insecticides (**Klocke et al. 1985; Konstantopoulou et al. 1992; Regnault-Roger et al. 1993**). L'activité mise en évidence peut également être due à ces molécules. La proportion de monoterpènes oxygénés dans l'huile essentielle des fleurs (40,4 %) est plus élevée que dans les huiles de feuilles (19,5 % pour LC (F) J1 et 2,9 % pour LC (F) J12).

Des études ont également montré que les composés tels que le carvacrol, le linalol, l'eugénol et le terpinéol sont plus toxiques que le camphre et l' α -pinène (**Regnault-Roger & Hamraoui 1997**). Parmi les échantillons utilisés pour les tests d'activité insecticide, le pourcentage de linalol est plus élevé dans l'huile des fleurs (2,5%) par rapport aux deux échantillons d'huile de feuilles. Les huiles essentielles sont des mélanges de composés chimiques de différentes natures et fonctions. Par conséquent,

l'action combinée de plusieurs composés pourrait provoquer un phénomène de synergie ou d'antagonisme qui serait à l'origine de l'efficacité de l'huile essentielle (Regnault-Roger & Hamraoui 1997; Zaouali *et al.* 2010).

Plusieurs études antérieures ont rapporté les effets insecticides des échantillons d'huile essentielle et des extraits de feuilles de *L. camara* sur de nombreux insectes (Bouda *et al.* 2001; Abdelgaleil 2006; Mohamed & Abdelgaleil 2008; Parugrug & Roxas 2008; Zoubiri & Baaliouamer 2012a,b; Rajashekar *et al.* 2014). Par exemple, la poudre des feuilles de *L. camara* des Philippines a montré un grand pouvoir répulsif pour *Sitophilus zeamais* de la première heure jusqu'à 96 heures d'exposition (Parugrug & Roxas 2008). L'extrait méthanolique des feuilles d'Inde s'est avéré plus toxique pour *Sitophilus oryzae* (*S. oryzae*), *Tribolium castaneum* (*T. castaneum*) et *Callosobruchus chinensis* (*C. chinensis*) (Rajashekar *et al.* 2014). L'activité insecticide de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* d'Égypte a été étudiée sur les insectes adultes de *S. oryzae* et *T. castaneum*. Les résultats ont montré que, selon le test de toxicité par contact utilisé, la DL₅₀ après 24h d'exposition était de 0,22 mg/cm² sur *S. oryzae*. Concernant le *T. castaneum*, la DL₅₀ était de 0,45 mg/cm². Selon le test de toxicité par fumigation, la DL₅₀ après 72h d'exposition était de 29,47 µl/L sur *S. oryzae* et de 47,68 µl/L sur *T. castaneum* (Mohamed & Abdelgaleil 2008).

Deux études ont démontré la toxicité des échantillons d'huile essentielle algériennes de *L. camara* sur *S. granarius*. Les résultats de la première étude ont montré que la mortalité augmentait avec des concentrations et des températures plus élevées (Zoubiri & Baaliouamer 2012b). Dans la deuxième étude, il a été démontré que l'huile devient inefficace après une longue période d'exposition à la fumigation et ne peut pas assurer une plus grande mortalité (Zoubiri & Baaliouamer 2012a). Même si l'on est en présence des mêmes insectes, les tests utilisés pour montrer la toxicité dans ces études sont différents des travaux actuels. De plus, les organes utilisés pour la production d'huile essentielle sont différents, dans le cas des études mentionnées. Il s'agit de l'huile essentielle de la partie aérienne de la plante. Il y a une énorme différence dans la composition chimique des huiles. Toutefois, comme la première étude, les résultats des tests de notre étude ont montré que le taux de mortalité et de répulsion augmente avec la concentration.

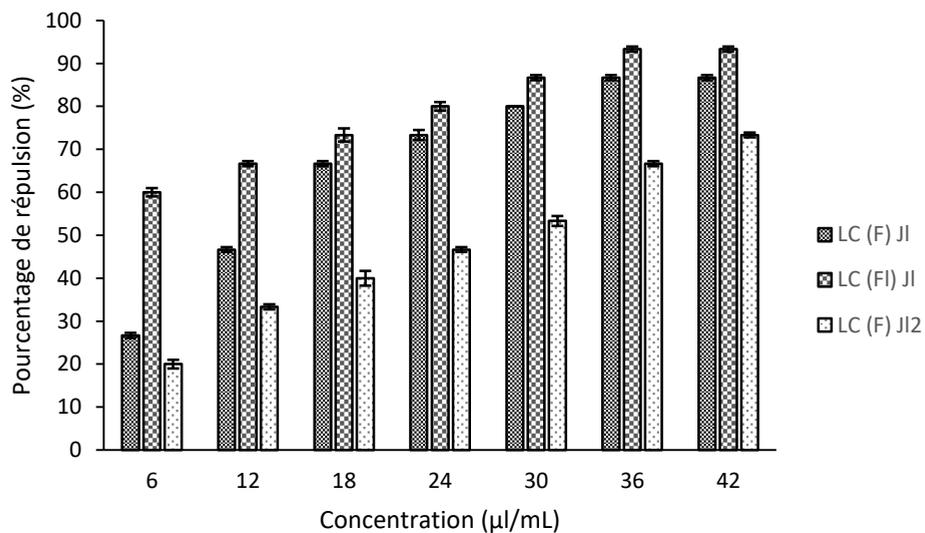


Figure 38: Activité insecticide par répulsion de l'huile essentielle de *L. camara*

III.4. Conclusion partielle

L'étude chimique de l'HE des différents organes de *L. camara* a donné des rendements plus ou moins appréciable allant de 0,002 à 0,186. Ces rendements sont plus élevés pendant la période de floraison et de fructification (0,010 – 0,186). L'huile essentielle de *L. camara* est principalement dominée par les sesquiterpènes. L'analyse statistique de l'ensemble des échantillons d'huile essentielle des organes de *L. camara* récoltés mensuellement a montré que la variabilité chimique entre les différents organes est très significative par rapport à la variabilité saisonnière.

Cependant, au sein d'un même organe, la composition chimique varie en fonction du stade phénologique. Il a été démontré que la proportion de thymol était plus élevée pendant les mois de floraison et de fructification intense. En général l'huile essentielle des tiges, des fleurs et des fruits est plus riche en thymol que celle des feuilles. La production de (*E*)- β -caryophyllène, α -humulène est régulière, cependant, leur proportion et celle du thymol est strictement inversées tout au long des périodes de récoltes. En somme, le stade phénologique (saison) influence fortement la teneur en certains composés. Il se dégage deux chémotypes prépondérants de l'huile essentielle de *L. camara* selon le stade phénologique :

- (*E*)- β -caryophyllène, α -humulène (en général)
- (*E*)- β -caryophyllène, thymol, α -humulène (pendant la saison de floraison et de fructification intense)

Les analyses statistiques effectuées sur la composition chimique moyenne de l'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits et tiges de *L. camara* ainsi que celles réalisées sur la composition chimique moyenne de ces organes selon les régions ont conduit à une conclusion similaire : la diversité de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. camara* selon les régions de la Côte d'Ivoire ne dépend pas seulement des facteurs biogéographiques. Elle pourrait également être due à des facteurs génétiques. L'origine de ces facteurs génétiques serait l'impact humain (par transport) ou le vent. Ceux-ci permettraient de favoriser la migration d'une plante d'un site à un autre.

Les résultats des différentes activités biologiques effectués ont montré le potentiel de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* de Côte d'Ivoire. De grandes différences d'activité biologique ont été constatées pour les échantillons d'huile essentielle de composition chimique différents selon les organes. La proportion élevée de thymol a été corrélée à une meilleure activité antioxydante et insecticide contre *S. granarius*. En outre, les résultats ont montré que l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* a des propriétés anti-inflammatoires élevées. Ces résultats confirment l'utilisation de cette plante dans la médecine traditionnelle et comme bio-pesticide.

Chapitre IV

**Composition chimique et activités
biologiques de l'huile essentielle de *Lantana
rhodesiensis* Moldenke**

IV.1. Etude multivariée de l'impact du site de récolte sur la composition chimique de l'huile essentielle de Lantana rhodesiensis

Afin d'étudier l'impact de l'effet de site sur la composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis*, les tiges et les feuilles fraîches de *L. rhodesiensis* ont été récoltées de juin 2017 à septembre 2017 à Kapélé (9°25'60" N, 5°42'0" W) et Nyanbélegé (9°28'0"N, 5°42'0"W). Ces deux localités sont distantes de 8.8 km et se trouve dans le département de Korhogo, au Nord de la Côte d'Ivoire. Les localités ont été choisies pour leur accessibilité et pour l'abondance de la plante dans la région. Les fruits frais ont été également récoltés également dans les mois de juin à septembre 2017 mais ce n'est qu'en juillet que la quantité était suffisante pour l'hydrodistillation. Pour normaliser les conditions, les plantes ont été récoltées le matin, au début de chaque mois. Les données météorologiques de l'année 2017 (pluviométrie, température, durée d'insolation et humidité relative) ont été obtenues de la Société d'exploitation et de Développement aéronautique, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM).

Après hydrodistillation des différents organes à partir d'un appareil de type Clevenger pendant 4h, nous avons obtenus dix-huit échantillons (neuf échantillons de chaque localité) d'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis*. L'huile essentielle des différents organes présentaient une couleur jaune pâle.

IV.1.1. Rendement (Rdmt)

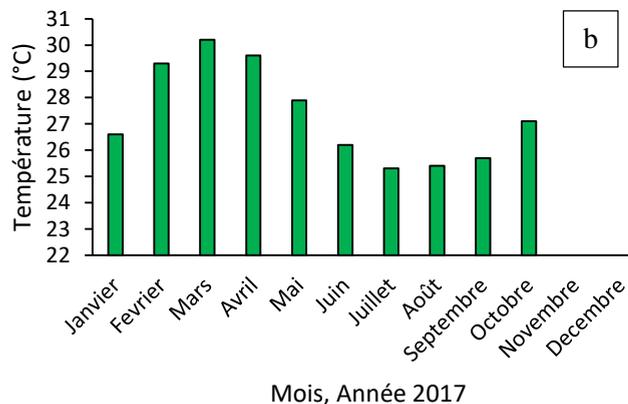
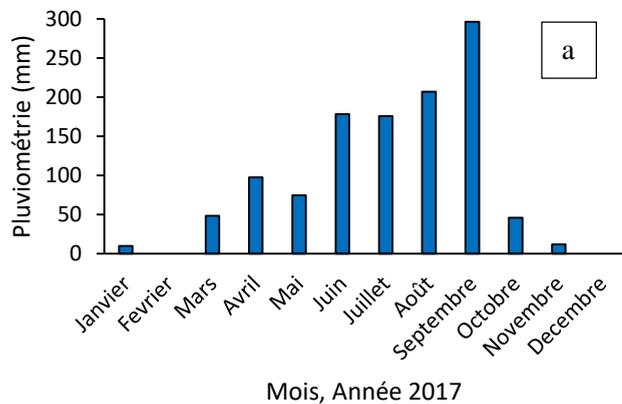
Les rendements de l'huile essentielle des différents organes de *L. rhodesiensis* récoltés à Kapélé et Nyanbélegé sont indiqués dans le **Tableau 23**. Nous avons remarqué que quelle que soit la localité, les rendements les plus élevés ont été obtenus avec des plantes récoltées au cours du mois de septembre 2017. Les deux localités de récoltes présentent les mêmes conditions pédoclimatiques. L'humidité et les précipitations ont été particulièrement élevées à Korhogo au cours de ce mois en 2017 (**Figure 39**). La température dans le mois de septembre était plus basse par rapport au mois de juin. La durée d'insolation en juin et en septembre était importante.

Nous pouvons donc supposer que les rendements élevés obtenus en septembre sont probablement liés à la température et aux précipitations élevées qui auraient pu stimuler la photosynthèse des plantes. En effet, les composants des huiles essentielles sont des métabolites secondaires, et leur production peut être affectée par l'activité photosynthétique de la plante et la disponibilité en eau (**Croteau 1987**).

A notre connaissance, peu d'étude sur la composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* a été réalisé.

Tableau 23 : Rendement de l'huile essentielle des organes de *L. rhodesiensis*.

	Juin		Juillet			Août		Septembre	
Rdmt (%)	Feuilles	Tiges	Feuilles	Fruits	Tiges	Feuilles	Tiges	Feuilles	Tiges
Kapélé	0.20	0.09	0.32	0.13	0.14	0.28	0.12	0.34	0.15
Nyanbélegé	0.27	0.10	0.30	0.09	0.12	0.33	0.13	0.40	0.17



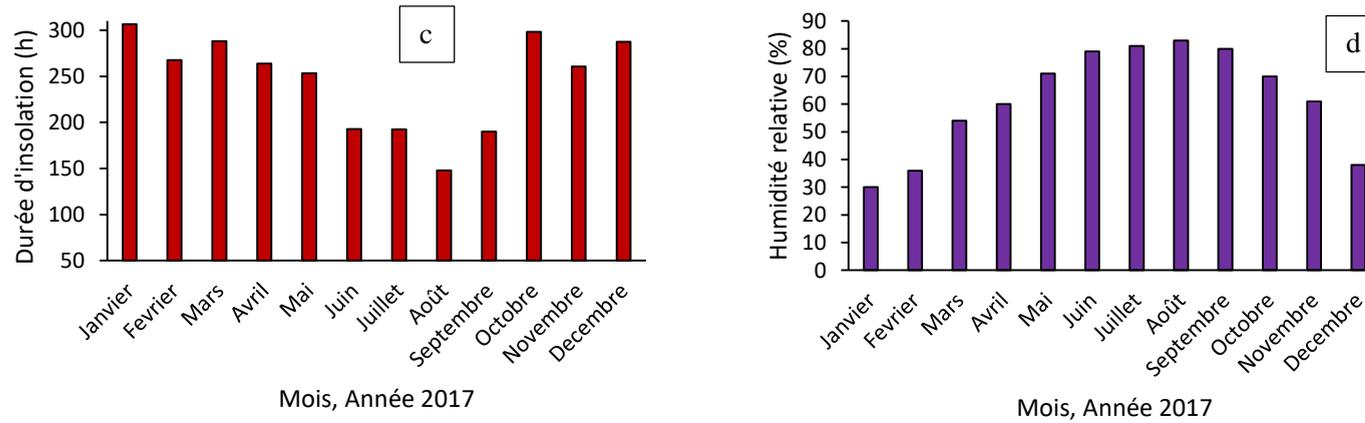


Figure 39. Données météorologiques de l'année 2017 de la ville de Korhogo ; a. Pluviométrie (mm), b. Température (°C), c. Durée d'insolation (h), d. Humidité relative (%)

IV.1.2. Composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis*

Les différents échantillons d'huile essentielle ont été analysés au LCMN par GC-MS à l'aide d'un système Agilent 7890B GC couplé à un détecteur MSD 5977B (Agilent, Santa Clara, CA, USA) et équipé d'une colonne capillaire HP-5MS (5% phényl-95% méthyl siloxane, 30m x0, 25mm, x0, 25µm). Au total, soixante-six et soixante et un composés, ont été identifiés dans les échantillons d'huile essentielle de Kapélé (**Tableau 24**) et de Nyanbélegé (**Tableau 26**) respectivement.

Les résultats ont montré que l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* était principalement composée de sesquiterpènes et de monoterpènes. Tous les échantillons contenaient des proportions élevées de sesquiterpènes non oxygénés. En outre, cette HE est riche en sesquiterpènes dominée par le (*E*)- β -caryophyllène. D'autres sesquiterpènes étaient également présents à des proportions élevées, tels que α -copaène, α -humulène, δ -cadinène et l'oxyde de caryophyllène. Parmi tous les monoterpènes identifiés, le limonène, α -pinène et le thymol étaient les principaux composés.

IV.1.2.1. Composition chimique des feuilles

Trente-sept composés ont été identifiés au total dans les échantillons d'HE des feuilles. Les sesquiterpènes hydrocarbonés sont en proportions élevées (59,7-73,9%). L'échantillon de Kapélé (85,5 %) du mois d'Août présentait la proportion de la plus élevée de composés sesquiterpéniques, tandis que la plus forte proportion dans les échantillons de Nyanbélegé a été obtenue en juillet (85,8 %). Les composés sesquiterpéniques sont dominés par le (*E*)- β -caryophyllène ($20,3 \pm 0,2$ % à $27,1 \pm 0,3$ %), α -copaène ($9,5 \pm 0,2$ % à $11,9 \pm 0,0$ %), α -humulène ($7,5 \pm 0,1$ % à $9,6 \pm 0,1$ %) et δ -cadinène ($7,3 \pm 0,0$ % à $9,9 \pm 0,1$ %).

Le thymol, le limonène et l' α -pinène sont les monoterpènes qui présentent de fortes proportions dans certains échantillons. Le thymol est présent en proportion élevée dans les échantillons de juillet ($13,4 \pm 0,3$ %) et d'août ($7,7 \pm 0,1$ %) de Kapélé et dans l'échantillon de septembre ($17,4 \pm 0,2$ %) de Nyanbélegé. Le limonène et l' α -pinène sont présents en grande proportion dans les échantillons de Kapélé en juin ($7,0 \pm 0,1$ % et $5,2 \pm 0,1$ %) et en septembre ($6,5 \pm 0,1$ % et $4,7 \pm 0,1$ %) respectivement. En revanche, seul l'échantillon de juin contient du limonène ($6,3 \pm 0,1$ %) et du α -pinène ($4,0 \pm 0,1$ %) en grande proportion à Nyanbélegé. Les échantillons d'huile essentielle de Nyanbélegé diffèrent également de ceux de Kapélé par l'abondance d'oxyde de caryophyllène ($5,3 \pm 0,1$ % à $7,5 \pm 0,2$ %) dans trois échantillons (**Tableau 24** et **Tableau 25**).

IV.1.2.2. Composition chimique des fruits

L'analyse par GC-MS des échantillons d'huile essentielle de fruit de *L. rhodesiensis* a permis d'identifier et de quantifier 34 et 29 constituants dans l'échantillon de Kapélé et de Nyanbélegé, respectivement. Le (*E*)- β -caryophyllène ($22,8 \pm 0,1$ % à $25,2 \pm 0,4$ %), l' α -copaène ($8,7 \pm 0,1$ à $11,7 \pm 0,1$ %), l' α -humulène ($8,0 \pm 0,0$ à $9,9 \pm 0,2$ %) et

le δ -cadinène ($7,3 \pm 0,1$ à $10,6 \pm 0,1$ %) sont les principaux constituants de l'huile des fruits des deux sites.

L'huile essentielle recueillie à partir des fruits de Nyanbélegé est moins riche en monoterpènes (17,8 %) que celle de Kapélé (29,7 %). En particulier, le limonène, présent dans l'échantillon de Nyanbélegé ($6,5 \pm 0,19$ %), est absent de celui de Kapélé, qui se caractérisait par une forte proportion de thymol ($17,2 \pm 0,4$ %). Ainsi, la composition chimique de l'huile essentielle des fruits est liée à l'emplacement de la plante. En effet, les principaux composés dans l'échantillon d'huile essentielle de Kapélé sont (*E*)- β -caryophyllène ($22,8 \pm 0,4$ %) et thymol ($17,2 \pm 0,4$ %), tandis que celui de Nyanbélegé est dominé par le (*E*)- β -caryophyllène ($25,2 \pm 0,4$ %), α -copaène ($11,7 \pm 0,1$ %) et δ -cadinène ($10,6 \pm 0,1$ %).

IV.1.2.3. Composition chimique des tiges

L'analyse des huit échantillons d'huile essentielle de tiges de *L. rhodesiensis* a permis l'identification de cinquante-trois composés. Ces huiles sont dominées par les sesquiterpènes (70,4-86,2 %), parmi lesquels (*E*)- β -caryophyllène ($14,3 \pm 0,6$ % à $22,4 \pm 0,0$ %), suivi par α -copaène ($7,4 \pm 0,3$ % à $14,7 \pm 0,2$ %), δ -cadinène ($10,6 \pm 0,3$ % à $12,6 \pm 0,1$ %), α -humulène ($5,0 \pm 0,2$ % à $8,0 \pm 0,1$ %) et oxyde de caryophyllène ($5,2 \pm 0,0$ % à $8,0 \pm 0,1$ %) sont les composés majoritaires.

La proportion de sesquiterpènes, dans les échantillons de chaque mois, était plus élevée dans les échantillons de Nyanbélegé que dans ceux de Kapélé. Les monoterpènes (6,9-17,4 %) sont présents en plus faible proportion que les sesquiterpènes. Les échantillons d'huile essentielle de Kapélé sont riches en thymol ($8,3 \pm 0,2$ % - $15,3 \pm 0,6$ %), alors que ce composé n'est présent que dans l'échantillon du mois de septembre de Nyanbélegé ($8,5 \pm 0,1$ %). D'autres sesquiterpènes ont été détectés à des proportions non négligeables : α -muurolène (jusqu'à $5,3 \pm 0,15$ %), nérolol (jusqu'à $3,0 \pm 0,03$ %), γ -élémane (jusqu'à $3,8 \pm 0,12$ %) et β -élémane (jusqu'à $1,1 \pm 0,05$ %).

Tableau 24: Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* de Kapélé (Juin – Juillet 2017).

N°	Composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Juin		Juillet		
						Feuilles	Tiges	Feuilles	Fruits	Tiges
1	α -pinène	80-56-8	MS,STD,RI	930	930	5.2 ± 0.1	-	0.4 ± 0.1	2.2 ± 0.0	-
2	camphène	79-92-5	MS,STD,RI	943	945	0.9 ± 0.0	-	-	0.3 ± 0.0	-
3	β -pinène	18172-67-3	MS,STD,RI	975	973	-	-	1.3 ± 0.0	-	-
5	1-octen-3-ol	3391-86-4	MS,STD,RI	978	977	-	1.0 ± 0.0	-	-	-
6	3-octanol	589-98-0	MS,STD,RI	997	996	-	-	-	-	-
7	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1021	-	-	0.3 ± 0.0	1.1 ± 0.0	-
8	limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1026	7.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0	2.0 ± 0.1	tr	tr
10	γ -terpinène	98-85-4	MS,STD,RI	1060	1055	-	-	-	0.4 ± 0.0	-
11	1-octanol	112-32-3	MS,STD,RI	1068	1066	-	0.1 ± 0.0	-	0.4 ± 0.0	-
12	linalool	78-70-6	MS,STD,RI	1099	1099	2.3 ± 0.0	1.2 ± 0.0	2.2 ± 0.0	4.0 ± 0.0	0.8 ± 0.0
13	nonanal	124-19-6	MS,STD,RI	1100	1100	-	0.2 ± 0.0	-	-	-
14	alloocimène	673-84-7	MS,RI	1125	1126	0.4 ± 0.0	-	-	-	-
16	citronellal	106-23-0	MS,STD,RI	1143	1145	-	0.2 ± 0.0	-	-	-
17	borneol	507-70-0	MS,STD,RI	1166	1163	-	-	-	0.4 ± 0.0	-
18	4-terpineol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	-	-	0.3 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.2 ± 0.0
19	α -terpineol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1188	-	-	-	0.4 ± 0.0	-
20	methyl salicylate	119-36-8	MS,STD,RI	1193	1191	0.3 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0.3 ± 0.0	-	-
21	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1200	1202	-	0.2 ± 0.0	-	-	-
22	β -citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1224	0.3 ± 0.0	1.1 ± 0.0	-	-	0.2 ± 0.0
23	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1250	1250	0.6 ± 0.0	2.0 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.6 ± 0.0

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

24	géraniol	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	-	-	-	2.7 ± 0.0	0.4 ± 0.0
26	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1290	1291	2.9 ± 0.0	8.4 ± 0.3	13.4 ± 0.3	17.2 ± 0.4	15.3 ± 0.6
27	δ-elemène	20307-84-0	MS,RI	1337	1336	0.7 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.2 ± 0.0
28	α-cubebène	17699-14-8	MS,RI	1350	1349	0.3 ± 0.0	-	-	-	0.2 ± 0.0
29	eugenol	97-53-0	MS,STD,RI	1356	1355	-	-	-	-	0.3 ± 0.0
30	α-copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	11.7 ± 0.1	11.8 ± 0.0	10.2 ± 0.1	8.7 ± 0.1	7.4 ± 0.3
31	β-bourbebène	5208-59-3	MS,RI	1385	1385	0.9 ± 0.0	0.9 ± 0.0	1.6 ± 0.1	0.9 ± 0.0	tr
32	β-elemène	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1389	tr	1.3 ± 0.0	1.7 ± 0.1	1.2 ± 0.0	1.2 ± 0.0
33	α-gurjunène	489-40-7	MS,RI	1413	1410	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	-	-	-
34	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	24.5 ± 0.3	18.6 ± 0.4	22.4 ± 0.3	22.8 ± 0.4	14.3 ± 0.6
35	γ-elemène	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	2.9 ± 0.0	2.6 ± 0.1	3.2 ± 0.0	2.8 ± 0.0	3.3 ± 0.1
36	geranyl acétone	3796-70-1	MS,RI	1447	1449	-	-	-	-	0.2 ± 0.0
37	α-humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	9.2 ± 0.2	6.8 ± 0.1	8.3 ± 0.1	8.0 ± 0.0	5.0 ± 0.2
38	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1462	1.3 ± 0.2	1.0 ± 0.1	1.2 ± 0.3	1.2 ± 0.0	1.0 ± 0.0
39	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1480	0.8 ± 0.3	0.2 ± 0.0	0.9 ± 0.2	0.7 ± 0.1	-
40	β-ionone	14901-07-6	MS,STD,RI	1485	1484	-	-	0.3 ± 0.0	-	0.2 ± 0.0
41	β-selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1487	0.3 ± 0.0	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.0	1.8 ± 0.1
42	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	-	2.1 ± 0.1	1.3 ± 0.0	-	2.8 ± 0.1
44	valencène	4630-07-3	MS,STD,RI	1495	1496	-	-	-	1.0 ± 0.0	-
45	α-murolène	483-75-0	MS,RI	1499	1503	4.1 ± 0.1	4.4 ± 0.4	3.9 ± 0.0	3.4 ± 0.2	4.1 ± 0.2
46	γ-cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1514	0.6 ± 0.0	0.7 ± 0.1	tr	0.5 ± 0.0	0.9 ± 0.2
47	δ-cadinène	483-76-1	MS,RI	1519	1524	9.4 ± 0.1	10.6 ± 0.2	8.2 ± 0.0	7.3 ± 0.1	10.6 ± 0.3
48	α-calacorène	21391-99-1	MS,RI	1546	1549	-	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.0	-	0.7 ± 0.0
49	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	0.5 ± 0.0	2.0 ± 0.1	0.6 ± 0.0	0.6 ± 0.1	1.9 ± 0.1

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

50	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	2.3 ± 0.1	1.8± 0.1	3.3 ± 0.1	1.9 ± 0.2	1.9 ± 0.1
51	spathulenol	6750-60-3	MS,STD,RI	1582	1583	3.7 ± 0.0	0.3± 0.0	0.8 ± 0.1	0.5 ± 0.2	1.0 ± 0.1
52	caryophyllène oxide	1139-30-6	MS,STD,RI	1589	1589	3.7 ± 0.1	5.2± 0.0	4.5 ± 0.0	3.7 ± 0.2	7.9 ± 0.2
53	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1593	1593	0.3 ± 0.1	0.7± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.1 ± 0.1
54	γ-eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1631	1632	-	0.5± 0.0	-	-	-
55	ζ-cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1636	0.6 ± 0.1	1.3± 0.0	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	2.1 ± 0.4
56	δ-cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1645	-	1.1± 0.1	-	-	1.6 ± 0.4
57	β-eudesmol	473-15-4	MS,RI	1651	1652	-	0.6± 0.0	-	0.3 ± 0.1	0.7 ± 0.3
58	α-eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1655	-	-	-	-	-
59	α-cadinol	481-34-5	MS,RI	1652	1656	-	1.9± 0.0	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.1	3.0 ± 0.7
60	2-pentadecanone. 6,10,14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1840	-	1.5± 0.1	0.4 ± 0.0	-	1.7 ± 0.1
63	palmitic acid	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1947	-	0.7± 0.1	-	-	3.7 ± 0.0
64	isophytol	505-32-8	MS,RI	1944	1948	-	-	-	-	-
65	phytol	150-86-7	MS,RI	2112	2116	2.1 ± 0.0	2.1± 0.1	1.9 ± 0.1	tr	2.0 ± 0.1
Monoterpènes hydrocarbonés (%)						13.6	1.0	3.9	4.0	0.0
Monoterpènes oxygénés (%)						6.1	13.2	16.3	25.7	17.4
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)						66.7	61.8	64.2	60.3	50.6
Sesquiterpènes oxygénés (%)						11.2	15.4	11.5	9.6	21.2
Diterpènes (%)						2.1	2.1	1.9	0.0	2.0
Autres (%)						0.3	6.8	2.3	0.4	8.9
Composés identifiés (%)						> 99.9				

N° CAS: Numéro Cas; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colone HP-5MS et la serie d'alkanes C7–C30; tr: trace; -: non défin

Tableau 25 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* de Kapélé (Août – Septembre 2017).

N°	Composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Août		Septembre	
						Feuilles	Tiges	Feuilles	Tiges
1	α -pinène	80-56-8	MS,STD,RI	930	930	-	-	4.7 \pm 0.1	-
2	camphène	79-92-5	MS,STD,RI	943	945	-	-	0.6 \pm 0.1	-
3	β -pinène	18172-67-3	MS,STD,RI	975	973	-	-	1.1 \pm 0.1	-
5	1-octen-3-ol	3391-86-4	MS,STD,RI	978	977	0.9 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	-	0.6 \pm 0.0
6	3-octanol	589-98-0	MS,STD,RI	997	996	-	0.7 \pm 0.0	-	-
7	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1021	-	-	-	-
8	limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1026	0.9 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0	6.5 \pm 0.1	tr
10	γ -terpinène	98-85-4	MS,STD,RI	1060	1055	-	-	-	-
11	1-octanol	112-32-3	MS,STD,RI	1068	1066	-	-	0.6 \pm 0.0	-
12	linalool	78-70-6	MS,STD,RI	1099	1099	1.8 \pm 0.0	1.6 \pm 0.0	2.3 \pm 0.1	1.2 \pm 0.0
13	nonanal	124-19-6	MS,STD,RI	1100	1100	-	-	-	0.2 \pm 0.0
14	alloocimène	673-84-7	MS,RI	1125	1126	-	-	0.4 \pm 0.0	-
16	citronellal	106-23-0	MS,STD,RI	1143	1145	-	-	-	-
17	borneol	507-70-0	MS,STD,RI	1166	1163	-	-	-	-
18	4-terpineol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	-	-	-	-
19	α -terpineol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1188	-	-	-	-
20	methyl salicylate	119-36-8	MS,STD,RI	1193	1191	-	0.5 \pm 0.0	0.3 \pm 0.0	-
21	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1200	1202	-	-	-	0.2 \pm 0.0
22	β -citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1224	-	-	-	0.3 \pm 0.0
23	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1250	1250	-	-	0.4 \pm 0.0	0.2 \pm 0.0
24	géraniol	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	-	-	-	-

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

26	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1290	1291	7.7 ± 0.1	8.3 ± 0.2	3.1 ± 0.1	9.6 ± 0.1
27	δ-elemène	20307-84-0	MS,RI	1337	1336	0.8 ± 0.0	0.4 ± 0.0	-	-
28	α-cubebène	17699-14-8	MS,RI	1350	1349	-	-	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0
29	eugenol	97-53-0	MS,STD,RI	1356	1355	-	-	-	-
30	α-copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	11.2 ± 0.1	12.4 ± 0.2	11.1 ± 0.2	13.3 ± 0.2
31	β-bourbebène	5208-59-3	MS,RI	1385	1385	1.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.0	0.7 ± 0.0
32	β-elemène	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1389	1.5 ± 0.0	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.0	0.8 ± 0.0
33	α-gurjunène	489-40-7	MS,RI	1413	1410	-	-	-	-
34	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	27.1 ± 0.3	19.1 ± 0.3	22.7 ± 0.5	21.0 ± 0.2
35	γ-elemène	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	3.6 ± 0.0	3.8 ± 0.1	1.0 ± 0.0	2.2 ± 0.0
36	geranyl acétone	3796-70-1	MS,RI	1447	1449	-	-	-	0.5 ± 0.0
37	α-humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	9.5 ± 0.1	6.8 ± 0.1	8.8 ± 0.1	5.6 ± 0.1
38	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1462	1.2 ± 0.0	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.1	1.0 ± 0.1
39	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1480	1.0 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.4 ± 0.1
40	β-ionone	14901-07-6	MS,STD,RI	1485	1484	0.4 ± 0.1	-	-	0.3 ± 0.1
41	β-selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1487	0.7 ± 0.1	1.2 ± 0.0	0.4 ± 0.0	1.6 ± 0.1
42	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	-	-	-	2.3 ± 0.2
44	valencène	4630-07-3	MS,STD,RI	1495	1496	-	-	0.7 ± 0.1	-
45	α-murolène	483-75-0	MS,RI	1499	1503	4.7 ± 0.2	5.0 ± 0.1	4.1 ± 0.1	4.8 ± 0.8
46	γ-cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1514	0.5 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.6 ± 0.0	0.7 ± 0.0
47	δ-cadinène	483-76-1	MS,RI	1519	1524	9.9 ± 0.1	11.1 ± 0.2	9.3 ± 0.2	12.6 ± 0.1
48	α-calacorène	21391-99-1	MS,RI	1546	1549	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.4 ± 0.1	1.0 ± 0.0
49	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	-	0.2 ± 0.0	1.3 ± 0.1	1.7 ± 0.1
50	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	4.0 ± 0.1	2.0 ± 0.2	3.7 ± 0.1	0.9 ± 0.1

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

51	spathulenol	6750-60-3	MS,STD,RI	1582	1583	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.1
52	caryophyllène oxide	1139-30-6	MS,STD,RI	1589	1589	4.3 ± 0.1	7.0 ± 0.3	4.0 ± 0.1	7.0 ± 0.1
53	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1593	1593	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.3	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1
54	γ-eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1631	1632	-	-	-	-
55	ζ-cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1636	0.8 ± 0.1	1.1 ± 0.3	0.7 ± 0.0	1.2 ± 0.1
56	δ-cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1645	0.6 ± 0.1	1.4 ± 0.3	0.6 ± 0.0	0.9 ± 0.1
57	β-eudesmol	473-15-4	MS,RI	1651	1652	-	-	0.5 ± 0.0	-
58	α-eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1655	-	-	1.0 ± 0.02	-
59	α-cadinol	481-34-5	MS,RI	1652	1656	1.0 ± 0.1	2.0 ± 0.4	-	1.8 ± 0.1
60	2-pentadecanone, 6,10,14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1840	0.4 ± 0.0	1.1 ± 0.0	-	2.5 ± 0.1
63	palmitic acid	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1947	-	3.2 ± 0.3	-	0.4 ± 0.1
64	isophytol	505-32-8	MS,RI	1944	1948	0.3 ± 0.0	-	-	-
65	phytol	150-86-7	MS,RI	2112	2116	2.1 ± 0.0	3.0 ± 0.0	3.5 ± 0.1	0.7 ± 0.0
Monoterpènes hydrocarbonés (%)						0.9	0.2	13.4	0.0
Monoterpènes oxygénés (%)						9.5	10.0	5.8	11.4
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)						73.9	65.5	63.9	66.2
Sesquiterpènes oxygénés (%)						11.6	14.9	12.6	14.6
Diterpenes (%)						2.4	3.0	3.5	0.7
Autres (%)						1.7	6.5	0.8	7.1
Composés identifiés (%)						> 99.9	> 99.9	> 99.9	> 99.9

N° CAS: Numéro Cas; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colone HP-5MS et la serie d'alkanes C7-C30; tr: trace; -: non défin

Tableau 26: Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* de Nyanbélegé (Juin – Juillet 2017).

N°	Composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Juin		Juillet		
						Feuilles	Tiges	Feuilles	Fruits	Tiges
1	α-pinène	80-56-8	MS,STD,RI	930	933	4.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0	0.2 ± 0.0	4.9 ± 0.2	tr
2	camphène	79-92-5	MS,STD,RI	943	948	0.5 ± 0.0	-	-	0.7 ± 0.0	-
3	β -pinène	18172-67-3	MS,STD,RI	975	976	-	-	-	1.0 ± 0.2	-
4	sabinène	3387-41-5	MS,STD,RI	976	976	1.1 ± 0.0	-	-	-	-
5	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS,STD,RI	978	977	-	-	0.7 ± 0.0	-	0.5 ± 0.0
7	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1026	-	-	-	-	-
8	d-limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1029	6.3 ± 0.1	2.3 ± 0.1	1.5 ± 0.1	6.5 ± 0.2	tr
9	1.8-cineol	470-82-6	MS,STD,RI	1033	1031	-	-	-	-	0.5 ± 0.0
10	γ -terpinène	98-85-4	MS,STD,RI	1060	1059	-	-	-	-	-
11	1-octanol	112-32-3	MS,STD,RI	1068	1069	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0
12	linalool	78-70-6	MS,STD,RI	1099	1099	2.3 ± 0.0	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.0	2.8 ± 0.0	1.8 ± 0.1
14	alloocimène	673-84-7	MS,RI	1125	1129	0.3 ± 0.0	-	-	0.4 ± 0.0	-
15	camphor	76-22-2	MS,STD,RI	1143	1145	tr	-	-	-	-
16	borneol	507-70-0	MS,STD,RI	1166	1167	-	-	-	-	0.2 ± 0.0
17	4-terpineol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	-	-	-	-	-
18	α -terpineol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1191	tr	-	0.2 ± 0.0	-	0.3 ± 0.0
19	methyl salicylate	119-36-8	MS,STD,RI	1193	1195	0.3 ± 0.0	0.5 ± 0.1	-	-	0.2 ± 0.0
20	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1195	1205	-	0.3 ± 0.0	-	-	-
21	β -citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1228	-	0.4 ± 0.0	-	-	-
22	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1258	1254	-	0.8 ± 0.0	-	0.3 ± 0.0	0.5 ± 0.0

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

23	géraniol	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	-	-	0.4 ± 0.0	-	0.7 ± 0.1
25	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1297	1293	2.7 ± 0.0	3.8 ± 0.1	2.8 ± 0.1	1.2 ± 0.0	4.0 ± 0.0
26	δ-elemène	20307-84-0	MS,RI	1337	1340	-	-	-	-	-
27	α-cubebène	17699-14-8	MS,RI	1350	1353	-	0.4 ± 0.0	-	0.5 ± 0.0	0.2 ± 0.0
28	eugenol	97-53-0	MS,STD,RI	1356	1359	-	-	-	-	0.3 ± 0.0
29	α-copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	11.9 ± 0.0	14.7 ± 0.2	11.6 ± 0.1	11.7 ± 0.1	12.3 ± 0.1
30	β-bourbebène	5208-59-3	MS,RI	1385	1389	0.9 ± 0.0	0.7 ± 0.0	1.8 ± 0.1	-	-
31	β-elemène	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1389	1.5 ± 0.1	0.9 ± 0.0	1.3 ± 0.0	-	1.1 ± 0.1
32	α-gurjunène	489-40-7	MS,RI	1413	1415	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0	-	-	0.2 ± 0.0
33	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	24.7 ± 0.2	22.4 ± 0.2	23.9 ± 0.2	25.2 ± 0.4	18.0 ± 0.1
34	γ-elemène	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	1.3 ± 0.0	1.2 ± 0.0	0.9 ± 0.0	-	1.4 ± 0.1
35	α-humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	9.6 ± 0.1	8.0 ± 0.1	9.2 ± 0.2	9.9 ± 0.2	6.5 ± 0.2
36	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1465	1.5 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.7 ± 0.0	tr	1.5 ± 0.0
37	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1480	1.0 ± 0.1	0.4 ± 0.1	1.1 ± 0.2	2.1 ± 0.1	0.3 ± 0.0
38	β-ionone	14901-07-6	MS,STD,RI	1485	1484	-	-	-	-	-
39	β-selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1487	0.6 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1
40	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	-	-	-	-	1.6 ± 0.1
42	valencène	4630-07-3	MS,STD,RI	1495	1496	-	-	1.0 ± 0.0	-	-
43	α-muuroène	483-75-0	MS,RI	1497	1503	4.2 ± 0.3	4.8 ± 0.1	4.5 ± 0.1	5.1 ± 0.0	4.6 ± 0.1
44	γ-cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1514	tr	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.6 ± 0.1
45	δ-cadinène	483-76-1	MS,STD,RI	1519	1524	9.7 ± 0.4	12.2 ± 0.1	9.5 ± 0.2	10.6 ± 0.1	11.5 ± 0.3
46	α-calacorène	21391-99-1	MS,RI	1543	1546	-	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.1
47	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	1.0 ± 0.0	1.8 ± 0.1	0.9 ± 0.0	1.4 ± 0.1	1.1 ± 0.2
48	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	4.3 ± 0.1	3.0 ± 0.0	4.6 ± 0.0	4.5 ± 0.3	2.8 ± 0.4

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

49	spathulenol	6750-60-3	MS,RI	1582	1583	-	0.3 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.3
50	caryophyllène oxide	1139-30-6	MS,STD,RI	1589	1589	4.3 ± 0.1	4.3 ± 0.0	6.4 ± 0.1	3.6 ± 0.1	6.1 ± 0.1
51	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1593	1597	0.5 ± 0.0	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.1
52	γ-eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1631	1632	-	1.3 ± 0.0	-	-	1.3 ± 0.0
53	ζ-cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1636	0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.4 ± 0.0
54	δ-cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1645	0.5 ± 0.0	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.0 ± 0.0
55	β-eudesmol	473-15-4	MS,RI	1651	1652	0.4 ± 0.0	1.5 ± 0.0	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.6 ± 0.0
56	α-eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1655	0.9 ± 0.0	2.2 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1	2.5 ± 0.1
57	myristic acid	544-63-8	MS,RI	1759	1759	-	-	-	-	-
58	2-pentadecanone. 6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1844	0.3 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.6 ± 0.0	-	0.9 ± 0.0
59	palmitic acid	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1947	-	-	-	-	5.3 ± 0.2
60	isophytol	505-32-8	MS,RI	1944	1940	-	-	0.4 ± 0.0	-	-
61	phytol	150-86-7	MS,RI	2112	2116	2.0 ± 0.1	1.4 ± 0.1	4.6 ± 0.0	0.3 ± 0.0	3.3 ± 0.3
Monoterpènes hydrocarbonés (%)						12.2	3.2	1.8	13.5	0.0
Monoterpènes oxygénés (%)						5.0	7.3	5.8	4.3	7.9
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)						67.1	69.3	68.4	67.1	60.5
Sesquiterpènes oxygénés (%)						12.5	16.9	17.4	14.4	19.1
Diterpenes (%)						2.0	1.4	5.0	0.3	3.3
Autres (%)						1.1	1.8	1.6	0.3	9.1
Composés Identifiés (%)						> 99.9				

N° CAS: Numéro Cas; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colone HP-5MS et la serie d'alkanes C7-C30; tr: trace; -: non défin

Tableau 27 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* de Nyanbélegé (Août – Septembre 2017).

N°	Composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Août		Septembre	
						Feuilles	Tiges	Feuilles	Tiges
1	α-pinène	80-56-8	MS,STD,RI	930	933	1.4 ± 0.0	tr	1.5 ± 0.0	tr
2	camphène	79-92-5	MS,STD,RI	943	948	0.2 ± 0.0	-	-	-
3	β -pinène	18172-67-3	MS,STD,RI	975	976	-	-	-	-
4	sabinène	3387-41-5	MS,STD,RI	976	976	-	-	-	-
5	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS,STD,RI	978	977	-	0.6 ± 0.0	-	0.9 ± 0.0
7	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1026	-	-	1.2 ± 0.1	-
8	d-limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1029	4.5 ± 0.0	0.6 ± 0.0	3.6 ± 0.2	0.5 ± 0.0
9	1.8-cineol	470-82-6	MS,STD,RI	1033	1031	-	-	-	-
10	Υ -terpinène	98-85-4	MS,STD,RI	1060	1059	-	-	0.4 ± 0.02	-
11	1-octanol	112-32-3	MS,STD,RI	1068	1069	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	-	-
12	linalool	78-70-6	MS,STD,RI	1099	1099	2.0 ± 0.0	1.4 ± 0.1	2.9 ± 0.1	1.4 ± 0.0
14	alloocimène	673-84-7	MS,RI	1125	1129	-	-	-	-
15	camphor	76-22-2	MS,STD,RI	1143	1145	0.6 ± 0.0	-	0.3 ± 0.0	-
16	borneol	507-70-0	MS,STD,RI	1166	1167	-	-	-	-
17	4-terpineol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	-	-	0.5 ± 0.0	-
18	α -terpineol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1191	-	-	0.3 ± 0.0	-
19	methyl salicylate	119-36-8	MS,STD,RI	1193	1195	-	-	0.4 ± 0.0	0.4 ± 0.0
20	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1195	1205	-	0.2 ± 0.0	-	-
21	β -citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1228	1.5 ± 0.1	0.9 ± 0.1	-	-
22	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1258	1254	2.3 ± 0.0	1.1 ± 0.0	-	-

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

23	géralial	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	-	-	-	-
25	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1297	1293	4.0 ± 0.1	2.8 ± 0.0	17.4 ± 0.2	8.5 ± 0.1
26	δ-elemène	20307-84-0	MS,RI	1337	1340	-	-	0.5 ± 0.0	-
27	α-cubebène	17699-14-8	MS,RI	1350	1353	0.3 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.1 ± 0.0	-
28	eugenol	97-53-0	MS,STD,RI	1356	1359	-	-	0.7 ± 0.0	-
29	α-copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	10.8 ± 0.1	14.7 ± 0.2	9.5 ± 0.2	12.3 ± 0.1
30	β-bourbebène	5208-59-3	MS,RI	1385	1389	3.3 ± 0.1	0.7 ± 0.0	2.8 ± 0.1	-
31	β-elemène	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1389	1.8 ± 0.0	-	1.7 ± 0.1	0.9 ± 0.0
32	α-gurjunène	489-40-7	MS,RI	1413	1415	-	0.2 ± 0.0	-	-
33	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	20.3 ± 0.2	17.8 ± 0.4	20.9 ± 0.4	21.4 ± 0.2
34	γ-elemène	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	0.9 ± 0.0	0.5 ± 0.0	2.0 ± 0.1	2.3 ± 0.0
35	α-humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	7.8 ± 0.1	6.2 ± 0.1	7.5 ± 0.1	6.0 ± 0.0
36	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1465	1.6 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.1 ± 0.2
37	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1480	-	0.4 ± 0.0	0.7 ± 0.1	-
38	β-ionone	14901-07-6	MS,STD,RI	1485	1484	0.3 ± 0.0	-	0.3 ± 0.1	-
39	β-selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1487	0.3 ± 0.0	0.4 ± 0.0	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.0
40	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	1.6 ± 0.1	-	-	8.1 ± 0.2
42	valencène	4630-07-3	MS,STD,RI	1495	1496	-	-	-	-
43	α-muuroolène	483-75-0	MS,RI	1497	1503	4.1 ± 0.1	5.3 ± 0.2	3.4 ± 0.1	4.5 ± 0.2
44	γ-cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1514	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.0	0.6 ± 0.2
45	δ-cadinène	483-76-1	MS,STD,RI	1519	1524	7.5 ± 0.1	11.3 ± 0.0	7.3 ± 0.2	10.9 ± 0.0
46	α-calacorène	21391-99-1	MS,RI	1543	1546	0.7 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.9 ± 0.0
47	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	3.0 ± 0.1	3.5 ± 0.0	0.3 ± 0.0	-
48	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	2.3 ± 0.2	1.9 ± 0.1	2.5 ± 0.0	1.3 ± 0.0

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

49	spathulenol	6750-60-3	MS,RI	1582	1583	-	-	-	-
50	caryophyllène oxide	1139-30-6	MS,STD,RI	1589	1589	7.5 ± 0.2	8.0 ± 0.1	5.3 ± 0.1	6.3 ± 0.0
51	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1593	1597	0.6 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.8 ± 0.0
52	γ-eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1631	1632	-	0.6 ± 0.1	-	1.8 ± 0.0
53	ζ-cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1636	1.1 ± 0.0	1.9 ± 0.1	0.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1
54	δ-cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1645	0.8 ± 0.0	1.3 ± 0.1	-	1.3 ± 0.1
55	β-eudesmol	473-15-4	MS,RI	1651	1652	0.8 ± 0.0	1.4 ± 0.1	-	-
56	α-eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1655	1.7 ± 0.1	2.5 ± 0.0	-	1.9 ± 0.2
57	myristic acid	544-63-8	MS,RI	1759	1759	-	0.4 ± 0.02	-	-
58	2-pentadecanone. 6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1844	0.5 ± 0.0	1.0 ± 0.0	0.5 ± 0.0	1.5 ± 0.0
59	palmitic acid	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1947	-	5.3 ± 0.3	-	-
60	isophytol	505-32-8	MS,RI	1944	1940	0.3 ± 0.0	-	-	-
61	phytol	150-86-7	MS,RI	2112	2116	2.5 ± 0.3	1.5 ± 0.1	1.3 ± 0.1	2.4 ± 0.0
Monoterpènes hydrocarbonés (%)						6.1	0.6	6.6	0.5
Monoterpènes oxygénés (%)						10.3	6.3	21.5	9.9
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)						60.2	61.7	59.7	61.5
Sesquiterpènes oxygénés (%)						18.7	22.1	9.0	14.8
Diterpenes (%)						2.8	1.5	1.3	2.4
Autres (%)						1.9	7.8	1.9	10.9
Composés Identifiés (%)						> 99.9	> 99.9	> 99.9	> 99.9

N° CAS: Numéro Cas; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colone HP-5MS et la serie d'alkanes C7-C30; tr: trace; -: non défin

IV.1.3. Étude statistique des échantillons d'huile essentielle de *L. rhodesiensis* des localités de Korhogo

Afin d'obtenir une description statistique de l'ensemble des échantillons et de mettre en évidence une éventuelle variabilité chimique, nous avons soumis les résultats obtenus à une Analyse en Composante Principale (ACP) et à un algorithme de classification des échantillons (CAH) à l'aide du logiciel XLSTAT 2016.02.27444 (Addinsoft, Paris, France).

Le dendrogramme propose une partition des 18 échantillons d'huiles essentielles en trois groupes, C1, C2 et C3 (**Figure 40.a**). La représentation graphique des échantillons sur le plan factoriel de l'ACP est en accord avec ces trois groupes (Figure 40b). En effet l'ACP est généré par les composantes principales 1 et 2 qui décrivent respectivement 53,13 % et 26,98 % représentant 80,12 % de la variabilité totale. Les groupes C1 et C3 sont principalement composés d'échantillons d'huile essentielle provenant de feuilles et de fruits, tandis que presque tous les échantillons d'huile essentielle de tiges sont regroupés dans le groupe C2.

- Le groupe C1 (six échantillons d'HE de feuilles, un échantillon d'HE de fruits et un échantillon d'HE de tiges) est dominé par des sesquiterpènes, tels que (*E*)- β -caryophyllène ($23,9 \pm 2,1$ %), α -copaène ($12,2 \pm 2,1$ %), δ -cadinène ($9,8 \pm 1,3$ %) et α -humulène ($9,0 \pm 0,8$ %). D'autres composés tels que l'oxyde de caryophyllène ($4,8 \pm 1,4$ %), le limonène ($4,4 \pm 2,5$ %) et le α -muurolène ($4,5 \pm 0,4$ %) sont également présents en proportions appréciables dans ces échantillons d'HE.
- Le groupe C2 (sept échantillons d'HE de tiges) est caractérisé par (*E*)- β -caryophyllène ($18,6 \pm 2,4$ %), α -copaène ($12,0 \pm 2,3$ %) et δ -cadinène ($11,2 \pm 0,7$ %), suivi, par des proportions significatives de thymol ($8,1 \pm 4,1$ %), oxyde de caryophyllène ($6,8 \pm 1,0$ %), α -humulène ($6,1 \pm 0,7$ %) et α -muurolène ($4,7 \pm 0,4$ %).
- Le groupe C3 (deux échantillons d'HE de feuilles et un échantillon d'HE de fruits) est principalement composé de (*E*)- β -caryophyllène ($22,0 \pm 1,0$ %), thymol ($16,0 \pm 2,3$ %) et α -copaène ($9,5 \pm 0,8$ %). Cependant, ce groupe présente également des proportions élevées de α -humulène ($7,9 \pm 0,4$ %), δ -cadinène ($7,6 \pm 0,5$ %) et d'oxyde de caryophyllène ($4,5 \pm 0,8$ %).

Les histogrammes de la **Figure 41** représentent les proportions moyennes et les écarts types des composés majoritaires des différents groupes.

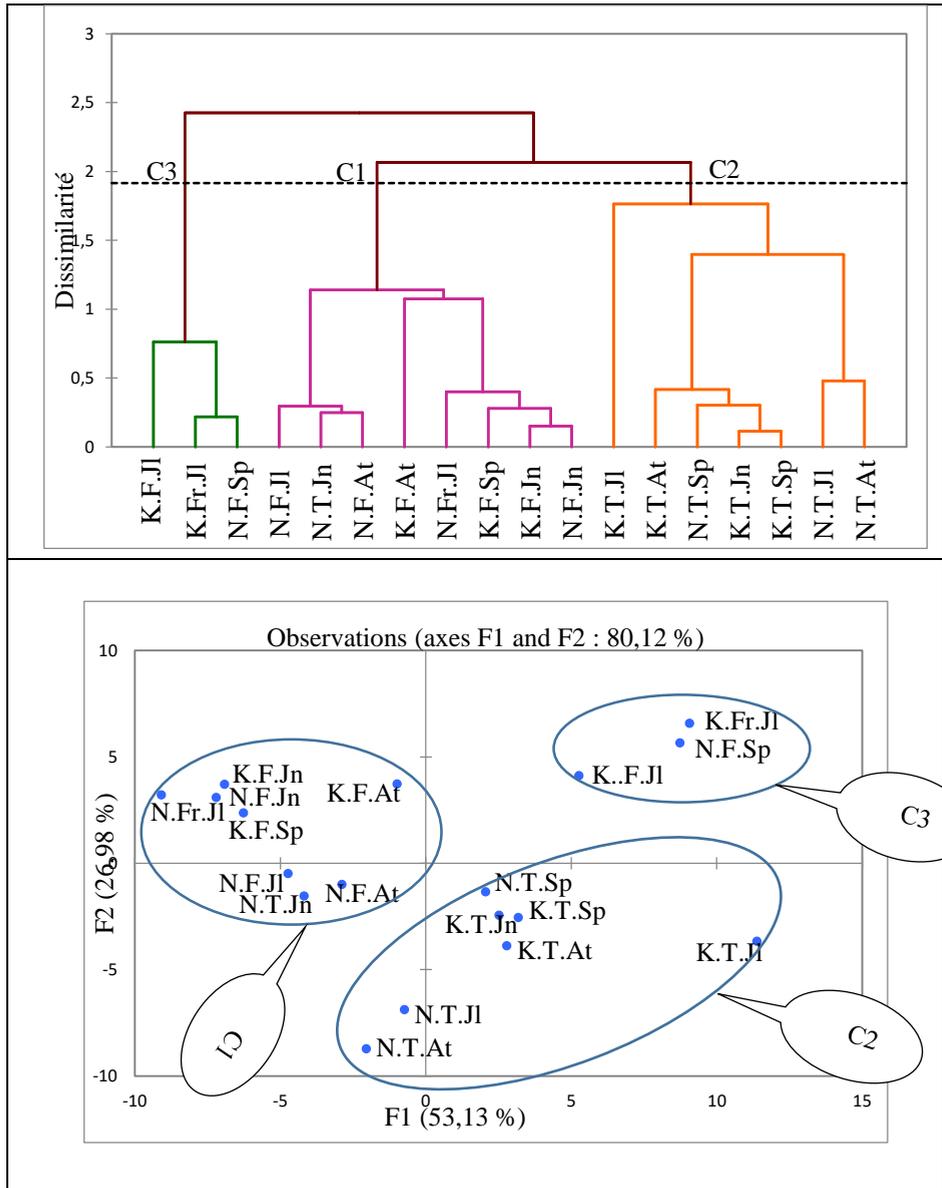
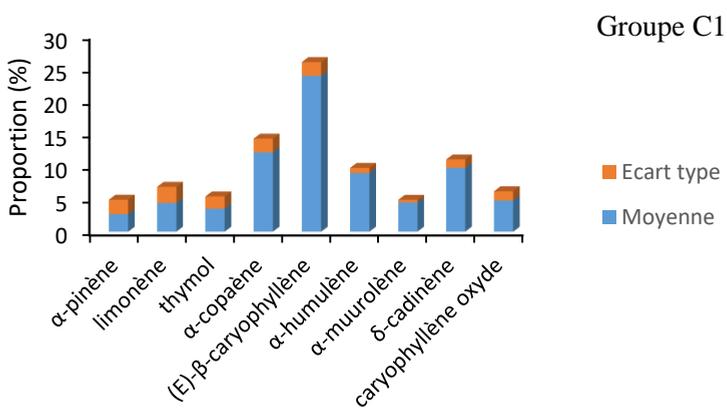
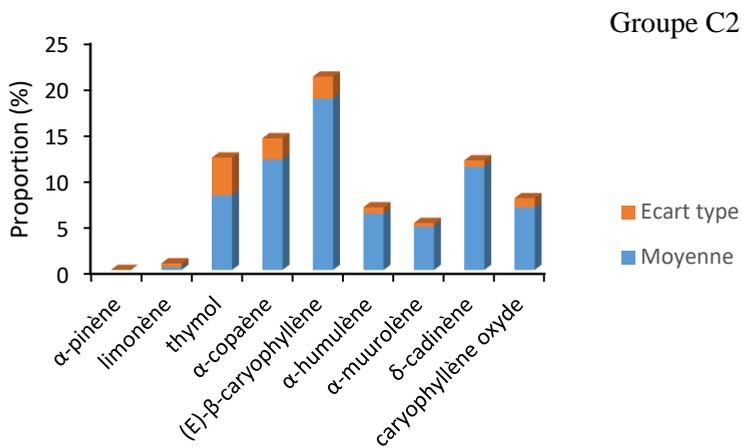


Figure 40. a. Dendrogramme ; b. Distribution de l'analyse des composantes principales des 18 échantillons d'huile essentielle de *L. rhodesiensis*. K : Kapélé, N : Nyanbélegé, T : Tiges, Fr : Fruits, F : Feuilles, Jn : Juin, Jl : Juillet, At : Août, Sp : Septembre

a



b



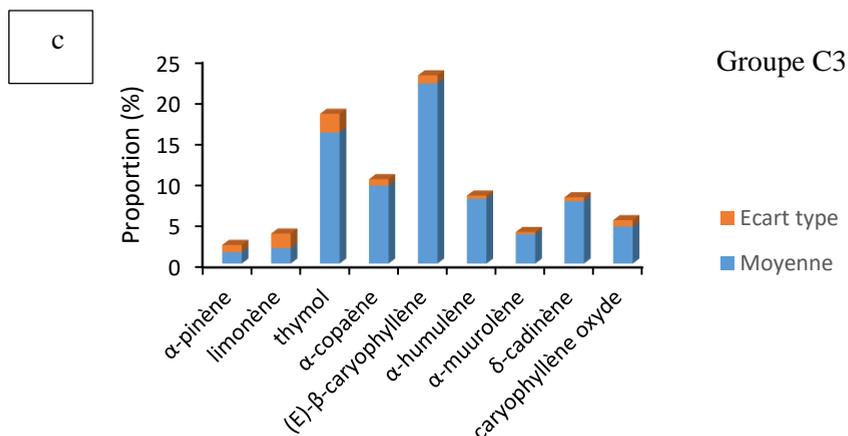


Figure 41. Proportion des principaux constituants des différents groupes (moyenne et écart-type)

Les feuilles et les fruits de *L. rhodesiensis* présentent deux compositions chimiques de profils distincts. En effet, sur la base des principaux composés, la composition chimique de l'huile essentielle de feuilles et de fruits pourrait être différenciée par leur teneur en thymol.

Ce monoterpène phénolique, qui est présent à $3,5 \pm 1,9$ % dans le groupe C1, a atteint $16,0 \pm 2,3$ % dans le groupe C3, devenant ainsi le deuxième composé le plus abondant de ce groupe après (E)- β -caryophyllène. Puisque les groupes C1 et C3 sont constitués d'échantillons d'HE de feuilles et de fruits de Kapélé et de Nyanbélégé collectés sur différent mois, cela montre l'existence d'une faible variabilité de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* entre les deux lieux et les mois de récolte.

Enfin, les résultats ont montré que la composition chimique des échantillons d'HE de fruits est similaire à celle des feuilles. En revanche, les sept échantillons d'huiles essentielles de tiges regroupées en C2 présentent un profil chimique unique dominé principalement par les sesquiterpènes. D'une manière générale, nous pouvons dire que la composition chimique de l'huile essentielle des tiges de *L. rhodesiensis* est différente de celle des feuilles et des fruits.

Une variabilité similaire a déjà été établie pour d'autres plantes, telles que *Cinnamomum zeylanicum*. Le principal composé de l'huile essentielle de feuilles extraite de cette plante est l'eugénol (Singh *et al.* 2007; Wang *et al.* 2009), tandis que le trans-cinnamaldéhyde et le camphre sont les principaux constituants de l'écorce (El-Baroty *et al.* 2010; Moarefian *et al.* 2013) et des racines (Wijesekera *et al.* 1974; Paranagama *et al.* 2001), respectivement. En général, la composition des huiles essentielles peut être affectée par des facteurs internes (développement et génétique)

et externes (environnement) (Rajabi *et al.* 2014; Rebey *et al.* 2018). Ainsi, les paramètres météorologiques tels que la température et les précipitations, et les conditions écologiques telles que la composition du sol, peuvent sensiblement affecter le rendement et la composition des huiles essentielles (Zhang *et al.* 2015; Rebey *et al.* 2018).

Par conséquent la faible variabilité chimique observée dans la présente étude pourrait être due aux sites de récoltes qui étant situé dans la même région seraient susceptible de présenter une faible différence des paramètres indiqués. Cette étude montre que l'huile essentielle obtenue à partir des feuilles, fruits et tiges de *L. rhodesiensis* récolté dans la région de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) est caractérisée par les sesquiterpènes principalement dominé par (*E*)- β -caryophyllène. Cet hydrocarbure sesquiterpénique, présente plusieurs activités biologiques, il est utilisé comme protecteur hépatique (Cho *et al.* 2015), anxiolytique, antidépresseur (Bahi *et al.* 2014), et protecteur neural (Chang *et al.* 2013). Il est également utilisé comme aliment fonctionnel et complément alimentaire en raison de ses propriétés antioxydantes (Calleja *et al.* 2013; Pant *et al.* 2014). La teneur élevée en (*E*)- β -caryophyllène de l'huile essentielle des organes de *L. rhodesiensis* est encourageant pour une étude plus approfondie des propriétés de cette plante dans la médecine traditionnelle.

IV.2. Huile essentielle des racines de *L. rhodesiensis*

Les racines de *L. rhodesiensis* ont été récoltées à Kapélé et Nyanbélogé de juin à septembre 2017. Au total, six échantillons d'huile essentielle ont été obtenus. Ils sont constitués de deux échantillons d'huiles essentielles des racines provenant de Kapélé et quatre échantillons provenant de Nyanbélogé. Les différents rendements obtenus sont très faibles avec une légère variation d'un site à un autre. Le rendement des échantillons d'HE de Nyanbélogé varie de 0,002 à 0,006 %, tandis que celui des échantillons de Kapélé varie de 0,002 à 0,004 %. A notre connaissance, aucune étude sur la détermination de la composition chimique de l'huile essentielle des racines de *L. rhodesiensis* n'a été réalisée.

L'analyse GC-MS des échantillons d'huile essentielle des racines provenant de Nyanbélogé et de Kapélé a permis d'identifier au total quarante-cinq composés représentant plus de 99,9 % de la composition chimique de ces échantillons. Parmi ces 45 composés, nous dénombrons 15 monoterpènes et 30 sesquiterpènes (Tableau 28 et Tableau 29). La composition chimique de tous les échantillons est pauvre en monoterpènes hydrocarbonés (0,0 – 0,5 %). Néanmoins, ces huiles contiennent des proportions de monoterpènes oxygénés variables d'un échantillon à un autre.

Ainsi, l'échantillon n°1 de Kapélé (issu de la récolte de Juin 2017) est dominé par le thymol ($25,5 \pm 1,02$ %) et c'est l'échantillon le plus riche en monoterpènes (34,8 %). Parmi les échantillons de Nyanbélogé, seul l'échantillon n°4 (issu de la récolte de septembre 2017) contient une proportion relativement importante de thymol ($16,1 \pm 0,22$ %). L'échantillon n°2 de Kapélé (issu de la récolte de juillet 2017) ne contient

que trois composés monoterpéniques, β -citronellol ($0,6 \pm 0,04$ %), géraniol ($0,8 \pm 0,03$ %) et le thymol ($8,8 \pm 0,27$ %). En général, ces huiles sont riches en sesquiterpènes hydrocarbonés. Le (*E*)- β -caryophyllène est le premier composé majoritaire de trois échantillons, à savoir les échantillons n°1 (issu de la récolte de juin 2017) et n°4 de Nyanbélegé et l'échantillon n°2 de Kapélé.

Les échantillons n°2 (issu de la récolte de juillet 2017) et n°3 (issu de la récolte d'août 2017) de Nyanbélegé sont dominés par l'acide palmitique. Par contre ce composé est absent de l'échantillon n°1 de Nyanbélegé et de l'échantillon n°2 de Kapélé. Nous constatons une variabilité au niveau des composés prépondérants de l'huile essentielle des racines de la localité de Korhogo (Kapélé et Nyanbélegé) :

- (*E*)- β -caryophyllène / α -copaène / δ -cadinène / α -humulène : échantillon n°1 de Nyanbélegé
- Acide palmitique / (*E*)- β -caryophyllène : échantillon n°2 de Nyanbélegé
- Acide palmitique / (*E*)- β -caryophyllène / δ -cadinène : échantillon n°3 de Nyanbélegé
- (*E*)- β -caryophyllène / thymol / α -copaène / δ -cadinène : échantillon n°4 de Nyanbélegé
- Thymol / (*E*)- β -caryophyllène : échantillon n°1 de Kapélé
- (*E*)- β -caryophyllène / δ -cadinène / thymol / α -copaène / α -humulène : échantillon n°2 de Kapélé

Malgré l'inégalité d'échantillonnage, nous pouvons noter que l'huile essentielle des racines de Nyanbélegé et celle de Kapélé se distinguent par la prédominance du thymol qui est assez marqué dans les échantillons provenant de Kapélé. Ces huiles se distinguent également au niveau des constituants tels que :

- Le caryophyllène oxyde, jusqu'à $6,2 \pm 0,31$ % dans l'échantillon n°1 de Nyanbélegé
- L'élémol, jusqu'à $5,8 \pm 0,06$ % dans l'échantillon n°3 de Nyanbélegé
- Le 2-tridecanone, jusqu'à $5,4 \pm 0,05$ % dans l'échantillon n°1 de Kapélé

Tableau 28 : Composition chimique de l'huile essentielle des racines de *L. rhodesiensis* de Nyanbélegé.

N°	composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Nyanbélegé (2017)			
						Juin	Juillet	Août	Septembre
1	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS,STD,RI	986	977	0.2 ± 0.01	-	1.1 ± 0.01	3.5 ± 0.02
2	octan-3-ol	589-98-0	MS,STD,RI	988	994	-	-	-	1.3 ± 0.09
3	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1029	-	0.4 ± 0.01	-	0.4 ± 0.02
4	limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1029	-	-	0.5 ± 0.05	-
5	1.8-cineol	470-82-6	MS,STD,RI	1033	1031	-	-	-	0.3 ± 0.01
6	linalol	78-70-6	MS,STD,RI	1104	1099	0.2 ± 0.00	0.4 ± 0.03	0.8 ± 0.01	0.9 ± 0.01
7	nonanal	124-19-6	MS,STD,RI	1108	1104	-	-	-	0.3 ± 0.03
8	camphre	76-22-2	MS,STD,RI	1143	1145	-	-	-	0.4 ± 0.01
9	4-terpinéol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	-	-	-	0.5 ± 0.02
10	α-terpinéol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1191	-	-	-	0.2 ± 0.00
11	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1195	1205	-	-	-	0.2 ± 0.01
12	β-citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1228	0.5 ± 0.01	-	1.4 ± 0.09	0.2 ± 0.01
13	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1258	1254	0.7 ± 0.01	-	1.7	0.2 ± 0.00
14	géraniol	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	-	-	-	-
15	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1297	1293	6.0 ± 0.06	2.9 ± 0.03	6.2 ± 0.06	16.1 ± 0.22
16	α-cubebène	17699-14-8	MS,STD,RI	1350	1353	-	-	0.3 ± 0.00	-
17	α-copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	10.2 ± 0.08	6.3 ± 0.03	6.8 ± 0.20	9.8 ± 0.10
18	β-bourbène	5208-59-3	MS,STD,RI	1385	1389	0.5 ± 0.10	-	0.5 ± 0.01	0.4 ± 0.02
19	β-élémane	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1394	1.3 ± 0.11	1.2 ± 0.03	1.1 ± 0.09	0.7 ± 0.02
20	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	22.3 ± 0.31	17.0 ± 0.17	16.1 ± 0.32	21.3 ± 0.17

21	γ -élémente	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	1.2 \pm 0.38	1.8 \pm 0.01	0.6 \pm 0.02	2.3 \pm 0.02
22	α-humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	7.6 \pm 0.04	4.7 \pm 0.07	4.5 \pm 0.07	5.9 \pm 0.03
23	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1465	1.0 \pm 0.03	0.9 \pm 0.03	0.7 \pm 0.14	1.0 \pm 0.01
24	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1487	-	-	-	-
25	β -selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1491	2.1 \pm 0.04	2.3 \pm 0.03	0.7 \pm 0.08	1.6 \pm 0.01
26	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	1.5 \pm 0.03	2.9 \pm 0.03	2.4 \pm 0.12	1.6 \pm 0.01
27	α -selinène	473-13-2	MS,STD,RI	1494	1499	1.4 \pm 0.05	1.7 \pm 0.02	0.7 \pm 0.04	1.0 \pm 0.04
28	α -muurolène	483-75-0	MS,RI	1497	1503	3.5 \pm 0.05	2.8 \pm 0.32	2.7 \pm 0.36	3.7 \pm 0.32
29	γ -cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1518	0.7 \pm 0.07	0.4 \pm 0.02	0.5 \pm 0.02	0.5 \pm 0.01
30	δ-cadinène	483-76-1	MS,RI	1519	1527	9.9 \pm 0.09	6.9 \pm 0.15	7.3 \pm 0.03	9.6 \pm 0.01
31	α -calacorène	21391-99-1	MS,RI	1543	1549	0.5 \pm 0.04	-	0.5 \pm 0.03	0.4 \pm 0.09
32	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	4.3 \pm 0.08	1.8 \pm 0.06	5.8 \pm 0.06	0.7 \pm 0.13
33	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	1.4 \pm 0.07	1.5 \pm 0.05	3.1 \pm 0.13	1.1 \pm 0.02
34	spathuléol	6750-60-3	MS,STD,RI	1572	1583	0.4 \pm 0.06	1.0 \pm 0.04	-	-
35	caryophyllène oxyde	1139-30-6	MS,STD,RI	1577	1589	6.2 \pm 0.31	4.3 \pm 0.08	2.8 \pm 0.26	3.4 \pm 0.03
36	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1587	1597	0.7 \pm 0.09	1.3 \pm 0.17	0.5 \pm 0.06	0.5 \pm 0.01
37	γ -eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1620	1636	1.8 \pm 0.02	0.7 \pm 0.33	0.8 \pm 0.07	1.0 \pm 0.07
38	ζ -cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1645	1.6 \pm 0.02	1.3 \pm 0.12	1.7 \pm 0.09	0.9 \pm 0.02
39	δ -cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1650	1.0 \pm 0.02	0.5 \pm 0.10	0.6 \pm 0.09	-
40	β -eudesmol	473-15-4	MS,RI	1645	1656	2.4 \pm 0.05	1.5 \pm 0.08	1.0 \pm 0.07	0.3 \pm 0.01
41	α -eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1661	3.7 \pm 0.06	2.8 \pm 0.13	2.5 \pm 0.07	1.2 \pm 0.03
42	acide myristique	544-63-8	MS,STD,RI	1748	1759	-	0.4 \pm 0.04	1.5 \pm 0.19	-
43	2-pentadecanone.6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1844	0.6 \pm 0.01	0.6 \pm 0.01	0.4 \pm 0.01	0.3 \pm 0.01
44	acide palmitique	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1957	-	29.7 \pm 0.22	22.3 \pm 1.64	5.3 \pm 0.20
45	phytol	150-86-7	MS,RI	2122	2116	4.2 \pm 0.02	-	-	0.8 \pm 0.06

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana*: *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

Monoterpènes hydrocarbonés (%)	0.0	0.4	0.5	0.4
Monoterpènes oxygénés (%)	7.4	3.4	10.1	18.8
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)	62.6	45.8	43.0	58.2
Sesquiterpènes oxygénés (%)	23.5	16.8	18.8	9.1
Diterpènes (%)	4.2	0.0	0.0	0.8
Autres (%)	2.4	33.6	27.6	12.7
Composés identifiés (%)	> 99,9	> 99,9	> 99,9	> 99,9
Rendement (%)	0,002	0,006	0,003	0,001

N° CAS: Cas Number; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colonne HP-5MS et la serie d'alkanes C7–C30; tr: trace; -: non défin

Tableau 29 : Composition chimique de l'huile essentielle des racines de *L. rhodesiensis* de Kapélé.

N°	composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	Kapélé (2017)	
						Juin	Juillet
1	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS,STD,RI	986	977	0.4± 0.06	-
2	octan-3-ol	589-98-0	MS,STD,RI	988	994	-	-
3	p-cymène	25155-15-1	MS,STD,RI	1026	1029	-	-
4	limonène	138-86-3	MS,STD,RI	1028	1029	-	-
5	1.8-cineol	470-82-6	MS,STD,RI	1033	1031	1.5± 0.03	-
6	linalol	78-70-6	MS,STD,RI	1104	1099	0.4± 0.01	-
7	nonanal	124-19-6	MS,STD,RI	1108	1104	-	-
8	camphre	76-22-2	MS,STD,RI	1143	1145	-	-
9	4-terpinéol	20126-76-5	MS,STD,RI	1177	1178	0.6± 0.01	-
10	α -terpinéol	98-55-5	MS,STD,RI	1190	1191	0.3± 0.01	-
11	decanal	112-31-2	MS,STD,RI	1195	1205	-	-
12	β -citronellol	106-22-9	MS,STD,RI	1225	1228	0.5± 0.02	0.6 ± 0.04
13	géraniol	106-24-1	MS,STD,RI	1258	1254	1.3± 0.05	0.8 ± 0.03
14	géranial	5392-40-5	MS,STD,RI	1268	1267	4.7± 0.04	-
15	thymol	89-83-8	MS,STD,RI	1297	1293	25.5± 1.02	8.8 ± 0.27
16	α -cubebène	17699-14-8	MS,STD,RI	1350	1353	-	-
17	α -copaène	3856-25-5	MS,STD,RI	1379	1379	3.7± 0.05	8.4 ± 0.13
18	β -bourbebène	5208-59-3	MS,STD,RI	1385	1389	-	0.5 ± 0.09
19	β -élémente	515-13-9	MS,STD,RI	1388	1394	1.6± 0.06	1.7 ± 0.12
20	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS,STD,RI	1424	1424	9.7± 0.10	28.4 ± 0.34
21	γ -élémente	3242-08-08	MS,RI	1434	1436	3.0± 0.05	3.1 ± 0.04

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

22	α -humulène	6753-98-6	MS,STD,RI	1456	1458	3.3± 0.03	8.1 ± 0.10
23	alloaromadendrène	25246-27-9	MS,RI	1462	1465	0.7± 0.04	0.8 ± 0.04
24	germacrène D	23986-74-5	MS,RI	1480	1487	-	0.3 ± 0.03
25	β -selinène	17066-67-0	MS,RI	1488	1491	4.5± 0.02	2.8 ± 0.07
26	2-tridecanone	593-08-8	MS,STD,RI	1491	1496	5.4± 0.05	3.0 ± 0.07
27	α -selinène	473-13-2	MS,STD,RI	1494	1499	3.0± 0.16	1.5 ± 0.13
28	α -muurolène	483-75-0	MS,RI	1497	1503	1.6± 0.04	3.4 ± 0.91
29	γ -cadinène	39029-41-9	MS,RI	1511	1518	0.4± 0.06	0.7 ± 0.01
30	δ-cadinène	483-76-1	MS,RI	1519	1527	5.4± 0.14	10.6 ± 0.14
31	α -calacorène	21391-99-1	MS,RI	1543	1549	-	-
32	élémol	639-99-6	MS,RI	1550	1553	2.6± 0.10	3.6 ± 0.13
33	nerolidol	7212-44-4	MS,RI	1565	1565	0.8± 0.08	0.7 ± 0.01
34	spathulénol	6750-60-3	MS,STD,RI	1572	1583	1.0± 0.22	0.3 ± 0.02
35	caryophyllène oxyde	1139-30-6	MS,STD,RI	1577	1589	3.9± 0.13	4.3 ± 0.01
36	viridiflorol	552-02-3	MS,STD,RI	1587	1597	1.0± 0.16	0.6 ± 0.02
37	γ -eudesmol	1209-71-8	MS,RI	1620	1636	0.6± 0.1	0.9 ± 0.03
38	ζ -cadinol	5937-11-01	MS,RI	1639	1645	1.4± 0.12	1.3 ± 0.02
39	δ -cadinol	19435-97-3	MS,RI	1643	1650	0.6± 0.12	0.8 ± 0.01
40	β -eudesmol	473-15-4	MS,RI	1645	1656	0.8± 0.08	0.9 ± 0.04
41	α -eudesmol	473-16-5	MS,RI	1652	1661	2.4± 0.13	2.6 ± 0.03
42	acide myristique	544-63-8	MS,STD,RI	1748	1759	-	-
43	2-pentadecanone.6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS,RI	1842	1844	0.4± 0.03	0.3 ± 0.01
44	acide palmitique	57-10-3	MS,STD,RI	1942	1957	6.9± 0.44	-
45	phytol	150-86-7	MS,RI	2122	2116	-	-
Monoterpènes hydrocarbonés (%)						0.0	0.0

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

Monoterpènes oxygénés (%)	34.8	10.2
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)	37.1	70.4
Sesquiterpènes oxygénés (%)	15.0	16.0
Diterpènes (%)	0.0	0.0
Autres (%)	13.1	3.3
Composés identifiés (%)	> 99,9	> 99,9
Rendement (%)	0,004	0,002

N° CAS: Cas Number; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K @; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colonne HP-5MS et la serie d'alkanes C7–C30; tr: trace; -: non défin

IV.3. Huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Doropo

Afin de caractériser l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Doropo (75,9 km de la ville de Bouna, Région de Bounkani), six échantillons d'huiles essentielles ont été extraits à partir des feuilles, tiges et de racines issus de deux récoltes.

- Une récolte effectuée en novembre 2015 (huile essentielle de feuilles F1 et F2, huile essentielle de tiges T1)
- Une récolte effectuée en août 2017 (huile essentielle de feuilles F3, huile essentielle de tiges T2 et huile essentielle de racines R1).

Le rendement de ces différents échantillons varie d'un organe à un autre. Le rendement de l'huile essentielle est homogène (0,02 à 0,03 %), ainsi que celui des tiges (0,008 à 0,01 %). Quant au rendement des racines, il est très faible (0,005). Nous pouvons supposer que la différence de rendements est probablement liée à l'organe. L'huile essentielle des feuilles présente un bon rendement par rapport à l'huile des tiges et des racines.

Les échantillons d'huiles essentielles de feuilles, tiges et racines ont été analysés par GC-MS. Au total, sur l'ensemble des échantillons, 26 à 40 composés représentant plus de 99,9 % de la composition chimique globale de chaque échantillon ont été identifiés (**Tableau 30**). Qualitativement, les compositions chimiques des échantillons d'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Doropo sont assez proches, dans la mesure où elles sont toutes caractérisées par la prédominance du même monoterpène et des mêmes sesquiterpènes.

En effet, le (*E*)- β -caryophyllène ($14,1 \pm 0,04 - 41,2 \pm 0,20$ %), le thymol ($3,8 \pm 0,02 - 35,4 \pm 0,23$ %), l' α -copaène ($3,6 \pm 0,06 - 15,5 \pm 0,05$ %), le δ -cadinène ($5,9 \pm 0,05 - 11,4 \pm 0,04$ %), le caryophyllène oxyde ($2,9 \pm 0,18 - 9,9 \pm 0,04$ %) et l' α -humulène ($4,2 \pm 0,03 - 8,7 \pm 0,05$ %), sont les composés majoritaires. Le nerolidol se trouve en proportion importante $7,5 \pm 0,03$ % uniquement dans l'échantillon F3. Quant à l'échantillon F1, il se distingue par la prédominance du germacrène D ($15,3 \pm 0,02$). Certains composés tels que l' α -muurolène (jusqu'à $4,4 \pm 0,26$ %), le linalol (jusqu'à $2,9 \pm 0,02$ %) et le phytol (jusqu'à $2,4 \pm 0,02$ %) sont présents à des proportions non négligeables.

La composition chimique des échantillons récoltés en août 2017 est plus riche en thymol. Cela pourrait être lié au stade phénologique de la plante. En effet les échantillons de novembre 2015 ont été récoltés au début de la saison sèche, tandis que ceux d'août 2017 ont été récoltés pendant la saison des pluies de la région. Tous les échantillons sont très pauvres en monoterpènes hydrocarbonés.

Tableau 30: Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *L. rhodesiensis* de Doropo.

	composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	F1	F2	F3
1	α -pinène	80-56-8	MS, STD, RI	939	929	0.1 \pm 0.01		-
2	β -pinène	18172-67-3	MS, STD, RI	978	976	0.1 \pm 0.01		-
3	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS, STD, RI	986	977	0.4 \pm 0.00	0.1 \pm 0.01	-
4	octan-3-one	106-68-3	MS, RI	988	988	0.1 \pm 0.01		
5	β -myrcène	123-35-3	MS, STD, RI	992	988	0.1 \pm 0.01		
6	octan-3-ol	589-98-0	MS, STD, RI	997	991	0.1 \pm 0.02		
7	p-cymène	25155-15-1	MS, STD, RI	1026	1022	0.1 \pm 0.00		-
8	limonène	138-86-3	MS, STD, RI	1028	1026			-
9	β -phellandrène	555-10-2	MS, STD, RI	1030	1027		0.2 \pm 0.01	
10	octan-1-ol	111-87-5	MS, STD, RI	1052	1054		0.1 \pm 0.00	
11	linalol	78-70-6	MS, STD, RI	1104	1099	2.3 \pm 0.02	1.8 \pm 0.03	0.5 \pm 0.00
12	4-terpineol	20126-76-5	MS, STD, RI	1177	1178			-
13	α -terpinéol	10482-56-1	MS, STD, RI	1190	1191	0.3 \pm 0.01	0.1 \pm 0.02	
14	géraniol	106-24-1	MS, STD, RI	1258	1251	0.5 \pm 0.00		
15	géranial	5392-40-5	MS, STD, RI	1268	1268			
16	thymol	89-83-8	MS, STD, RI	1297	1291		3.8 \pm 0.02	22.5 \pm 0.29
17	α-copaène	3856-25-5	MS, STD, RI	1379	1379	8.9 \pm 0.02	10.6 \pm 0.05	3.6 \pm 0.06
18	β -bourbèbène	5208-59-3	MS, STD, RI	1385	1389	1.3 \pm 0.00	1.5 \pm 0.04	3.4 \pm 0.05
19	β -élémente	515-13-9	MS, STD, RI	1388	1394	1.4 \pm 0.03	0.9 \pm 0.02	0.6 \pm 0.04
20	2,5-diméthoxy-p-cymène	14753-08-3	MS, RI	1399	1407	1 \pm 0.02		
21	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS, STD, RI	1424	1424	38.9 \pm 0.08	41.2 \pm 0.20	16.3 \pm 0.10

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana*: *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

22	γ -élémostène	3242-08-08	MS, RI	1434	1436			1.0 \pm 0.01
23	α-humulène	6753-98-6	MS, STD, RI	1456	1458	8.1 \pm 0.03	8.7 \pm 0.05	6.0 \pm 0.05
24	alloaromadendrène	25246-27-9	MS, RI	1462	1465	0.8 \pm 0.01	0.9 \pm 0.02	0.8 \pm 0.02
25	γ -muurolène	30021-74-0	MS, RI	1474	1477	1 \pm 0.02	1 \pm 0.02	
26	germacrène D	23986-74-5	MS, RI	1480	1487	15.3 \pm 0.02	4.1 \pm 0.01	0.7 \pm 0.02
27	β -ionone	14901-07-6	MS, STD, RI	1485	1484			0.3 \pm 0.02
28	β -selinène	17066-67-0	MS, RI	1488	1487	0.7 \pm 0.02		0.5 \pm 0.04
29	α -selinène	473-13-2	MS, RI	1494	1499			-
30	2-tridecanone	593-08-8	MS, STD, RI	1491	1496			1.3 \pm 0.03
31	α -muurolène	483-75-0	MS, RI	1497	1503	2.3 \pm 0.02	2.3 \pm 0.01	4.4 \pm 0.26
32	cubebol	23445-02-5	MS, RI	1511	1513	0.1 \pm 0.01	0.4 \pm 0.02	
33	γ -cadinène	39029-41-9	MS, RI	1511	1518			0.8 \pm 0.05
34	δ-cadinène	483-76-1	MS, STD, RI	1519	1527	7.5 \pm 0.05	5.9 \pm 0.05	11.4 \pm 0.04
35	α -calacorène	21391-99-1	MS, RI	1543	1549			0.7 \pm 0.02
36	élémol	639-99-6	MS, RI	1550	1553			0.4 \pm 0.02
37	nerolidol	7212-44-4	MS, RI	1565	1565	2.1 \pm 0.03	1.6 \pm 0.02	7.5 \pm 0.03
38	spathulenol	6750-60-3	MS, RI	1572	1583			1.1 \pm 0.01
39	caryophyllène oxyde	1139-30-6	MS, STD, RI	1577	1589	4.9 \pm 0.04	9.5 \pm 0.04	9.9 \pm 0.04
40	viridiflorol	552-02-3	MS, STD, RI	1587	1597			0.9 \pm 0.13
41	humulène oxyde II	19888-34-7	MS, RI	1596	1601	1 \pm 0.02	1.5 \pm 0.03	
42	himachalène oxyde	573697	MS, RI	1610	1612	0.8 \pm 0.02		
43	γ -eudesmol	1209-71-8	MS, RI	1620	1624		1.3 \pm 0.01	
44	ζ -cadinol	5937-11-01	MS, RI	1639	1636			1.4 \pm 0.06
45	δ -cadinol	19435-97-3	MS, RI	1643	1650			-
46	α -cadinol	481-34-5	MS, RI	1650	1659			1.7 \pm 0.08

Chapitre IV : Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana rhodesiensis* Moldenke

47	2-pentadecanone.6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS, RI	1842	1840		0.5 ± 0.01		
48	acide palmitique	57-10-3	MS, STD, RI	1942	1947		-		
49	phytol	150-86-7	MS, RI	2122	2116	2.4 ± 0.02	2.1 ± 0.13		
Monoterpènes hydrocarbonés (%)							0.4	0.2	0.0
Monoterpènes oxygénés (%)							3.1	5.7	23.0
Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)							87.2	77.5	50.0
Sesquiterpènes oxygénés (%)							8.8	13.9	22.8
Diterpènes (%)							0	2.4	2.1
Autres (%)							0.6	0.3	2.1
Composés identifiés (%)							> 99,9	> 99,9	> 99,9
Rendement (%)							0,02	0,03	0,02

N° CAS: Cas Number; Id: Identification; MS: Spectre de masse de la librairie Pal 600K ®; STD: Standard; RI: Indice de retention; Ir th: Indice de retention théorique pris dans NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de retention calculé selon la colone HP-5MS et la serie d'alkanes C7–C30; tr: trace; -: non défin

Tableau 31 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges et des racines de *L. rhodesiensis* de Doropo

	composés	N° CAS	Id	Ir th	Ir cal	T1	T2	R1
1	α -pinène	80-56-8	MS, STD, RI	939	929			
2	β -pinène	18172-67-3	MS, STD, RI	978	976			
3	1-octen-3-ol	3391-84-4	MS, STD, RI	986	977	0.5 \pm 0.00	0.9 \pm 0.01	1.2 \pm 0.03
4	octan-3-one	106-68-3	MS, RI	988	988			
5	β -myrcène	123-35-3	MS, STD, RI	992	988			
6	octan-3-ol	589-98-0	MS, STD, RI	997	991	0.2 \pm 0.00		
7	p-cymène	25155-15-1	MS, STD, RI	1026	1022		-	0.8 \pm 0.02
8	limonène	138-86-3	MS, STD, RI	1028	1026	0.1 \pm 0.01	-	2.1 \pm 0.04
9	β -phellandrène	555-10-2	MS, STD, RI	1030	1027	0.2 \pm 0.01		
10	octan-1-ol	111-87-5	MS, STD, RI	1052	1054	0.2 \pm 0.00		
11	linalol	78-70-6	MS, STD, RI	1104	1099	2 \pm 0.01	2.9 \pm 0.02	1.3 \pm 0.08
12	4-terpineol	20126-76-5	MS, STD, RI	1177	1178		1.0 \pm 0.01	0.7 \pm 0.02
13	α -terpinéol	10482-56-1	MS, STD, RI	1190	1191	0.1 \pm 0.00		
14	géraniol	106-24-1	MS, STD, RI	1258	1251	0.1 \pm 0.01		
15	géraniol	5392-40-5	MS, STD, RI	1268	1268	0.1 \pm 0.00		
16	thymol	89-83-8	MS, STD, RI	1297	1291	4.6 \pm 0.02	35.4 \pm 0.23	28.6 \pm 0.02
17	α-copaène	3856-25-5	MS, STD, RI	1379	1379	15.5 \pm 0.05	9.1 \pm 0.02	11.5 \pm 0.07
18	β -bourbebène	5208-59-3	MS, STD, RI	1385	1389	0.5 \pm 0.02	0.6 \pm 0.05	0.8 \pm 0.00
19	β -élémente	515-13-9	MS, STD, RI	1388	1394	1.1 \pm 0.01	-	0.8 \pm 0.02
20	2,5-diméthoxy-p-cymène	14753-08-3	MS, RI	1399	1407	0.2 \pm 0.01		
21	(E)-β-caryophyllène	87-44-5	MS, STD, RI	1424	1424	34.2 \pm 0.07	14.1 \pm 0.04	25.4 \pm 0.40
22	γ -élémente	3242-08-08	MS, RI	1434	1436		0.6 \pm 0.01	1.0 \pm 0.00

23	α-humulène	6753-98-6	MS, STD, RI	1456	1458	7.8 \pm 0.06	4.2 \pm 0.03	5.7 \pm 0.05
24	alloaromadendrène	25246-27-9	MS, RI	1462	1465	1.1 \pm 0.02	1.0 \pm 0.03	0.9 \pm 0.08
25	γ -muuroloène	30021-74-0	MS, RI	1474	1477	1.5 \pm 0.03		
26	germacrène D	23986-74-5	MS, RI	1480	1487	4.5 \pm 0.02	-	-
27	β -ionone	14901-07-6	MS, STD, RI	1485	1484		-	-
28	β -selinène	17066-67-0	MS, RI	1488	1487	1 \pm 0.02	2.4 \pm 0.01	4.2 \pm 0.02
29	α -selinène	473-13-2	MS, RI	1494	1499		-	2.0 \pm 0.01
30	2-tridecanone	593-08-8	MS, STD, RI	1491	1496		1.2 \pm 0.01	-
31	α -muuroloène	483-75-0	MS, RI	1497	1503	3.6 \pm 0.01	3.4 \pm 0.23	2.7 \pm 0.02
32	cubebol	23445-02-5	MS, RI	1511	1513	0.6 \pm 0.02		
33	γ -cadinène	39029-41-9	MS, RI	1511	1518		0.9 \pm 0.04	-
34	δ-cadinène	483-76-1	MS, STD, RI	1519	1527	11.4 \pm 0.06	8.1 \pm 0.04	6.8 \pm 0.02
35	α -calacorène	21391-99-1	MS, RI	1543	1549		0.8 \pm 0.03	0.6 \pm 0.00
36	élémol	639-99-6	MS, RI	1550	1553	0.4 \pm 0.02	-	-
37	nerolidol	7212-44-4	MS, RI	1565	1565	1.4 \pm 0.02	1.6 \pm 0.06	-
38	spathulenol	6750-60-3	MS, RI	1572	1583		0.7 \pm 0.06	-
39	caryophyllène oxyde	1139-30-6	MS, STD, RI	1577	1589	5.6 \pm 0.03	5.9 \pm 0.03	2.9 \pm 0.18
40	viridiflorol	552-02-3	MS, STD, RI	1587	1597		0.6 \pm 0.01	-
41	humulène oxyde II	19888-34-7	MS, RI	1596	1601	1.3 \pm 0.01		
42	himachalène oxyde	573697	MS, RI	1610	1612			
43	γ -eudesmol	1209-71-8	MS, RI	1620	1624	0.3 \pm 0.01		
44	ζ -cadinol	5937-11-01	MS, RI	1639	1636		0.7 \pm 0.05	-
45	δ -cadinol	19435-97-3	MS, RI	1643	1650		0.7 \pm 0.04	-
46	α -cadinol	481-34-5	MS, RI	1650	1659		1.1 \pm 0.02	-
47	2-pentadecanone.6.10.14-trimethyl	502-69-2	MS, RI	1842	1840		0.6 \pm 0.01	-

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

48	acide palmitique	57-10-3	MS, STD, RI	1942	1947	0.6 ± 0.02	-	
49	phytol	150-86-7	MS, RI	2122	2116	0.9 ± 0.10	-	
	Monoterpènes hydrocarbonés (%)					0.3	0.0	2.9
	Monoterpènes oxygénés (%)					6.8	39.3	30.7
	Sesquiterpènes hydrocarbonés (%)					83	45.2	62.4
	Sesquiterpènes oxygénés (%)					9	11.2	2.9
	Diterpènes (%)					0	0.9	0.0
	Autres (%)					0.9	3.3	1.2
	Composés identifiés (%)					> 99,9	> 99,9	> 99,9
	Rendement (%)					0,01	0,008	0,005

IV.4. Comparaison de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Nyanbélegé, Kapélé et de Doropo

La composition chimique de l'HE de *L. rhodesiensis* de Nyanbélegé, Kapélé et de Doropo est dominée par les sesquiterpènes tels que l'(*E*)- β -caryophyllène, l' α -copaène, l' α -humulène, le δ -cadinène et le caryophyllène oxyde. Certains échantillons sont dominés par le thymol. La différence entre les compositions chimiques de l'HE des organes de ces trois localités se situe au niveau des proportions des composés majoritaires et la présence ou non de certains composés mineurs tels que le sabinène, le β -pinène, l' α -cadinol, le spathuléol et la valencène. L'échantillon d'HE des feuilles le plus riche en thymol provient de la localité de Doropo ($22,5 \pm 0,29$ %), tandis que le moins riche provient de Nyanbélegé ($2,7 \pm 0,0$ %). Les échantillons d'HE des feuilles de Doropo ne contiennent pas de limonène. Ce composé se trouve en proportion appréciable dans les échantillons de Nyanbélegé et de Kapélé allant jusqu'à $7,0 \pm 0,1$ %. Les échantillons d'HE des tiges ($4,6 - 35,4$ %) de Doropo sont plus riches en thymol de ceux de Kapélé ($8,3 - 15,3$ %) et de Nyanbélegé ($2,8 - 8,5$ %). Quant à l'HE des racines, l'échantillon de Doropo (août 2017) présente la plus forte proportion en thymol ($28,6 \pm 0,02$ %). Par contre, la proportion la plus faible se trouve dans l'échantillon de juillet 2017 de Nyanbélegé ($2,9 \pm 0,03$ %). En somme l'HE des tiges et des racines de *L. rhodesiensis* de Doropo est plus riche en thymol que celle de Nyanbélegé et de Kapélé.

IV.5 Comparaison de la composition chimique de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Côte d'Ivoire avec celle de la littérature

En tenant compte des composés majoritaires identifiés dans nos différents échantillons d'HE de *L. rhodesiensis*, nous pouvons mener une comparaison avec ceux identifiés dans d'autres pays (conformément à la littérature). En comparaison avec l'huile essentielle des feuilles étudiée en Tanzanie, des composés courants de l'huile essentielle des feuilles ivoiriennes, tels que (*E*)- β -caryophyllène, α -copaène et thymol, s'avèrent absents de l'échantillon de la Tanzanie.

En effet, l'huile tanzanienne de la dite étude est dominée par le camphre (36,5 %), le 4-thujanol (18,5 %) et le cinéole (11,3 %) (**Chogo & Crank 1982**), composés absents ou présents dans des proportions inversement faibles dans les échantillons ivoiriens. En outre, le β -cubébène (6,5 %), le sesquiterpène le plus abondant en Tanzanie, n'a pas été détecté dans l'huile de feuilles ivoiriennes. De même, l'huile essentielle obtenue à partir de parties aériennes du Kenya était dominée par le camphre (39,84 %) et le camphène (8,63 %) (**Omolo et al. 2004**) ; composés qui ont été détectés qu'à l'état de traces dans la présente étude. L'huile essentielle des organes de *L. rhodesiensis* ivoirien présente des composés qui n'ont pas été identifiés dans

l'huile du kenya. Ces composés sont : δ -cadinene, nerolidol, thymol et α -humulene, qui est un sesquiterpène ayant des effets anti-inflammatoires (**Rogério et al. 2009**).

Cette étude a montré une différence considérable dans la composition chimique des échantillons d'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Côte d'Ivoire, par rapport aux échantillons de la Tanzanie et du Kenya. Cette différence pourrait probablement être liée à divers facteurs, tels que les conditions environnementales, le génotype de la plante, l'origine géographique, les organes récoltés, la période de récolte et la méthode d'extraction (**Benini et al. 2012; Filly et al. 2016**). Par exemple, les parties aériennes (constituées de feuilles et de fleurs) utilisées pour la production d'huile essentielle au Kenya ont été séchées à l'ombre pendant une semaine avant l'hydrodistillation (**Omolo et al. 2004**). Dans la présente étude, l'hydrodistillation a été effectuée uniquement sur les organes frais.

De légères variations de la composition chimique peuvent être fréquemment observées entre les échantillons de différentes zones géographiques (**Benini et al. 2012; Dodoš et al. 2019**). Cependant, lorsque les différences sont significatives, le terme chémotype peut être utilisé. Il est défini comme des plantes de la même espèce qui produisent des huiles essentielles de composition chimique différentes marquée, et donc, de propriétés biologiques (**Torras et al. 2007**). Sur cette base, un nouveau chémotype de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Côte d'Ivoire a été défini dans cette étude et caractérisé par des proportions élevées de (*E*)- β -caryophyllene, α -copaene, α -humulene, δ -cadinene et thymol. Ce chémotype est différent de celui de Tanzanie (camphre, 4-thujanol et 1,8-cinéole) et du Kenya (camphre et camphène).

De nombreuses études ont porté sur les chémotypes d'huile essentielle obtenue à partir de diverses plantes. Par exemple, *Thymus vulgaris*, appelé communément thym, est une source de polymorphisme, avec six chémotypes différents : du thymol, du géraniol, du linalol, du carvacrol, du 4-thujanol/terpinen-4-ol et du bornéol (**Thompson et al. 2003; Kaloustian et al. 2005; Torras et al. 2007; Rota et al. 2008; Nikolic et al. 2014**).

Une autre espèce végétale étudiée de manière intensive en ce qui concerne le polymorphisme des huiles essentielles est la tanaïsie (*Tanacetum vulgare*). Le chémotype de l'huile essentielle extraite des plantes belges de cette espèce est β -thujone, acétate de chrysanthényle, camphre et thujone (**De Pooter et al. 1989**), tandis que celui de la Norvège est thujone, acétate de chrysanthényle, camphre, chrysanthénol et 1,8-cinéole (**Rohloff et al. 2004; Dragland et al. 2005**).

À notre connaissance, aucune étude n'a été effectuée sur la détermination de la composition chimique de l'huile essentielle des fruits, tiges et racines de *L. rhodesiensis*.

IV.6. Activités biologiques de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis*

Comme mentionné précédemment, *L. rhodesiensis* est une plante utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies, telles que le rhumatisme et le diabète. Afin de comprendre les bases de ces utilisations traditionnelles de *L. rhodesiensis*, l'activité antioxydante et anti-inflammatoire de l'huile essentielle produite à partir des feuilles ont été étudiées.

Au total quatre échantillons d'huiles essentielles provenant des feuilles de *L. rhodesiensis* ont été choisis sur la base de leur composition chimique. Il s'agit de deux échantillons de feuilles provenant de Kapélé et deux échantillons de Nyanbélegé (K.F.Jn : Huile essentielle de feuilles de juin de Kapélé ; K.F.Jl : huile essentielle de feuilles de Juillet de Kapélé ; N.F.Jn : huile essentielle des feuilles de Juin de Nyanbélegé ; N.F.Sp : huile essentielle des feuilles de septembre de Nyanbélegé). La **Figure 42** ci-dessous présente la proportion des composés majoritaires des échantillons choisis.

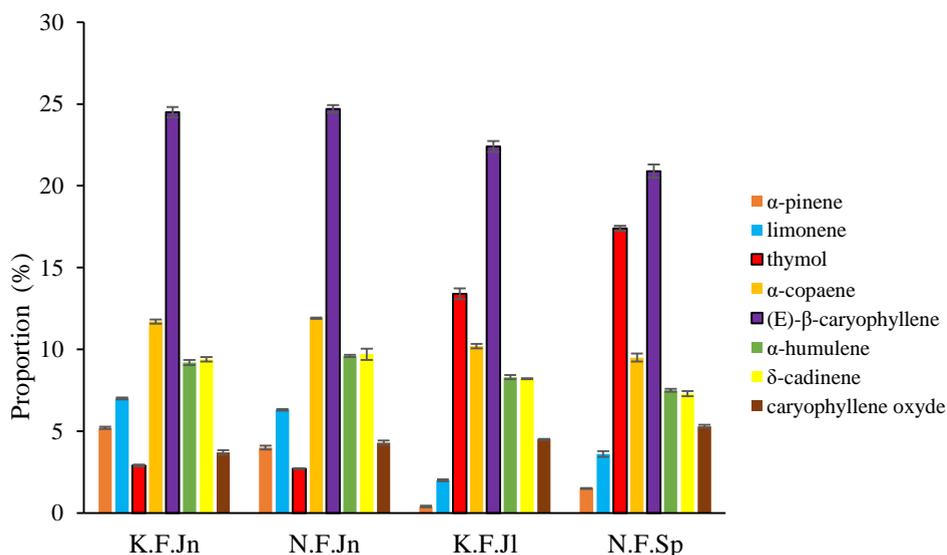


Figure 42. Proportions des composés majoritaires des échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. rhodesiensis* utilisés pour l'étude des activités biologiques. K.F.Jn : Huile essentielle de feuilles de juin de Kapélé ; K.F.Jl : Huile essentielle de feuilles ; N.F.Jn : Huile essentielle de feuilles de juin de Nyanbélegé ; N.F.Sp : Huile essentielle de feuilles de septembre de Nyanbélegé.

IV.6.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des échantillons d'HE a été évaluée selon deux méthodes, il s'agit des méthodes DPPH et FRAP. De plus l'activité du thymol et du limonène ont été évalués pour comparaison, puis le Trolox a été utilisé comme standard positif.

IV.6.1.1. DPPH

L'activité antioxydante dépend de la mobilité de l'atome d'hydrogène des groupes hydroxyles des composés phénoliques. Le transfert d'un atome H vers un radical DPPH libre entraîne une molécule DPPH stable et une diminution de la concentration des radicaux libres (**Barkat Malika & Imène Laib 2011**).

Les résultats ont montré que le pourcentage d'inhibition (I%) du radical libre augmentait avec les concentrations de Trolox, de thymol, de limonène et d'huiles essentielles des feuilles de *L. rhodesiensis* (**Figure 43**). Notamment, le pourcentage d'inhibition des échantillons K.F.Jl et N.F.Sp était plus élevé que celui des échantillons K.L.Jn et N.F.Jn. Les principales différences entre ces échantillons d'huiles sélectionnés étaient la proportion du thymol et du limonène, K.F.Jl et N.F.Sp contiennent de grandes proportions de thymol, tandis que le limonène est présent à des proportions plus élevées dans K.F.Jn et N.F.Jn.

Le limonène a très faiblement inhibé le radical DPPH, avec un pourcentage d'inhibition de $31,11 \pm 1,73$ % à une concentration de $100 \mu\text{g/mL}$. En revanche, le thymol a montré une forte capacité d'inhibition ($92,39 \pm 0,13$ %). Sur la base de ces observations, le pourcentage d'inhibition élevé des échantillons K.F.Jl et N.F.Sp est probablement dû à leur teneur élevée en thymol ; toutefois, l'effet de synergie ne peut pas être exclu.

L'huile essentielle des feuilles récoltées en septembre à Nyanbélegé (N.F.Sp) a montré la plus forte activité antioxydante ($\text{CI}_{50} 22,57 \pm 0,06 \mu\text{g/mL}$), qui est presque similaire à l'huile essentielle des feuilles récoltées en juillet à Kapélé ($\text{CI}_{50} 23,83 \pm 0,43 \mu\text{g/mL}$; **Figure 43 et 44**). Le thymol ($\text{CI}_{50} 27,21 \pm 0,06 \mu\text{g/mL}$) présente une activité plus faible que le Trolox ($\text{CI}_{50} 15,24 \pm 0,07 \mu\text{g/mL}$). En revanche, le limonène a montré une très faible propriété antioxydante, il présente une valeur de $\text{CI}_{50} > 100 \mu\text{g/mL}$.

Les huiles essentielles recueillies en juin sur les deux sites (K.F.Jn et N.F.Jn) ont des valeurs CI_{50} élevées, et donc une faible activité antioxydante. Cela pourrait être probablement dû à la présence du thymol à faible proportion, car certains composés tels que le thymol ou le carvacrol, jouent un rôle important dans l'activité antioxydante des huiles essentielles (**Güllüce et al. 2003; Kulisic et al. 2004; Sokmen et al. 2004; Tepe et al. 2005**). En effet, il a été démontré que le thymol purifié à partir de l'huile de *Carum copticum* a une forte activité antioxydante (**Sameera & Shamim 2017**). Les résultats ont également montré que l'huile de septembre de Nyanbélegé et l'huile de juillet de Kapélé ont une forte activité antioxydante (**Figure 44**), ce qui pourrait être lié à leur proportion plus élevée en thymol. Ce composé a des propriétés antioxydantes bien connues (**Esmaili & Khodadadi 2011**), son effet antioxydant a été également démontré dans cette étude. Le (*E*)- β -caryophyllène est un sesquiterpène, dont il a également été démontré qu'il possède une activité de piégeage des radicaux libres grâce au test DPPH (**Dar et al. 2011; Dahham et al. 2015**).

La différence de la proportion de cette molécule dans l'huile de K.F.Jl et de N.F.Sp par rapport à l'huile de K.F.Jn et de N.F.Jn, n'est pas assez forte, d'où elle pourrait ne pas être la cause de la différence d'activité antioxydante.

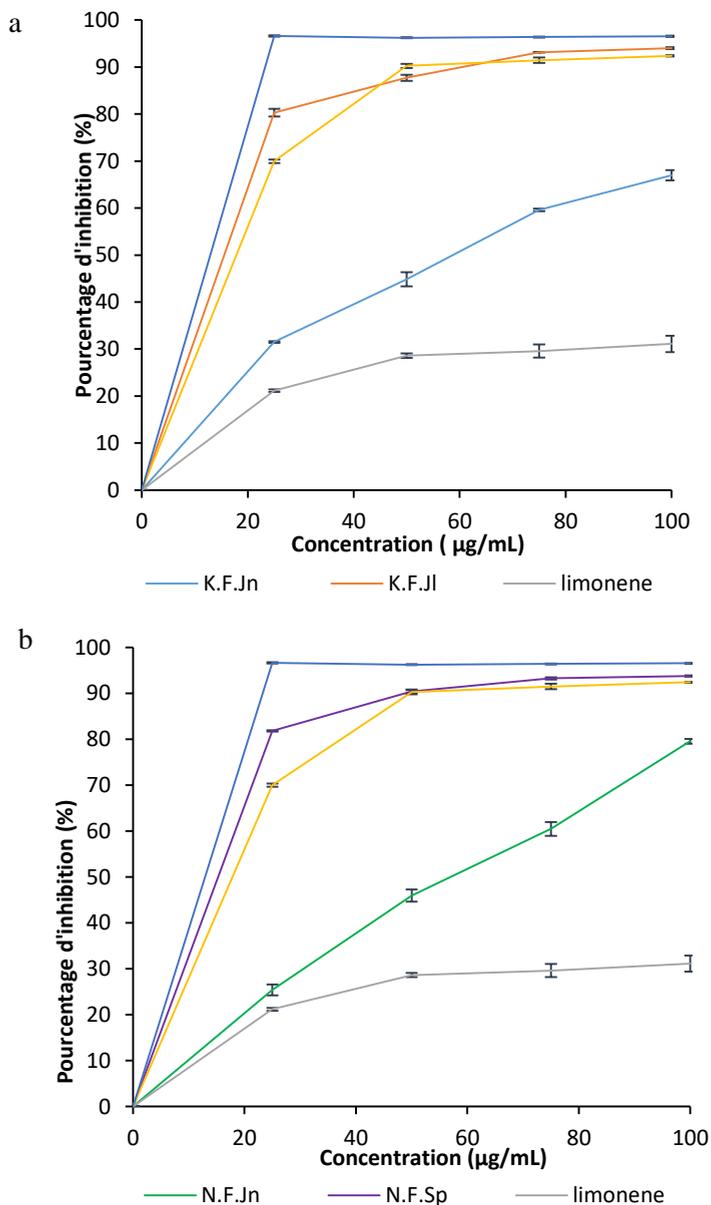


Figure 43. a. Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par les échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. rhodesiensis* de Kapélé, du limonène, thymol et Trolox en

fonction de la concentration ; b. Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par les échantillons.

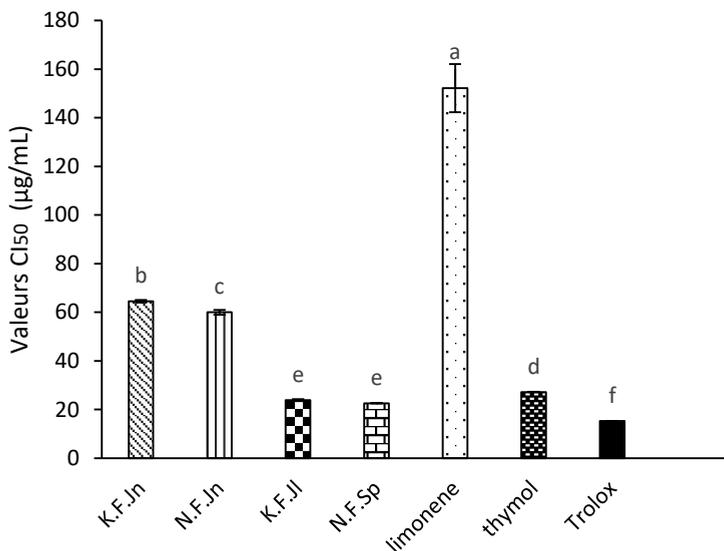


Figure 44. Valeurs de CI₅₀ (µg/mL) obtenues avec le test DPPH des échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. rhodesiensis*, limonène, thymol et Trolox. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).

IV.6.1.2. FRAP

Les capacités de réduction du Trolox, du thymol, du limonène, du K.F.Jn, du N.F.Jn, du K.F.Jl et du N.F.Sp ont été étudiées par transformation du Fe^{3+} en Fe^{2+} . Les mesures d'absorbance plus élevées de l'essai indiquent un plus grand pouvoir réducteur. Les absorbances élevées du thymol, de K.F.Jl et de N.F.Sp à différentes concentrations marquent leur capacité de réduction, cela corrèle bien avec leur activité antioxydante (**Figure 45**).

En effet, le pouvoir réducteur de K.F.Jn et N.F.Jn est inférieur à celui de K.F.Jl et N.F.Sp, qui sont caractérisés par des proportions de thymol abondants. Les huiles essentielles sont des mélanges complexes ; cependant, il semble que l'activité antioxydante associée soit généralement liée à la présence de composés phénoliques (**Hazzit et al. 2009; Yang et al. 2011**). Des rapports précédents ont montré que les monoterpènes oxygénés, tels que le thymol, le carvacrol et le α -terpinéol, sont principalement responsables du potentiel antioxydant des huiles essentielles de certaines plantes (**Bicas et al. 2011**).

Dans la présente étude, le test de comparaison de Tukey a montré que l'absorbance du thymol n'était pas significativement différente de celle du témoin positif, Trolox (**Figure 45**). Ces deux composés présentent des activités antioxydantes élevées. Le

(*E*)- β -caryophyllène et d'autres molécules aux propriétés antioxydantes bien connues sont également présentes dans les échantillons d'huile essentielle testés et peuvent contribuer à leur activité antioxydante globale. Tous ces composés peuvent interagir de manière synergique ou antagoniste pour créer un système effectif (**Barkat Malika & Imène Laib 2011**).

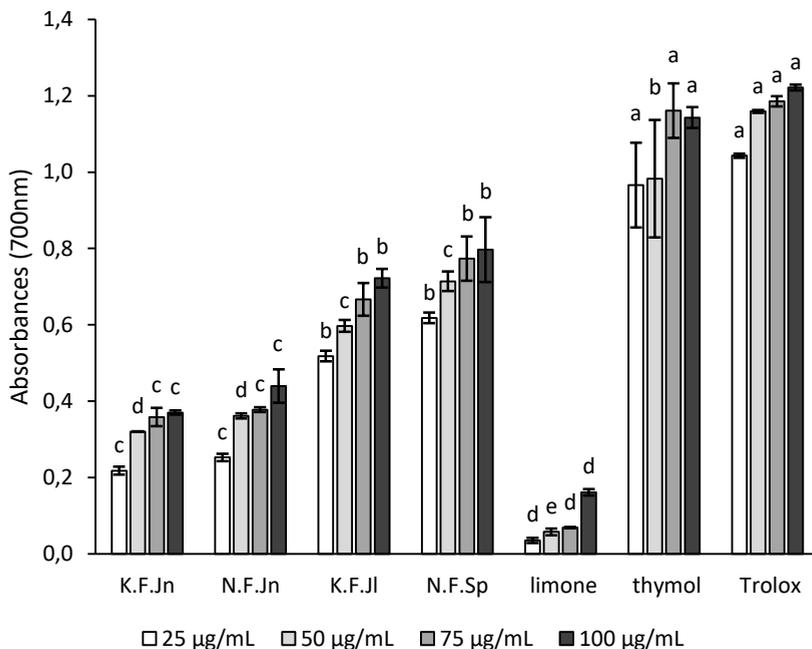


Figure 45. Pouvoir réducteur des échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. rhodesiensis*, limonène, thymol et Trolox à différentes concentrations. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).

IV.6.2. Activité anti-inflammatoire

IV.6.2.1. Dénaturation de l'albumine bovine

L'arthrite est un terme générique utilisé pour décrire une affection inflammatoire qui affecte une ou plusieurs articulations. La dénaturation des protéines est l'une des causes bien documentées d'inflammation, conduisant à une variété de maladies inflammatoires. Par conséquent, la capacité d'une substance à inhiber la dénaturation des protéines démontre son activité potentielle anti-inflammatoire (**Rahman et al. 2015; Osman et al. 2016**).

Dans cette étude, l'effet des différents échantillons d'huile essentielle des feuilles de *L. rhodesiensis* sur la dénaturation thermique de la BSA a été évalué à différentes concentrations (**Figure 46**), en comparaison avec un médicament standard, le

Diclofénac. Les résultats ont montré que le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration d'huile essentielle.

De plus, le pourcentage d'inhibition pour chaque concentration est plus élevé pour K.F.Jn et N.F.Jn par rapport à K.F.Jl et N.F.Sp. L'huile essentielle des feuilles de Kapélé ont empêché la dénaturation protéique à $91,64 \pm 0,04$ % pour l'échantillon de juin et $89,80 \pm 0,16$ % pour l'échantillon de juillet à une concentration de $100\mu\text{g/mL}$. De même, les échantillons d'huile essentielle à la même concentration provenant des feuilles de Nyanbéligé ont montré un pourcentage d'inhibition de $91,06 \pm 0,04$ % pour les feuilles récoltées en juin et de $88,83 \pm 0,03$ % pour celles récoltées en septembre. Les valeurs de la CI_{50} des échantillons d'huile essentielle et du diclofénac ont été déterminées (**Figure 47**).

La comparaison des valeurs CI_{50} a montré que l'effet du Diclofénac était proche de celui de N.F.Jn et K.F.Jn. Le Diclofénac a présenté une CI_{50} de $24,76 \pm 0,11\mu\text{g/mL}$, alors que celle de N.F.Jn et K.F.Jn est respectivement de $28,16 \pm 0,69\mu\text{g/mL}$ et $26,18 \pm 0,05\mu\text{g/mL}$. Les échantillons K.F.Jn et N.F.Jn possèdent des proportions les plus élevées de α -humulène et (*E*)- β -caryophyllène par rapport aux échantillons K.F.Jl et N.F.Sp. Les propriétés anti-inflammatoire de ces molécules ont été précédemment démontrées dans l'huile essentielle de *Cordia verbenacea* (**Fernandes et al. 2007**), et l'activité anti-inflammatoire plus élevée de K.F.Jn et N.F.Jn serait probablement dûe à leur proportion élevée en α -humulène et (*E*)- β -caryophyllène. De plus, K.F.Jn et N.F.Jn ont des proportions plus élevées de limonène que K.F.Jl et N.F.Sp.

En outre, il a déjà été démontré que le limonène extrait du *Citrus junos* Tanaka présente une forte activité anti-inflammatoire, il serait donc possible que les propriétés anti-inflammatoire de ces huiles essentielles soient également dues à la présence de cette molécule (**Hirota et al. 2010**). Les résultats de cette étude ont démontré que l'huile essentielle des feuilles de *L. rhodesiensis* est un potentiel prometteur pour inhiber la dénaturation des protéines dans les maladies inflammatoire, telles que les maladies rhumatismales. Comme les essais *in vitro* sont parfois différent des essais *in vivo* (**Niki 2010; Donadu et al. 2018**), des essais *in vivo* de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire de l'huile essentielle des feuilles de *L. rhodesiensis* ivoirienne seraient nécessaires.

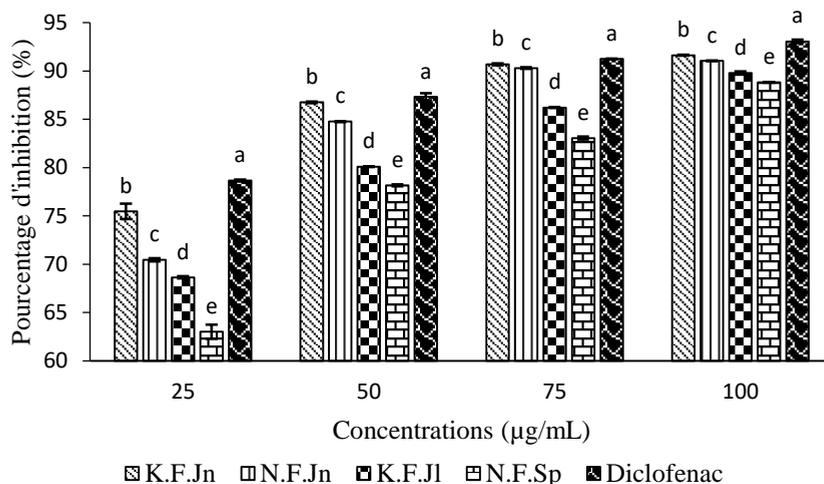


Figure 46. Pourcentage d'inhibition de la dénaturation de l'albumine bovine de l'huile essentielle des feuilles de *L. rhodesiensis* et de Diclofenac. K.F.Jn : huile essentielle de feuilles de Juin de Kapélé ; K.F.Jl : huile essentielle des feuilles de Juillet de Kapélé ; N.F.Jn : huile essentielle des feuilles de Juin de Nyanbélegé ; N.F.Sp : huile essentielle des feuilles de Septembre de Nyanbélegé. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).

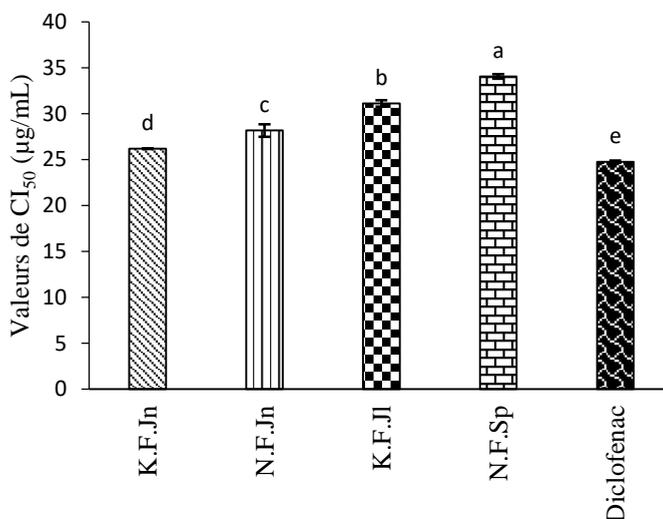


Figure 47. Valeurs CI_{50} (µg/mL) obtenues avec la dénaturation de l'albumine bovine des échantillons d'huile essentielle de feuilles de *L. rhodesiensis* et du Diclofenac. K.F.Jun : huile essentielle de feuilles de juin de Kapélé ; K.F.Jul : Juillet : huile essentielle de Nyanbélegé ; N.F.Sep : huile essentielle de Nyanbélegé en septembre. Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur $p < 0,05$) ($n=3$).

IV.7. Conclusion partielle

La composition chimique des échantillons d'huile essentielle de *L. rhodesiensis* montre des différences d'un organe à un autre. Les échantillons d'huile essentielle de tiges et de racines sont généralement plus riches en thymol par rapport aux échantillons de feuilles. L'HE des racines de Doropo présente la plus forte proportion en thymol ($28,6 \pm 0,02$ %). La majorité des échantillons d'HE des feuilles, tiges ou racines provenant de Kapélé et de Doropo présente des proportions élevées de thymol par rapport à ceux provenant de Nyanbélegé. Quel que soit le site de récolte l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* de Côte d'Ivoire est dominée par les sesquiterpènes hydrocarbonés. Elle diffère légèrement, qualitativement grâce au thymol comme composé majoritaire dans certains échantillons. Cependant, la différence quantitative est plus prononcée, car des différences sont observées au niveau des composés minoritaires et de la proportion du thymol dans les échantillons.

À travers divers échantillons d'huile essentielle de feuilles, fruits et tiges provenant de la récolte mensuelle de Nyanbélegé et de Kapélé, nous observons que la variabilité de la composition chimique entre les sites de récolte est faible. Les principaux constituants des huiles essentielles des feuilles sont le (*E*)- β -caryophyllène (20,3 - 27,1 %), l' α -copaène (9,5 - 11,9 %), le δ -cadinène (7,3 - 9,9 %) et l' α -humulène (7,5 - 9,6%). Le thymol a également été trouvé dans deux échantillons de Kapélé (7,7 et 13,4%) et dans un échantillon de Nyanbélegé (17,4%). L'huile essentielle des fruits est caractérisée par une prédominance de (*E*)- β -caryophyllène (22,8 - 25,2 %), d' α -copaène (8,7 - 11,7 %), d' α -humulène (8,0 - 9,9 %) et de δ -cadinène (7,3 - 10,6 %). L'HE des fruits de Kapélé ($17,2 \pm 0,4$ %) est plus riche en thymol que celle de Nyanbélegé ($1,2 \pm 0,0$ %). En outre, l'HE des tiges est dominée par le (*E*)- β -caryophyllène (14,3 - 22,4 %), suivi de l' α -copaène (7,4 - 14,7 %), du δ -cadinène (10,6 - 12,6 %), de l' α -humulène (5,0 - 8,0 %) et de l'oxyde de caryophyllène (5,2 - 8,0 %). L'analyse statistique multivariée (ACP et CAH) a montré que les huiles essentielles des feuilles et des fruits présentent des compositions similaires, mais différentes de celles de la tige. Un nouveau chémotype d'huile essentielle de *L. rhodesiensis* a été découvert, il s'agit du (*E*)- β -caryophyllène / α -copaène / α -humulène / δ -cadinène / thymol.

Les résultats de l'évaluation des activités biologiques ont mis en évidence le potentiel antioxydant et anti-inflammatoire de l'huile essentielle extrait des feuilles de *L. rhodesiensis*. Il a été déduit que le potentiel biologique de l'huile essentielle des feuilles est fonction de la composition chimique de l'huile. La proportion élevée du thymol est liée à l'activité antioxydante et celle du (*E*)- β -caryophyllène à l'activité anti-inflammatoire. L'activité antioxydante du thymol ($CI_{50} = 27,21 \pm 0,06$ $\mu\text{g/mL}$) est très élevée que celle du limonène ($CI_{50} > 100$ $\mu\text{g/mL}$).

CHAPITRE V

**Étude phytochimique bio-guidée des
extraits de feuilles, tiges et racines de
Lantana rhodesiensis Moldenke**

V.1. Screening phytochimique

V.1.1. Détermination des différentes classes phytochimiques

Un screening phytochimique préliminaire a été réalisé sur le broyat des feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis* afin de déterminer les différentes classes phytochimiques présentes. Le mode opératoire a été décrit au chapitre II. Les résultats obtenus se trouvent dans le tableau ci-dessous (**Tableau 32**). Les tests en tube ont permis de mettre en évidence la présence des flavonoïdes, des tanins, des stérols/triterpènes, des saponines, des alcaloïdes et des polyphénols. Nous notons des tests négatifs pour les leucoanthocyanes et anthocyanes dans les organes étudiés.

Tableau 32 : Caractérisation des différents groupes chimiques présents dans les organes étudiés

Classes phytochimiques	Tests réalisés	Feuilles	Tiges	Racines
Polyphénols	Chlorure de fer 2%	+++	++	+
Flavonoïdes	Cyanidine	+++	+	+
Terpènes et Stérols	Leiberman et Burchard	++	+	++
Tanins	catéchiques Stiasny	++	+	+
	galliques Stiasny	++	++	+
Saponines	Formation de mousse	+	+	++
Alcaloïdes	Dragendorff	+	+	+
Leucoanthocyanes	Cyanidine	-	-	-
Anthocyanes	Cyanidine	-	-	-

Légende :

+++ = quantités très élevées / abondant

++ = quantités élevées / moyen

+ = faible quantité / faible

- = non détectable / absent

Les résultats obtenus de ce screening phytochimique ont montré que le niveau de flavonoïdes et de polyphénols est plus élevé dans les feuilles que dans les tiges et les racines. Cependant, les racines contiennent des quantités de saponines plus élevées que les feuilles et les tiges. Les classes phytochimiques détectées dans le broyat des feuilles avaient également été détectées dans l'extrait aqueux des feuilles dans une étude antérieure (Ngugi *et al.* 2015).

À notre connaissance à ce jour, aucun criblage phytochimique n'a été effectué sur les tiges et les racines de *L. rhodesiensis* individuellement. Par contre, l'extrait

méthanolique de la partie aérienne constituée de tiges et de feuilles a présentée des niveaux très élevés de tanins par rapport aux stérols/triterpènes, flavonoïdes et saponines (Sawadogo *et al.* 2012).

V.1.2. Dosages des composés polyphénoliques

Les extraits préparés à partir des organes selon le protocole décrit dans le chapitre II (voir **Tableau 33**) ont été utilisés pour le dosage des composés polyphénoliques contenus dans chaque organe de *L. rhodesiensis*.

Tableau 33 : Rendement en pourcentage (%) des différents extraits préparés (extraction non séquentielle).

Organes	MeOH / H ₂ O : 50 / 50	
	Masse obtenue (g)	Rendement (%)
Feuilles	122,81	12,28
Tiges	82,45	8,25
Racines	74,53	7,45

Au total 3 mg de chaque extrait ont été utilisés pour les différents tests de dosage des composés phénoliques selon les méthodes décrites dans le chapitre II. Les dosages ont été effectués contre des courbes d'étalonnages d'acide gallique et de quercétine (**Figure 48**). Les résultats sont consignés dans le **Tableau 33**.

Les teneurs en polyphénols totaux varient de $153,37 \pm 0,61$ à $273,27 \pm 0,48$ mg EAG/g extrait. La meilleure teneur a été obtenue dans l'extrait des feuilles ($273,27 \pm 0,48$ mg EAG/g extrait). Concernant le dosage des flavonoïdes totaux, les teneurs varient de $34,87 \pm 0,34$ à $110,54 \pm 0,46$ mg EQ/g extrait. De même l'extrait des feuilles présente la plus forte teneur avec $110,54 \pm 0,46$ mg EQ/g extrait. La plus faible teneur en polyphénols et en flavonoïdes totaux est observée dans l'extrait des racines, avec une valeur de $153,37 \pm 0,61$ mg EAG/g extrait pour les polyphénols totaux et une valeur de $34,87 \pm 0,34$ mg EQ/g extrait pour les flavonoïdes totaux.

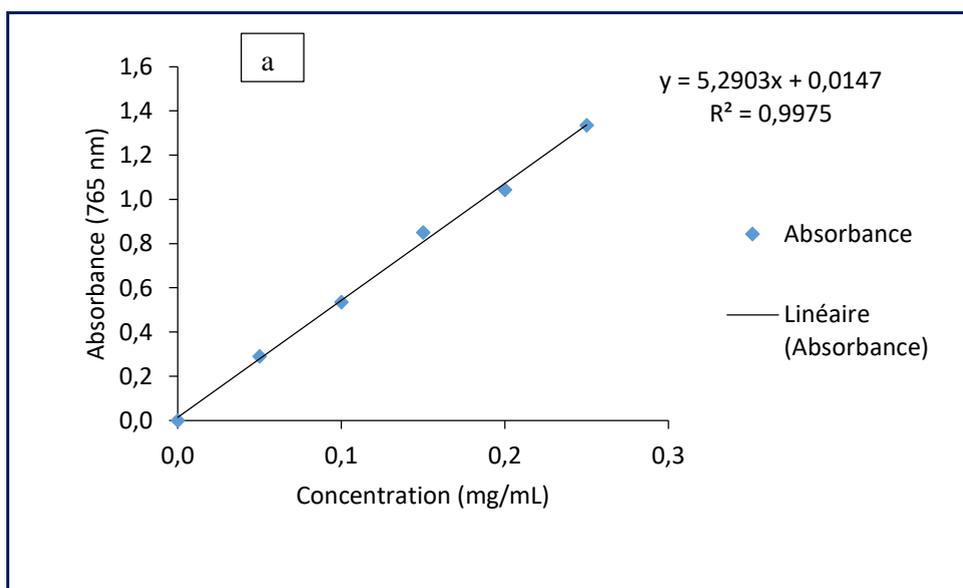
D'une manière générale, le test de quantification des polyphénols et des flavonoïdes totaux réalisé sur les extraits des organes de *L. rhodesiensis* montre que les feuilles sont plus riches en polyphénols et flavonoïdes par rapport aux tiges et aux racines.

Ngugi *et al* (2015) ont effectué le dosage des composés phénoliques de l'extrait aqueux des feuilles de *L. rhodesiensis*. Les résultats ont montré que la quantité de phénols ($685,25 \pm 30,77$ mg EAG/g) était plus élevée que celle des tanins ($323,61 \pm 61,54$ mg EAG/g) et des flavonoïdes ($187,33 \pm 54,97$ mg EAG/g) (Ngugi *et al.* 2015). De plus, une autre étude a montré la composition totale en phénols et flavonoïdes de

l'extrait méthanolique des tiges-feuillées de *L. rhodesiensis*. La quantité totale des phénols et des flavonoïdes obtenue, rapportée à l'unité de mg Eq/g, donne un total de $210,55 \pm 7,5$ mg EAG/g extrait. Celle des flavonoïdes donne $50,09 \pm 1,9$ mg EQ/g extrait (**Bangou et al. 2011**).

Ces résultats ne peuvent pas être comparés directement à ceux de cette étude, car l'extrait ou l'organe utilisé ainsi que la méthode utilisée pour les différents tests ne sont pas les mêmes. Toutefois en tenant compte uniquement des valeurs obtenues dans ces études, nous pouvons dire que l'extrait aqueux des feuilles de *L. rhodesiensis* est plus riche en composés phénoliques que l'extrait hydro-méthanolique. Par contre la quantité des composés phénoliques totaux dans l'extrait méthanolique des tiges-feuillées est inférieure à celle de l'extrait de feuilles de notre étude.

Une étude utilisant la même méthode de dosage des polyphénols totaux (McDonald et al, 2001) a été effectuée sur l'extrait méthanolique des feuilles de différentes variétés de *Lantana camara*. Bien qu'il ne s'agisse pas de la même espèce, les résultats de deux variétés de *L. camara* ($225,15 \pm 12,52$ et $232,99 \pm 15,97$ mg EAG/ g extrait) se sont avéré sensiblement proches du résultat de notre étude sur *L. rhodesiensis* ($273,27 \pm 0,48$ mg EAG/g extrait) (**Kumar et al. 2014**).



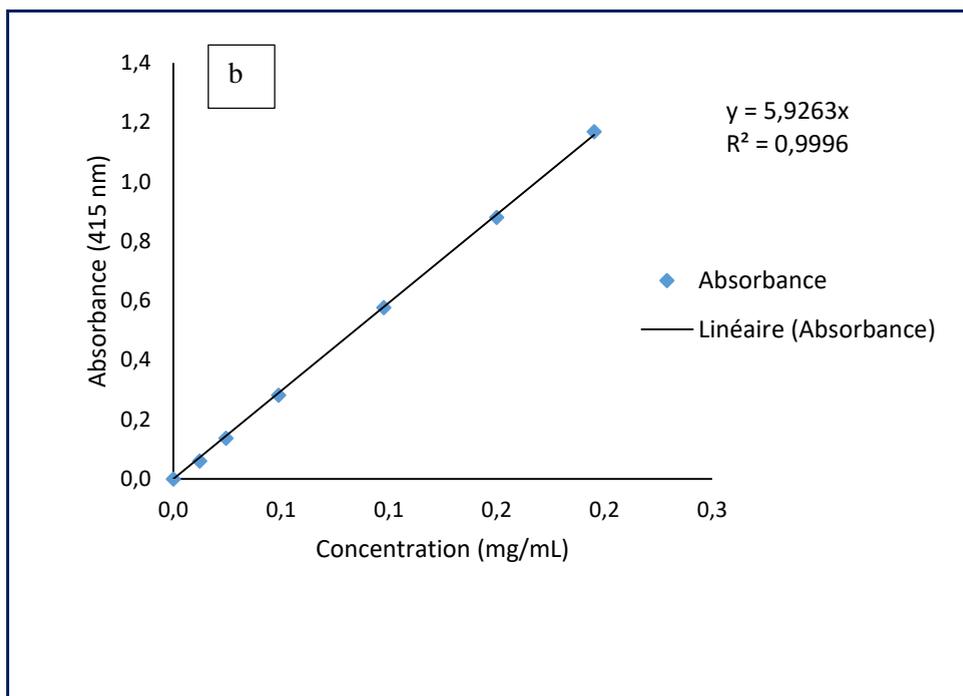


Figure 48 : a. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique ; b. Courbe d'étalonnage de la quercétine.

Tableau 34 : Résultats du dosage des composés polyphénoliques

Teneur en composés polyphénoliques (mg Eq/g extrait)		
	Polyphénols totaux	Flavonoïdes totaux
Feuilles	273,27 ± 0,48	110,54 ± 0,46
Tiges	206,06 ± 0,87	52,95 ± 0,64
Racines	153,37 ± 0,61	34,87 ± 0,34

(Moyenne ± déviation standard de 3 essais)

V.2. Activités biologiques des extraits

Les extraits utilisés pour les différents tests biologiques ont été préparés selon le protocole décrit dans le chapitre II. Les résultats sont consignés dans le **Tableau 33** ci-dessus.

V.2.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits de feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis* a été évaluée par trois méthodes (DPPH, FRAP et β -carotène). Les différents tests ont été effectués sur des solutions méthanoliques d'extraits de différentes concentrations (200 – 1000 $\mu\text{g/mL}$). L'acide ascorbique a été utilisé comme standard et son activité a été évaluée dans les mêmes conditions que celles des extraits. Les résultats obtenus sont représentés à la **Figure 49**.

Selon le test de piégeage du radical DPPH, les résultats de le CI_{50} de l'extrait des feuilles est de $449,53 \pm 0,56 \mu\text{g/mL}$. L'extrait des racines présente la plus forte valeur de CI_{50} avec $561,36 \pm 3,93 \mu\text{g/mL}$. Le test statistique de Turkey a montré que l'inhibition des radicaux libres par les extraits de feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis* n'est pas significativement différent, en comparaison avec l'acide ascorbique ($122,09 \pm 0,56 \mu\text{g/mL}$).

Par la méthode de FRAP, les résultats ont montré que les absorbances obtenues avec l'extrait des feuilles sont les plus élevées. Cela conduit à une valeur de CI_{50} faible pour l'extrait des feuilles ($117,08 \pm 1,1 \mu\text{g/mL}$). Ce qui confirme la capacité de l'extrait des feuilles à réduire les ions Fe(III) plus que l'extrait des tiges et des racines. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre la capacité de l'extrait des feuilles et des tiges à réduire les ions Fe(III) . La valeur de CI_{50} de l'acide ascorbique est de $108,01 \pm 0,01 \mu\text{g/mL}$.

Quant au test de la décoloration du β -carotène, nous constatons que la valeur de CI_{50} de l'extrait des tiges est de $158,91 \pm 2,65 \mu\text{g/mL}$ et celle de l'extrait des feuilles est de $150,18 \pm 1,21 \mu\text{g/mL}$. Comparativement à l'acide ascorbique ($\text{CI}_{50} = 137,55 \pm 0,75 \mu\text{g/mL}$), la capacité de l'extrait des feuilles par rapport à celle des tiges et racines à décolorer le β -carotène est significativement différente.

Les résultats obtenus de l'activité antioxydante montre que les feuilles de *L. rhodésiensis* ont une activité antioxydante plus importante que les tiges et les racines.

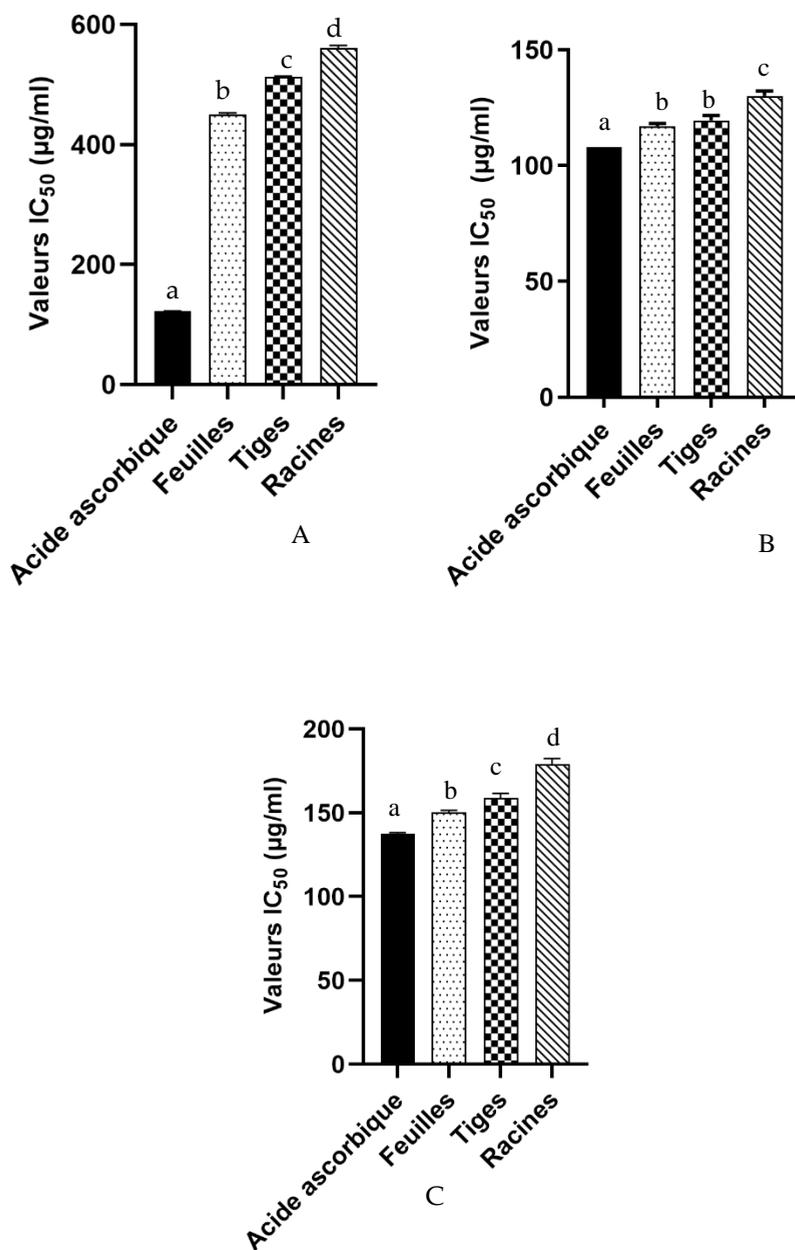


Figure 49: Valeurs de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques des organes de *L. rhodensis* et de l'acide ascorbique, A. méthode DPPH, B. méthode FRAP et C. méthode β-carotène. Chaque résultat est la moyenne des trois valeurs obtenues (n = 3). Les histogrammes qui ne partagent aucune lettre sont significativement différents (valeur p < 0,05).

Les effets thérapeutiques de plusieurs plantes médicinales sont généralement attribués à leurs substances phytochimiques. L'effet des extraits sur les radicaux DPPH indique la présence de composés qui ont la capacité d'interagir avec les radicaux libres en agissant comme un *donneur* d'électrons ou d'atomes d'hydrogène. Les composés phénoliques totaux constituent l'un des principaux groupes de composés agissant comme antioxydants primaires ou terminateurs de radicaux libres (**Oriakhi et al. 2014**).

De nombreuses études ont établi une corrélation entre l'activité antioxydante des extraits de plantes et la présence de composés phénoliques (**Velioglu et al. 1998; McDonald et al. 2001; Roby et al. 2013; Skotti et al. 2014**). Cependant, certaines études ont abouti à des résultats contradictoires et d'autres encore montrent une très faible corrélation. Ainsi, selon ces études, l'activité antioxydante d'un extrait ne peut être entièrement prédite sur la base de son contenu phénolique (**Kähkönen et al. 1999; Abdelhady et al. 2011; Stagos et al. 2012**).

Les résultats de notre étude ont montré la présence de phénols dans l'extrait des feuilles par rapport à l'extrait des tiges et des racines. Le potentiel antioxydant des phénols leur est conféré par leur groupe hydroxyle (-OH) (**McDonald et al. 2001**), qui est directement lié à un cycle d'hydrocarbure aromatique (phényle). Cela leur permet de donner facilement des électrons aux radicaux libres à la recherche d'électrons, et donc de réguler leur menace dans les cellules vivantes (**Uyoh et al. 2013**).

Par ailleurs, les résultats du test DPPH n'ont révélé aucune différence significative entre les activités antioxydantes des différents organes étudiés. Néanmoins, des différences significatives ont été observées à travers les autres tests (FRAP et blanchissement du β -carotène). Cette différence serait due à l'influence de la méthode ou du test utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydante, car chaque test a sa spécialité. Ce qui pourrait probablement influencer l'action synergique des composés minoritaires. De plus, il existe dans chaque test effectué une différence entre les valeurs des CI_{50} des différents organes. Les différences entre les valeurs sont en ordre avec leur contenu phénolique.

En effet, les composés phénoliques présentent leur activité antioxydante par plusieurs mécanismes, entre autres : le don d'atomes d'hydrogène aux radicaux libres, le piégeage d'autres espèces réactives telles que, OH^- , NO_2^- , N_2O_3 , $ONOOH$ et $HOCl$. Certains composés phénoliques, principalement les di et polyphénols, peuvent réagir avec O_2^- ou se lier aux ions de métaux de transition (en particulier le fer et le cuivre). Ce qui donne souvent des formes peu actives pour favoriser les réactions radicalaires (**Taubert et al. 2003; Zin et al. 2006**).

Les phénols jouent d'importants rôles dans les plantes, tels que la protection contre les herbivores et les insectes pathogènes. Ils participent à la cimentation du matériau reliant les polymères phénoliques aux polysaccharides de la paroi cellulaire (**Graham Wallace & Fry 1994**). De plus, ils jouent un rôle dans la régulation de la croissance et de la division cellulaire (**Binns et al. 1987; Kumar et al. 2014**).

Les flavonoïdes constituent le groupe de composés phénoliques naturels le plus répandu et le plus important, probablement en raison de leurs bienfaits pour la santé.

Ils agissent généralement par un processus de chélation, mais aussi comme antioxydants, en brisant les chaînes de radicaux et les produits plus stables dans les membranes des microsomes du foie. Ils jouent également un rôle important dans la protection instinctive contre le stress oxydatif (**Gil et al. 2002; Arbaayah & Umi Kalsom 2013; Oriakhi et al. 2014; Martial-didier et al. 2017**).

Dans la présente étude, une corrélation linéaire positive a été établie entre le contenu des composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes totaux) et l'activité antioxydante de tous les extraits. Ainsi, la corrélation du contenu polyphénolique et flavonoïde total avec les activités de piégeage du DPPH, de la FRAP et du blanchissement du β -carotène est illustrée dans la **Figure 50**, **Figure 51** et **Figure 52** respectivement.

Le coefficient de corrélation de Pearson (r) et le coefficient de détermination (R^2) est plus élevé ($r = 0,9978$, $R^2 = 0,9956$) entre le contenu polyphénolique total et l'activité DPPH que ceux du contenu polyphénolique total et de l'activité du blanchissement du β -carotène ($r = 0,9688$, $R^2 = 0,9386$), suivis du contenu polyphénolique total et de l'activité FRAP ($r = 0,9230$, $R^2 = 0,852$). La corrélation entre le contenu flavonoïde total avec la capacité antioxydante (test DPPH) est encore élevée ($r = 0,9879$, $R^2 = 0,9759$). Une corrélation relativement plus faible ($r = 0,8902$, $R^2 = 0,7924$) a été observée dans le cas du contenu flavonoïde total et de l'activité du blanchissement du β -carotène. En ce qui concerne l'activité FRAP, la corrélation était encore plus faible ($r = 0,8153$, $R^2 = 0,6648$).

La corrélation entre les polyphénols totaux et l'activité antioxydante est la plus forte, ce qui indique qu'un contenu phénolique élevé est en corrélation avec une activité antioxydante plus élevée. En somme, la corrélation entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante décroît du test DPPH à FRAP. Les composés phénoliques dépendent probablement des espèces végétales (**Tavassoli & Djomeh 2011**). De plus, certains facteurs environnementaux tels que le climat, le sol, la température, la saison de récolte, la manière de sécher et de stocker ou encore la partie du végétal à utiliser, la teneur en eau sont des paramètres qui pourraient influencer le contenu phytochimique d'une plante (**Bergonzi et al. 2001**).

Une étude a montré que des températures croissantes affectent la teneur en acide phénolique, flavonol et anthocyanine de la fraise ainsi que sa capacité antioxydante (**Wang & Zheng 2001**). En outre, la procédure d'extraction semble affecter le contenu phénolique total et l'activité antioxydante des plantes (**Casassa et al. 2007; Yang et al. 2007; Venditti et al. 2010; Sawadogo et al. 2012; Teixeira et al. 2013; Bouyahya et al. 2017**).

Une corrélation linéaire positive a été également établie entre les trois méthodes d'estimation de l'activité antioxydante de cette étude (**Tableau 35**). Le coefficient de corrélation de Pearson (r) pour les dosages DPPH et β -carotène (0,9558) est plus élevé que celui des dosages DPPH et FRAP (0,9140). Cependant la corrélation entre la méthode FRAP et le blanchissement du β -carotène a un coefficient de 0,9930. Ces résultats indiquent que les valeurs des activités antioxydantes testées par les trois méthodes sont fortement corrélées. Skotti et al. avaient montré qu'il existe une forte corrélation entre la méthode DPPH et ABTS au cours de l'étude effectuée sur

l'activité antioxydante des extraits aqueux de certaines plantes médicinales et aromatiques grecques (**Skotti *et al.* 2014**).

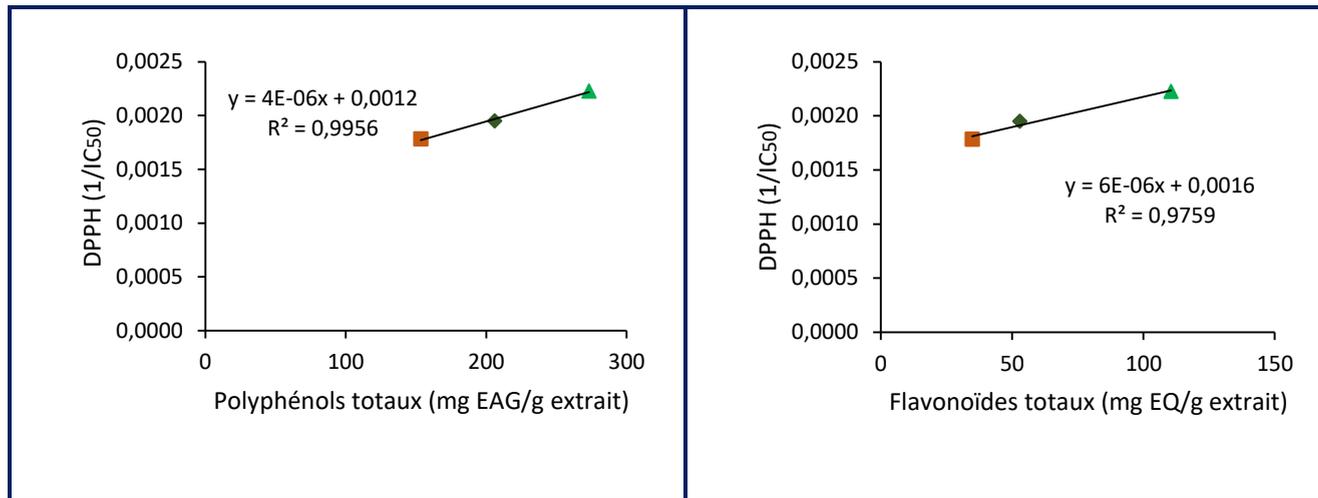


Figure 50. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité DPPH, coefficient de corrélation $r = 0,9978$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9956$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité DPPH, coefficient de corrélation $r = 0,9879$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9759$, racine (■), tige (◆), feuille (▲).

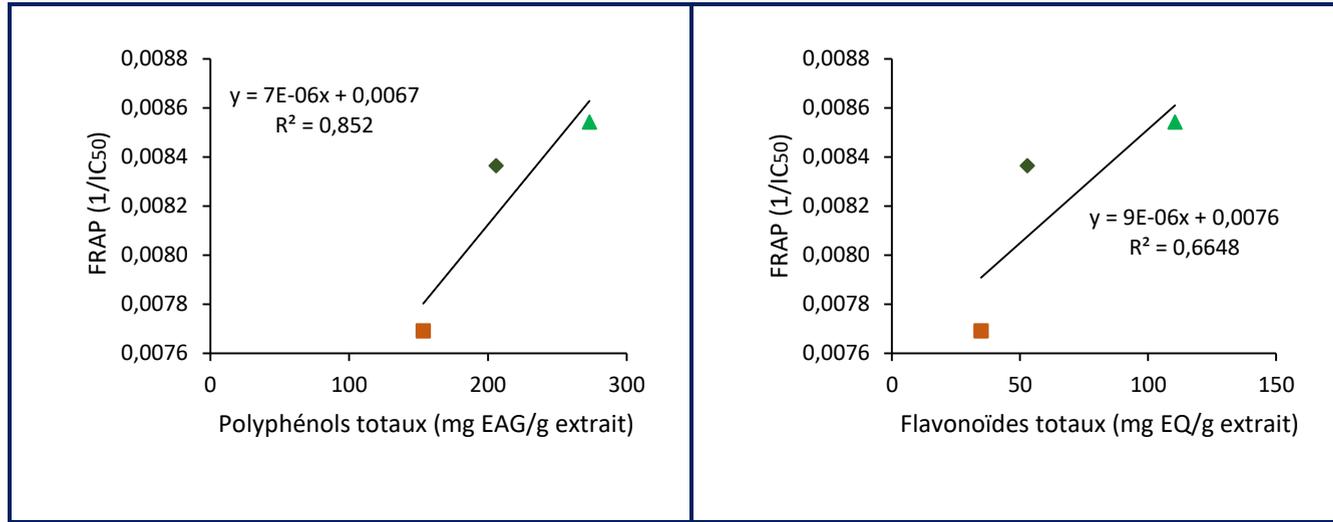


Figure 51. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité FRAP, coefficient de corrélation $r = 0,9230$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,852$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité FRAP, coefficient de corrélation $r = 0,8153$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,6648$, racine (■), tige (◆), feuille (▲).

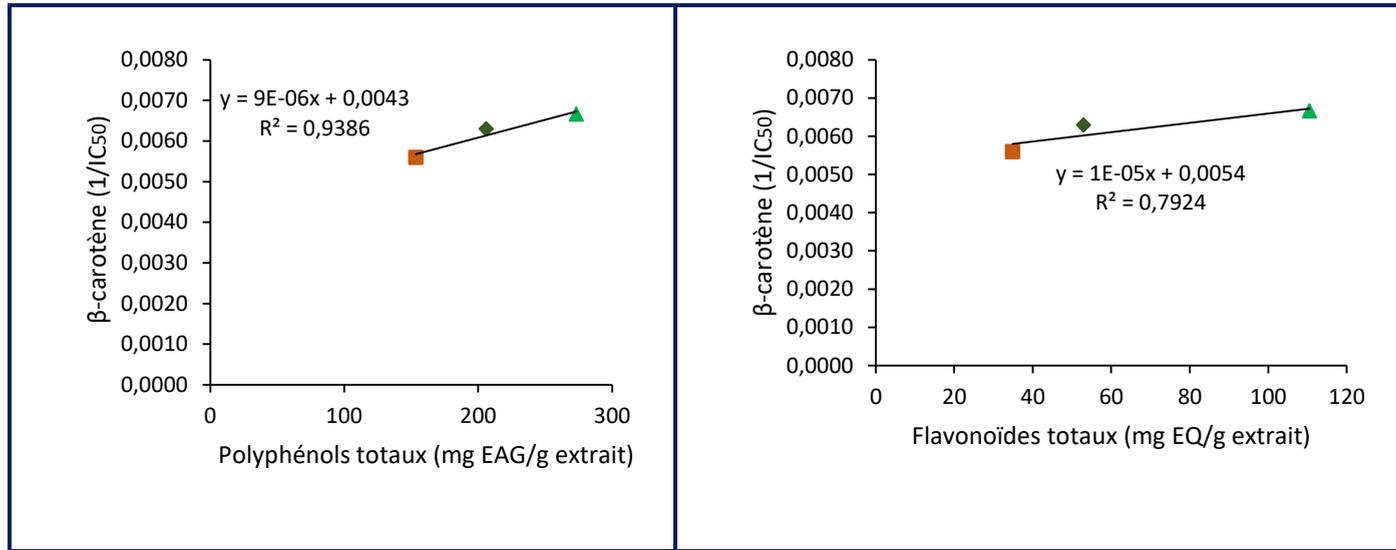


Figure 52. a. Corrélation entre le contenu polyphénolique total et l'activité du blanchissement du β -carotène, coefficient de corrélation $r = 0,9688$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,9386$; b. Corrélation entre le contenu flavonoïde total et l'activité du blanchissement du β -carotène, coefficient de corrélation $r = 0,8902$ et coefficient de détermination $R^2 = 0,7924$, racine (■) tige (◆) feuille (▲).

Tableau 35 : Corrélation entre les différentes méthodes de l'évaluation de l'activité antioxydante

	DPPH	FRAP	β-carotène
DPPH		0,914	
FRAP			0,993
β-carotène	0,956		

V.2.2. Activité antiplasmodiale

Les extraits des différents organes ont été testés sur la souche chloroquino-sensible (3D7) du *Plasmodium falciparum* selon le protocole décrit dans le chapitre II.

L'Artémisinine, Sigma-Aldrich (Machelen, Belgique) a été utilisé comme témoin positif. La concentration à laquelle 50 % de souche est inhibée (CI₅₀) a été déterminée à l'aide des courbes sigmoïdales pour chaque extrait. Les résultats sont repris dans le tableau suivant (**Tableau 36**). L'extrait hydro-methanolique des feuilles s'est avéré actif sur la souche 3D7 du *Plasmodium falciparum* tandis que, les extraits de tiges et de racines se sont montrés inactifs.

Tableau 36 : Résultats de l'activité antiplasmodiale des différents extraits obtenus par extraction non séquentielle (CI₅₀)

Extraits (MeOH / H ₂ O)	3D7, IC ₅₀ (μg/mL)
Feuilles	12,5 ± 2,5
Tiges	> 100
Racines	> 100
Artémisinine	0,004 ± 0,001

À notre connaissance aucune étude concernant l'activité anti-malaria de *L. rhodesiensis* n'a été effectuée. Cependant des études sur l'activité anti-malaria des feuilles de *L. camara* ont montré des valeurs de CI₅₀ proches de celle de cette étude (**Clarkson et al. 2004; Jonville 2011**).

Certaines études soutiennent que les grands groupes phytochimiques tels que les flavonoïdes, les tanins, les saponosides, les coumarines, les alcaloïdes (**RS Nassirou et al. 2015; Bashige-Chiribagula et al. 2017; Esseh et al. 2019**), les triterpènes et les stéroïdes (**R Sadou Nassirou et al. 2015**) seraient à l'origine de l'activité antiplasmodiale observée chez certaines plantes. Ces groupes phytochimiques à potentiel antiplasmodial ou anti-malaria ont été retrouvés de manière plus remarquable dans les feuilles de *L. rhodesiensis*.

L'activité antioxydante et anti-malaria *in vitro* des extraits hydro-méthanolique des organes de *L. rhodesiensis* ont mis en évidence la valeur possible des feuilles de cette plante dans la médecine traditionnelle.

L'extrait hydro-méthanolique des feuilles a donc été choisi pour l'extraction des métabolites secondaires qui seraient responsables de ces activités. Pour ce faire, nous avons opté pour le test au DPPH d'activité antioxydante pour mener l'étude bio-guidée de l'extrait des feuilles.

V.3. Fractionnement et purification de métabolites secondaires issus des feuilles de *L. rhodesiensis*

V.3.1. Fractionnement de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles

850 mL (0,1 g/mL) d'une solution de méthanol-eau (V/V) ont subi une série successive de partage liquide/liquide avec des solvants organiques notamment : l'hexane (2 x 500 mL), le dichlorométhane (2 x 500 mL) et l'acétate d'éthyle (2 x 500 mL). Le principe étant basé sur la non miscibilité et la polarité différente des solvants. À chaque partage, les solutions sont rassemblées, concentrées sous pression réduite et séchées pour donner les fractions correspondantes (**Figure 53**). Les masses des différentes fractions sont obtenues après séchage. Ensuite, 1 mg de chaque fraction a été dissout dans 1mL de méthanol en vue d'évaluer le potentiel antioxydant de ces fractions. Le test au DPPH (selon le protocole décrit dans le chapitre II) a été choisi pour déterminer le pourcentage d'inhibition (% I) des différentes solutions méthanoliques. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 37**). Nous remarquons que, à la concentration étudiée, la fraction acétate d'éthyle (FAE) montre un pourcentage d'inhibition supérieure aux autres fractions.

Tableau 37 : Potentiel antioxydant des fractions de *L. rhodesiensis*.

Fractions	Pourcentage d'inhibition (% I)
FH	6,37 ± 1,01
FDCM	40,68 ± 1,54
FAE	94,57 ± 0,85
PRA	64,68 ± 1,57

FH : Fraction hexanique, FDCM : Fraction dichlorométhane, FAE : Fraction acétate d'éthyle, PRA : Phase résiduelle aqueuse.

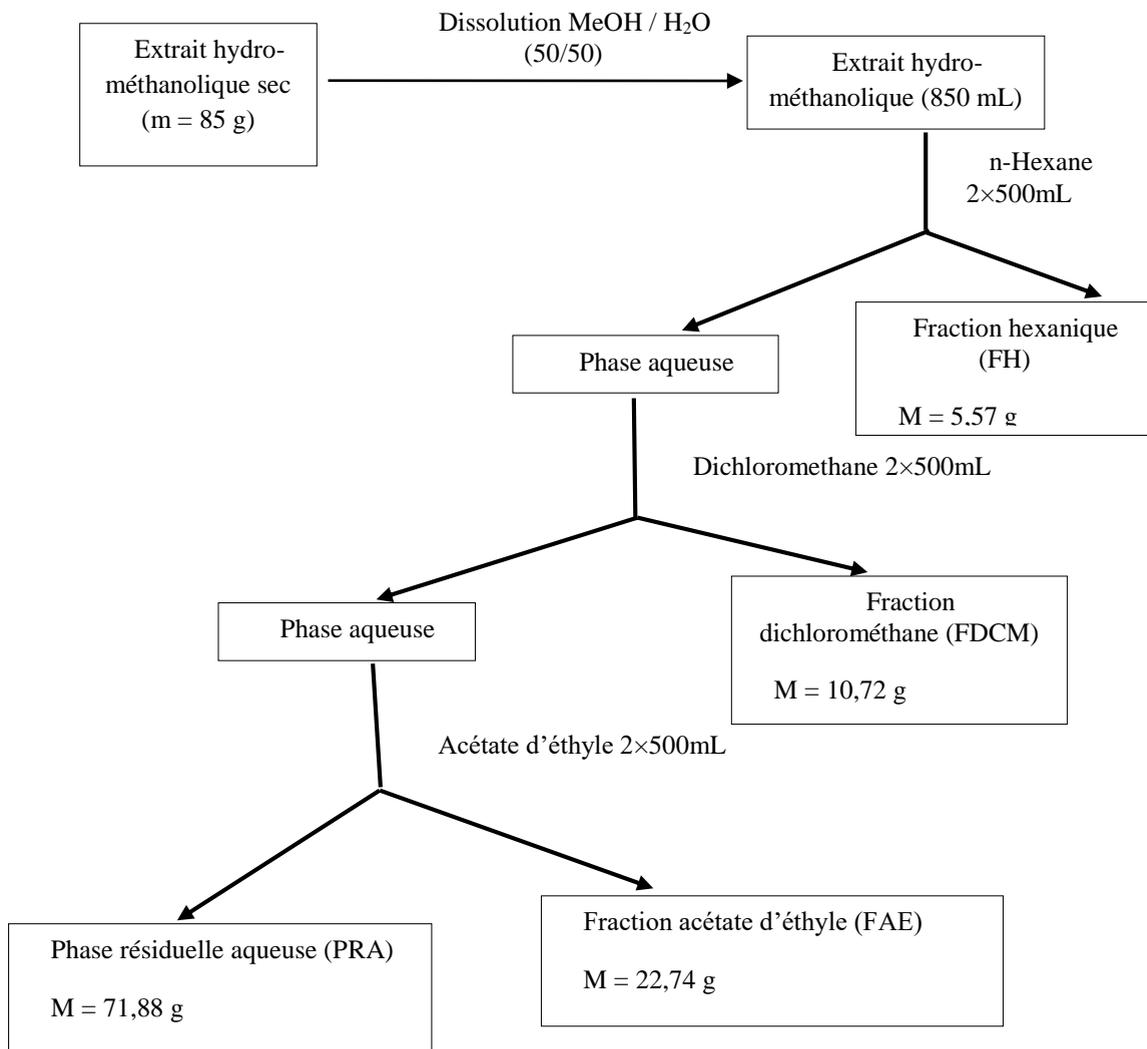


Figure 53. Schéma du fractionnement

V.3.2. Fractionnement et purification bio-guidée de la fraction acétate d'éthyle (FAE)

Le fractionnement de la FAE (22,7 g) a été effectué par chromatographie sur colonne de silice normale (masse de silice = 150 g). La phase mobile était constituée de gradient séquentiel de dichlorométhane – acétate d'éthyle (30 :0 à 70 :100) puis d'acétate d'éthyle – méthanol (95 :0 à 5 :100).

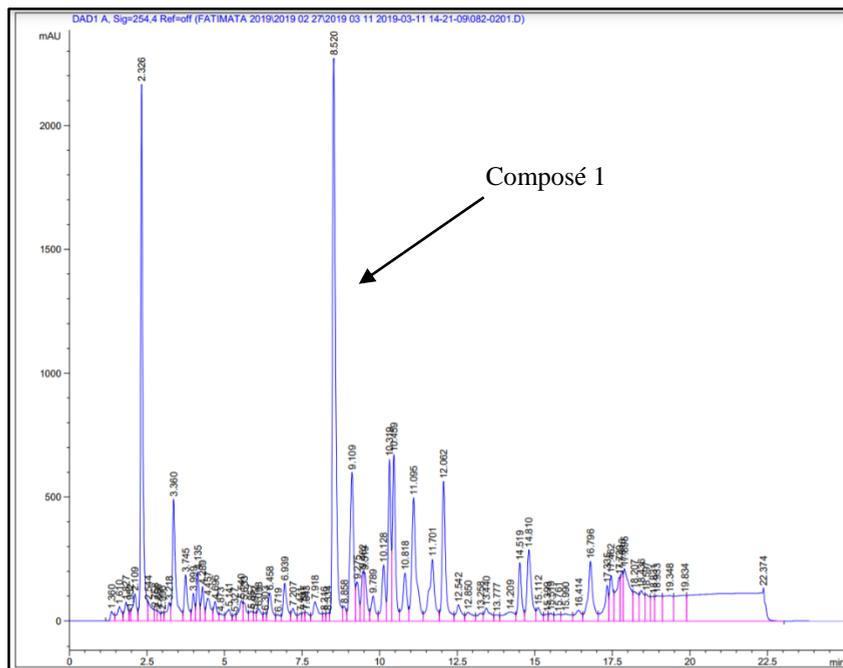
Des éluants ont été recueillis dans des erlenmeyers puis rassemblés sur la base d'une analyse CCM pour obtenir huit sous-fractions (FAE.1 - FAE.8). Le potentiel antioxydant de chaque sous-fraction FAE (1 mg/ml) a été déterminé selon le pourcentage d'inhibition (% I) par la méthode DPPH (**Tableau 38**).

À 1mg/mL les sous-fractions FAE.6, 4, et 5 ont présenté un pourcentage d'inhibition (% I) élevé par rapport aux autres sous-fractions (**Tableau 38**). Le fractionnement de ces sous-fractions n'a pas pu aboutir à l'isolement de molécules car elles contenaient des pics assez difficiles à séparer.

La sous-fraction FAE.2 (2,5 g) (**Figure 54**) a été purifiée en utilisant la CLHP préparative avec un système de solvant ACN - H₂O + 0,1% H₃PO₄ (20 - 40) pendant 25 min pour obtenir le composé **1** (4,8 mg) (**Figure 55**). L'expérience CCM (révélation DPBAE/PEG) nous a permis d'identifier le composé **1** comme étant probablement un flavonoïde.

Tableau 38 : Potentiel antioxydant des sous-fractions acétate d'éthyle

Fractions FAE	Masse (g)	Pourcentage d'inhibition (% I)
1	2,1	84,44 ± 0,18
2	2,5	60,96 ± 0,17
3	2,31	71,17 ± 0,82
4	3,13	95,34 ± 0,57
5	6,17	94,82 ± 0,62
6	2,85	95,54 ± 0,09
7	1,65	80,52 ± 1,28
8	1,21	60,10 ± 1,42



V.3.2.1. Élucidation de la structure du composé 1 isolé de la sous-fraction FAE.2

La structure du composé 1 a été établie par analyse spectrale, principalement HR ESI-MS, RMN ^1H , ^{13}C et RMN 2D (COSY, HSQC et HMBC). L'analyse du spectre de masse du composé 1 dans le méthanol indique une masse générant un ion $[\text{M}]^+$ à m/z 346,9 (Figure 56).

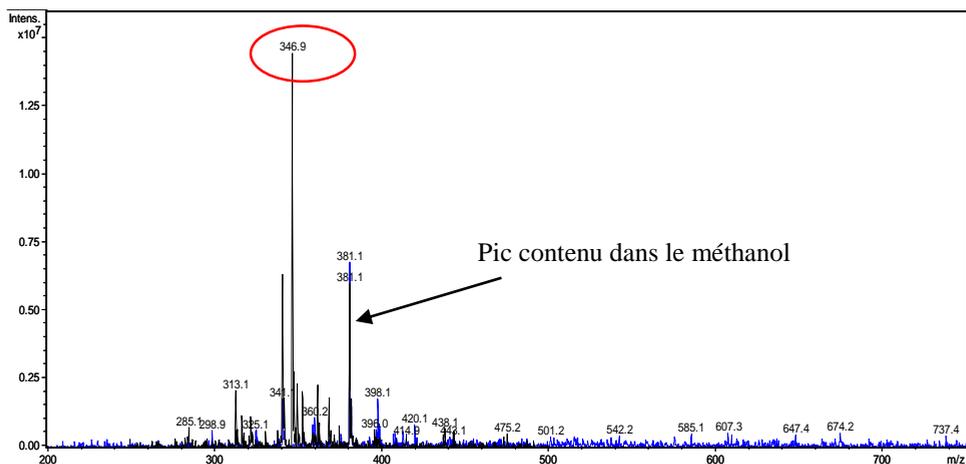


Figure 56. Spectre LC-MS du composé 1 (en noir) superposé à celui du méthanol (en bleu).

Le spectre de RMN ^1H (référence TMS) (Figure 57.a) présente :

- Des signaux de protons aromatiques entre 6,50 et 7,20 ppm dont deux singulets d'intégration 1H et un singulet d'intégration 2H chacun à δ_{H} 6,59 (s, 1H), 6,81 (s, 1H), 7,12 (s, 2H). Le singulet à δ_{H} 6,59 est attribuable à H-3, ce qui suggère la structure d'une flavone. Le singulet à δ_{H} 6,81 est attribuable à H-8 indiquant ainsi la substitution du cycle A en positions 5, 6 et 7. Quant au singulet à δ_{H} 7,12 d'intégration 2H, il est attribuable aux protons H-2' et H-6' du cycle B indiquant ainsi une oxygénation à C-3', C-4', et C-5'.
- Deux singulets à δ_{H} 3,99 et 3,95 ppm d'intégration 3H chacun indiquant la présence de groupement méthoxyle.

Ces différentes données suggèrent la présence d'une tétrahydroxyflavone avec deux substitutions supplémentaires de groupes méthoxyles (Nair *et al.* 1983; Matsuda *et al.* 2002).

Le spectre de RMN ^{13}C (Figure 57.b) laisse transparaître :

- Un signal à δ_C 182,8 ppm indiquant la présence de groupement carbonyle,
- Des signaux de carbones quaternaires compris entre δ_C 167 – 105 ppm, avec des valeurs typiques pour les carbones C-5, C-6 et C-7 pour un cycle A trioxygéné (**Herz et al. 1991; Akkal et al. 2003**).
- Des signaux de carbones compris entre δ_C 105 – 90 indiquant la présence de liaison C-H,
- Des signaux à δ_C 57,0 et 56,9 ppm indiquant la présence de groupements méthoxyles.

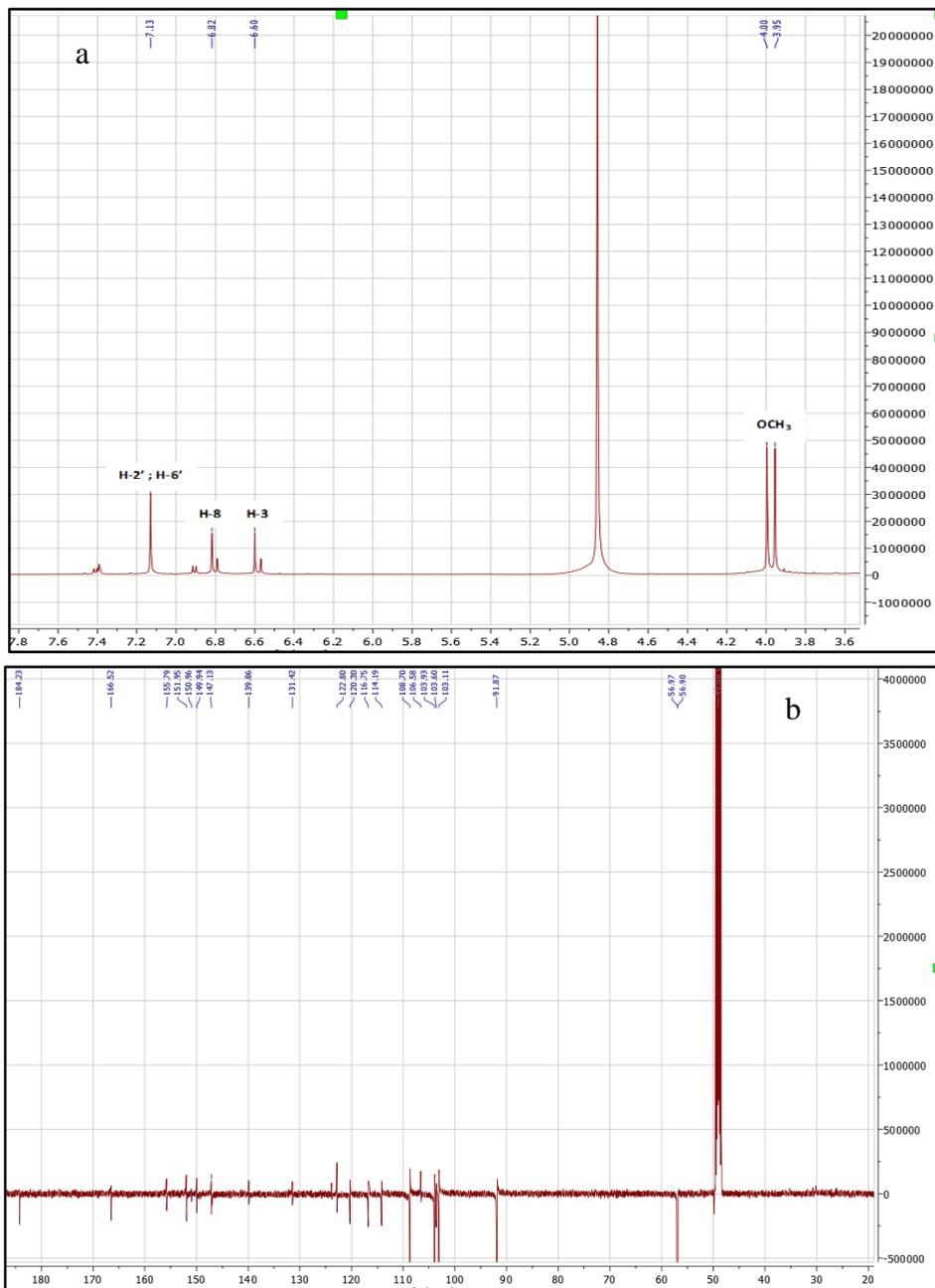
Dans l'expérience HSQC ($^1J_{H-C}$), le proton H-8 à δ_H 6,81 ppm corrèle avec le carbone à δ_C 90,4 ppm (C-8), le proton H-3 à δ_H 6,59 ppm corrèle avec le carbone à δ_C 102,5 ppm (C-3). Les protons à δ_H 7,12 ppm (H-2' ; H-6') corrélient à la fois avec les carbones à δ_C 101,7 (C-2') et 107,3 ppm (C-6'). Dans la zone des méthoxyles, les méthoxy à δ_H 3,95 et 3,99 sont corrélés aux carbones à δ_C 55,5 ppm (**Figure 57.c**).

L'analyse du spectre HMBC ($^2J_{H-C}$, $^3J_{H-C}$) (**Figure 57.d**) montre la corrélation du proton H-3 avec le carbonyle à δ_C 182,8 (C-4). Ce proton corrèle également avec des carbones quaternaires à δ_C 165,1, 121,4 et 105,2 ppm attribuables respectivement aux carbones C-2 (δ_C 165,1), C-1' (δ_C 121,4) et C-10 (δ_C 105,2). Le proton H-8 corrèle avec le carbone à δ_C 105,2 ppm, cela confirme l'attribution de ce signal au carbone C-10 (corrélation $^3J_{H-C}$). L'expérience HMBC présente également les corrélations du proton H-8 aux carbones à δ_C 154,4, 150,6 et 130,0 ppm. Ces signaux pourraient être attribués aux carbones C-7, C-9 (corrélation $^2J_{H-C}$) et C-6 (corrélation $^3J_{H-C}$). En plus, le méthoxyle à δ_H 3,99 ppm corrèle avec le carbone à δ_C 154,4 ppm ; ainsi ce carbone est attribuable à C-7 (δ_C 154,4). Par conséquent, les signaux à δ_C 150,6 et 130,0 ppm sont respectivement attribuables aux carbones C-9 (δ_C 150,6) et C-6 (δ_C 130,0). Nous en déduisons que les substituants du cycle A sont un hydroxyle (OH) à C-5 et C-6 puis un groupement méthoxyle (OCH₃) à C-7 d'intensité δ_H 3,99 ppm. Le signal à δ_C 150,9 est attribuable au carbone C-5. Tous les carbones et protons du cycle A et du cycle C ont été attribués.

Concernant les attributions de cycle B, dans l'expérience HMBC, le signal du proton à δ_H 7,12 ppm (H-2', H-6') corrèle avec les carbones C-2, C-1' et C-6'. Il corrèle également avec les carbones à δ_C 148,5 et 138,5 ppm mais seul le carbone à δ_C 148,5 corrèle avec signal à δ_H 3,95 dans la zone des méthoxy. Ces données sont favorables à la présence de méthoxy en position 4' du cycle B, ce qui permet d'attribuer les carbones C-4' (δ_C 148,5), C-3' (δ_C 138,5) et C-5' (δ_C 145,7). Tous les carbones et protons du cycle B sont finalement attribués.

Par conséquent, le composé **1** a été déterminé comme étant une nouvelle flavone, la 5,6,3',5'-tétrahydroxy-7,4'-diméthoxyflavone, nommé rhodescine. Cette molécule est identifiée pour la première fois de *L. rhodesiensis* (**Figure 58**).

Le potentiel antioxydant du composé **1** a été déterminé par la méthode du DPPH. Le pourcentage d'inhibition (%I) du radical DPPH par le composé **1** (1 mg/mL) est de $97,92 \pm 0,20$ %. Son pourcentage d'inhibition est proche de celui de l'acide ascorbique (%I = $98,50 \pm 0,56$ %) et de la quercétine (%I = $98,89 \pm 0,74$ %).



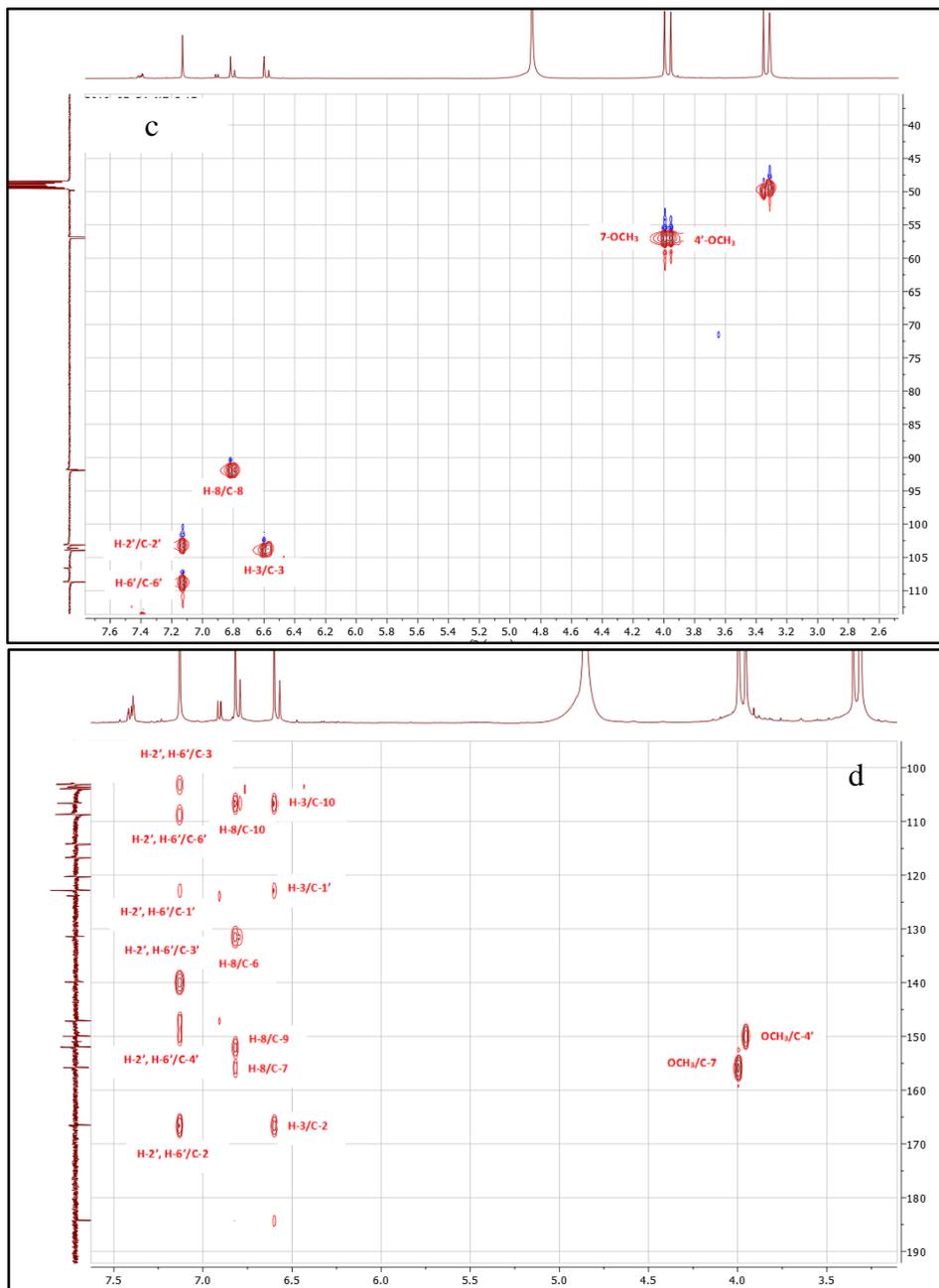
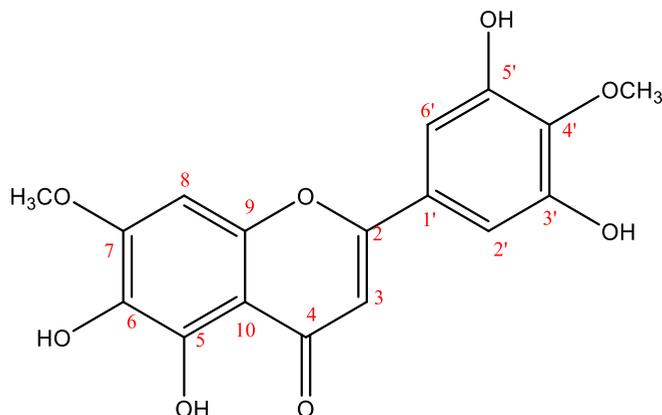


Figure 57. a. Spectre RMN- ^1H du composé **1** ; b. Spectre RMN- ^{13}C du composé **1** ; c. Importantes corrélations HSQC du composé **1** ; d. Importantes corrélations HMBC du composé **1**

Tableau 39 : Déplacements chimiques ^1H et ^{13}C (δ en ppm) du composé **1**

	RMN ^{13}C et ^1H (500 MHz, MeOD)	
	Composé 1	
	δ_{H} m (<i>J</i> en Hz)	δ_{C}
C-2		165.1
C-3	6.59, s	102.5
C-4		182.8
C-5		150.9
C-6		130.0
C-7		154.4
C-8	6.81, s	90.4
C-9		150.6
C-10		105.2
C-1'		121.4
C-2'	7.12, s	101.7
C-3'		138.5
C-4'		148.5
C-5'		145.7
C-6'	7.12, s	107.3
6-OCH ₃		
7-OCH ₃	3.99, s	55.5
4'-OCH ₃	3.95, s	55.5



2-(3,5-dihydroxy-4-méthoxyphenyl)-5,6-dihydroxy-7-méthoxy-4*H*-chromen-4-one
ou
5,6,3',5'-tétrahydroxy-7,4'-diméthoxyflavone
ou
Rhodescine

Figure 58. Structure du composé **1** ; %I = 97,92 ± 0,20

V.3.3. Fractionnement et purification de la fraction dichlorométhane (FDCM)

Le fractionnement de FDCM (10,725 g) a été réalisé par chromatographie sur colonne de silice normale (masse de silice = 120 g). La phase mobile était constituée de gradient séquentiel de dichlorométhane – acétate d'éthyle (70-30/60-40/50-50/40-60/30-70/0-100 % EtOAc) puis d'acétate d'éthyle – méthanol (90-10/50-50/0-100 % MeOH).

Chaque phase a été recueillie dans deux ou plusieurs erlenmeyers selon la coloration. Des dépôts ont été obtenus dans les erlenmeyers n°1, 2, 3, 5, 6, 7, 12 et 13. Le contenu de chaque erlenmeyer a été filtré sur du papier Wattman. Les dépôts sous forme de poudre blanche (erlenmeyer n°1, 2 et 3), ou de poudre jaune (erlenmeyer n° 5, 6, 7, 12 et 13) ont été lavés plusieurs fois avec du méthanol.

Ces dépôts ont constitué les sous-fractions FD1p, FD2p, FD3p, FD5p, FD6p, FD7p, FD12p et FD13p. Les autres sous-fractions sont obtenues par regroupement du contenu des erlenmeyers ayant le même profil chromatographique (FDCM.1 – FDCM.10). Les masses des sous fraction FD1p à FD13p sont inscrites dans le tableau 34. Le **Tableau 40** montre les regroupements des sous-fractions.

Tableau 40 : Masse des sous-fractions obtenues sous forme de dépôt solide.

Sous fractions	FD1p	FD2p	FD3p	FD5p	FD6p	FD7p	FD12p	FD13p
Masse (mg)	75,12	52,7	62,4	16,1	47,6	61,9	87,8	91,0

Tableau 41 : Regroupement des sous-fractions obtenues par chromatographie colonne ouverte de la fraction FDCM.

Sous-fractions	Regroupement	Masse (g)
FDCM.1	1	0,92
FDCM.2	2-4	1,24
FDCM.3	5, 6	0,85
FDCM.4	7-9	1,02
FDCM.5	10, 11	0,25
FDCM.6	12, 13	1,13
FDCM.7	14-16	1,06
FDCM.8	17-19	1,1
FDCM.9	20-22	1,75
FDCM.10	23, 24	0,81

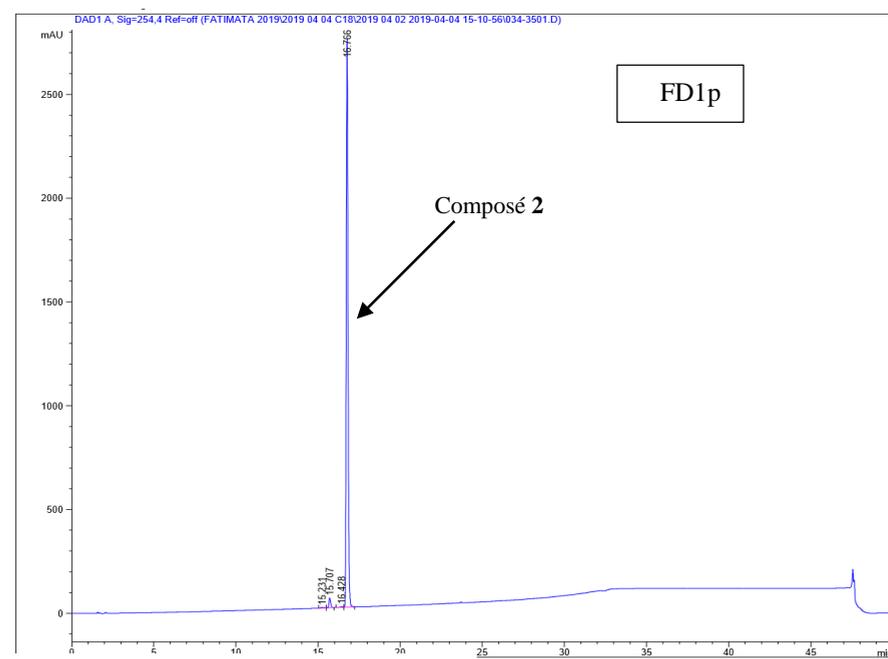
V.3.3.1. Purification des sous-fractions FD1p, FD2p, et FD3p

Les sous-fractions FD1p, FD2p et FD3p (1mg/mL, acétonitile 100%) ont été analysés par CLHP analytique équipée d'un signal DAD (**Figure 59**). Une colonne silice greffée C18 (Agilent, Eclipse XDB-C18 ; 3,5 μ m ; 4,6 \times 150 mm) a été utilisée pour l'analyse. Les conditions d'analyses étaient les suivantes : température 25°C, débit 1 mL/min, volume d'injection 10 μ L/min, UV 254 nm. Le temps d'analyse était de 37 min pour un gradient 20-100, constitué de solvant A (H₂O + 0,1 % H₃PO₄) et B (ACN + 0,1 % H₃PO₄) (**Tableau 42**). La purification de ces sous fractions avec le même système de gradient et solvant par CLHP préparative (50 mg / 2 mL) pendant 25 min a conduit aux composés **2** et **3**. L'identification de métabolites secondaire par la méthode CCM avec le révélateur DPBAE/PEG a permis d'identifier les composés **2** et **3** comme étant probablement des flavonoïdes.

- Composé **2** (poudre blanche ; 16,7 mg ; Tr = 16,692 min)
- Composé **3** (cristaux incolore ; 7 mg ; Tr = 15,715 min)

Tableau 42 : Gradient d'analyse des sous fractions FD1p, FD2p et FD3p.

Gradient d'analyse 20-100		
Temps (s)	Solvant A (H ₂ O + 0,1 % H ₃ PO ₄)	Solvant B (ACN + 0,1 % H ₃ PO ₄)
0	80	20
30	0	100
34	0	100
34.1	80	20
37	80	20



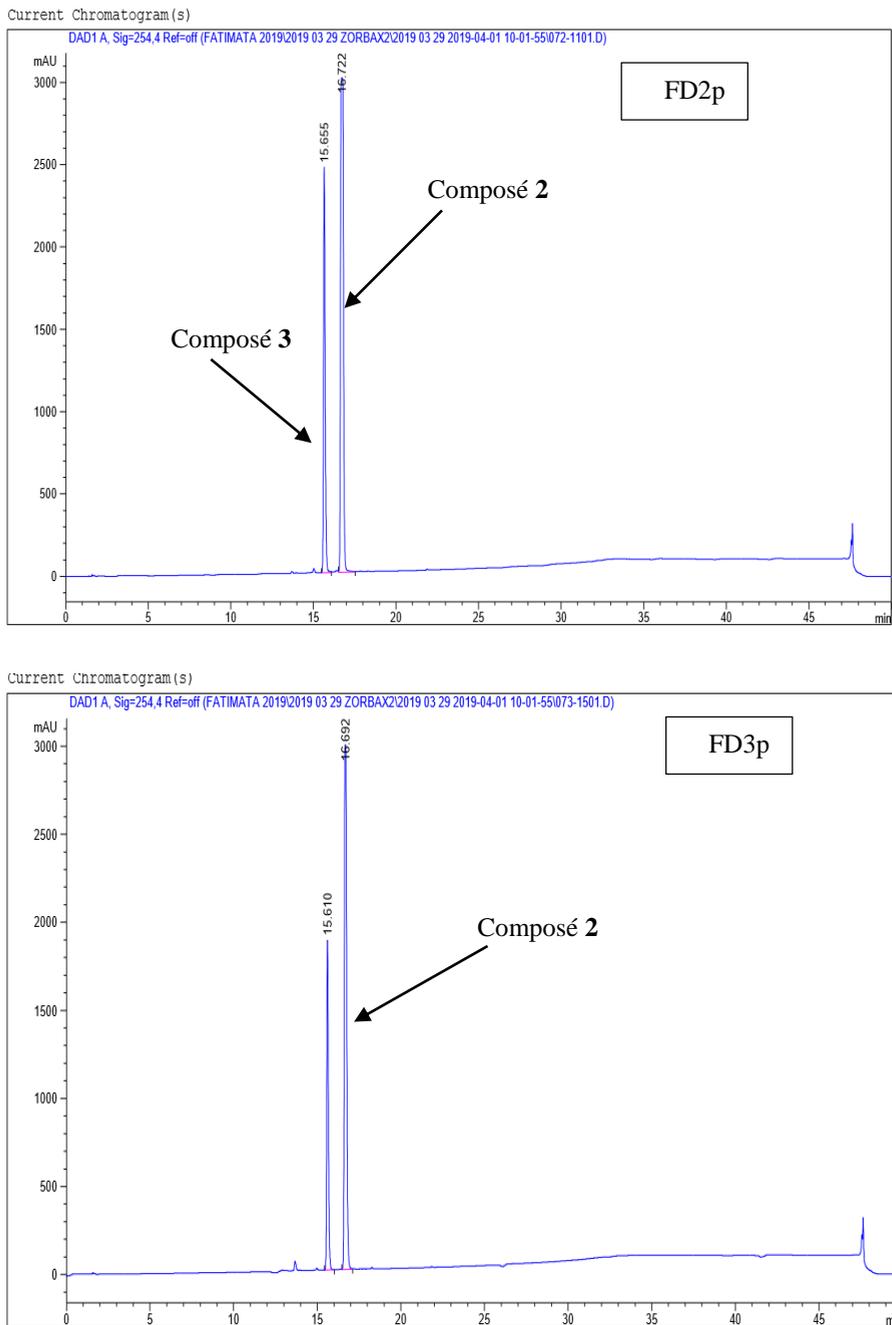


Figure 59. Chromatogramme CLHP analytique à 254 nm des sous-fractions FD1p, FD2p et FD3p.

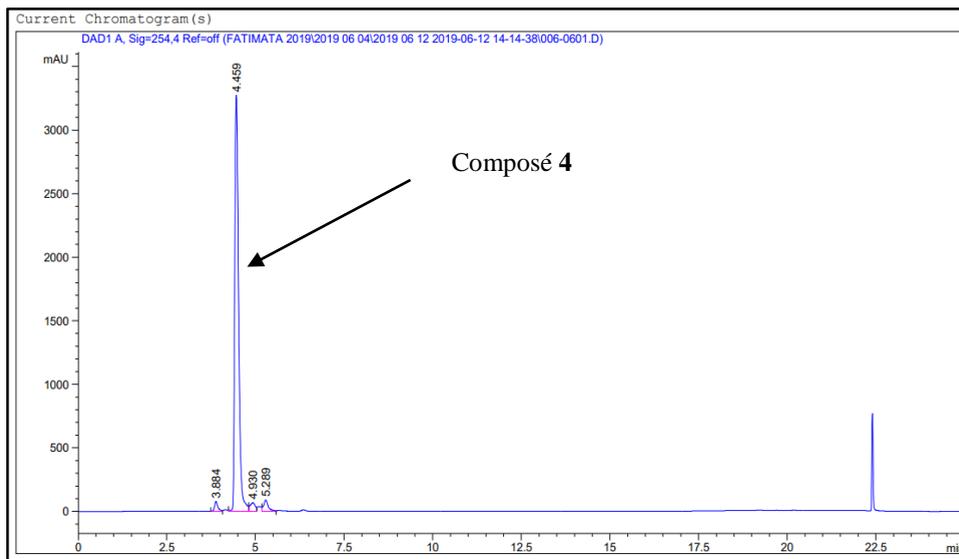


Figure 61. Chromatogramme CLHP analytique à 254 nm du composé 4.

V.3.3.3. Activité antiplasmodiale des sous-fractions FD6p, FD7p, FD12p et FD13p

L'examen par CCM des sous-fractions FD6p, FD7p, FD12p et FD13p indiquait probablement la présence de flavonoïdes. L'activité antiplasmodiale de ces sous-fractions a été déterminée.

Neuf mg de chaque sous-fraction ont été utilisées pour effectuer le test de l'activité antiplasmodiale. Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 44 : Résultats de l'activité antiplasmodiale des sous-fractions FD6p, FD7p, FD12p et FD13p

Sous-fractions	CI ₅₀ (µg/mL)
FD6p	6,16
FD7p	14,57
FD12p	1,75
FD13p	2,38

V.3.4. Éluclidation des structures des composés isolés de FDCM

Les composés **2**, **3**, **4** et **5** ont été analysés par résonance magnétique nucléaire (RMN) mono et bidimensionnelle et par spectrométrie de masse. Les structures de ces composés ont été établies grâce à ces techniques spectrales.

V.3.4.1. Composé **2**

L'analyse LC-MS du composé **2** dans le méthanol a conduit à un spectre de masse générant un ion $[M]^+$ à m/z 388,9 (**Figure 62**). La structure du composé **2** a été établie grâce aux spectres de l'analyse RMN mono et bidimensionnelle. La **Figure 63** présente le spectre de RMN 1H de ce composé réalisé dans le méthanol deutérié à 500 MHz.

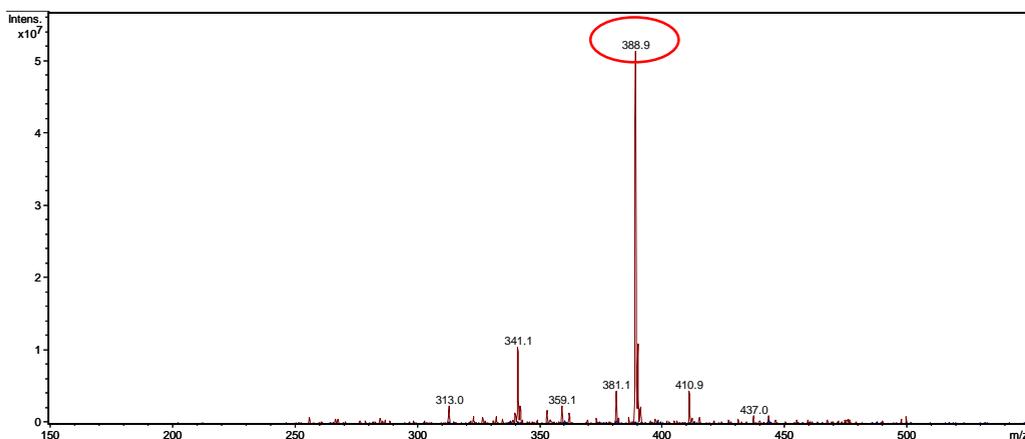


Figure 62. Spectre LC-MS du composé **2**

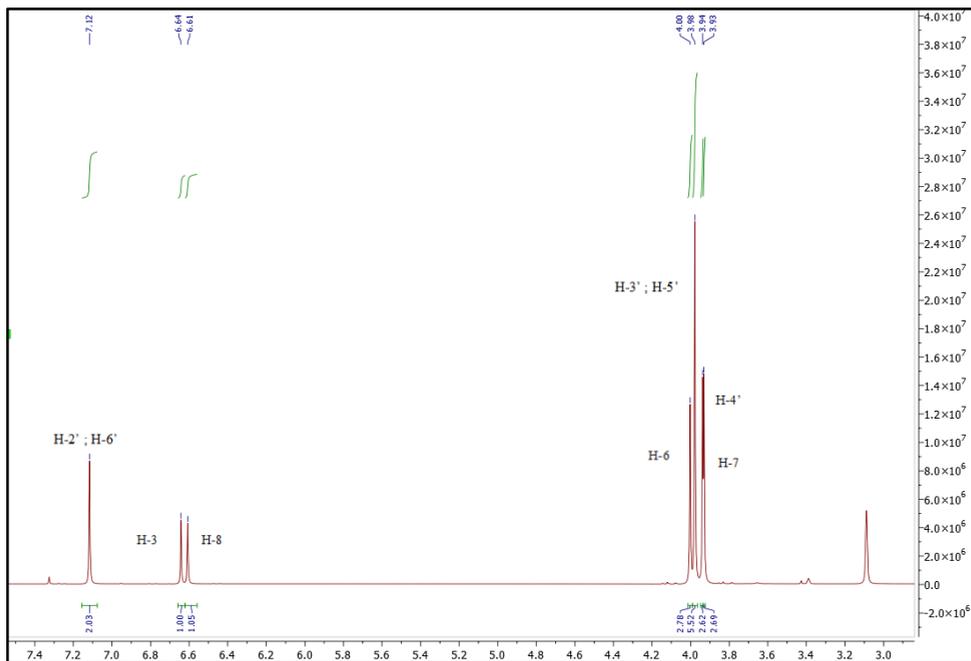


Figure 63. Spectre de RMN ^1H du composé **2**

Les signaux suivants sont observés sur le spectre RMN ^1H :

- Trois singulets à δ_{H} 7,12, 6,64 et 6,61 ppm suggérant des signaux de protons aromatiques. Le singulet à δ_{H} 7,12 ppm intègre pour 2H.
- Des singulets entre δ_{H} 4,00 et 3,94 ppm intégrant pour 3H caractéristique d'un groupement méthoxyle suggérant la présence de trois groupes méthoxyles.
- Un autre singulet à δ_{H} 3,97 ppm intégrant pour 6H suggérant ainsi la présence deux groupements méthoxyles.

En résumé, le spectre RMN ^1H nous a permis de savoir que le composé **2** (flavonoïde **2**) possède quatre protons aromatiques et cinq méthoxyles.

Concernant le spectre RMN du ^{13}C , Il a permis d'observer les signaux de 20 carbones (**Figure 64**)

- Un singulet à δ_{C} 182,8 ppm indiquant la présence d'un carbonyle, ce qui permet l'identification du carbone C-4 du cycle C ;
- Des carbones quaternaires (11 carbones, singulet) compris entre δ 165–106 ppm ;
- Des doublets (4 carbones) compris entre δ_{C} 105 – 90 ppm suggérant des liaisons C-H ;
- Des singulets (5 carbones) compris entre δ_{C} 56 – 62 ppm caractéristiques des carbones reliés à un groupement méthoxyle.

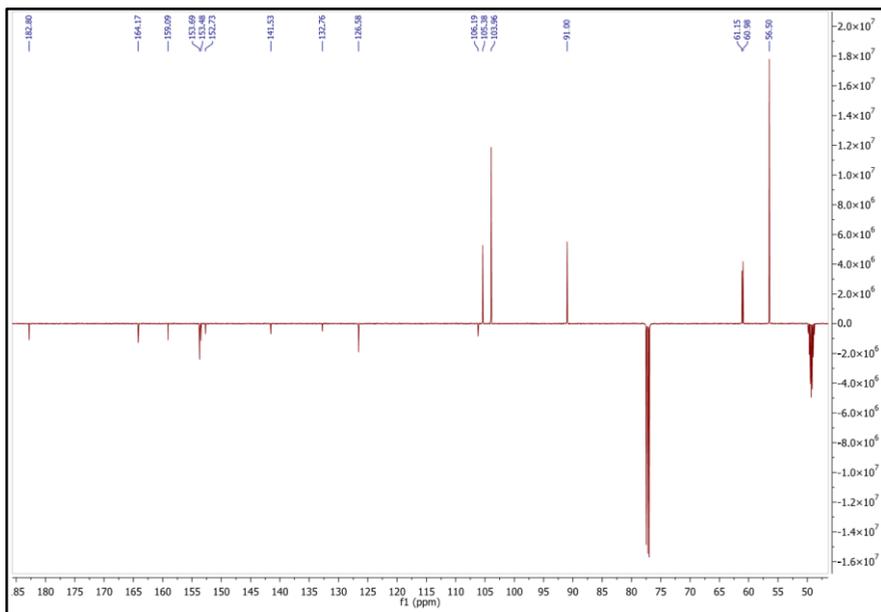


Figure 64. Spectre RMN du ^{13}C J-modulé du composé **2**

Les données de ce composé **2** ont été comparés à ceux de la littérature (**Sawadogo et al. 2015**). C'est une étude bio-guidée menée sur l'extrait dichlorométhane des feuilles de *L. rhodesiensis* du Burkina-Faso. La masse du composé **2** est en accord avec celle du flavonoïde 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone de ladite étude (**Sawadogo et al. 2015**).

Cette molécule (5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone) a été également isolée des feuilles de *Lantana trifolia* (**Rwangabo et al. 1988**) et des feuilles de *Murraya paniculata* (**Kinoshita & Firman 1996**). Ainsi les spectres RMN ^1H , ^{13}C mesurés dans le MeOD de notre étude ont été comparés aux spectres mesurés dans le CDCl_3 de l'étude sur l'extrait MeOH des feuilles de *Lantana trifolia* publié en 1998 (**Figure 46**).

Tableau 45 : Déplacements chimiques ^1H et ^{13}C (δ en ppm) du 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone isolé des feuilles de *Lantana trifolia* et du composé **2**.

	RMN ^{13}C et ^1H Rwangabo et al., 1998		RMN ^{13}C et ^1H (500 MHz, MeOD)	
	5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone		Composé 2	
	δ_{C} (ppm)	δ_{H} (ppm) m (J en Hz)	δ_{C} (ppm)	δ_{H} (ppm) m (J en Hz)
C-2	163.8		164.1	
C-3	105.4	6.61* (1H, s)	105.3	6.64 (1H, s)
C-4	182.6		182.8	
C-5	153.1*		153.4	
C-6	132.9		132.7	
C-7	158.9		159.1	
C-8	90.7	6.56* (1H, s)	91.0	6.61 (1H, s)
C-9	153.2*		152.7	
C-10	106.3		106.2	
C-1'	126.5		126.5	
C-2'	103.9	7.09 (2H, s)	103.9	7.12 (2H, s)
C-3'	153.7		153.7	
C-4'	141.6		151.0	
C-5'	153.7		153.7	
C-6'	103.9	7.09 (2H, s)	103.9	7.12 (2H, s)
6-OMe	61.0*	3.94 (6H, s)	61.1	3.93 (3H, s)
7-OMe	56.4	3.94 (6H, s)	56.5	4.00 (3H, s)
3'-OMe	56.5	3.97 (6H, s)	56.5	3.98 (6H, s)
4'-OMe	60.8*	3.97 (6H, s)	60.9	3.94 (3H, s)
5'-OMe	56.5	3.99 (3H, s)	56.5	3.98 (6H, s)

L'expérience HMBC du composé **2** nous a permis de confirmer la position des méthoxyles et les corrélations C-H ($^2J_{C-H}$; $^3J_{C-H}$). Dans l'expérience HMBC (**Figure 65**), le carbone C-4 corrèle avec les protons à δ_H 6,64 et 6,61 ppm, attribuables au proton H-3 du cycle C et H-8 du cycle A. Les méthoxyles à 4,00 et 3,93 ppm corrèlent respectivement avec les carbones C-7 et C-6. Le proton H-8 (δ_H 6,61) corrèle également avec quatre autres carbones C-3, C-5, C-6 et C-7. Quant au proton H-3 (δ_H 6,64), il corrèle avec les carbones C-10, C-1' et C-2. Les protons H-2' et H-6' corrèlent tous deux avec les carbones C-3, C-1', C-4', C-3', C-5' et C-2. Les carbones C-3' et C-5' corrèlent avec le méthoxyle à 3,98 ppm, tandis que le carbone C-4' corrèle avec le méthoxyle à 3,94 ppm. Ce qui permet d'attribuer ces méthoxyles à ces différents carbones sans difficulté. Toutes les corrélations ont été confirmées, nous avons donc identifié le composé **2** comme étant le 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone (**Figure 66**).

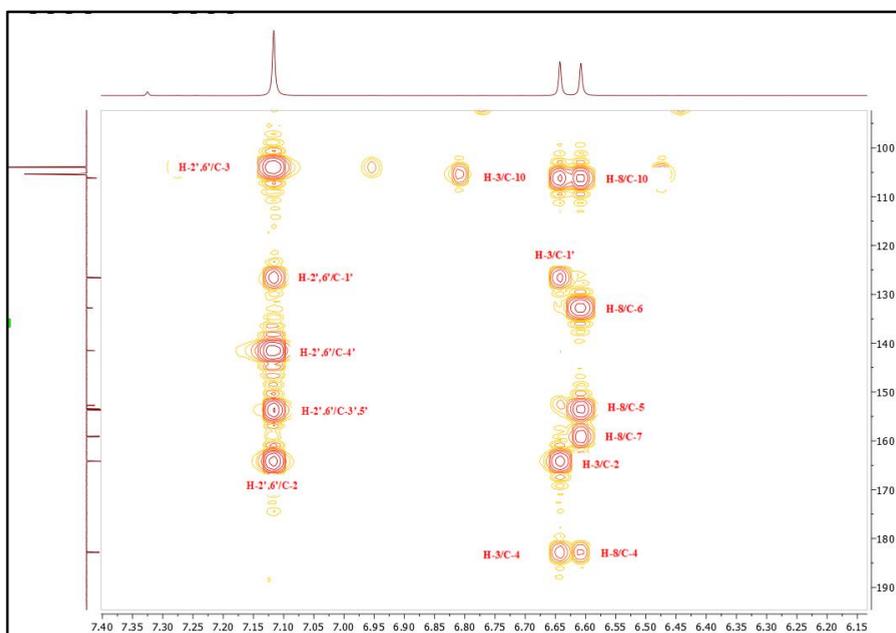
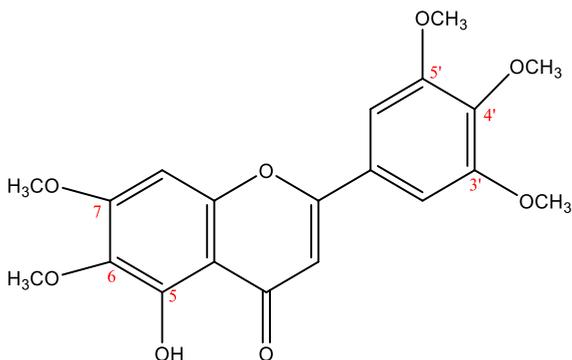


Figure 65. Importantes corrélations HMBC du composé **2**



5-hydroxy-6,7-diméthoxy-2-(3,4,5-triméthoxyphényl)-4*H*-chromén-4-one
ou
5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone

Figure 66. Structure du composé 2, %I = 0,57 ± 0.04

Mis à part les légères variations du déplacement chimique ^{13}C , et ^1H dépendantes du solvant déteuré utilisé, il apparaît que tous les signaux observés dans la littérature correspondent aux signaux décrits dans notre analyse du composé **2**. Les résultats du test de DPPH du composé **2** (1 mg/mL) ont montré un pourcentage d'inhibition d'une valeur de $0,57 \pm 0.04$. Ceci montre que le composé **2** ne possède pas de potentiel antioxydant.

V.3.4.2. Composé 3

Le spectre de masse du composé **3** a été enregistré en mode négatif (ESI) à l'aide d'un spectromètre de masse à piège à ions TOF/Q-TOF. La composition élémentaire proposée par ce spectre de masse était $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{O}_7$ ($M = 358,1$ g/mol ; Score librairie Wiley 97,65 %).

Le spectre de RMN ^1H du composé **3** (**Figure 67.a**) présente des similitudes avec celui du composé **2**. Il permet de mettre en évidence :

- La présence de substituants en C-6 et C-7 sur le cycle A, grâce à l'identification des protons H-3 du cycle C à δH 6,76 (1H, s) et H-8 du cycle A à δH 6,89 (1H, s)
- Le signal d'un proton aromatique déblindé à δH 8,49 (1H, s) attribuable au groupement hydroxyle en position C-5 du cycle A
- Les signaux de trois protons aromatiques à δH 7,14 (1H, d, $J=8,5$ Hz), 7,55 (1H, d, $J=2,2$ Hz) et 7,68 (1H, dd, $J=8,5 ; 2,2$ Hz) appartenant aux protons du cycle B. Les constantes de couplage révèlent un couplage ortho pour les protons à δH 7,14 et 7,55 ppm. Quant au proton à δH 7,68 ses constantes de couplage révèlent un couplage en ortho et en méta.
- Les signaux de quatre groupements méthoxyle à δH 3,85, 4,00, 3,93 et 3,96 ppm (s) respectivement attribuables aux carbones C-6, C-7 du cycle A et C3', C-4' du cycle B.

Sur le spectre COSY, les protons aromatiques à δ_H 7,14 et 7,68 ppm sont corrélés (figure 68c).

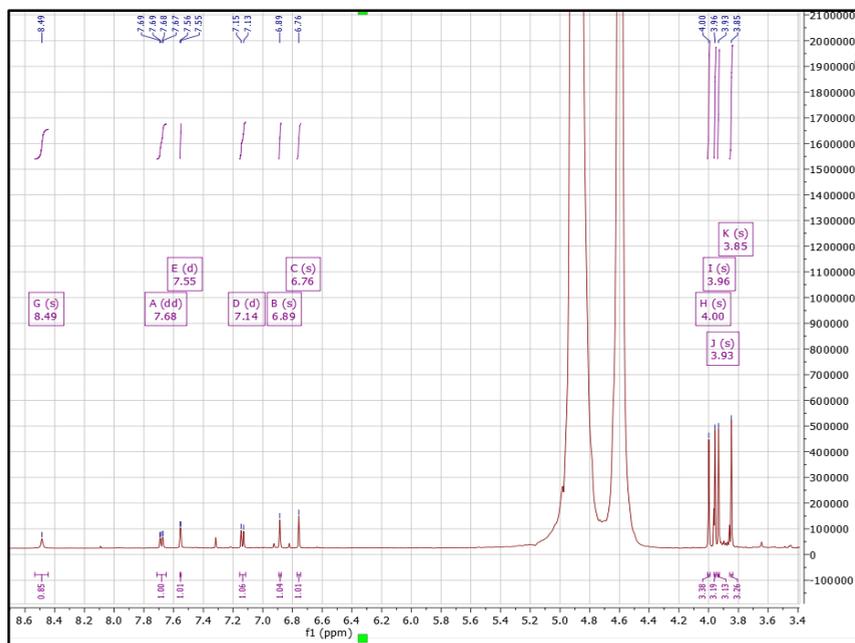
L'analyse conjointe des spectres 1H et COSY du composé **3** permet d'attribuer les protons du cycle B à H-2' (7,14 ; 1H, d, J=8,5 Hz), H-5' (7,55 ; 1H, d, J=2,2 Hz) et H-6' (7,68 ; 1H, dd, J=8,5 ; 2,2 Hz).

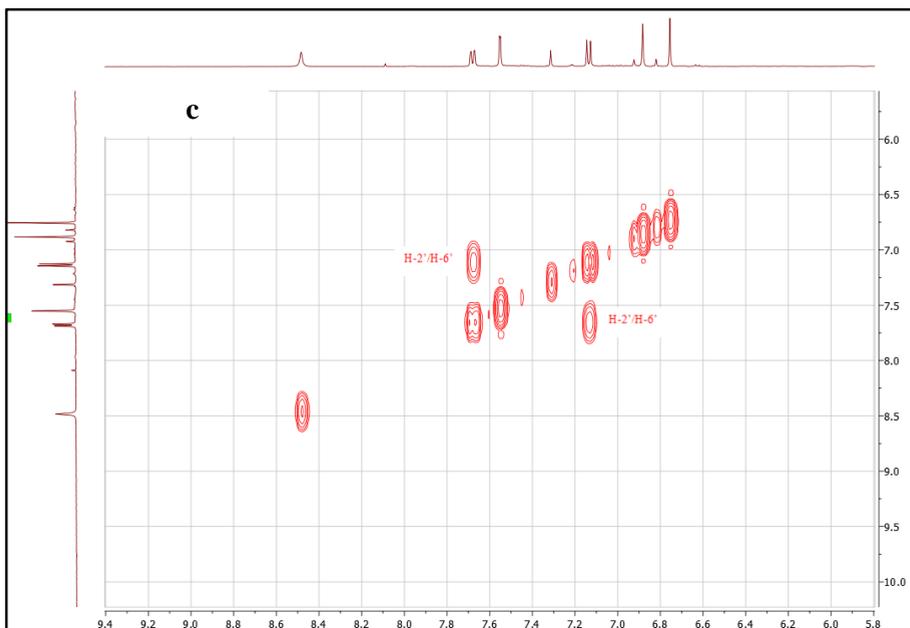
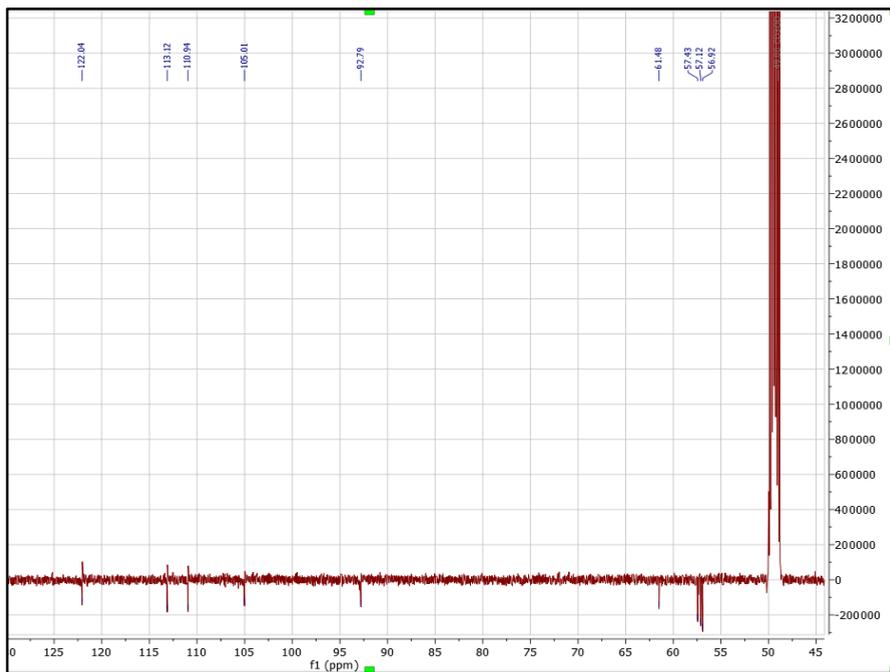
La comparaison du spectre RMN ^{13}C du composé **2** avec celui du composé **3** (Figure 67.b) ainsi que les corrélations observées sur le spectre HMBC du composé **3** (Figure 67.e) ont permis l'attribution de tous les autres carbones.

Ainsi, l'analyse des différents spectres RMN 1H , ^{13}C , COSY, HMBC et HSQC du composé **3** (Figure 67) nous a permis de l'identifier comme étant une flavone, la 5-hydroxy-6,7, 3',4'-tétraméthoxyflavone. Cette molécule a été identifiée dans *Artemesia monosperma* (Abu-Niaaj & Katampe 2018), *Centaurea napifolia* (Akkal et al. 2003), *Centaurea parviflora* (Belkacem et al. 2014), *Citrus reticulata* (Itoh et al. 2008), *Dracocephalum moldavica* (Yang et al. 2014), *Tanacetum chiliophyllum* (Polatoğlu et al. 2013) et *Tanacetum mucroniferum* (Servi & Goren 2019).

La structure du composé **3** (Figure 68) a été confirmée par comparaison des déplacements chimiques des spectres ^{13}C et 1H avec la littérature (Tableau 46) (Akkal et al. 2003).

À notre connaissance, jusqu'à ce jour, ce composé est identifié pour la première fois dans *L. rhodesiensis*. Le pourcentage d'inhibition du composé **3** a été également évalué. Le résultat montre que ce composé possède un potentiel antioxidant très faible (%I = $1,98 \pm 0,64$ %).





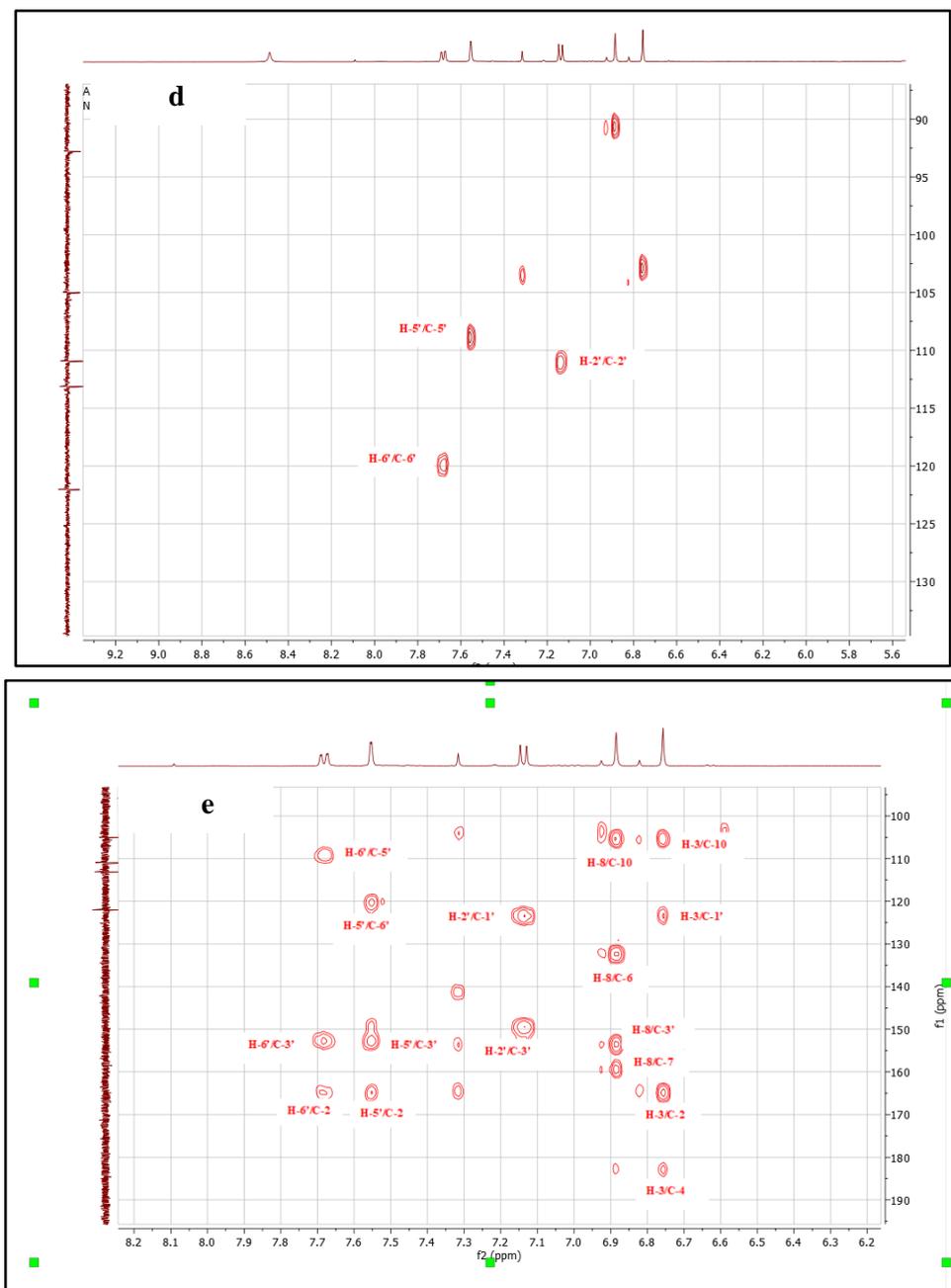
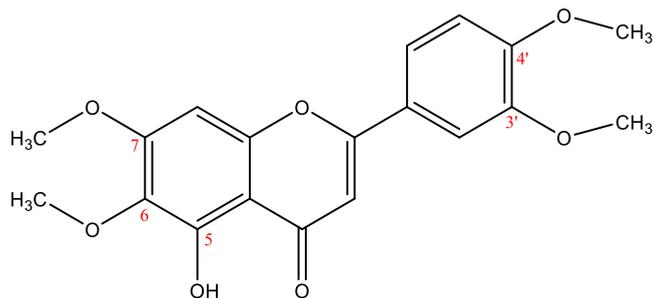


Figure 67. a. Spectre RMN- ^1H du composé **3** ; b. Spectre RMN- ^{13}C du composé **3** ; c. corrélation COSY ; d. Importantes corrélations HSQC ; e. Spectre HMBC du composé **3**



2-(3,4-diméthoxyphényl)-5-hydroxy-6,7-diméthoxy-4*H*-chromén-4-one
ou
5-hydroxy-6,7,3',4'-tétraméthoxyflavone

Figure 68. Structure du composé 3, %I = 1,98 ± 0,64

Tableau 46 : Comparaison des déplacements chimiques des spectres ^{13}C et ^1H (δ en ppm) du composé **3** avec la littérature

	S. Akkal et al, 2003 ; RMN ^1H et ^{13}C (250 MHz, CDCl_3)		RMN ^1H et ^{13}C (500 MHz, MeOD)	
	5-hydroxy-3',4',6,7-tétraméthoxyflavone		Composé 3	
	δC (ppm)	δH (ppm) m (J en Hz)	δC (ppm)	δH (ppm) m (J en Hz)
C-2	163.0		165.3	
C-3	104.5	6.53 (1H, s)	104.1	6.76 (1H,s)
C-4	182.5		182.6	
C-5	153.8		151.8	8.49 (1H,s)
C-6	133.0		131.7	
C-7	159.0		159.4	
C-8	91.0	6.58 (1H, s)	92.7	6.89 (1H,s)
C-9	155.0		154.9	
C-10	105.5		105.4	
C-1'	120.1		122.0	
C-2'	112.2	7.33 (1H, d, J = 8.5)	111.1	7.14 (1H, d, J = 8.5)
C-3'	152.4		152.5	
C-4'	149.5		151.0	
C-5'	110.0	6.98 (1H, d, J = 2.5)	108.8	7.55 (1H, d, J = 2.2)
C-6'	123.9	7.51 (1H, dd, J = 8.5; 2.5)	119.9	7.68 (1H, dd, J = 8.5; 2.1)
OMe-6	61.0	3.96 (3H, s)	61.1	3.85 (3H, s)
OMe-7	58.5	3.99 (3H, s)	57.0	4.00 (3H, s)
OMe-3'	56.2	3.95 (3H, s)	56.8	3.93 (3H, s)
OMe-4'	56.1	3.91 (3H, s)	56.6	3.96 3H, s)

V.3.4.3. Composé 4

Le spectre de masse haute résolution du composé **4** en ionisation électrospray en mode positif a généré un ion $[M]^+$ à m/z 331,0862 (**Figure 69**). Cela est compatible avec la composition élémentaire $C_{17}H_{14}O_7$ donnée par le spectre de masse enregistré à l'aide d'un spectromètre de masse à piège à ions TOF/Q-TOF.

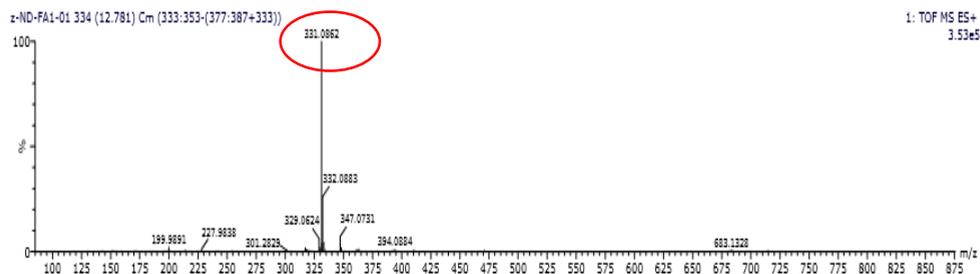


Figure 69. Spectre de masse du composé **4**

L'analyse du spectre 1H (**Figure 70.a**) du composé **4** montre la présence de cinq signaux correspondant aux protons aromatiques et de deux signaux caractéristiques des groupements $O-CH_3$. Le spectre du composé **4** présente des similitudes avec celui du composé **3**. Il indique :

- Un doublet dédoublé à δ_H 7,54 ppm d'intégration 1H ($J = 8,3 ; 2,1$ Hz) caractérisant un proton en couplage ortho et méta, attribuable à H-6' ;
- Un doublet à δ_H 7,52 ppm d'intégration 1H ($J = 2,1$ Hz) caractérisant un proton en couplage méta, attribuable à H-2' ;
- Un doublet à δ_H 6,94 ppm d'intégration 2H ($J = 8,3$ Hz) suggérant un proton en couplage ortho, attribuable à H-5' ;
- Deux singulets à δ_H 6,85 et 6,67 ppm attribuable à respectivement à H-8 et à H-3. Les résonances à δ_H 6,85 (H-8) et 6,67 (H-3) sont en accord avec la structure d'une flavone dont le cycle A est substitué en position 5, 6 et 7.
- Deux singulets à 4,00 et 3,97 ppm d'intégration 3H, attribuable à H-7 et H-4'

Sur le spectre de RMN ^{13}C , résonnent un carbonyle à δ_C 182,9 ppm attribuable à C-4 et deux singulets à δ_C 55,6 et 55,3 ppm indiquant les résonnances des carbones des groupements méthoxyles (**Figure 70.b**).

Le spectre COSY montre les protons H-2' (δ_H 7,52), H-5' (δ_H 6,94) et H-6' (δ_H 7,54) qui corrélient entre eux (**Figure 70.c**).

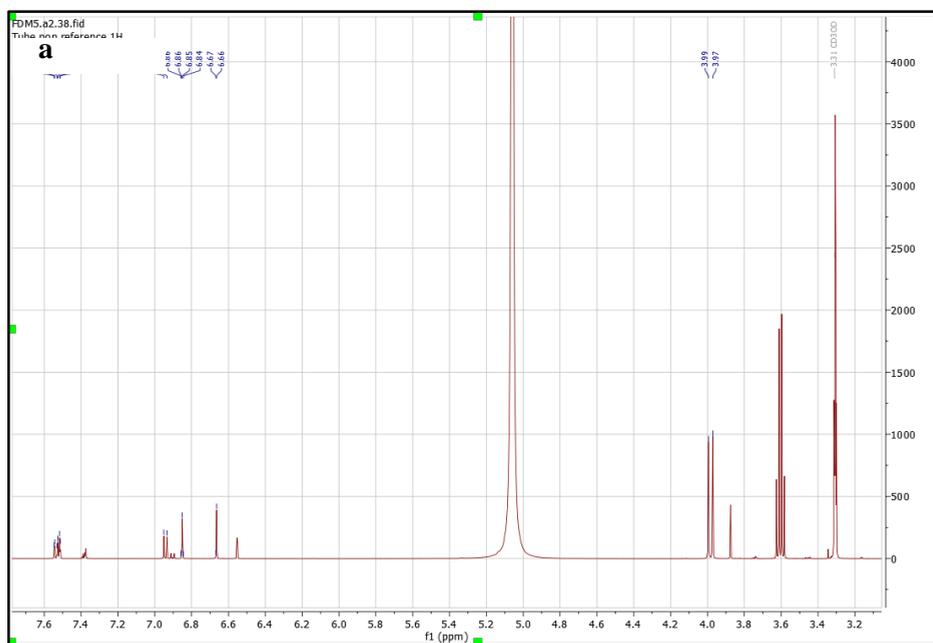
L'examen HSQC a permis d'attribuer les carbones C-3 (δ_C 102,4), C-8 (δ_C 90,6), C-2' (δ_C 109,2), C-5' (δ_C 115,4) et C-6' (δ_C 120,4) (**Figure 70.d**).

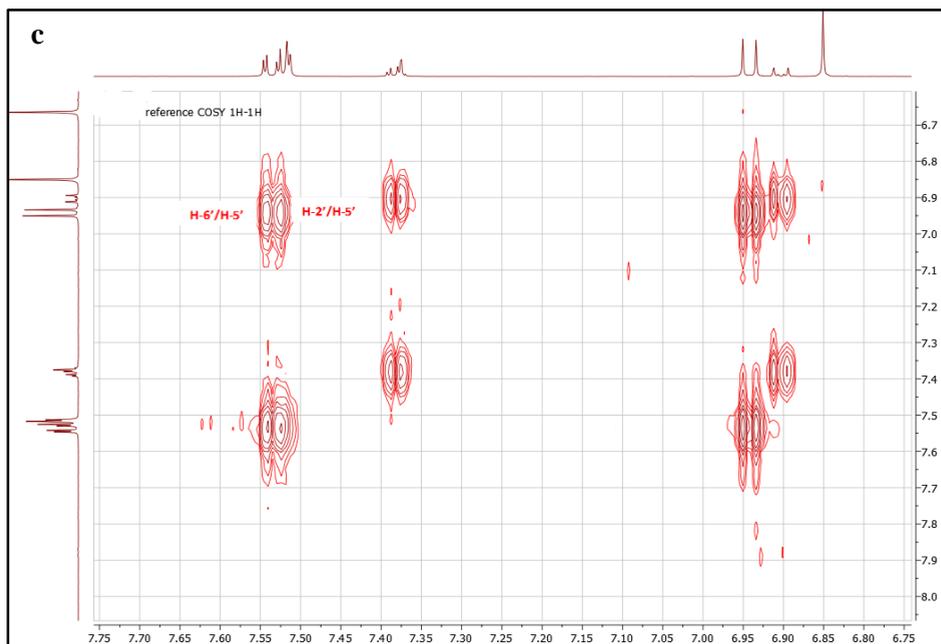
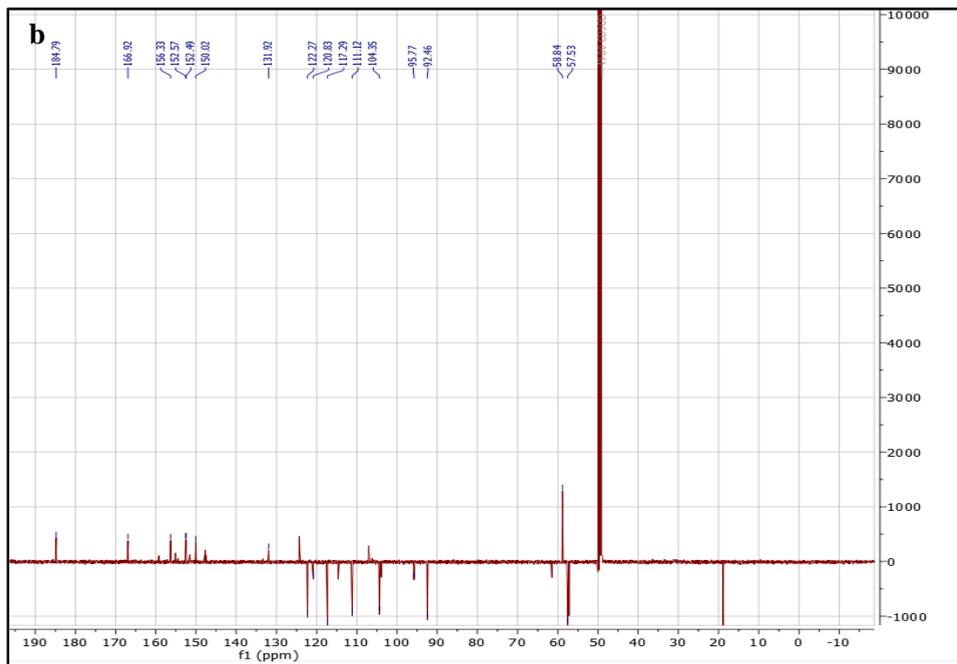
La position du groupement méthoxyle dans le cycle B déterminée comme étant en position C-4' a été confirmée à partir de l'analyse spectrale HMBC. Le signal du

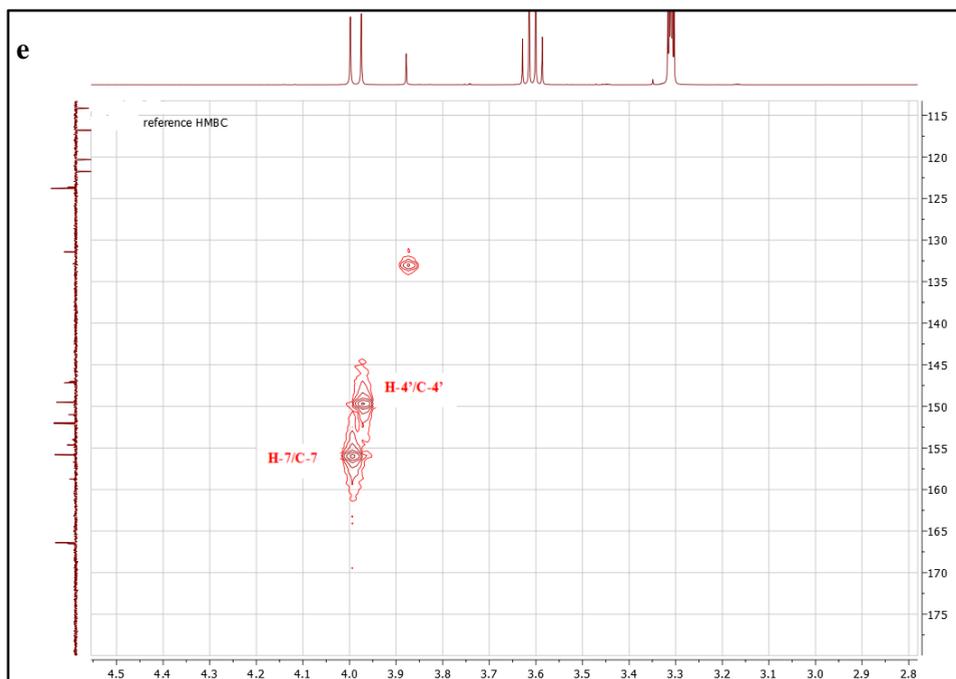
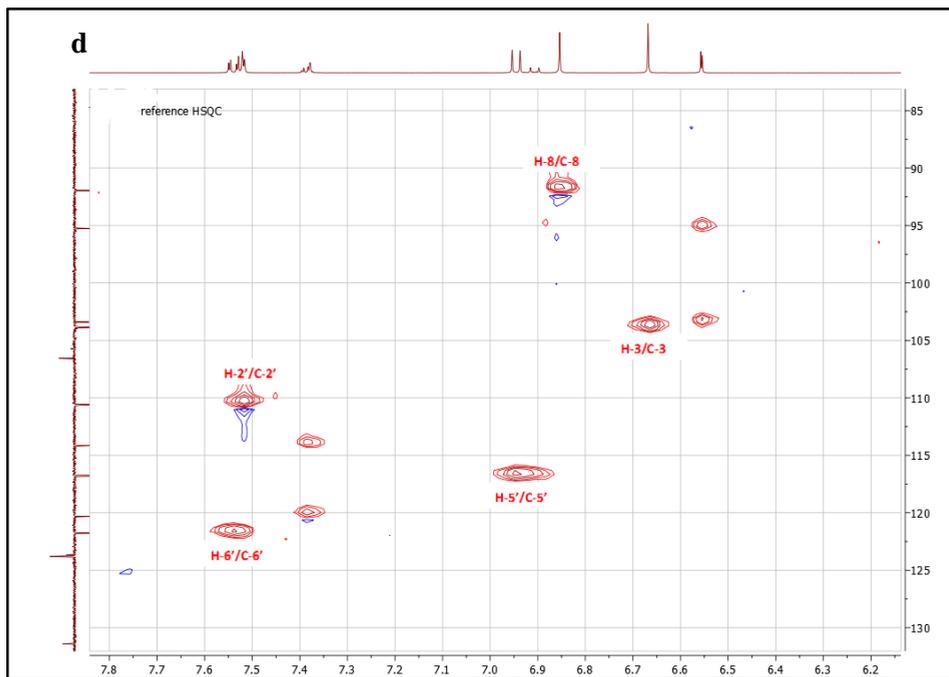
proton méthoxyle à δ_H 3,97 est corrélé avec le signal du carbone à δ_C 148,1 (C-4'), et auquel le signal du proton à δ_H 7,52 (H-2') est également corrélé. Le signal du proton à δ_H 6,94 (H-5') montre des corrélations avec les signaux du carbone à δ_C 122,4 (C-1'), δ_C 150,7 (C-3') et δ_C 148,1 (C-4').

L'analyse conjointe des spectres HSQC et HMBC ainsi que la comparaison de nos données spectrales RMN 1H et ^{13}C à celles de la littérature ont permis d'attribuer sur le spectre RMN ^{13}C tous les carbones (**Tableau 47**) correspondant à la 5,6,3'-trihydroxy-7,4'-diméthoxyflavone (**Nagao et al. 2002**).

Le résultat de l'évaluation du potentiel antioxydant du composé **4** a montré un pourcentage d'inhibition de $61,77 \pm 3,53$. La structure du composé **4** est mentionnée à la **Figure 71**.







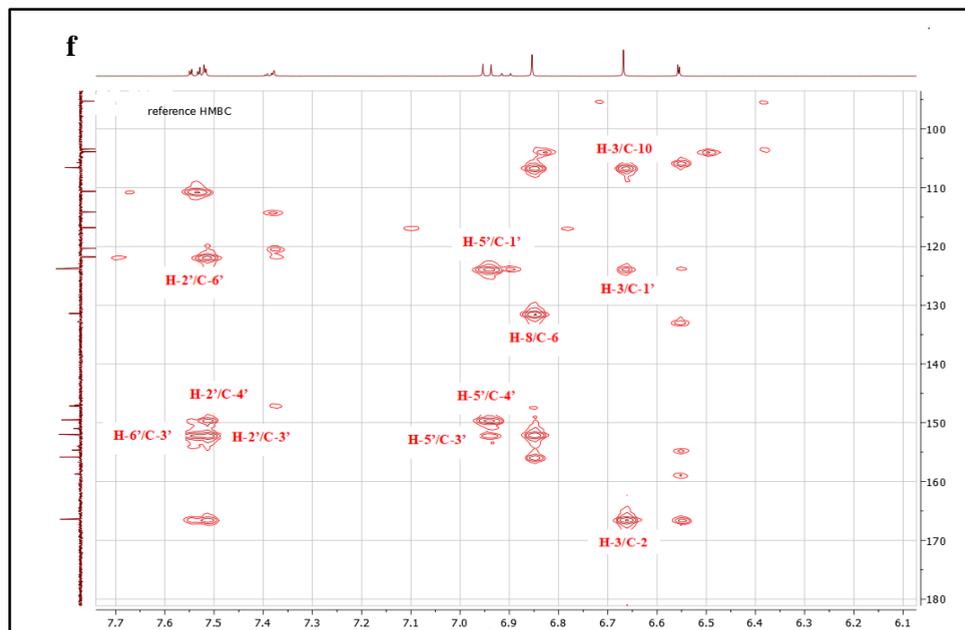
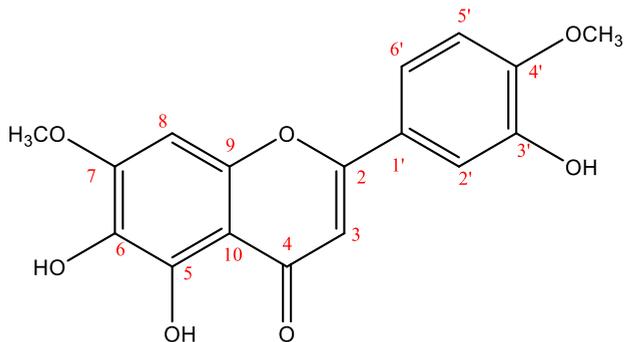


Figure 70. a. Spectre RMN ^1H du composé **4** ; b. Spectre RMN ^{13}C du composé **4** ; c. Corrélation COSY ; d. Corrélation HSQC ; e et f. Importante corrélation HMBC du composé **4**

Tableau 47 : Comparaison des déplacements chimiques des spectres ^{13}C et ^1H (δ en ppm) du composé **4** avec la littérature

RMN ^1H et ^{13}C Nagao et al.2002		RMN ^1H et ^{13}C (500 MHz, MeOD)	
5,6,3'-trihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone		Composé 4	
	δH m (J en Hz)	δC	δC
C-2		163.5	166.4
C-3	6.75, s	103.1	103.8
C-4		182.0	184.2
C-5		146.2	152.1
C-6		129.9	131.4
C-7		154.4	155.8
C-8	6.88, s	91.0	91.9
C-9		149.6	152.0
C-10		105.0	106.5
C-1'		123.2	123.8
C-2'	7.46, d (2)	113.0	110.6
C-3'		146.8	152.1
C-4'		151.0	149.5
C-5'	7.10, d (9)	112.1	116.8
C-6'	7.56, dd (2, 9)	118.5	121.7
4'-OCH ₃	3.88, s	55.7	56.7
7-OCH ₃	3.93, s	56.2	57.0
5-OH	12.60, s		



5,6-dihydroxy-2-(3-hydroxy-4-méthoxyphenyl)-7-méthoxy-4H-chromen-4-one
ou
5,6,3'-trihydroxy-7,4'-diméthoxyflavone

Figure 71. Structure du composé 4, %I = 61,77 ± 3,53

Les signaux observés dans la littérature correspondent aux signaux décrits dans notre analyse du composé **4**, hormis quelques légères variations dans les déplacements chimiques. Cette molécule a été identifiée dans les feuilles de *Lantana montevidensis* (Nagao *et al.* 2002), dans *Dictamnus angustifolius* (Sun *et al.* 2016), dans *Salvia hirsuta* (Toscano *et al.* 2020). À notre connaissance, jusqu'à ce jour, ce composé est isolé pour la première fois dans l'extrait de feuilles de *L. rhodensis*.

V.4. Conclusion partielle

Les organes de *L. rhodesiensis* renferment des polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les stérols/terpènes et les alcaloïdes. Les tests de polyphénols et de flavonoïdes totaux ont révélé une proportion plus élevée de polyphénols, y compris de flavonoïdes dans l'extrait de feuilles et une proportion modérée dans les extraits de tiges et de racines. L'activité antioxydante des extraits de feuilles, tiges et racines a également été déterminée à l'aide de trois tests différents : l'activité de piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), la méthode FRAP (pouvoir antioxydant réducteur de fer) et le test de blanchiment du β -carotène. L'activité antipaludique de chacun de ces extraits a également été évaluée en utilisant des stades érythrocytaires asexués de *Plasmodium falciparum*, souche 3D7 sensible à la chloroquine. Les résultats ont montré que l'extrait de feuilles présente une activité antioxydante et antipaludique plus élevée que les extraits de tiges et de racines, probablement en raison de la présence de quantités plus importantes de polyphénols, notamment de flavonoïdes, dans les feuilles. Une corrélation linéaire positive a été établie entre la teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux, y compris les flavonoïdes totaux) et l'activité antioxydante de tous les extraits.

Le fractionnement et la purification de l'extrait des feuilles a permis d'identifier de manière claire et précise quatre composés. Leurs structures ont été élucidées par ^1H , ^{13}C NMR, COSY, HSQC, HMBC, et des méthodes spectrales MS-EI. Ces composés sont tous des flavonoïdes. Le composé **1** isolé de la fraction acétate d'éthyle est une nouvelle flavone nommée rhodescine (5,6,3',5'-tétrahydroxy-7,4'-diméthoxyflavone) (**1**). Elle présente un potentiel antioxydant plus élevé que les autres composés isolés. Le pourcentage d'inhibition (%I) du radical DPPH de cette nouvelle molécule (%I = $97,92 \pm 0,20$ %) est proche de celui de l'acide ascorbique (%I = $98,50 \pm 0,56$ %) et de la quercétine (%I = $98,89 \pm 0,74$ %). En outre, les trois autres flavones ont été isolées à partir des fractions de dichlorométhane. Il s'agit de 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone (**2**), 5-hydroxy-6,7,3',4'-tétraméthoxyflavone (**3**), et 5,6,3'-trihydroxy-7,4'-diméthoxyflavone (**4**). Les composés **1**, **3** et **4** ont été décrits pour la première fois chez cette espèce végétale.

Plusieurs sous-fractions au dichlorométhane ont révélé une activité antiplasmodiale remarquable ($15 > \text{CI}_{50} < 3$ $\mu\text{g/mL}$). Des travaux supplémentaires devront être effectués afin d'isoler les métabolites secondaires contenus dans ces sous-fractions.

Conclusion générale et perspectives

La flore ivoirienne est riche en plantes aromatiques et médicinales utilisées en médecine traditionnelle. Parmi elle, deux plantes du même genre appartenant à la famille des Verbenaceae (*Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis*) ont fait l'objet d'une étude phytochimique. L'objectif de cette étude était de contribuer à une meilleure connaissance de la phytochimie et des activités biologiques (antioxydante, anti-inflammatoire, insecticide et antiplasmodiale) de ces plantes.

Ce travail s'inscrit dans le cadre des travaux de recherches du Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière de l'Université Félix Houphouët Boigny dont l'objectif principal est de valoriser les plantes médicinales de la Côte d'Ivoire. Il a été réalisé en collaboration avec le Laboratoire de Chimie des Molécules Naturelles de l'Université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech (Belgique).

La première étape de ce travail a consisté à la production et à la caractérisation de l'huile essentielle des organes de *Lantana camara* et de *Lantana rhodesiensis*. Nous avons constaté que le rendement des échantillons d'huile essentielle des feuilles de ces plantes est presque homogène et généralement plus élevé par rapport au rendement d'huile des fleurs, des fruits et des tiges. Nous avons réalisé une étude détaillée de la composition chimique de l'huile essentielle des organes de ces différentes plantes par analyse CPG-FID/IR, CPG- SM et RMN ¹³C. L'ensemble des résultats obtenus de l'analyse des différents échantillons a montré que l'huile essentielle des différents organes de ces deux plantes se distingue généralement par une forte abondance en sesquiterpènes, avec (*E*)- β -caryophyllène comme composé principal. Cependant, on y trouve parfois le thymol comme composé majoritaire des fleurs, fruits et/ou tiges. L'acide palmitique se retrouve en proportion abondant dans certains échantillons d'huile des tiges.

Concernant l'étude sur *L. camara*, nous avons tout d'abord mis en évidence les variations moléculaires au cours du cycle de vie de la plante. Cela, grâce à l'étude de l'impact phénologique sur la composition de l'huile essentielle des feuilles, fleurs, fruits et tiges sur une période de deux ans de récolte mensuelle. Au total, nous avons obtenu 82 échantillons et identifié 84 constituants représentant entre 88 et 98 % de la composition chimique globale. L'analyse statistique de ces échantillons a mis en évidence une forte variabilité chimique entre les huiles essentielles hydrodistillées des différents organes de la plante, mais aussi au sein d'un même organe sur la période de récolte. Cela montre ainsi l'effet de la variabilité saisonnière sur les compositions d'huiles essentielles. Particulièrement, nos résultats ont montré que le thymol était présent en plus grande proportion pendant les mois de floraison et de fructification abondante. Le rendement de l'huile des fleurs, fruits et tiges augmente pendant ces mois. Celui des fleurs va jusqu'à être plus élevé que le rendement de l'huile des feuilles en cette période.

Ensuite, nous avons décrit la composition chimique de l'huile des organes de *L. camara* provenant de quinze régions de la Côte d'Ivoire, avec en moyenne trois villes par région. Au total, quarante-huit villes ont été explorées. Des récoltes effectuées, nous avons obtenu 154 échantillons d'huile essentielles et identifié 108 constituants représentant plus de 99,9 % de la composition chimique totale. Sur la base des composés minoritaires, nous avons observé que la composition chimique de l'huile des organes de *L. camara* diffère légèrement d'une ville à une autre au sein d'une même région. La présence de la davanone parmi les sesquiterpènes majoritaires a été observée dans certains échantillons de la région du Poro, au nord du pays. Ce composé bien qu'existant dans la composition chimique de *L. camara* de certains pays était absent des échantillons précédemment étudiés. Une analyse statistique de la moyenne de la composition chimique de chaque organe par région a été effectuée. Les résultats ont montré que la diversité de la composition chimique de *L. camara* n'était pas seulement due à des facteurs biogéographiques. La présence d'échantillons d'HE de régions très éloignées dans un même groupe pourrait se justifier par l'influence de facteurs génétiques. L'origine de ces facteurs serait l'impact humain (par transport) ou le vent. Nous avons établi la carte chémotypique de l'huile essentielle de *L. camara* de Côte d'Ivoire grâce à la composition chimique moyenne de l'huile essentielle de tous les organes selon les quinze régions de récoltes. Les résultats ont montré cinq groupes de composition chimique ou cinq chémotypes. Par ailleurs, l'huile essentielle de *L. camara* de Côte d'Ivoire présente un chémotype à forte proportion en thymol, par rapport à l'huile essentielle obtenue à partir de *L. camara* poussant dans d'autres pays.

Enfin, la caractérisation de l'huile des organes de *L. rhodesiensis* s'est faite par l'étude de la variabilité de la composition de l'huile essentielle hydrodistillée des feuilles, tiges et fruits de *L. rhodesiensis* poussant dans deux localités de la région du Poro. Cette étude a été faite durant quatre mois de la saison pluvieuse. Dans cette étude, un nouveau chémotype de l'huile essentielle de *L. rhodesiensis* a été découvert et a été caractérisé par un mélange de (*E*)- β -caryophyllène, α -copaène, α -humulène, δ -cadinène et thymol. Ce chémotype différait des huiles essentielles pour cette même espèce dans d'autres pays. L'analyse statistique de la composition des échantillons de cette récolte a montré que la variabilité de la composition des huiles essentielles dépend principalement de l'organe végétal dont elle est extraite. En outre, un échantillonnage des racines de ces deux localités a montré que l'huile des racines était caractérisée par une forte proportion d'acide palmitique en plus des autres composés cités précédemment. Des récoltes de feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis* ont été également effectuées dans une localité de la région de Bounkani (Doropo) à des saisons différentes. La composition chimique de l'huile essentielle de ces organes a été déterminée. Les résultats ont montré que l'huile essentielle de Doropo est également dominée par les sesquiterpènes, notamment l'(*E*)- β -caryophyllène, l' α -copaène, l' α -humulène, le δ -cadinène, le caryophyllène oxyde et parfois le nérolidol. Le thymol a aussi été détecté comme monoterpène majoritaire. Les échantillons récoltés pendant la saison de pluie étaient plus riches en thymol que ceux récoltés pendant la saison sèche.

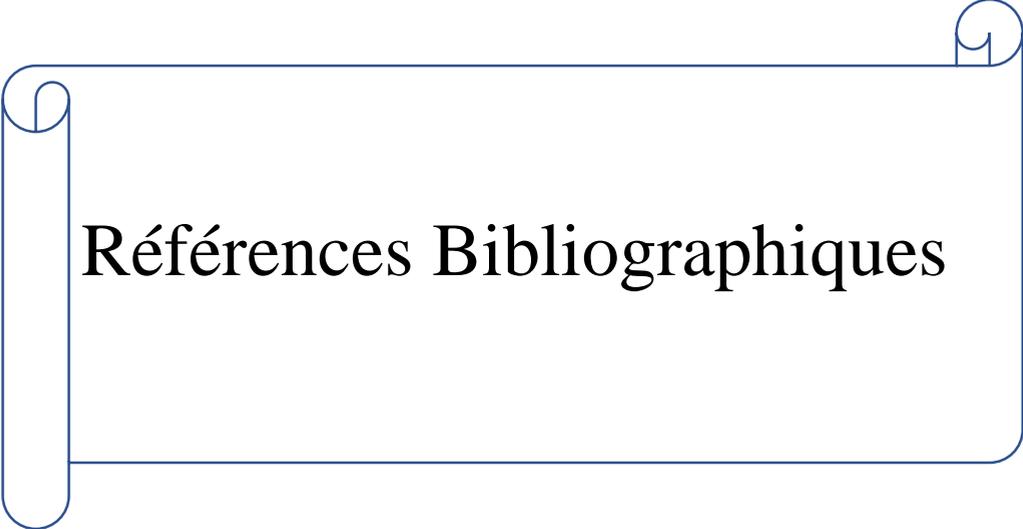
La deuxième étape de ce travail a consisté à l'évaluation des activités biologiques des échantillons d'huile essentielle hydrodistillées des organes de *L. camara* et *L. rhodesiensis*. Les résultats ont mis en évidence la forte activité insecticide, antioxydante et anti-inflammatoire des huiles essentielles extraites des feuilles et des fleurs de ces plantes. Cependant, de grandes différences d'activités biologiques ont été démontrées pour les huiles essentielles de différents organes et pour les huiles essentielles du même organe, selon la composition chimique de l'huile. Plus l'huile est riche en thymol, plus son potentiel antioxydant et insecticide est élevé.

La troisième étape de ce travail a concerné l'investigation phytochimique et l'évaluation des activités biologiques des extraits hydro-méthanoliques des feuilles, tiges et racines de *L. rhodesiensis*. Il ressort de cette étude que nos extraits renferment des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins, des saponines, des stérols/terpènes et des alcaloïdes. Les différents dosages effectués montrent que l'extrait des feuilles est riche en composés phénoliques par rapport à l'extrait des tiges et des racines. La plus forte valeur étant obtenue avec le dosage des polyphénols totaux ($273,27 \pm 0,48$ mg EAG/g extrait). L'étude biologique, portait sur la détermination de l'activité antioxydante et antiplasmodiale. Le meilleur potentiel antioxydant a été obtenu avec l'extrait des feuilles, et ce, avec les trois méthodes utilisées (DPPH, FRAP, β -carotène). Ces activités antioxydantes sont liées à leur teneur en polyphénols. Enfin, le meilleur potentiel antiplasmodial a été obtenu avec l'extrait de feuilles ($12,5 \pm 2,5$ μ g/mL).

La quatrième étape de ce travail a concerné l'isolement de molécules bioactives de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de *L. rhodesiensis*. Le fractionnement bio-guidé de l'extrait par le test DPPH a permis de montrer une inhibition intéressante (1 mg/mL) de la fraction à l'acétate d'éthyle (%I = $94,57 \pm 0,85$) par rapport à la fraction au dichlorométhane (%I = $40,68 \pm 1,54$) et à l'hexane (%I = $6,37 \pm 1,01$). Le fractionnement de la fraction à l'acétate d'éthyle a abouti à la purification et à l'isolement de la flavone 5,6,3',5'-tétraméthoxy-7,4'-diméthoxyflavone ou rhodescine (**1**). Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH de ce composé (1 mg/mL) est de $97,92 \pm 0,20$ %. Ce composé est identifié pour la première fois dans la plante et décrit pour la première fois à partir de cette étude. En outre, l'étude de la fraction au dichlorométhane, nous a permis d'isoler d'autres flavones telles que la 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentaméthoxyflavone (**2**), la 5-hydroxy-6,7,3',4'-tétraméthoxyflavone (**3**) et la 5,6,3'-trihydroxy-7,4'-diméthoxyflavone (**4**). Les composés (**2**) et (**3**) présente un pourcentage d'inhibition du radical DPPH très faible. Quant au composé (**4**), son pourcentage d'inhibition est moyen (%I = $61,77 \pm 3,53$). En dehors du premier composé isolé de cette fraction, les deux autres composés sont identifiés pour la première fois dans la plante. La détermination des structures de ces différentes molécules a été possible grâce à la RMN (1D & 2D) et à la LC-MS, également par comparaison avec les données de la littérature. Enfin, des sous-fractions issus de la fraction dichlorométhane ont fait l'objet de criblage antiplasmodial *in vitro* sur la souche chloroquino-sensible (3D7) de *Plasmodium falciparum*. Toutes ces sous-fractions ont présenté une activité antiplasmodiale très intéressante ($15 > CI_{50} < 3$ μ g/mL).

Notre contribution à l'étude phytochimique de *L. camara* et *L. rhodesiensis* de Côte d'Ivoire a mené à l'enrichissement des connaissances sur la composition chimique de l'huile essentielle des organes de ces plantes. S'il est communément admis que le choix du bon chémotype et du bon organe est crucial pour utiliser les huiles essentielles, notre étude a démontré que le stade phénologique influence également la composition des huiles essentielles. Il est donc primordial de récolter les plantes au bon moment, en corrélation avec les pics de molécules actives pour une utilisation efficace des huiles essentielles en médecine traditionnelle ou comme insecticide. Toutefois, la toxicologie des huiles essentielles doit être évaluée avant leur utilisation dans les soins aux personnes. En outre, si ces plantes sauvages sont largement utilisées pour leurs huiles essentielles, il sera important de mettre en place des mesures de conservation, comme la création de pépinières en vue de contrôler le chémotype.

Pour la poursuite de nos investigations, nous envisageons évaluer l'activité antioxydante, anti-inflammatoire (*in vivo*) et antiplasmodiale (*in vitro* et *in vivo*) ainsi que les tests de toxicité aigüe et de cytotoxicité (*in vitro* et *in vivo*) de l'huile essentielle de ces deux plantes. Les résultats obtenus seront exprimés en termes de valeurs EC_{50} / CI_{50} / DL_{50} . Ensuite, nous procéderons à la purification des sous-fractions actives FD6p, FD7p, FD12p et FD13p ($15 > CI_{50} < 3 \mu\text{g/mL}$) issues de la fraction au dichlorométhane des feuilles de *L. rhodesiensis*. Ceci, en vue d'isoler des composés participant à l'activité antiplasmodiale de cet organe. Nous envisageons également d'évaluer l'activité antioxydante et antiplasmodiale *in vitro* et *in vivo* ainsi que les essais de cytotoxicité et de toxicité de tous les composés isolés. Les fractionnements et la purification des extraits des autres parties de cette plante seront effectués, afin d'isoler d'autres métabolites secondaires d'intérêt. En outre, étant donné que plus de 80 % de la population ivoirienne recourt à la médecine traditionnelle, seule une étude phytochimique détaillée et rigoureuse pourrait permettre une utilisation fiable des ressources naturelles du pays et la valorisation des connaissances séculaires des tradipraticiens. Enfin, il serait intéressant de standardiser les extraits de feuilles de *L. rhodesiensis* en vue d'effectuer la production locale des phytomédicaments ou médicaments traditionnels améliorés (MTA) dans le traitement de la malaria. Cela bien entendu après plusieurs essais cliniques.



Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- AASETH, J., HAUGEN, M. & FØRRE, Ø. 1998. Rheumatoid arthritis and metal compounds - Perspectives on the role of oxygen radical detoxification. *Analyst* 123(1), 3–6. DOI 10.1039/a704840h
- ABDELGALEIL, S.A.M. 2006. Chemical composition, insecticidal and fungicidal activities of essential oils isolated from *Mentha microphylla* and *Lantana camara* growing in Egypt. *Alexandria Science Exchange* 27(1), 18.
- ABDELHADY, M.I.S., MOTAAL, A.A. & BEERHUES, L. 2011. Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Standardized Extracts from Leaves and Cell Cultures of Three *Callistemon* Species. *American Journal of Plant Sciences* 2, 847–850.
- ABEYGUNAWARDENA, C., KUMAR, V., MARSHALL, D.S., THOMSON, R.H. & WICKRAMARATNE, D.B.M. 1991. Furanonaphthoquinones from two *Lantana* species. *Phytochemistry* 30(3), 941–945.
- ABOU EL-KASSEM, L.T., MOHAMMED, R.S., EL-SOUDA, S.S., EL-ANSSARY, A.A., HAWAS, U.W., MOHMOUD, K. & FARRAG, A.R.H. 2012. Digalacturonide flavones from Egyptian *Lantana camara* flowers with in vitro antioxidant and in vivo hepatoprotective activities. *Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* 67 C(7–8), 381–390. DOI 10.5560/znc.2012.67c0381
- ABU-NIAAJ, L. & KATAMPE, I. 2018. Isolation and characterization of flavones from *Artemisia monosperma*. *Pharmacognosy Journal* 10(5), 1018–1023. DOI 10.5530/pj.2018.5.173
- ADAMS, R.P. 1995. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*. Carol Stream. Allured publishing corporation, Illinois.
- ADIKO, M., BOUTTIER, S., OKPEKON, T.A., LAMBERT, S., AKE-ASSI, L., KABLAN, B.J. & CHAMPY, P. 2014. Phytothérapie traditionnelle des conjonctivites en milieu urbain ivoirien: enquête sur les deux marchés aux plantes médicinales d'Abidjan. *Acta Botanica Gallica* 161(1), 33–45. DOI 10.1080/12538078.2013.864998
- AGBODEKA, K., GBEKLEY, H.E., KAROU, S.D., ANANI, K. & SIMPORE, J. 2017. Activité antiplasmodiale des plantes médicinales d'Afrique de l'Ouest : Revue de la littérature [Antimalarial activity of medicinal plants from West Africa : A review]. *International Journal of innovation and Scientific Research* 28(2), 121–129.
- AHMED, Z.F., SHOAI, A.M.E.-M., WASSEL, G.M. & EL-SAYYAD, S.M. 1972. Phytochemical study of *Lantana camara*. *Planta Med* 21, 282–288.
- AJITHA, B., ASHOK KUMAR REDDY, Y. & SREEDHARA REDDY, P. 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Lantana camara* leaf

- extract. *Materials Science and Engineering C* 49, 373–381. DOI 10.1016/j.msec.2015.01.035
- AKANTETOU, P., Koba, K., NENONENE, A., POUTOULI, W., RAYNAUD, C. & SANDA, K. 2012. Evaluation du potentiel insecticide de l'huile essentielle de *Ocimum canum* Sims sur *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae) au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5(4), 1491–1500. DOI 10.4314/ijbcs.v5i4.15
- AKKAL, S., BENAYACHE, F., BENTAMENE, A., MEDJROUBI, K., SEGUIN, E. & TILLEQUIN, F. 2003. Flavonoid aglycones from *Centaurea napifolia*. *Chemistry of Natural Compounds* 39(2), 165–166.
- AL-ZUBAIRI, A.S., AL-MAMARY, M.A. & AL-GHASANI, E. 2017. The Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities of Essential Oil from Different Aromatic Plants. *Global Advanced Research Journal of Medicine and Medical Sciences* 6(9), 224–233.
- ALARA, O.R., ABDURAHMAN, N.H. & OLALERE, O.A. 2017. Ethanolic extraction of flavonoids , phenolics and antioxidants from *Vernonia amygdalina* leaf using two-level factorial design. *Journal of King Saud University - Science*, 1–10. DOI 10.1016/j.jksus.2017.08.001
- ALITONOU, G., AVLESSI, F., BOKOSSA, I., AHOUSSE, E., DANGOU, J. & SOHOUNHLOUÉ, D.C.K. 2004. Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Linn. *Comptes Rendus Chimie* 7(10–11), 1101–1105. DOI 10.1016/j.crci.2003.11.017
- ALLEMAN, F., GABRIEL, I., DUFOURCQ, V., PERRIN, F. & GABARROU, J.F. 2013. Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. 1. Performances de croissance et réglementation. *Productions Animales* 26(1), 3–12. DOI 10.20870/productions-animales.2013.26.1.3130
- AMARTI, F., EL AJJOURI, M., GHANMI, M., SATRANI, B., AAFI, A., FARAH, A., KHIA, A., GUEDIRA, A., RAHOUTI, M. & CHAOUCH, A. 2011. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc. *Phytotherapie* 9(3), 149–157. DOI 10.1007/s10298-011-0625-6
- AMEZOUAR, F., BADRI, W., HSAINE, M., BOURHIM, N. & FOUGRACH, H. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory activities of Moroccan *Erica arborea* L. *Pathologie Biologie* 61(6), 254–258. DOI 10.1016/j.patbio.2013.03.005
- ARBAAYAH, 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. DOI 10.5943/mycosphere/4/4/2
- ARPINO, P., PRÉVÔT, A., SERPINET, J., TRANCHANT, J., VERGNOL, J., VERGNOL, A. & WITIER, P. 1995. *Manuel Pratique de Chromatographie En Phase Gazeuse*. Masson. Paris.
- ARRAIZA, M.P., ANDRÉS, M.P. & LÓPEZ, J. V. 2009. Seasonal variation of essential oil yield and composition of thyme (*thymus vulgaris* l.) grown in castilla-la

- mancha (central Spain). *Journal of Essential Oil Research* 21(4), 360–362. DOI 10.1080/10412905.2009.9700192
- ARRIGO, A.-P. 2005. Chaperons moléculaires et repliement des protéines, l'exemple de certains protéines de choc thermique. *Medecine/Sciences* 21, 619–625. DOI 10.7202/011194ar
- ASIRY, K.A. & ZAITOUN, A.A. 2020. Evaluation of the toxicity of three plant extracts against the Khapra beetle *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera : Dermestidae) under laboratory conditions. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 79(1), 5–12. DOI 10.25085/rsea.790102
- ATTI-SANTOS, A.C., PANSERA, M.R., PAROUL, N., ATTI-SERAFINI, L. & MOYNA, P. 2004. Seasonal variation of essential oil yield and composition of *thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) from South Brazil). *Journal of Essential Oil Research* 16(4), 294–295. DOI 10.1080/10412905.2004.9698724
- AYALEW, A.A. 2020. Insecticidal activity of *Lantana camara* extract oil on controlling maize grain weevils. *Toxicology Research and Application* 4, 1–10. DOI 10.1177/2397847320906491
- AYUB, A., TAUSEEF, S., ZEHRA, S.Q., BEGUM, SABIRA; SIDDIQUI, B.S. & AHMED, A. 2017. Antimicrobial Activity of *Lantana Camara* Linn. *Journal of Biology* . 7(1), 127–130.
- BABULKA, P. 2007. Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales: De la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne. *Phytotherapie* 5(3), 137–145. DOI 10.1007/s10298-007-0240-8
- BABUSHOK, V.I., LINSTROM, P.J. & ZENKEVICH, I.G. 2011. Retention Indices for Frequently Reported Compounds of Plant Essential Oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 40(4). DOI 10.1063/1.3653552
- BADGUJAR, N. V., MISTRY, K.N., CHUDASAMA, P.N. & PATEL, J.S. 2017. In vitro antioxidant and cytotoxic effects of methanol extracts of vitex negundo, *Lantana camara*, *bauhinia variegata* and *bauhinia racemosa* on human cancer cell lines. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* 79(3), 431–437. DOI 10.4172/pharmaceutical-sciences.1000246
- BAHI, A., AL MANSOURI, S., AL MEMARI, E., AL AMERI, M., NURULAIN, S.M. & OJHA, S. 2014. β -Caryophyllene, a CB2 receptor agonist produces multiple behavioral changes relevant to anxiety and depression in mice. *Physiology & Behavior* 135, 119–124. DOI 10.1016/j.physbeh.2014.06.003
- BAIRAGI, S.M., PATHAN, I.B. & NEMA, N. 2017. Analgesic and anti-inflammatory activity of crude leaf and bark extract of *Lantana camara*. *Marmara Pharmaceutical Journal* 21(4), 810–817. DOI 10.12991/mpj.2017.7
- BALENDIRAN, G.K., DABUR, R. & FRASER, D. 2004. The role of glutathione in cancer. *Cell Biochemistry and Function* 22(6), 343–352. DOI 10.1002/cbf.1149
- BANGOU, J.M. 2012. Etude Phytochimique et Activités Biologiques Des Tiges Feuillées *Lantana Camara* L. et de *Lippia Chevalieri* Moldenke: Deux

- Verbenacea Du BURKINA FASO. Université de Ouagadougou, 199p pp.
- BANGOU, M.J., KIENDREBEOGO, M., COMPAORÉ, M., COULIBALY, A.Y., MEDA, N.-T.R., ABARCA, N.A., ZEBA, B., MILLOGO-RASOLODIMBY, J. & NACOULMA, O.G. 2011. Enzyme Inhibition Effect and Polyphenolic Content of Medicinal Plant Extracts from Burkina Faso. *Journal of Biological Sciences*, 1–8. DOI 10.3923/jbs.2011
- BANGOU, M.J., ALMARAZ-ABARCA, N., MÉDA, N.T.R., ZEBA, B., KIENDREBÉOGO, M., MILLOGO-RASOLODIMBY, J. & NACOULMA, O.G. 2012. Polyphenolic composition of *Lantana camara* and *Lippia chevalieri*, and their antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Phytomedicine* 4(1), 115–124. DOI 10.5138/ijpm.v4i1.526
- BANNWARTH, B. 2005. Anti-inflammatory therapy. Place of conventional NSAIDs and coxibs. *EMC Medecine* 2(5), 524–531. DOI 10.1016/j.emcmed.2005.08.004
- BARKAT MALIKA & IMÈNE LAIB. 2011. Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. *Revue de Génie Industriel* 6, 46–54.
- BARNIG, C. 2016. Pro-resolving lipid mediators in allergic inflammation. *Revue Francaise d'Allergologie* 56(1), 38–42. DOI 10.1016/j.reval.2015.09.008
- BAROUKI, R. 2006. Ageing free radicals and cellular stress. *Medecine/Sciences* 22(3), 266–272. DOI 10.7202/012780ar
- BARRE, J.T., BOWDEN, B.F., COLL, J.C., DE JESUS, J., DE LA FUENTE, V.E., JANAÍRO, G.C. & RAGASA, C.Y. 1997. A bioactive triterpene from *Lantana camara*. *Phytochemistry* 45(2), 321–324. DOI 10.1016/S0031-9422(96)00805-9
- BARUA, A.K., CHAKARBARTI, P., DUTTA, S.P., MUKHERJEE, D.K. & DAS, B.C. 1971. Triterpenoids - XXXVII: The structure and stereochemistry of lantanolic acid - a new triterpenoid from *Lantana camara*. *Tetrahedron* 27(6), 1141–1147. DOI [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)90861-0](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)90861-0)
- BARUTI, M., SINGH, B., BHUYAN, M., BORTHAKUR, A., BHUYAN, D. & CHUTIA, J. 2018. Management of *Lantana camara* poisoning in a bull. *International Journal of Chemical Studies* 6(1), 950–952.
- BASHIGE-CHIRIBAGULA, V., BAKARI-AMURI, S., MBUYI-KALONJI, S., KAHUMBA-BYANGA, J., DUEZ, P. & LUMBU-SIMBI, J.B. 2017. Étude ethnobotanique, phytochimique et évaluation de l'activité antiplasmodiale de 13 plantes réputées antipaludéennes dans la commune du Kenya (Lubumbashi, RDC). *Phytotherapie*, 1–10. DOI 10.1007/s10298-017-1152-x
- BATTEUX, F., CHÉREAU, C. & WEILL, B. 2003. Réaction inflammatoire, conduite à tenir: aspects biologiques et cliniques. In: Boeck, D. (ed.) *Immunopathologie et Réactions Inflammatoires*. 11–35.
- BAUD, L. 2001. Mécanismes d' interruption de la réaction inflammatoire et leur contrôle. *Nutr Clin Métabol* 15, 11–15.
- BAYSAL, T. & STARMANS, D.A.J. 1999. Supercritical carbon dioxide extraction of

- carvone and limonene from caraway seed. *Journal of Supercritical Fluids* 14(3), 225–234. DOI 10.1016/S0896-8446(98)00099-0
- BAZINA, E., MAKRIS, A., VENDER, C. & SKOULA, M. 2002. Genetic and chemical relations among selected clones of *Salvia officinalis*. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* 9(4), 269–273. DOI 10.1300/J044v09n04_02
- BEARDSSELL, D. V., WILLIAMS, E.G. & KNOX, R.B. 1989. The Structure and Histochemistry of the Nectary and Anther Secretory Tissue of the Flowers of *Thryptomene calycina* (Lindl.) Stapf (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany* 37, 65–80.
- BEÁTA GOSZTOLA, S.S. AND É.N. 2010. Variability of the Essential Oil Content and Composition of Chamomile (*Matricaria recutita* L.) affected by Weather Conditions. *Natural Product Communications* 5(3), 465–470.
- BEEBY, P. 1978. Chemical Modification of Triterpenes from *Lantana camara*. 22b-Ester Analogues of Lantadene A. *Australian Journal of Chemistry* 31(6), 1213–1322.
- BEGUM, S., RAZA, S.M., SIDDIQUI, B.S. & SIDDIQUI, S. 1995. Triterpenoids from the aerial parts of *Lantana camara*. *Journal of Natural Products* 58(10), 1570–1574.
- BEGUM, S., WAHAB, A. & SIDDIQUI, B.S. 2008. Antimycobacterial activity of flavonoids from *Lantana camara* Linn. *Natural Product Research* 22(6), 467–470. DOI 10.1080/14786410600898714
- BEGUM, S., ZEHRRA, S.Q., AYUB, A. & SIDDIQUI, B.S. 2010. A new 28-noroleanane triterpenoid from the aerial parts of *Lantana camara* Linn. *Natural Product Research* 24(13), 1227–1234. DOI 10.1080/14786410903034082
- BEKRO, Y.-A., MAMYRBEKOVA, J., BOUA, B., TRA BI, F. & EHILE, E. 2008. Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. et Zarucchi (*Caesalpinaceae*). *Sciences & Nature* 4(2), 217–225. DOI 10.4314/scinat.v4i2.42146
- BELKACEM, S., BELBACHE, H., BOUBEKRI, C., MOSSET, P., RACHED-MOSBAH, O., MARCHIONI, E., BENAYACHE, S. & BENAYACHE, F. 2014. Chemical Constituents from *Centaurea parviflora* Desf. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 5(3), 1275–1279.
- BENHAMOU, N. 2009. *La Résistance Chez Les Plantes. Principes de La Stratégie Défensive et Applications Agronomiques*. TEC & DOC. 376 pp. Lavoisier, Paris.
- BENHAMOU, N. & PICARD, K. 1999. La résistance induite : une nouvelle stratégie de défense des plantes contre les agents pathogènes. *Phytoprotection* 80(3), 137–168. DOI 10.7202/706189ar
- BENHAMOU, N. & REY, P. 2012. Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable . I . Principes de la résistance induite. *Phytoprotection* 92(1), 1–23. DOI <https://doi.org/10.7202/1012399ar>
- BENINI, C., MAHY, G., BIZOUX, J.P., WATHELET, J.P., DU JARDIN, P., BROSTAU, Y.

- & FAUCONNIER, M.L. 2012. Comparative chemical and molecular variability of *cananga odorata* (Lam.) Hook.f. & thomson forma *genuina* (*Ylang-Ylang*) in the western indian ocean islands: Implication for valorization. *Chemistry and Biodiversity* 9(7), 1389–1402. DOI 10.1002/cbdv.201100306
- BENITES, J., MOITEIRO, C., MIGUEL, G., ROJO, L., LÓPEZ, J., VENÂNCIO, F., RAMALHO, L., FEIO, S., DANDLEN, S., CASANOVA, H. & TORRES, I. 2009. Composition and biological activity of the essential oil of peruvian *Lantana camara*. *Journal of the Chilean Chemical Society* 54(4), 379–384. DOI 10.4067/S0717-97072009000400012
- BENYOUCEF, F., EL AMINE DIB, M., ARRAR, Z., COSTA, J. & MUSELLI, A. 2018. Synergistic antioxidant activity and chemical composition of essential oils from *thymus fontanesii*, *artemisia herba-alba* and *rosmarinus officinalis*. *Journal of Applied Biotechnology Reports* 5(4), 151–156. DOI 10.29252/JABR.05.04.03
- BERGONZI, M.C., BILIA, A.R., GALLORI, S., GUERRINI, D. & VINCIERI, F.F. 2001. Variability in the content of the constituents of *Hypericum perforatum* L. and some commercial extracts. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 27(6), 491–497. DOI 10.1081/DDC-100105173
- BERKER, K.I., GÜÇLÜ, K., TOR, I. & APAK, R. 2007. Comparative evaluation of Fe(III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta* 72(3), 1157–1165. DOI 10.1016/j.talanta.2007.01.019
- BERO, J. & QUETIN-LECLERCQ, J. 2011. Natural Products Published in 2009 from Plants Traditionally Used to Treat Malaria. *Planta Med* 77, 631–640.
- BERO, J., GANFON, H., JONVILLE, M., FRÉDÉRICH, M., GBAGUIDI, F., DEMOL, P., MOUDACHIROU, M. & QUETIN-LECLERCQ, J. 2009. In vitro antiplasmodial activity of plants used in Benin in traditional medicine to treat malaria. *Journal of Ethnopharmacology* 122, 439–444. DOI 10.1016/j.jep.2009.02.004
- BERO, J., HÉRENT, M.F., SCHMEDA-HIRSCHMANN, G., FRÉDÉRICH, M. & QUETIN-LECLERCQ, J. 2013. In vivo antimalarial activity of *Keetia leucantha* twigs extracts and in vitro antiplasmodial effect of their constituents. *Journal of Ethnopharmacology* 149(1), 176–183. DOI 10.1016/j.jep.2013.06.018
- BETTI, J.L. 2001. Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de biosphère du Dja (Cameroun). *Systematics and Geography of Plants* 71(2), 661–678. DOI 10.2307/3668709
- BHAKTA, D. & GANJEWALA, D. 2009. Effect of Leaf Positions on Total Phenolics, Flavonoids and Proanthocyanidins Content and Antioxidant Activities in *Lantana Camara* (L). *Journal of Scientific Research* 1(2), 363–369. DOI 10.3329/jsr.v1i2.1873
- BICAS, J.L., NERI-NUMA, I.A., RUIZ, A.L.T.G., DE CARVALHO, J.E. & PASTORE, G.M. 2011. Evaluation of the antioxidant and antiproliferative potential of bioflavors.

- Food and Chemical Toxicology* 49(7), 1610–1615. DOI 10.1016/j.fct.2011.04.012
- BIDIE, A. DIT P., N'GUESSAN, B.B., YAPO, A.F., N'GUESSAN, J.D. & DJAMAN, A.J. 2011. Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. *Article original Sci. Nat* 8, 1–11.
- BINNS, A.N., CHEN, R.H., WOOD, H.N. & LYNN, D.G. 1987. Cell division promoting activity of naturally occurring dehydrodiconiferyl glucosides: Do cell wall components control cell division? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 84(4), 980–984. DOI 10.1073/pnas.84.4.980
- BLAIN, H., JOUZEAU, J.Y., NETTER, P. & JEANDEL, C. 2000. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens inhibiteurs sélectifs de la cyclooxygénase 2. Intérêt et perspectives. *Revue de Médecine Interne* 21(11), 978–988. DOI 10.1016/S0248-8663(00)00254-X
- BOIRA, H. & BLANQUER, A. 1998. Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochemical Systematics and Ecology* 26(8), 811–822. DOI 10.1016/S0305-1978(98)00047-7
- BOKOV, A., CHAUDHURI, A. & RICHARDSON, A. 2004. The role of oxidative damage and stress in aging. *Mechanisms of Ageing and Development* 125, 811–826. DOI 10.1016/j.mad.2004.07.009
- BORS, W., HELLER, W., MICHEL, C. & SARAN, M. 1990. Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods in Enzymology* 186, 343–355. DOI [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86128-I](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86128-I)
- BOUCHONNET, S. & LIBONG, D. 2004. Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse. *Actualité Chimique*(275), 7–14.
- BOUDA, H., TAPONDJOU, L.A., FONTEM, D.A. & GUMEDZOE, M.Y.D. 2001. Effect of essential oils from leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 37, 103–109.
- BOUDJOUF, M. 2011. *Etude de l'activité Antioxydante et Antimicrobienne d'extrait d'Artemisia Campestris L.* Université Ferhat Abbas, Sétif, 99 pp.
- BOUHDID, S., ABRINI, J., BAUDOIX, D., MANRESA, A. & ZHIRI, A. 2012. Les huiles essentielles de l'origan compact et de la cannelle de Ceylan: Pouvoir antibactérien et mécanisme d'action. *Journal de Pharmacie Clinique* 31(3), 141–148. DOI 10.1684/jpc.2012.0221
- BOUIDIDA, H., ALAOU, K., CHERRAH, Y., FKI-H-TETOUANI, S. & IL IDRISSE, A. 2004. Toxicité aiguë et action analgésique des huiles essentielles de *Nepeta atlantica* Ball et *Nepeta tuberosa* L. ssp. *reticulata* (Desf.) Maire. Acute toxicity and analgesic activity of the essential oils of *Nepeta atlantica* Ball and *Nepeta tuberosa* L. ssp. *reticu*. *Phytothérapie* 2(4), 120–125. DOI 10.1007/s10298-004-0035-0

- BOURASSA, P., KANAKIS, C.D., TARANTILIS, P., POLLISSIOU, M.G. & TAJMIR-RIAH, H.A. 2010. Resveratrol, genistein, and curcumin bind bovine serum albumin. *Journal of Physical Chemistry B* 114(9), 3348–3354. DOI 10.1021/jp9115996
- BOUYAHYA, A., ABRINI, J., BAKRI, Y. & DAKKA, N. 2017. Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Origanum compactum*. *Phytotherapie* 15(6), 379–383. DOI 10.1007/s10298-017-1101-8
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E. & BERSET, C. 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28, 25–30. DOI 10.1016/S0023-6438(95)80008-5
- BRASH, A.R. 1999. Lipoxygenases: Occurrence, Functions, Catalysis, and Acquisition of Substrate. *the Journal of Biological Chemistry* 274(August 20), 23679–23683. DOI 10.1074/jbc.274.34.23679
- BRENES, A. & ROURA, E. 2010. Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology* 158(1–2), 1–14. DOI 10.1016/j.anifeeds.2010.03.007
- CALLEJA, M.A., VIEITES, J.M., MONTERO-METERDEZ, T., TORRES, M.I., FAUS, M.J., GIL, A. & SUÁREZ, A. 2013. The antioxidant effect of β -caryophyllene protects rat liver from carbon tetrachloride-induced fibrosis by inhibiting hepatic stellate cell activation. *British Journal of Nutrition* 109(3), 394–401. DOI 10.1017/S0007114512001298
- CAMPBELL, C., COLLINS, W., NGUYEN-DINH, P., BARBER, A. & JR. BRODERSON. 1982. *Plasmodium falciparum* gametocytes from culture in vitro develop to sporozoites that are infectious to primates. *PubMed* 217(4564), 1048–1050.
- CARILLON, A. 2009. Place de la phytothérapie dans les systèmes de santé au XXI^e s . In: *SIPAM*. 1–7.
- CARILLON, E. 2000. La phytothérapie face à l'évolution médicale. *Ed : Phyto*, 10–15.
- CARVALHO, I.T., ESTEVINHO, B.N. & SANTOS, L. 2016. Application of microencapsulated essential oils in cosmetic and personal healthcare products – a review. *International Journal of Cosmetic Science* 38, 109–119. DOI 10.1111/ics.12232
- CASANOVA, J. 1994. Les différentes techniques d'analyse des huiles essentielles. *Res Mediterranea* 1, 63–72.
- CASASSA, I.A.F., SARI, I.A.S., AVAGNINA, E.S., DÍAZ, T.G.M., JOFRÉ, L.Q.V., FANZONE, L.B.M. & CATANIA, I.A.C. 2007. Influence de deux techniques de macération sur la composition phénolique et aromatique et les caractéristiques organoleptiques de vins cv. merlot. *Revue Internet de Viticulture et Oenologie* 25(1), 1–12.
- CASTOLA, V., MAZZONI, V., CORTICCHIATO, M., BIGHELLI, A. & CASANOVA, J. 1997. Hydrogen bonding effect on Carbon-13 NMR chemical shifts of naturally occurring phenols. *Canadian Journal Anal Sci Spectro* 42, 90–94.

- CAVALLI, J.-F. 2002. *Caracterisation Par CPG/IK, CPG/SM et RMN Du Carbone-13 d'huiles Essentielles de Madagascar*. 275 pp.
- CEDEF. 2005. Item n° 174 : Prescription et surveillance des anti-inflammatoires stéroïdiens et non stéroïdiens : traitement democorticoïde. *Annales de dermatologie et de vénéréologie* 132, 7S156-7S159.
- CEDEF. 2008. Item 174 - Prescription et surveillance des anti-inflammatoires stéroïdiens et non stéroïdiens. *Annales de Dermatologie et de Venereologie* 135S, F163–F167. DOI 10.1016/j.annder.2008.07.034
- CÉLINE, V., ADRIANA, P., ERIC, D., JOAQUINA, A.C., YANNICK, E., AUGUSTO, L.F., ROSARIO, R., DIONICIA, G., MICHEL, S., DENIS, C. & GENEVIÈVE, B. 2009. Medicinal plants from the Yanesha (Peru): Evaluation of the *leishmanicidal* and antimalarial activity of selected extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 123(3), 413–422. DOI 10.1016/j.jep.2009.03.041
- CHALCHAT, J.C. & VALADE, I. 2000. Chemical Composition of Leaf Oils of Cinnamomum from Madagascar: *C. Zeylanicum Blume*, *C. camphora L.*, *C. fragrans Baillon* and *C. Angustifolium*. *Journal of Essential Oil Research* 12(5), 537–540. DOI 10.1080/10412905.2000.9712153
- CHAMPAGNE, B. 1999. *Protéolyse de ICAM-1 Par l'élastase de Leucocyte*. 111 pp.
- CHANDRA, S., CHATTERJEE, P., DEY, P. & BHATTACHARYA, S. 2012. Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2, S178–S180. DOI 10.1016/S2221-1691(12)60154-3
- CHANG, H.-J., KIM, J.-M., LEE, J.-C., KIM, W.-K. & CHUN, H.S. 2013. Protective Effect of β -Caryophyllene, a Natural Bicyclic Sesquiterpene, Against Cerebral Ischemic Injury. *Journal of Medicinal Food* 16(6), 471–480. DOI 10.1089/jmf.2012.2283
- CHARLES, N.N. & BONARERI, N.L. 2020. An inventory of some medicinal plants used by abagusii traditional healers of South West Kenya. *Journal of Medicinal Plant Studies* 8(3), 127–135.
- CHIANG, C.M., CHANG, Y.J., WU, J.Y. & CHANG, T.S. 2017. Production and anti-melanoma activity of methoxyisoflavones from the biotransformation of genistein by two recombinant *Escherichia coli* strains. *Molecules* 22(1). DOI 10.3390/molecules22010087
- CHIASSON, H. & BELOIN, N. 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ». *Antennae* 14(1), 12–15.
- CHO, H.I., HONG, J.M., CHOI, J.W., CHOI, H.S., HWAN KWAK, J., LEE, D.U., KOOK LEE, S. & LEE, S.M. 2015. β -Caryophyllene alleviates d-galactosamine and lipopolysaccharide-induced hepatic injury through suppression of the TLR4 and RAGE signaling pathways. *European Journal of Pharmacology* 764, 613–621. DOI 10.1016/j.ejphar.2015.08.001
- CHOGO, J. & CRANK, G. 1982. Essential oil and leaf constituents of *Lippia ukambensis*

- from tanzania. *Journal of Natural Products* 45(2), 186–188. DOI 10.1021/np50020a013
- CHOWDHURY, J.U., NANDI, N.C. & BHUIYAN, M.N.I. 2007. Chemical Composition of Leaf Essential Oil of *Lantana Camara* L. From Bangladesh. *Bangladesh J. Bot.* 36(2), 193–194.
- CICCARELLI, D., GARBARI, F. & PAGNI, A.M. 2008. The flower of *Myrtus communis* (Myrtaceae): Secretary structures , unicellular papillae , and their ecological role. *Flora* 203, 85–93. DOI 10.1016/j.flora.2007.01.002
- CIRCELLA, G., FRANZ, C., NOVAK, J. & RESCH, H. 1995. Influence of day length and leaf insertion on the composition of marjoram essential oil. *Flavour and Fragrance Journal* 10(6), 371–374. DOI 10.1002/ffj.2730100607
- CLARKSON, C., MAHARAJ, V.J., CROUCH, N.R., GRACE, O.M., PILLAY, P., MATSABISA, M.G., BHAGWANDIN, N., SMITH, P.J. & FOLB, P.I. 2004. In vitro antiplasmodial activity of medicinal plants native to or naturalised in South Africa. *Journal of Ethnopharmacology* 92(2–3), 177–191. DOI 10.1016/j.jep.2004.02.011
- CLERE, N. 2019. Arthrose, prévenir l'incapacité fonctionnelle et soulager la douleur. *Actualites Pharmaceutiques* 58(582), 45–47. DOI 10.1016/j.actpha.2018.11.008
- COLLÈGE FRANÇAIS DES PATHOLOGISTES. 2011. *La Réaction Inflammatoire: Les Inflammations*. 52 pp.
- COSTA, D.P., SANTOS, S.C., SERAPHIN, J.C. & FERRI, P.H. 2009. Seasonal variability of essential oils of *eugenia uniflora* leaves. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 20(7), 1287–1293. DOI 10.1590/S0103-50532009000700013
- COSTA, J.G.M., RODRIGUES, F.F.G., SOUSA, E.O., JUNIOR, D.M.S., CAMPOS, A.R., COUTINHO, H.D.M. & DE LIMA, S.G. 2010. Composition and larvicidal activity of the essential oils of *lantana camara* and *lantana montevidensis*. *Chemistry of Natural Compounds* 46(2), 313–315. DOI 10.1007/s10600-010-9601-x
- COUIC-MARINIER, F. & LOBSTEIN, A. 2013. Mode d'utilisation des huiles essentielles. *Actualites Pharmaceutiques* 52(525), 26–30. DOI 10.1016/j.actpha.2013.02.007
- CREAPHARMA. 2017. Phytopérapie. *Creapharma*. World Wide Web Address: <https://www.creapharma.ch/phytotherapie.htm>
- CROTEAU, R. 1987. Biosynthesis and Catabolism of Monoterpenoids. *Chemical Reviews* 87(5), 929–954.
- CURADO, M.A., OLIVEIRA, C.B.A., JESUS, J.G., SANTOS, S.C., SERAPHIN, J.C. & FERRI, P.H. 2006. Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytochemistry* 67(21), 2363–2369. DOI 10.1016/j.phytochem.2006.08.002
- CUVELIER, C., DOTREPPE, O. & ISTASSE, L. 2003. Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Annales de Medecine Veterinaire* 147(5), 315–324.
- CUZZOCREA, S., ZINGARELLI, B., VILLARI, D., CAPUTI, A.P. & LONGO, G. 1998. Evidence for in vivo peroxy-nitrite production in human chronic hepatitis. *Life*

- Sciences* 63(2), 25–30.
- CZARNECKI, D.M. & DENG, Z. 2020. Assessment of the Female Fertility of 26 Commercial *Lantana camara* Cultivars and Six Experimental Lines. *HortScience*, 1–7. DOI 10.21273/HORTSCI14963-20
- DA SILVA, M.H.L., ANDRADE, E.H.A., ZOGHBI, M.D.G.B., LUZ, A.I.R., DA SILVA, J.D. & MAIA, J.G.S. 1999. The essential oils of *Lantana camara* L. occurring in North Brazil. *Flavour and Fragrance Journal* 14(4), 208–210. DOI 10.1002/(SICI)1099-1026(199907/08)14:4<208::AID-FFJ811>3.0.CO;2-F
- DAHAM, S.S., TABANA, Y.M., IQBAL, M.A., AHAMED, M.B.K., EZZAT, M.O., MAJID, A.S.A. & MAJID, A.M.S.A. 2015. The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene β -caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*. *Molecules* 20(7), 11808–11829. DOI 10.3390/molecules200711808
- DAR, M.Y., SHAH, W.A., RATHER, M.A., QURISHI, Y., HAMID, A. & QURISHI, M.A. 2011. Chemical composition, in vitro cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil and major constituents of *Cymbopogon jawarancusa* (Kashmir). *Food Chemistry* 129(4), 1606–1611. DOI 10.1016/j.foodchem.2011.06.016
- DAWIDOWICZ, A.L. & OLSZOWY, M. 2014. Does antioxidant properties of the main component of essential oil reflect its antioxidant properties? The comparison of antioxidant properties of essential oils and their main components. *Natural Product Research* 28(22), 1952–1963. DOI 10.1080/14786419.2014.918121
- DAY, M.D., WILEY, C.J., PLAYFORD, J. & ZALUCKI, M.P. 2003. *Lantana: Current Management Status and Future Prospects*. 128 pp. DOI 10.1097/01.wnr.0000053663.14657
- DE FEO, V., DE SIMONE, F. & SENATORE, F. 2002. Potential allelochemicals from the essential oil of *Ruta graveolens*. *Phytochemistry* 61, 573–578.
- DE POOTER, H.L., VERMEESCH, J. & SCHAMP, N.M. 1989. The Essential Oils of *Tanacetum vulgare* L. and *Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip. *Journal of Essential Oil Research* 1, 9–13. DOI 10.1080/10412905.1989.9699438
- DE SENA FILHO, J.G., RABBANI, A.R.C., DOS SANTOS SILVA, T.R., DA SILVA, A.V.C., SOUZA, I.A., SANTOS, M.J.B.A., DE JESUS, J.R., NOGUEIRA, P.C. DE L. & DURINGER, J.M. 2012. Chemical and molecular characterization of fifteen species from the *Lantana* (Verbenaceae) genus. *Biochemical Systematics and Ecology* 45, 130–137. DOI 10.1016/j.bse.2012.07.024
- DEENA, M.J. & THOPPIL, J.E. 2000. Antimicrobial activity of the essential oil of *Lantana camara*. *Fitoterapia* 71(4), 453–455. DOI 10.1016/S0367-326X(00)00140-4
- DELEMARRE, J.M. & VAN DER KAAJ, H.J. 1979. *Plasmodium falciparum* malaria contracted in the natural way in the Netherlands. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde* 123(46), 1981–1982.
- DENOU, A., KOUDOUVO, K., HAIDARA, M., TOGOLA, A., SANOGO, R., ESSIEN, K.,

- AKLIKOKOU, K.A., DIALLO, D., GBEASSOR, M. & O, M.W. 2016. Activité analgésique de quatre plantes utilisées dans la prise en charge traditionnelle du paludisme au Mali et au Togo Analgesic activity of four plants used in traditional management of *malaria* in Mali and in Togo *Int. J. Biol. Chem. Sc* 10(3), 1342–1349.
- DERRIER, M. & MERCATELLO, A. 1997. Place des anti-inflammatoires non stéroïdiens en période périopératoire :Intéret et limites. *Annales Françaises d'Anesthesie et de Reanimation* 16, 498–520.
- DESPORT, J.-C. & COURATIER, P. 2002. Stress oxydant et maladies neurodégénératives. *Nutrition Clinique et Métabolisme* 16(4), 253–259. DOI 10.1016/s0985-0562(02)00172-3
- DHARA SHUKLA, S.W. & VANKAR, AND P.S. 2018. Pain and Inflammation Relieving Herbs from Srilanka. *International Journal of Pain & Relief* 2(1), 1–5.
- DJERIDANE, A., BRUNEL, J.M., VIDAL, N., YOUSFI, M., AJANDOUZ, E.H. & STOCKER, P. 2008. Inhibition of porcine liver carboxylesterase by a new flavone glucoside isolated from *Deverra scoparia*. *Chemico-Biological Interactions* 172(1), 22–26. DOI 10.1016/j.cbi.2007.11.008
- DODOŠ, T., RAJCEVIC, N., JANACKOVIC, P., VUJISIC, L. & MARIN, P.D. 2019. Essential oil profile in relation to geographic origin and plant organ of *Satureja kitaibelii* Wierzb. ex Heuff..pdf. *Industrial Crops & Products* 139(111549), 1–8.
- DOMINIQUE, A.L.M., JEAN-MARC, Z.B.G., KOUADIO, B. & NOËL, Z.G. 2018. Étude Ethnobotanique et Screening Phytochimique de Quelques Ptéridophytes de la Forêt Classée de Yapo-Abbé (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ* 14(33), 173. DOI 10.19044/esj.2018.v14n33p173
- DONADU, M., USAI, D., PINNA, A., PORCU, T., MAZZARELLO, V., FIAMMA, M., MARCHETTI, M., CANNAS, S., DELOGU, G., ZANETTI, S. & MOLICOTTI, P. 2018. In vitro activity of hybrid lavender essential oils against multidrug resistant strains of *pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Infection in Developing Countries* 12(1), 9–14. DOI 10.3855/jidc.9920
- DORIANE, A. 2018. *Toxicité Des Huiles Essentielles Chez Les Enfants*. UNIVERSITE TOULOUSE III PAUL SABATIER, 117 pp.
- DOS SANTOS, R.C., DE MELO FILHO, A.A., CHAGAS, E.A., FERNÁNDEZ, I.M., TAKAHASHI, J.A. & FERRAZ, V.P. 2019. Influence of diurnal variation in the chemical composition and bioactivities of the essential oil from fresh and dried leaves of *Lantana camara*. *Journal of Essential Oil Research* 31(3), 228–234. DOI 10.1080/10412905.2018.1555102
- DOSSOU-YOVO, J., AMALAMAN, K. & CARNEVALE, P. 2001. Itinéraires et pratiques thérapeutiques antipaludiques chez les citadins de bouake, cote d'ivoire. *Medecine Tropicale* 61(6), 495–499.
- DOUGNON, G. & ITO, M. 2019. Sedative effects of the essential oil from the leaves of

- Lantana camara* occurring in the Republic of Benin via inhalation in mice. *Journal of Natural Medicines* 74, 159–169. DOI 10.1007/s11418-019-01358-9
- DRAGLAND, S., ROHLOFF, J., MORDAL, R. & IVERSEN, T.-H. 2005. Harvest Regimen Optimization and Essential Oil Production in Five Tansy (*Tanacetum vulgare* L.) Genotypes under a Northern Climate. *J. Agric. Food Chem* 53, 4946–4953.
- DUA, V.K., PANDEY, A.C. & DASH, A.P. 2010. Adulticidal activity of essential oil of *Lantana camara* leaves against mosquitoes. *Indian Journal of Medical Research* 131(3), 434–439.
- DUBEY, D. & PADHY, R.N. 2013. Antibacterial activity of *Lantana camara* L. against multidrug resistant pathogens from ICU patients of a teaching hospital. *Journal of Herbal Medicine* 3(2), 65–75. DOI 10.1016/j.hermed.2012.12.002
- DUTHIE, S.J. & DOBSON, V.L. 1999. Dietary flavonoids protect human colonocyte DNA from oxidative attack in vitro. *European Journal of Nutrition* 38(1), 28–34. DOI 10.1007/s003940050043
- EDEM, G.D., ESSIEN, S.I., EKANEM, A.U., OKON, K.A. & GABRIEL, S.S. 2020. *Lantana camara* ameliorates gastric ulcer in aspirin-induced ulcer in wistar rats. *Drug Discovery* 14(33), 50–56.
- EFICATT. 2019. *Paludisme*. 1-6 pp.
- EL-BAROTY, G.S., EL-BAKY, H.H.A., FARAG, R.S. & SALEH, M.A. 2010. Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. *African Journal of Biochemistry Research Vol. 4(6)*, 167–174.
- EL AJJOURI, M., SATRANI, B., GHANMI, M., AAFI, A., FARAH, A., RAHOUTI, M., AMARTI, F. & ABERCHANE, M. 2008. Activité antifongique des huiles essentielles de *thymus bleicherianus pomel* et *thymus capitatus* (L.) hoffm. & link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 12(4), 129–135.
- EL BAROTY, G.S., GODA, H.M., KHALIFA, E.A. & ABD EL BAKY, H.H. 2014. Antimicrobial and antioxidant activities of leaves and flowers essential oils of Egyptian *Lantana camara* L. *Der Pharma Chemica* 6(6), 246–255.
- ELANSARY, H.O., SALEM, M.Z.M., ASHMAWY, N.A. & YACOUT, M.M. 2012. Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Leaves Essential Oils from *Syzygium cumini* L., *Cupressus sempervirens* L. and *Lantana camara* L. from Egypt. *Journal of Agricultural Science* 4(10), 144–152. DOI 10.5539/jas.v4n10p144
- ESMAEILI, A. & KHODADADI, A. 2011. Antioxidant Activity of a Solution of Thymol in Ethanol. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences Journal* 18(9), 1–5. DOI 10.1117/12.385645
- ESSEH, K., AFANYIBO, Y.-G., AHAMA-ESSEH, K.Y.S., IDOH, K., KOUDOUVO, K., AGBONON, A. & GBEASSOR, M. 2019. Screening Phytochimique, Étude Toxicologique, Évaluation des Activités Antiplasmodiale et Antiradicalaire de

- la Tige Feuillée de *Senna occidentalis* Linn (Fabaceae). *European Scientific Journal ESJ* 15(6), 411–433. DOI 10.19044/esj.2019.v15n6p411
- EUGENE L. OPIE. 1962. On the relation of necrosis and inflammation to denaturation of proteins. *Journal of Experimental Medicine* 115, 597–608.
- FARIDI, B., ZELLOU, A., TOUATI, D., ALAOU, K. & CHERRAH, Y. 2014. Toxicité aiguë et activité anti-inflammatoire des graines de *Delphinium staphysagria*. *Phytotherapie* 12(3), 175–180. DOI 10.1007/s10298-014-0859-1
- FATIMAH, C., HARAHAP, U. & SURYANTO, D. 2017. Anti-Tuberculosis Assay of *Nanoherbal* and *Linn Flos* in Vitro and in Vivo. *IIOAB Journal* 8(2), 92–97.
- FAURE, S. 2009. Anti-inflammatoires stéroïdiens Série. *Actualites Pharmaceutiques* 48(487), 51–56. DOI 10.1016/S0515-3700(09)70493-8
- FAVIER, A. 2003. Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *Actualite Chimique(11–12)*, 108–115.
- FAYON, M., FERET, V., SAGBO, G. & DEBELLEIX, S. 2014. Alternatives à la corticothérapie inhalée dans le traitement de l'asthme de l'enfant : Les anti-leucotriènes. *Revue Francaise d'Allergologie* 54(3), 92–95. DOI 10.1016/j.reval.2014.02.004
- FELLAH, S., ROMDHANE, M. & ABDERRABA, M. 2006. Extraction et études des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*. L cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal de la Société Algérienne de Chimie* 16(2), 193–202.
- FERNANDES, E.S., PASSOS, G.F., MEDEIROS, R., DA CUNHA, F.M., FERREIRA, J., CAMPOS, M.M., PIANOWSKI, L.F. & CALIXTO, J.B. 2007. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. *European Journal of Pharmacology* 569(3), 228–236. DOI 10.1016/j.ejphar.2007.04.059
- FERRARA, N., ABETE, P., AMBROSIO, G., LANDINO, P., CACCESE, P., CIRILLO, P., ORADEI, A., LITTARRU, G.P., CHIARIELLO, M. & RENGO, F. 1995. Protective role of chronic ubiquinone administration on acute cardiac oxidative stress. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 274(2), 858–865.
- FIERRO, I.M. & SERHAN, C.N. 2001. Mechanisms in anti-inflammation and resolution: The role of *lipoxins* and aspirin-triggered lipoxins. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 34(5), 555–566. DOI 10.1590/S0100-879X2001000500002
- FIGUEIREDO, A.C., BARROSO, J.G., PEDRO, L.G. & SCHEFFER, J.J.C. 2008. Composition of the leaf, flower and fruit volatile oils of *Pittosporum tobira* (Thunb.) WT Aiton grown in three locations in Portugal. *Flavour and Fragrance Journal* 23, 213–226. DOI 10.1002/ffj
- FILLY, A., FABIANO-TIXIER, A.S., LOUIS, C. & FERNANDEZ, X. 2016. Water as a green solvent combined with different techniques for extraction of essential oil from lavender flowers. *Comptes Rendus Chimie* 19(6), 707–717. DOI

10.1016/j.crci.2016.01.018

- FLEURAT-LESSARD, F. 2018. Gestion intégrée de la protection des stocks de céréales contre les insectes sans traitement insecticide rémanent. *Phytoma* 716(Septembre), 33–40.
- FRATKIN, E. 1996. Traditional medicine and concepts of healing among Samburu pastoralists of Kenya. *Journal of Ethnobiology* 16(1), 63–97.
- FRÉDÉRICH, M., PAUW, M. DE, PROSPERI, C., TITS, M., BRANDT, V., PENELLE, J., HAYETTE, M., DEMOL, P. & ANGENOT, L. 2001. Strychnogucines A and B , Two New Antiplasmodial Bisindole Alkaloids from *Strychnos icaja*. *Journal of Natural Products* 64, 12–16. DOI 10.1021/np000285t
- GADENNE, A. 2017. Bien choisir ses huiles essentielle. *Plantes & Santé*, 1–4.
- GAFFNEY, B.J. 1996. Lipoxygenases: Structural principles and spectroscopy. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure* 25, 431–459. DOI 10.1146/annurev.bb.25.060196.002243
- GALANOS, C., RIETSCHER, E.T., LÜDERITZ, O., WESTPHAL, O., KIM, Y.B. & WATSON, D.W. 1972. Biological Activities of Lipid A Complexed with Bovine-Serum Albumin. *European Journal of Biochemistry* 31(2), 230–233. DOI 10.1111/j.1432-1033.1972.tb02524.x
- GARAIT, B. 2006. *Le Stress Oxydant Induit Par Voie Métabolique (Régimes Alimentaires) Ou Par Voie Gazeuse (Hyperoxie) et Effet de La GliSODin®*. 195 pp.
- GARDÈS-ALBERT, M., BONNEFONT-ROUSSELOT, D., ABEDINZADEH, Z. & JORE, D. 2003. Espèces réactives de l'oxygène. Comment l'oxygène peut-il devenir toxique? *Actualite Chimique(11–12)*, 91–96.
- GARNERO, J. 1996. *Huiles Essentielles*. K 345-1-K 345-11 pp.
- GAUTAM, R.K., GAUTAM, P.K., BANERJEE, S., RAWAT, V., SONI, S., SHARMA, S.K. & CHATTOPADHYAYA, M.C. 2015. Removal of tartrazine by activated carbon biosorbents of *Lantana camara*: Kinetics, equilibrium modeling and spectroscopic analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3(1), 79–88. DOI 10.1016/j.jece.2014.11.026
- GHASEMI PIRBALOUTI, A., IZADI, A., MALEK POOR, F. & HAMED, B. 2016. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from *Ferulago angulata*. *Pharmaceutical Biology* 54(11), 2515–2520. DOI 10.3109/13880209.2016.1162816
- GHISALBERTI, E.L. 1998. Biological and pharmacological activity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. *Phytomedicine* 5(2), 147–163. DOI 10.1016/S0944-7113(98)80012-3
- GHISALBERTI, E.L. 2000. *Lantana camara* L. (Verbenaceae). *Fitoterapia* 71, 467–486.
- GIDWANI, B., BHARGAVA, S., RAO, S., MAJOMDAR, A., PAWAR, D. & ALASPURE, R. 2009. Analgesic, Anti-Inflammatory and Anti-Hemorrhoidal Activity of

- Aqueous Extract of *Lantana Camara* Linn. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 2(2), 378–381.
- GIL, M.I., TOMÁS-BARBERÁN, F.A., HESS-PIERCE, B. & KADER, A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(17), 4976–4982. DOI 10.1021/jf020136b
- GODOFREDO, U.S.J. 2015. Kantutay. *Philippine Medicinal Plants*, 15. World Wide Web Address: <http://www.stuartxchange.org/Kantutay.html>
- GONG, A., ZHU, X., HU, Y. & YU, S. 2007. A fluorescence spectroscopic study of the interaction between episteride and bovin serum albumine and its analytical application. *Talanta* 73(4), 668–673. DOI 10.1016/j.talanta.2007.04.041
- GRACE, S.R.S., BALA, C.J. & KUMAR, K.H. 2017. In vitro anti-inflammatory and anti-arthritis activity in methanolic peel extracts of *Persea americana*. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences* 3(4), 195–199.
- GRAHAM WALLACE & FRY, S.C. 1994. Phenolic components of the primary cell wall. *International Review of Cytology* 151, 229–267. DOI 10.1042/bj2030493
- GRANT, N.H., ALBURN, H.E. & KRZYANASKAS, C. 1970. Stabilization of serum albumin by anti-inflammatory drugs. *Biochemical Pharmacology* 19(3), 715–722. DOI 10.1016/0006-2952(70)90234-0
- GRUNDSCHÖBER, F. 1992. The identification of individual components in flavourings and flavoured foods. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 6, 530–534. DOI 10.1007/BF01202508
- GUERRIAUD, M. 2018. Regulation of essential oils, a safety imperative. *Actualités Pharmaceutiques* 57(580), 21–25. DOI 10.1016/j.actpha.2018.09.005
- GÜLLÜCE, M., SÖKMEN, M., DAFERERA, D., AĞAR, G., ÖZKAN, H., KARTAL, N., POLISSIOU, M., SÖKMEN, A. & ŞAHİN, F. 2003. In Vitro Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities of the Essential Oil and Methanol Extracts of Herbal Parts and Callus Cultures of *Satureja hortensis* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(14), 3958–3965. DOI 10.1021/jf0340308
- HALENG, J., PINCEMAIL, J., DEFRAIGNE, J.O., CHARLIER, C. & CHAPELLE, J.P. 2007. Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liege* 62(10), 628–638.
- HANASAKI, Y., OGAWA, S. & FUKUI, S. 1994. The correlation between active oxygens scavenging and antioxidative effects of flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine* 16(6), 845–850. DOI [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)90202-X](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)90202-X)
- HART, N., LAMBERTON, J., SIOUMIS, A. & SUARES, H. 1976. New Triterpenes of *Lantana camara*. A Comparative Study of the Constituents of Several Taxa. *Australian Journal of Chemistry* 29(3), 655–671.
- HASELER, W.H. 1965. The status of insects introduced for the biological control of weeds in Queensland. *Journal of the Entomological Society of Queensland* 5, 1–4.
- HAYESHI, R., MUTINGWENDE, I., MAVENGERE, W., MASIYANISE, V. &

- MUKANGANYAMA, S. 2007. The inhibition of human glutathione S-transferases activity by plant polyphenolic compounds ellagic acid and *curcumin*. *Food and Chemical Toxicology* 45(2), 286–295. DOI 10.1016/j.fct.2006.07.027
- HAZZIT, M., BAALIOUAMER, A., VERÍSSIMO, A.R., FALEIRO, M.L. & MIGUEL, M.G. 2009. Chemical composition and biological activities of Algerian *Thymus* oils. *Food Chemistry* 116(3), 714–721. DOI 10.1016/j.foodchem.2009.03.018
- HE, J., FAN, P., FENG, S., SHAO, P. & SUN, P. 2018. Isolation and purification of two isoflavones from *Hericium erinaceum mycelium* by high-speed counter-current chromatography. *Molecules* 23(3). DOI 10.3390/molecules23030560
- HEMALATHA, P., ELUMALAI, D., JANAKI, A., BABU, M., VELU, K., VELAYUTHAM, K. & KALEENA, P.K. 2015. Larvicidal activity of *Lantana camara aculeata* against three important mosquito species. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3(1), 174–181.
- HENROTIN, Y., DEBY-DUPONT, G. & REGINSTER, J.Y. 2001. Les médiateurs biochimiques de l'inflammation. *Revue médicale de Liège* 56(6), 433–442.
- HERBERT, J.M., MAFFRAND, T.P., TAOUBI, K., AUGEREAU, J.M., FOURASTE, I. & GLEYE, J. 1991. Verbascoside isolated from *Lantana camara*, an inhibitor of protein kinase C. *Journal of Natural Products* 54(6), 1595–1600.
- HERZ, W., PETHTEL, K.D. & RAULAIS, D. 1991. Isoflavones, a sesquiterpene lactone-monoterpene adduct and other constituents of *gaillardia species*. *Phytochemistry* 30(4), 1273–1279.
- HEYMONET, C. 2013. *Les Plantes à Visée Anti-Inflammatoire Utilisées En Phytothérapie*. UNIVERSITE DE LORRAINE, 189 pp.
- HILAN, C., SFEIR, R., JAWISH, D. & AITOUR, S. 2006. Huiles Essentielles De Certaines Plantes Medicinales Libanaises De La Famille Des Lamiaceae. *Lebanese Science Journal* 7(2), 13–22.
- HIROTA, R., ROGER, N.N., NAKAMURA, H., SONG, H.S., SAWAMURA, M. & SUGANUMA, N. 2010. Anti-inflammatory effects of limonene from yuzu (*citrus junos tanaka*) essential oil on eosinophils. *Journal of Food Science* 75(3). DOI 10.1111/j.1750-3841.2010.01541.x
- HUANG, L.J., GAO, W.Y., LI, X., ZHAO, W.S., HUANG, L.Q. & LIU, C.X. 2010. Evaluation of the in vivo anti-inflammatory effects of extracts from *Pyrus bretschneideri* Rehd. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(16), 8983–8987. DOI 10.1021/jf101390q
- HUMBERT, L. & LHERMITTE, M. 2005. Molécules indétectables par chromatographie en phase gazeuse. *Annales de Toxicologie Analytique* 17(1), 57–62. DOI 10.1051/ata:2005038
- HUSSAIN, N., ABBASI, T. & ABBASI, S.A. 2015. Vermicomposting eliminates the toxicity of *Lantana* (*Lantana camara*) and turns it into a plant friendly organic fertilizer. *Journal of Hazardous Materials* 298, 46–57. DOI 10.1016/j.jhazmat.2015.04.073

- IRIE-N'GUESSAN, A., KABLAN, B., KOUAKOU-SIRANSY, N., LEBLAIS, V. & CHAMPY, P. 2011. Evaluation de la toxicité de cinq plantes antiasthmatiques de la médecine traditionnelle ivoirienne. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5(3), 1316–1319. DOI 10.4314/ijbcs.v5i3.72285
- ISMAN, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19 19, 603–608.
- ITO, T., OHGUCHI, K., IINUMA, M., NOZAWA, Y. & AKAO, Y. 2008. Inhibitory effects of polymethoxy flavones isolated from *Citrus reticulata* on degranulation in rat *basophilic leukemia* RBL-2H3 : Enhanced inhibition by their combination. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 16, 7592–7598.
- JACOB, J. & KUMAR, P. 2015. Dual COX/LOX inhibition: screening and evaluation of effect of medicinal plants of Kerala as Anti-inflammatory agents. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry JPP* 3(36), 62–66.
- JACQUIER-SARLIN, M.R. & POLLA, B.S. 1994. Protéines de stress : SOI, non-soi et réponse immune. *médecine/sciences* 1994 10, 31–41.
- JAMES, S., NDAKIDEMI, P.A. & MBEGA, E.R. 2020. Effects of Selected Pesticidal Plants on Termites Affecting Maize Production in Arusha , Tanzania. *American Journal of Plant Sciences* 11, 510–527. DOI 10.4236/ajps.2020.113036
- JOHNS, S., LAMBERTON, J., MORTON, T., SUARES, H. & WILLING, R. 1983. 22b-[(S)-2-Methylbutanoyloxy]-3-oxoolean-12-en-28-oic acid, a new constituent of *Lantana camara*. *Australian Journal of Chemistry* 36(9), 1895–1902.
- JONVILLE, M. 2011. *Etude de La Composition Chimique et Des Potentialités Antipaludiques de Plantes Utilisées En Médecine Traditionnelle Au Cambodge et Dans l ' Archipel Des Mascareignes*. 202 pp.
- JUSSELME, M.D., POLY, F., LEBEAU, T., ROULAND-LEFÈVRE, C. & MIAMBI, E. 2015. Effects of earthworms on the fungal community and microbial activity in root-adhering soil of *Lantana camara* during phytoextraction of lead. *Applied Soil Ecology* 96, 151–158. DOI 10.1016/j.apsoil.2015.07.011
- KABRAN, G.R., MAMYRBEKOVA-BEKRO, J.A., PIRAT, J.-L., BEKRO, Y.-A., SOMMERER, N., VERBAERE, A. & MEUDEC, E. 2014. Identification de composés phénoliques extraits de deux plantes de la pharmacopée ivoirienne*/Identification of phenolic compounds from two plants of ivorian. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie* 038, 57–63.
- KÄHKÖNEN, M.P., HOPIA, A.I., VUORELA, H.J., RAUHA, J.-P., PIHLAJA, K., KUJALA, T.S. & HEINONEN, M. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47, 3954–3962. DOI 10.1021/jf990146l
- KALOUSTIAN, J. & HADJI-MINAGLOU, F. 2013. *La Connaissance Des Huiles Essentielles : Qualitologie et Aromathérapie: Entre Science et Tradition Pour Une Application Médicale Raisonnée*. 226 pp.
- KALOUSTIAN, J., ABOU, L., MIKAIL, C., AMIOT, J.M. & PORTUGAL, H. 2005. Southern

- French thyme oils : chromatographic study of chemotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 2437–2444. DOI 10.1002/jsfa.2274
- KAMARAJ, C., KAUSHIK, N.K., RAHUMAN, A.A., MOHANAKRISHNAN, D., BAGAVAN, A., ELANGO, G., ZAHIR, A.A., SANTHOSHKUMAR, T., MARIMUTHU, S., JAYASEELAN, C., KIRTHI, A.V., RAJAKUMAR, G., VELAYUTHAM, K. & SAHAL, D. 2012. Antimalarial activities of medicinal plants traditionally used in the villages of Dharmapuri regions of South India. *Journal of Ethnopharmacology* 141(3), 796–802. DOI 10.1016/j.jep.2012.03.003
- KANKO, C., SAWALIHO, B.E.H., KONE, S., KOUKOUA, G. & N'GUESSAN, Y.T. 2004. Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. *Comptes Rendus Chimie* 7(10–11), 1039–1042. DOI 10.1016/j.crci.2003.12.030
- KAROUSOU, R., KOUREAS, D.N. & KOKKINI, S. 2005. Essential oil composition is related to the natural habitats: *Coridothymus capitatus* and *Satureja thymbra* in NATURA 2000 sites of Crete. *Phytochemistry* 66(22), 2668–2673. DOI 10.1016/j.phytochem.2005.09.020
- KARTIKA, M., SURYATI & EFDI, M. 2018. A Triterpenoid From The Leaves of Tahiy Ayam (*Lantana camara* Linn). *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry* 3(1), 18–22. DOI 10.24845/ijfac.v3.i1.18
- KASMARA, H., MELANIE, NURFAJRI, D.A., HERMAWAN, W. & PANATARANI, C. 2018. The toxicity evaluation of prepared *Lantana camara* nano extract against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *AIP Conference Proceedings* 1927. DOI 10.1063/1.5021239
- KASSI, F.M., BADOU, O.J., TONZIBO, Z.F., SALAH, Z., AMARI, L.-N.D.G.E. & KONE, D. 2014. Action du fongicide naturel NECO contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) chez le bananier plantain (AAB) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 75, 6183–6191.
- KETOH, G.K., GLITHO, I.A. & KOUMAGLO, H.K. 2004. Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces du genre *Cymbopogon* (Poaceae).pdf. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 18, 21–34.
- KHADIDJA, F., IBTISSEM, B. & SAIDA, K. 2018. Etude de l'Activité Anti - Inflammatoire de l'Extrait Brut Du Zingiber Officinale in Vitro. Université 8 Mai 1945 Guelma, 48 pp.
- KHAN, M., SRIVASTAVA, S.K., SYAMASUNDAR, K. V, SINGH, M. & NAQVI, A.A. 2002. Chemical composition of leaf and flower essential oil of *Lantana camara* from India. *Flavour and Fragrance Journal* 17, 75–77. DOI 10.1002/ffj.1047
- KHAN, M., SRIVASTAVA, S.K., JAIN, N., SYAMASUNDAR, K. V. & YADAV, A.K. 2003. Chemical composition of fruit and stem essential oils of *Lantana camara* from northern India. *Flavour and Fragrance Journal* 18(5), 376–379. DOI 10.1002/ffj.1197

- KHAN, M., MAHMOOD, A. & ALKHATHLAN, H.Z. 2016. Characterization of leaves and flowers volatile constituents of *Lantana camara* growing in central region of Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry* 9(6), 764–774. DOI 10.1016/j.arabjc.2015.11.005
- KHASAWNEH, M., ELWY, H.M. & FAWZI, N.M. 2014. Antioxidant Activity and Lipoxygenase Inhibitory Effect of *Caralluma arabica* and Related Polyphenolic Constituents. (*May*), 1623–1631. DOI 10.4236/ajps.2014.511176
- KINOSHITA, T. & FIRMAN, K. 1996. Highly oxygenated flavonoids from *Murraya paniculata*. *Phytochemistry* 42(4), 1207–1210.
- KLOCKE, J.A., BALANDRIN, M.F., ADAMS, R.P. & KINGSFORD, E. 1985. Insecticidal chromenes from the volatile oil of *Hemizonia fitchii*. *Journal of Chemical Ecology* 11(6), 701–712. DOI 10.1007/BF00988299
- KOFFI, A.M., TONZIBO, Z.F., DELORT, L., RUIZ, N., CALDEFIE-CHÉZET, L. & CHALCHAT, J.C. 2013. Corrélation entre la composition chimique et l'activité antifongique des huiles essentielles à prédominance thymol sur *Candida albicans* et *Aspergillus fumigatus*. *Phytotherapie* 11(2), 134–139. DOI 10.1007/s10298-013-0767-9
- KOFFI N'GUESSAN, 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). *Sciences & Nature* 6(1), 1–15.
- KÖNIG, W.A., HOCHMUTH, D.H. & JOULAIN, D. 2001. *Terpenoids and Related Constituents of Essential Oils, Library of Massfinder 2.1*. 11 pp.
- KONSTANTOPOULOU, I., VASSILOPOULOU, L., MAVRAGANI-TSIPIDOU, P. & SCOURAS, Z.G. 1992. Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Biotechnology* 48, 616–619.
- KOVÀTS E. 1958. Gaz-chromatographische charakterisierung organischer verbindungen. Teil1: Retentionsindices aliphatischer Halogenide, Alkohole, Aldehyde und Ketone. *Helvetica chimica acta* 41(7), 1915–1932. DOI 10.1002/hlca.19580410703
- KRZESINSKI, J.-M. & PIRONT, P. 2002. Décompensation cardiaque, fonction rénale et anti-inflammatoires non stéroïdiens. *Rev Med Liege* 57(9), 582–586.
- KULISIC, T., RADONIC, A., KATALINIC, V. & MILOS, M. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of *oregano* essential oil. *Food Chemistry* 85(4), 633–640. DOI 10.1016/j.foodchem.2003.07.024
- KUMAR, B., SMITA, K., CUMBAL, L. & DEBUT, A. 2015. *Lantana camara* berry for the synthesis of silver nanoparticles. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 5(3), 192–195. DOI 10.1016/S2221-1691(15)30005-8
- KUMAR, M.S. & MANEEMEGALAI, S. 2008. Evaluation of Larvicidal Effect of *Lantana Camara* Linn Against Mosquito Species *Aedes aegypti* and *Culex*

- quinquefasciatus. *Advances in Biological Research* 2(3–4), 39–43.
- KUMAR, S., SANDHIR, R. & OJHA, S. 2014. Evaluation of antioxidant activity and total phenol in different varieties of *Lantana camara* leaves. *BMC Research Notes* 7(1), 1–9. DOI 10.1186/1756-0500-7-560
- LABAT, C., ORTIZ, J.L., NOREL, X., GORENNE, I., VERLEY, J., ABRAM, T.S., CUTHBERT, N.J., TUDHOPE, S.R., NORMAN, P., GARDINER, P. & BRINK, C. 1992. A Second Cysteinyl Leukotriene Receptor in Human Lung. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 263(2), 800–805.
- LAMBROS, C. & VANDERBERG, J.P. 1979. Synchronization of *Plasmodium falciparum* Erythrocytic Stages in Culture. *The Journal of Parasitology* 65(3), 418–420.
- LAMIA, S.A., MOUSSA, B., MARIE-LAURE, F. & GEORGES, L. 2018. Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Thymus fontanesii* Essential Oil from Algeria. *The Natural Products Journal* 8, 1–7. DOI 10.2174/2210315508666180427162542
- LAPENNA, D., DE GIOIA, S., CIOFANI, G., BRUNO, C., PORRECA, E., PIERDOMENICO, S.D. & CUCCURULLO, F. 1998. Antioxidant properties of ticlopidine on human low density lipoprotein oxidation. *FEBS Letters* 436(3), 357–360. DOI 10.1016/S0014-5793(98)01166-1
- LAPLANTE, M.-A. 2007. *La Production de l'anion Superoxyde Par l'angiotensine, l'endothéline et Les Voies de Signalisation Dépendantes de l'Acide Arachidonique Dans Les Tissus Vasculaires Dans Le Développement de l'Hypertension*. Université de Montréal, 364 pp.
- LARDRY, J.M. & HABERKORN, V. 2007. Aromatherapy and the essential oils. *Kinesitherapie* 7(61), 14–17. DOI 10.1016/s1779-0123(07)70308-x
- LEDoux, A., ST-GELAIS, A., CIECKIEWICZ, E., JANSEN, O., ILLIEN, B., GIOVANNI, N. DI, MARVILLIERS, A. & HOAREAU, F. 2017. Antimalarial Activities of Alkyl Cyclohexenone Derivatives Isolated from the Leaves of *Poupartia borbonica*. *Journal of Natural Products* 80, 1750–1757. DOI 10.1021/acs.jnatprod.6b01019
- LEI, H., WANG, Y., LIANG, F., SU, W., FENG, Y., GUO, X. & WANG, N. 2010. Composition and variability of essential oils of *Platycladus orientalis* growing in China. *Biochemical Systematics and Ecology* 38(5), 1000–1006. DOI 10.1016/j.bse.2010.09.018
- LO, W., CHANG, F.-R., HSEIH, T.-J. & WU, Y.-C. 2002. The Constituents of *Euchresta formosana*. *Journal of the Chinese Chemical Society* 49, 421–426.
- LOBSTEIN, A. & COUIC-MARINIER, F. 2016. Peppermint essential oil. *Actualites Pharmaceutiques* 55(558), 57–59. DOI 10.1016/j.actpha.2016.06.021
- LOBSTEIN, A., COUIC-MARINIER, F. & BARBELET, S. 2017. Huile essentielle de Clou de girofle. *Actualites Pharmaceutiques* 56(569), 59–61. DOI 10.1016/j.actpha.2017.07.012
- LÓPEZ, S., BASTIDA, J., VILADOMAT, F. & CODINA, C. 2002. Acetylcholinesterase inhibitory activity of some Amaryllidaceae alkaloids and Narcissus extracts. *Life*

- Sciences* 71(21), 2521–2529. DOI 10.1016/S0024-3205(02)02034-9
- LUBBE, A. & VERPOORTE, R. 2011. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops & Products* 34(1), 785–801. DOI 10.1016/j.indcrop.2011.01.019
- LUCKOW, M. & GRIMES, J. 1997. Survey of anther glands in the mimosoid legume tribes Parkieae and Mimoseae. *American Journal of Botany* 84(3), 285–297. DOI 10.2307/2446002
- LYCKANDER, I.M. & MALTERUD, K.E. 1996. Lipophilic flavonoids from *Orthosiphon spicatus* prevent. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 54(4), 239–246.
- LYDIE, A., DOMINIQUE, M., BI, G., HENRI, B. & GUÉDÉ, Z. 2018. Enquête Ethnobotanique et Utilisations des Ptéridophytes du Parc National du Banco, District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences* 38(2), 6206–6216.
- MACHADO, R.R.P., VALENTE, W., LESCHE, B., COIMBRA, E.S., DE SOUZA, N.B., ABRAMO, C., SOARES, G.L.G. & KAPLAN, M.A.C. 2012. Essential oil from leaves of *Lantana camara*: A potential source of medicine against *leishmaniasis*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 22(5), 1011–1017. DOI 10.1590/S0102-695X2012005000057
- MAGNAN, A. & VERVLOET, D. 1998. Anti-leucotriènes (1): du Prix Nobel à l'application thérapeutique. *REVUE FRANCAISE D'ALLERGOLOGIE ET D'IMMUNOLOGIE CLINIQUE* 38(8), 700–704.
- MAIGA, A., MALTERUD, K.E., DIALLO, D. & PAULSEN, B.S. 2006. Antioxidant and 15-lipoxygenase inhibitory activities of the Malian medicinal plants *Diospyros abyssinica* (Hiern) F. White (Ebenaceae), *Lannea velutina* A. Rich (Anacardiaceae) and *Crossopteryx febrifuga* (Afzel) Benth. (Rubiaceae). *Journal of Ethnopharmacology* 104(1–2), 132–137. DOI 10.1016/j.jep.2005.08.063
- MAKLER, M.T. & HINRICHS, D.J. 1993. Measurement of the lactate dehydrogenase activity of *Plasmodium falciparum* as an assessment of *parasitemia*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 48(2), 205–210. DOI 10.4269/ajtmh.1993.48.205
- MAKLER, M.T., RIES, J.M., WILLIAMS, J.A., BANCROFT, J.E., PIPER, R.C., GIBBINS, B.L. & HINRICHS, D.J. 1993. Parasite lactate dehydrogenase as an assay for *Plasmodium falciparum* drug sensitivity. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 48(6), 739–741. DOI 10.4269/ajtmh.1993.48.739
- MAKLER, M.T., PALMER, C.J. & AGER, A.L. 1998. A review of practical techniques for the diagnosis of *malaria*. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 92(4), 419–433. DOI 10.1080/00034989859401
- MANSARD, M., LAURAIN-MATTAR, D. & COUIC-MARINIER, F. 2019. Huile essentielle de *Ravintsara*. *Actualites Pharmaceutiques* 58(585), 57–59. DOI

- 10.1016/j.actpha.2019.02.012
- MANZO, M.L. 2012. *Etude Phytochimique et Pharmacologique de Plantes Antipaludiques Utilisées En Médecine Traditionnelle Congolaise*. 175 pp.
- MAO, G.D., THOMAS, P.D., LOPASCHUKS, G.D., POZNANSKYQ, M.J. & TG, C. 1993. Superoxide Dismutase (SOD) -Catalase Conjugates. *The Journal of Biological Chemistry* 268(1), 0–4.
- MARIN, M.B. & BAUTISTA, C. V. 2020. Weed extracts as potential biopesticides against Cabbage black rot in an upland of Southern Philippines. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 449(012027), 1–9. DOI 10.1088/1755-1315/449/1/012027
- MARSHALL, S.J., RUSSELL, P.F., PHILLIPSON, J.D., KIRBY, G.C., WARHURST, D.C. & WRIGHT, C.W. 2000. Antiplasmodial and antiamoebic activities of medicinal plants from Sierra Leone. *Phytotherapy Research* 14(5), 356–358. DOI 10.1002/1099-1573(200008)14:5<356::AID-PTR636>3.0.CO;2-Z
- MARTIAL-DIDIER, A.K., HUBERT, K.K., EUGÈNE, K., PARFAIT, J. & KABLAN, T. 2017. Phytochemical Properties and Proximate Composition of Papaya (*Carica papaya L. var solo 8*) Peels. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 5(6), 676–680.
- MARTIN, P.Y. & J. DESMEULES. 2001. Risques renaux des anti-inflammatoires non steroi ' diens COX 2 selectifs. *Doul. et Analg* 3, 163–167.
- MARTÍNEZ-CAYUELA, M. 1995. Oxygen free radicals and human disease. *Biochimie* 77(3), 147–161. DOI 10.1016/0300-9084(96)88119-3
- MATÉS, J.M., PÉREZ-GÓMEZ, C. & IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO. 1999. Antioxidant Enzymes and Human Diseases. *Clinical Biochemistry* 32(8), 595–603. DOI 10.1088/1757-899X/100/1/012049
- MATSUDA, H., MORIKAWA, T. & YOSHIKAWA, M. 2002. Antidiabetogenic constituents from several natural medicines. *Pure and Applied Chemistry* 74(7), 1301–1308. DOI 10.1351/pac200274071301
- MBEDZI, M. & LIGAVHA-MBELENGWA, M.H. 2015. The assessment of chemical and mechanical control of *Acacia decurrens* Willd. and *Lantana camara L.* and their effect on biodiversity. *South African Journal of Botany* 98, 190. DOI 10.1016/j.sajb.2015.03.084
- MCDONALD L.L., GUY RICHARD.H. & SPEIRS ROY.D. 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants againts stored product insects. *Agric. Res. Service, US. Dept of Agric.*, 183 p.
- MCDONALD, S., PRENZLER, P.D., ANTOLOVICH, M. & ROBARDS, K. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry* 73, 13–84.
- MCLAFFERTY, F.W. & STAUFFER, D.B. 1994. Wiley Registry of Mass Spectral Data, Mass Spectrometry Library Search System Bench-Top/PBM, Version 3.10 d. Palisade, Newfield.
- MCMAHON, B., MITCHELL, S., BRADY, H.R. & GODSON, C. 2001. Lipoxins:

- Revelations on resolution. *Trends in Pharmacological Sciences* 22(8), 391–395. DOI 10.1016/S0165-6147(00)01771-5
- MELANIE, M., HERMAWAN, W., KASMARA, H., KHOLIFA, A.H., RUSTAMA, M.M. & PANATARANI, C. 2020. Antifeedant properties of fractionation *Lantana camara* leaf extract on cabbage caterpillars (*Crociodolomia pavonana fabricius*) larvae. *Earth and Environmental Science* 457, 1–9. DOI 10.1088/1755-1315/457/1/012047
- MEWES, S. & PANK, F. 2007. Influence of cold temperature and light on the flower induction of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *European Journal of Horticultural Science* 72(2), 80–84.
- MIGUEL, M.G. 2010. Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. A review. *Flavour and Fragrance Journal* 25, 291–312. DOI 10.1002/ffj
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. 2014. *L'agriculture Intelligente Face Au Climat En Côte d ' Ivoire : État Des Lieux et Besoins d ' Appui Pour Mieux Intégrer l ' Agriculture Intelligente Face Au Climat (AIC) Dans Le Programme National d ' Investissement Agricole (PNIA. 1-15 pp.*
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA S.U. ET DU D.D. 2015. *Programme National Changement Climatique (PNCC)*. 1-79 pp.
- MISHRA, A. 2015. Allelopathic properties of *Lantana camara*. *International Research Journal of Basic and Clinical Studies* 3(1), 13–28. DOI 10.14303/irjbc.2014.048
- MISRA, L. & LAATSCH, H. 2000. Triterpenoids, essential oil and photo-oxidative 28413-lactonization of oleanolic acid from *Lantana camara*. pdf. *Phytochemistry* 54, 969–974.
- MISRA, L. & SAIKIA, A.K. 2011. Chemotypic Variation in Indian *Lantana camara* Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research* 23, 1–5. DOI 10.1080/10412905.2011.9700449
- MISRA, L., DIXIT, A. & SHARMA, R. 1997. High Concentration of Hepatoprotective Oleanolic Acid and its Derivatives in *Lantana camara* Roots* . *Planta Medica* 63(06), 582–582. DOI 10.1055/s-2006-957780
- MOAREFIAN, M., BARZEGAR, M. & SATTARI, M. 2013. *Cinnamomum Zeylanicum* Essential Oil as a Natural Antioxidant and Antibacterial in Cooked Sausage. *Journal of Food Biochemistry* 37(1), 62–69. DOI 10.1111/j.1745-4514.2011.00600.x
- MOGHADDAM, M. & FARHADI, N. 2015. Influence of environmental and genetic factors on resin yield, essential oil content and chemical composition of *Ferula assa-foetida* L. populations. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 2(3), 69–76. DOI 10.1016/j.jarmap.2015.04.001
- MOHAMED, M.I.E. & ABDELGALEIL, S.A.M. 2008. Chemical composition and insecticidal potential of essential oils from Egyptian plants against *Sitophilus oryzae* (L.) (*Coleoptera* : *Curculionidae*) and *Tribolium castaneum* (Herbst)

- (*Coleoptera : Tenebrionidae*). *Appl. Entomol. Zool* 43(4), 599–607. DOI 10.1303/aez.2008.599
- MUNIR, A.A. 1993. A taxonomic revision of the *genus Lippia* [Houst Ex] Linn. (*Verbenaceae*) in Australia. *Journal of the Adelaide Botanic Gardens* 15(2), 129–145.
- MUNIR, A.A. 1996. A taxonomic review of *lantana camara l.* and *l. montevidensis (spreng.)briq.* (*verbenaceae*) in australia. *Journal of the Adelaide Botanic Gardens* 17, 1–27.
- MUREBWAYIRE, S., FRÉDÉRICH, M., HANNAERT, V., JONVILLE, M.C. & DUEZ, P. 2008. Antiplasmodial and antitrypanosomal activity of *Triclisia sacleuxii* (Pierre) Diels. *Phytomedicine* 15(9), 728–733. DOI 10.1016/j.phymed.2007.10.005
- MUSTER, D. 2005. Médicaments de l'inflammation Anti-inflammatory drugs. *EMC-Stomatologie* 1(1), 21–29. DOI 10.1016/j.emcsto.2005.01.005
- MUVENGWI, J. & NDAGURWA, H.G.T. 2015. Soil seed bank dynamics and fertility on a seasonal wetland invaded by *Lantana camara* in a savanna ecosystem. *South African Journal of Botany* 100, 190–194. DOI 10.1016/j.sajb.2015.06.007
- N'ZEBO, N.J.-M., DJE, K.M. & AHI, A.P. 2018. État des connaissances et usages traditionnels des fruits de *Tetrapleura tetraptera* ((Schumach . & Thonn .) Taub ., 1891), plante spontanée aromatique alimentaire du sud-est de la Côte d ' Ivoire . *Journal of Animal & Plant Sciences* 38(1), 6190–6205.
- N°2015-536, L. 2015. *Loi N°2015-536 Du 20 Juillet 2015 Relative à l'exercice et à l'organisation de La Médecine et de La Pharmacopée Traditionnelles*. 7 pp.
- NAGAO, T., ABE, F., KINJO, J. & OKABE, H. 2002. Antiproliferative constituents in plants 10. Flavones from the leaves of *Lantana montevidensis Briq.* and consideration of structure-activity relationship. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 25(7), 875–879. DOI 10.1248/bpb.25.875
- NAGUMANTHRI, V., RAHIMAN, S., AHMAD TANTRY, B., NISSANKARARAO, P. & PHANI KUMAR, M. 2012. In vitro antimicrobial activity of *Acacia nilotica*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia variegata* and *Lantana camara* against some clinical isolated strains. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science* 36(2), 213–217. DOI 10.22099/ijsts.2012.2070
- NAIR, A.G.R., KOTIYAL, J.P. & BHARDWAJ, D.K. 1983. Myricetin 7,4'-dimethyl ether and its 3-galactoside from *Rhus lancea*. *Phytochemistry* 22(1), 318–319. DOI 10.1016/S0031-9422(00)80124-7
- NASSIROU, R., IBRAHIM, M., ILAGOUMA, A., MAHAMADOU, A., MAMOUDOU, M., ABDOULAYE, A., OUKEM-BOYER, O. & IKHIRI, K. 2015. Évaluation in vitro de l'activité antiplasmodiale d'extraits de plantes issues de la pharmacopée traditionnelle du Niger. *Journal of Applied Biosciences* 89(1), 8291–8300. DOI 10.4314/jab.v89i1.8
- NASSIROU, R.S., IBRAHIM, M., MOUSSA, I., MAHAMADOU, B., ILAGOUMA, A.T. &

- ABDOULAYE, A. 2015. Evaluation in vitro de l'activité antiplasmodiale d'extraits de plantes issues de la pharmacopée traditionnelle du Niger : *Sebastiania chamaelea* (L.) Müll. Arg., [In vitro antiplasmodial activity of extracts of plants from traditional pharmacope. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 10(2), 498–505.
- NAZ, R. & BANO, A. 2013. Phytochemical screening, antioxidants and antimicrobial potential of *Lantana camara* in different solvents. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 3(6), 480–486. DOI 10.1016/S2222-1808(13)60104-8
- NENCIU, L.M. & LAMOUREUX, S. 2007. Mise à jour dans le traitement de l'asthme chez l'adulte. *PHARMACOTHÉRAPIE* 40(5), 264–274.
- NGASSOUM, M.B., YONKEU, S., JIROVETZ, L., BUCHBAUER, G., SCHMAUS, G. & HAMMERSCHMIDT, F.J. 1999. Chemical composition of essential oils of *Lantana camara* leaves and flowers from Cameroon and Madagascar. *Flavour and Fragrance Journal* 14(4), 245–250. DOI 10.1002/(SICI)1099-1026(199907/08)14:4<245::AID-FFJ819>3.0.CO;2-X
- NGOM, S., FAYE, F., DIOP, M., KORNPORST, J. & SAMB, A. 2012. Composition chimique et propriétés physico-chimiques des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et d'*Hyptis suaveolens* (L.) Poit. récoltés dans la région de Dakar au Sénégal. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 81, 166–175.
- NGUGI, P.M., KIMUNI, N., NGERANWA, N., ORINDA, O., NJAGI, M., MAINA, D., AGYIRIFO, S., GATHUMBI, K., KING'E, W. & ELIUD, E.N. 2015. Antidiabetic and Safety of *Lantana rhodesiensis* in Alloxan Induced Diabetic Rats. *Journal of Developing Drugs* 4(1), 1–10. DOI 10.4172/2329-6631.1000129
- NIKI, E. 2010. Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. *Free Radical Biology and Medicine* 49(4), 503–515. DOI 10.1016/j.freeradbiomed.2010.04.016
- NIKOLIC, M., GLAMOCLIIJA, J., FERREIRA, I.C.F.R., CALHELHA, R.C., FERNANDES, Â., MARKOVIC, T., MARKOVIC, D., GIWELI, A. & SOKOVIC, M. 2014. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss ... *Industrial Crops and Products* 52(March), 183–190. DOI 10.1016/j.indcrop.2013.10.006
- NISCHAL, P. & SHARMA, A.D. 2020. South African Journal of Botany Stomatal and pollen dependant metabolic changes as a metric of stress tolerance and invasive potential of invasive plant *Lantana camara* (L.) growing under abiotic stress like conditions. *South African Journal of Botany* 131, 406–420. DOI 10.1016/j.sajb.2020.03.028
- NIST. 1999. National Institute of Standards and Technology. PC Version 1.7 of The NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library.
- NOHYNEK, G.J., ANTIGNAC, E., RE, T. & TOUTAIN, H. 2010. Safety assessment of personal care products / cosmetics and their ingredients. *Toxicology and Applied Pharmacology* 243(2), 239–259. DOI 10.1016/j.taap.2009.12.001

- NOUDOGBESSI, J.-P., KOSSOU, D. & SOHOUNHLOUÉ, D.C.K. 2008. Composition Chimique et Propriétés Physico-Chimiques des Huiles Essentielles de *Pimenta racemosa* (Miller) et de *Chromolaena*. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*(26), 11–19.
- NOUDOGBESSI, J.-P., KOSSOU, D. & SOHOUNHLOUÉ, D. 2008. Effet insecticide, ovicide et larvicide des huiles essentielles de *Pimenta racemosa* (Miller) et de *Chromolaena odorata* (L. Robinson) sur le Grand Capucin (*Prostephanus truncatus* (Horn) du maïs. *J.Soc.Ouest-Afr.Chim.*(26), 41–51.
- NWORU, C.S. & AKAH, P.A. 2015. Anti-inflammatory medicinal plants and the molecular mechanisms underlying their activities. *Afr J Tradit Complement Altern Med.* 12, 52–61. DOI <http://dx.doi.org/10.4314/ajtcam.v12i5.3S> ANTI-INFLAMMATORY
- OKADO-MATSUMOTO, A. & FRIDOVICH, I. 2001. Subcellular distribution of superoxide dismutases (SOD) in rat liver. Cu,Zn-SOD in mitochondria. *Journal of Biological Chemistry* 276(42), 38388–38393. DOI 10.1074/jbc.M105395200
- OKOLI, C.O. & AKAH, P.A. 2000. A Pilot Evaluation of the Anti-Inflammatory Activity of *Culcasia scandens*, a Traditional Antirheumatic Agent. *THE JOURNAL OF ALTERNATIVE AND COMPLEMENTARY MEDICINE* 6(5), 423–427.
- OKOLI, C.O. & AKAH, P.A. 2004. Mechanisms of the anti-inflammatory activity of the leaf extracts of *Culcasia scandens* P. Beauv (Araceae). *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 79(3), 473–481. DOI 10.1016/j.pbb.2004.08.012
- OKOLI, C.O., AKAH, P.A., NWAFOR, S. V., ANISIOBI, A.I., IBEGBUNAM, I.N. & EROJIKWE, O. 2007. Anti-inflammatory activity of hexane leaf extract of *Aspilia africana* C.D. Adams. *Journal of Ethnopharmacology* 109(2), 219–225. DOI 10.1016/j.jep.2006.07.037
- OMOLO, M.O., OKINYO, D., NDIEGE, I.O., LWANDE, W. & HASSANALI, A. 2004. Repellency of essential oils of some Kenyan plants against *Anopheles gambiae*. *Phytochemistry* 65(20), 2797–2802. DOI 10.1016/j.phytochem.2004.08.035
- OMS. 2000. *Principes Méthodologiques Généraux Pour La Recherche et l'évaluation Relatives à La Médecine Traditionnelle*.
- ONO, M., HASHIMOTO, A., MIYAJIMA, M., SAKATA, A., FURUSAWA, C., SHIMODE, M., TSUTSUMI, S., YASUDA, S., OKAWA, M., KINJO, J., YOSHIMITSU, H. & NOHARA, T. 2020. Two new triterpenoids from the leaves and stems of *Lantana camara*. *Natural Product Research* 0(0), 1–9. DOI 10.1080/14786419.2020.1736063
- ORIAKHI, K., OIKEH, E.I., EZEUGWU, N., ANOLIEFO, O. & AGUEBOR, O. 2014. Comparative Antioxidant Activities of Extracts of *Vernonia amygdalina* and *Ocimum gratissimum* Leaves. *Journal of Agricultural Science* 6(1), 13–20. DOI 10.5539/jas.v6n1p13
- OSMAN, N.I., SIDIK, N.J., AWAL, A., ADAM, N.A.M. & REZALI, N.I. 2016. In vitro Xanthine Oxidase (XO) and Albumin Denaturation Inhibition Assay of

- Barringtonia racemosa* L. and Total Phenolic Content Analysis for Potential Anti-Inflammatory Use in Gouty Arthritis. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology* 5(4), 343–349. DOI 10.5455/jice.20160731025522
- OUÉDRAOGO, N., LOMPO, M., SAWADOGO, R.W., TIBIRI, A., HAY, A.E., KOUDOU, J., DIJOUX, M.G. & GUISSOU, I.P. 2012. Étude des activités anti-inflammatoire, analgésique et antipyrétique des décoctés aqueux des feuilles et des racines de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae). *Phytotherapie* 10(5), 286–292. DOI 10.1007/s10298-012-0732-z
- PACKER, L. 1991. Protective role of vitamin E in biological systems. *The American Journal of Clinical Nutrition* 53(4), 1050S–1055S. DOI <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.4.1050S>
- PALEI, N.N., RAMU, S., VIJAYA, V., THAMIZHVANAN, K. & BALAJI, A. 2020. Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extract of *Lantana camara* and its antimicrobial activity. *International Journal of Green Pharmacy* 14(1). DOI 10.1088/1757-899X/805/1/012032
- PAN, W., YJ, L., LT, M., K, O., R, K. & O, T. 1992. Studies on chemical constituents of the roots of *Lantana camara*. *Acta Pharmaceutica Sinica* 27(7), 515–521.
- PANDEY, S.K., UPADHYAY, S. & TRIPATHI, A.K. 2009. Insecticidal and repellent activities of thymol from the essential oil of *Trachyspermum ammi* (Linn) Sprague seeds against *Anopheles stephensi*. *Parasitol Res* 105(2), 507–512. DOI 10.1007/s00436-009-1429-6
- PANK, F. 2007. Use of breeding to customise characteristics of medicinal and aromatic plants to postharvest processing requirements. *Stewart Postharvest Review* 3(4). DOI 10.2212/spr.2007.4.1
- PANT, A., SAIKIA, S.K., SHUKLA, V., ASTHANA, J., AKHOON, B.A. & PANDEY, R. 2014. Beta-caryophyllene modulates expression of stress response genes and mediates longevity in *Caenorhabditis elegans*. *Experimental Gerontology* j 57, 81–95.
- PAOLINI, J. 2005. *Caractérisation Des Huiles Essentielles Par CPG / Ir , CPG / SM (IE et IC) et RMN Du Carbone-13 de Cistus Albidus et de Deux Asteraceae Endémiques de Corse : Eupatorium Cannabinum Subsp . Corsicum et Doronicum Corsicum*. Université de Corse, 342 pp.
- PARANAGAMA, P.A., WIMALASENA, S., JAYATILAKE, G.S., JAYAWARDENA, A.L., SENANAYAKE, U.M. & MUBARAK, A.M. 2001. A comparaison of essential oil constituents of bark, leaf, root and fruit of *Cinnamon* (*Cinnamomum zeylanicum bluum*) grown in Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka* 29(3&4), 147–153. DOI 10.4038/jnsfsr.v29i3-4.2613
- PARIMOO, H.A., SHARMA, R., PATIL, R.D. & PATIAL, V. 2015. Sub-acute toxicity of lantadenes isolated from *Lantana camara* leaves in guinea pig animal model. *Comparative Clinical Pathology* 24(6), 1541–1552. DOI 10.1007/s00580-015-2114-z

- PARUGRUG, M.L. & ROXAS, A.C. 2008. Insecticidal action of five plants against maize weevil, *Sitophilus Zeamais* Motsch . (*Coleoptera: Curculionidae*). *KMITL Sci. Tech. J.* 8(1), 24–38.
- PASSOS, J.L., ALMEIDA BARBOSA, L.C., DEMUNER, A.J., ALVARENGA, E.S., DA SILVA, C.M. & BARRETO, R.W. 2012. Chemical characterization of volatile compounds of *lantana camara l.* and *l. radula sw.* and their antifungal activity. *Molecules* 17(10), 11447–11455. DOI 10.3390/molecules171011447
- PATEL, S. 2011. A weed with multiple utility: *Lantana camara*. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 10(4), 341–351. DOI 10.1007/s11157-011-9254-7
- PATIL, G., KHARE, A.B., HUANG, K.F. & LIN, F.M. 2015. Bioactive chemical constituents from the leaves of *Lantana Camara L.* *Indian Journal of Chemistry - Section B Organic and Medicinal Chemistry* 54B(5), 691–697.
- PEREIRA, L.D.P., SILVA, R.O. DA, BRINGEL, P.H.D.S.F., SILVA, K.E.S. DA, ASSREUY, A.M.S. & PEREIRA, M.G. 2012. Polysaccharide fractions of *Caesalpinia ferrea* pods: Potential anti-inflammatory usage. *Journal of Ethnopharmacology* 139(2), 642–648. DOI 10.1016/j.jep.2011.12.012
- PETERHANS, E. 1997. Reactive oxygen species and nitric oxide in viral diseases. *Biological Trace Element Research* 56(1), 107–116. DOI 10.1007/BF02778986
- PINO, J.A., MARBOT, R., ROSADO, A., ROMEU, C. & MARTI, M.P. 2004. Chemical Composition of the Essential Oil of *Lantana camara L.* from Cuba. *Journal of Essential Oil Research* ISSN: 16, 216–218. DOI 10.1080/10412905.2004.9698701
- PNPMT. 2014. *Politique Nationale De Promotion de La Médecine Traditionnelle*. 36 pp.
- POLATOĞLU, K., KARAKOÇ, Ö.C., DEMIRCI, F., GÖKÇE, A. & GÖREN, N. 2013. Chemistry and biological activities of *Tanacetum chiliophyllum* var. *oligocephalum* extracts. *Journal of AOAC International* 96(6), 1222–1227. DOI 10.5740/jaoacint.SGEPolatoglu
- PONVERT, C. & SCHEINMANN, P. 2006. Les réactions allergiques et pseudoallergiques aux antalgiques, antipyrétiques et anti-inflammatoires non stéroïdiens. *Revue Francaise d'Allergologie et d'Immunologie Clinique* 46(6), 576–583. DOI 10.1016/j.allerg.2006.07.003
- POTHIER, J., GALAND, N., OUALI, M. EL & VIEL, C. 2001. Comparison of planar chromatographic methods (TLC , OPLC , AMD) applied to essential oils of wild thyme and seven chemotypes of thyme. *Il Farmaco* 56, 505–511.
- POWERS, S.K. & LENNON, S.L. 1999. Analysis of cellular responses to free radicals: Focus on exercise and skeletal muscle. *Proceedings of the Nutrition Society* 58(4), 1025–1033. DOI 10.1017/S0029665199001342
- PRACTICA FOUNDATION, ENTREPRISEWORKS/VITA, UNICEF & UFR-STRM. 2009. *Etude de La Faisabilite Des Forages Manuels Identification Des Zones*

Potentiellement Favorables. 1-73 pp.

- PRETOLANI, M. & VARGAFTIG, B. 1987. Rôle du PAF-acéther dans les réactions inflammatoires et allergiques. *Médecine/Sciences* 3(9), 508–514. DOI 10.4267/10608/3728
- QAISER, N., CHAUDHARY, B.A., DASTI, A., MALIK, A. & ZAFAR, R. 2009. Phytochemical Study of Aerial Parts of *Lantana Camara* for the Pharmacological Active Compounds. *Journal of Applied Pharmacy* 1(1), 21–28. DOI 10.21065/19204159.1.21
- RAHMAN, H., CHINNA ESWARAI AH, M. & DUTTA, A. 2015. In-vitro Anti-inflammatory and Anti-arthritic Activity of *Oryza sativa* Var. Joha Rice (An Aromatic Indigenous Rice of Assam). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental sciences* 15(1), 115–121. DOI 10.5829/idosi.ajeaes.2015.15.1.12499
- RAJABI, Z., EBRAHIMI, M., FARAJPOUR, M., MIRZA, M. & RAMSHINI, H. 2014. Compositions and yield variation of essential oils among and within nine *Salvia* species from various areas of Iran. *Industrial Crops and Products* 61, 233–239.
- RAJASEKARAN, A. & DURAIKANNAN, G. 2012. Larvicidal activity of plant extracts on *Aedes Aegypti* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2(3 SUPPL.). DOI 10.1016/S2221-1691(12)60456-0
- RAJASHEKAR, Y., BAKTHAVATSALAM, N. & SHIVANANDAPPA, T. 2012. Botanicals as grain protectants. *Psyche (London)* 2012, 1–13. DOI 10.1155/2012/646740
- RAJASHEKAR, Y., RAVINDRA, K. V & BAKTHAVATSALAM, N. 2014. Leaves of *Lantana camara* Linn . (Verbenaceae) as a potential insecticide for the management of three species of stored grain insect pests. *J Food Sci Technol* 51(11), 3494–3499. DOI 10.1007/s13197-012-0884-8
- RAMADHANI, S.O.N., DENIS, Z., MAINEN, J.M., PAUL, E., SAMUEL, W., MOSES, N.N., VINCENT, P.K.T., ABDUL, W.K. & PAX, J.M. 2015. Ethnobotanical survey and in vitro antiplasmodial activity of medicinal plants used to treat malaria in Kagera and Lindi regions, Tanzania. *Journal of Medicinal Plants Research* 9(6), 179–192. DOI 10.5897/jmpr2014.5685
- RANA, V.S., PRASAD, D. & BLAZQUEZ, M.A. 2005. Chemical composition of the leaf oil of *Lantana camara*. *Journal of Essential Oil Research* 17(2), 198–200. DOI 10.1080/10412905.2005.9698874
- RAUHA, J.-P., REMES, S., HEINONEN, M., HOPIA, A., KAHKONEN, M., KUJALA, T., PIHLAJA, K., VUORELA, H. & VUORELA, P. 2000. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International Journal of Food Microbiology* 56, 3–12.
- REBEY, I.B., BOURGOU, S., WANNES, W.A., SELAMI, I.H., TOUNSI, S., MARZOUK, B., FAUCONNIER, M., KSOURI, R., REBEY, I.B., BOURGOU, S., WANNES, W.A. & SELAMI, I.H. 2018. Comparative assessment of phytochemical profiles and

- antioxidant properties of Tunisian and Egyptian anise (*Pimpinella anisum* L .) seeds. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 152(5), 971–978. DOI 10.1080/11263504.2017.1403394
- REGNAULT-ROGER, C. & HAMRAOUI, A. 1997. Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Acta Botanica Gallica* 144(4), 401–412. DOI 10.1080/12538078.1997.10515779
- REGNAULT-ROGER, C., HAMRAOUI, A., HOLEMAN, M., THERON, E. & PINEL, R. 1993. Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides Obtectus* say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Chemical Ecology* 19(6), 1233–1244.
- REMA, K.M. & LOGASWAMY, S. 2010. Larvicidal efficacy of leaf extract of two botanicals against the mosquito vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Indian Journal of Natural Products and Resources* 1(2), 208–212.
- REV. MR. STONE, E. 1763. XXXII. *An Account of the Success of the Bark of the Willow in the Cure of Agues*. 195-200 pp.
- ROBY, M.H.H., SARHAN, M.A., SELIM, K.A.-H. & KHALEL, K.I. 2013. Evaluation of antioxidant activity , total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L .), sage (*Salvia officinalis* L .), and marjoram (*Origanum majorana* L .) extracts. *Industrial Crops and Products* 43, 827–831.
- RODRIGUES, F.C., BEZERRA, J.W.A., LEITE, N.F., DUARTE, A.E., COSTA, A.R., FIDELIS, K.R., SILVA, J. DE L., BOLIGON, A.A., ROCHA, M.I., BARROS, L.M., COUTINHO, H.D.M., KAMDE, J.P. & MORAIS-BRAG, M.F.B. 2018. Chemical composition and modifying activity of essential oil of *Lantana camara*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 23(4).
- ROGERIO, A.P., ANDRADE, E.L., LEITE, D.F.P., FIGUEIREDO, C.P. & CALIXTO, J.B. 2009. Preventive and therapeutic anti-inflammatory properties of the sesquiterpene α -humulene in experimental airways allergic inflammation. *British Journal of Pharmacology* 158(4), 1074–1087. DOI 10.1111/j.1476-5381.2009.00177.x
- ROHLOFF, J., MORDAL, R. & DRAGLAND, S. 2004. Chemotypical Variation of Tansy (*Tanacetum vulgare* L .) from 40 Different Locations in Norway. *J. Agric. Food Chem* 52, 1742–1748.
- ROSALINE, C., SAM, R., KANNAN, P., BALASUBRAMANIAN, M., THIRUNAVUKKARASU, I., MONDAL, R. & DUSTHACKER, A. 2020. Anti-tuberculosis activity of bio-active compounds from *Lantana camara* L . , *Euphorbia hirta* L . , *Mukia maderaspatana* (L .) M . Roem , and *Abutilon indicum* (L .). *European Journal of Integrative Medicine* 35(March), 101105. DOI 10.1016/j.eujim.2020.101105
- ROTA, M.C., HERRERA, A., MARTINEZ, R.M., SOTOMAYOR, J.A. & JORDAN, M.J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris* , *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control* 19, 681–687. DOI 10.1016/j.foodcont.2007.07.007

- ROUSSELET, M., VIGNAUD, J.M., HOFMAN, P. & CHATELET, F.P. 2005. Inflammation et pathologie inflammatoire. *Afecap(Chapitre 3)*, 1–75.
- RUFFO, C.K., BIRNIE, A. & TENGNÄS, B. 2002. *Edible Wild Plants of Tanzania*. 766 pp.
- RUSSO-MARIE, F. 1999. Glucocorticoïdes et protéines de la phase aiguë. *Journal de la Société de Biologie* 193(4), 375–380.
- RWANGABO, P.C., CLAEYS, M., PIETERS, L., CORTHOUT, J., VANDEN BERGHE, D.A. & VLIETINCK, A.J. 1988. Umuhengerin, a new antimicrobially active flavonoid from *Lantana trifolia*. *Journal of Natural Products* 51(5), 966–968. DOI 10.1021/np50059a026
- SADEGHI, H., JAMALPOOR, S. & SHIRZADI, M.H. 2014. Variability in essential oil of *Teucrium polium* L. of different latitudinal populations. *Industrial Crops and Products* 54, 130–134. DOI 10.1016/j.indcrop.2014.01.015
- SAMEERA, A. & SHAMIM, A. 2017. Effect of Purification on the Antioxidant Activity of Ajowan Extract in Refined Sunflower Oil. *Journal of Food and Nutritional Disorders* 06(02). DOI 10.4172/2324-9323.1000221
- SÁNCHEZ-MORENO, C. 2002. Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. *Food Science and Technology International* 8(3), 121–137. DOI 10.1106/108201302026770
- SANOGO, R., MAIGA, A. & DIALLO, D. 2006. Activités analgésique et anti-inflammatoire des extraits de *Maytenus senegalensis*, *Stereospermum kunthianum* et *Trichilia emetica* utilisées dans le traitement traditionnel des dysménorrhées au Mali. *Pharm. Méd. Trad. Afr. XIV*, 123–136.
- SATHISH, R., VYAWAHARE, B. & NATARAJAN, K. 2011. Antiulcerogenic activity of *Lantana camara* leaves on gastric and duodenal ulcers in experimental rats. *Journal of Ethnopharmacology* 134(1), 195–197. DOI 10.1016/j.jep.2010.11.049
- SAWADOGO, W.R., LOMPO, M., GUISSOU, I.P. & NACOUUMA, O.G. 2008. Dosage des triterpènes et stéroïdes de *Dicliptera verticillata* et évaluation de leur activité anti-inflammatoire topique. *Médecine d'Afrique Noire* 55(4), 223–229.
- SAWADOGO, W.R., MACIUK, A., BANZOUZI, J.T., CHAMPY, P., FIGADERE, B., GUISSOU, I.P. & NACOUUMA, O.G. 2012. Mutagenic effect, antioxidant and anticancer activities of six medicinal plants from Burkina Faso. *Natural Product Research* 26(6), 575–579. DOI 10.1080/14786419.2010.534737
- SAWADOGO, W.R., CERELLA, C., AL-MOURABIT, A., MORIOU, C., TEITEN, M., GUISSOU, I.P., DICATO, M. & DIEDERICH, M. 2015. Cytotoxic, Antiproliferative and Pro-Apoptotic Effects of 5-Hydroxyl-6,7,3',4',5'-Pentamethoxyflavone Isolated from *Lantana ukambensis*. *Nutrients* 7, 10388–10397. DOI 10.3390/nu7125537
- SAXENA, M., SAXENA, J. & KHARE, S. 2012. A brief review on : Therapeutical values of *Lantana camara* plant. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*

- 3(3), 1551–1554.
- SEIBERT, K., ZHANG, Y., LEAHY, K., HAUSER, S., MASFERRER, J., PERKINS, W., LEE, L. & ISAKSON, P. 1994. Pharmacological and biochemical demonstration of the role of cyclooxygenase 2 in inflammation and pain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91(25), 12013–12017. DOI 10.1073/pnas.91.25.12013
- SERVI, H. & GOREN, N. 2019. Chemistry of endemic *Tanacetum mucroniferum* Hub.-Mor. & Grierson extracts and three new sesquiterpene lactones. *Turkish Journal of Chemistry* 43(1), 352–358. DOI 10.3906/kim-1808-26
- SETTY, A.R. & SIGAL, L.H. 2005. Herbal medications commonly used in the practice of rheumatology: Mechanisms of action, efficacy, and side effects. *Seminars in Arthritis and Rheumatism* 34(6), 773–784. DOI 10.1016/j.semarthrit.2005.01.011
- SHARA, M. & STOHS, S.J. 2015. Efficacy and Safety of White Willow Bark (*Salix alba*) Extracts. *Phytotherapy Research* 29(8), 1112–1116. DOI 10.1002/ptr.5377
- SHARIFIFAR, F., MOSHAFI, M.H., MANSOURI, S.H., KHODASHENAS, M. & KHOSHNOODI, M. 2007. In vitro evaluation of antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and methanol extract of endemic *Zataria multiflora* Boiss. *Food Control* 18(7), 800–805. DOI 10.1016/j.foodcont.2006.04.002
- SHARMA, D., YAMI, H., SHARMA, D. & SHUKLA, A.K. 2015. Antifungal Activities of Essential Oils from Four Commonly Used Ethno-Medicinal Plants. *Asian Journal of Ethnopharmacology and Medicinal Foods* 01(01), 25.
- SHARMA, O.P. & SHARMA, P.D. 1989. Natural products of the Lantane plant: the present and prospects. *Journal of Scientific and Industrial Research* 48(10), 471–478.
- SHARMA, O.P., MAKKAR, H.P.S. & DAWRA, R.K. 1988. A review of the noxious plant *Lantana camara*. *Toxicon* 26(11), 975–987. DOI 10.1016/0041-0101(88)90196-1
- SHARMA, O.P., DAWRA, R.K. & RAMESH, D. 1990. A triterpenoid acid, lantadene D from *Lantana camara* var *Aculeata*. *Phytochemistry* 29(12), 3961–3962. DOI [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)85377-R](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)85377-R)
- SHARMA, O.P., VAID, J. & SHARMA, P.D. 1991. Comparison of lantadenes content and toxicity of different taxa of the *Lantana* plant. *Journal of Chemical Ecology* 17(11), 2283–2291. DOI 10.1007/BF00988008
- SHARMA, O.P., SHARMA, S., PATTABHI, V., MAHATO, S.B. & SHARMA, P.D. 2007. A review of the hepatotoxic plant *Lantana camara*. *Critical Reviews in Toxicology* 37(4), 313–352. DOI 10.1080/10408440601177863
- SIDDIQUI, B.S., RAZA, S.M., SABIRA BEGUM, S.S. & FIRDOUS, S. 1995. Pentacyclic triterpenoids from *Lantana camara*. *Phytochemistry* 38(3), 681–685.
- SIKDAR, M., VYAS, N., JOSHI, A., DWIVEDI, S., MALVIYA, S. & KHARIA, A. 2017. Evaluation of wound healing activity of ethanolic extract of *Lantana camara*

- roots. *Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology* 3(6), 220–223.
- SILVA, T.S.C., SUFFREDINI, I.B., RICCI, E.L., FERNANDES, S.R.C., GONÇALVES, V.J., ROMOFF, P., LAGO, J.H. & BERNARDI, M.M. 2015. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Lantana camara* L. extract in mice. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s 17(2), 224–229. DOI 10.1590/1983-084x/11_109
- SINGH, G., MAURYA, S., DELAMPASONA, M.P. & CATALAN, C.A.N. 2007. A comparison of chemical , antioxidant and antimicrobial studies of *cinnamon* leaf and bark volatile oils , oleoresins and their constituents q. *Food and Chemical Toxicology* 45, 1650–1661. DOI 10.1016/j.fct.2007.02.031
- SINGH, H., MAITHANI, D., SINGH, M.C. & PRIYADARSHI, M.B. 2020. Study of antimicrobial activity of some selected weed species. *International Journal of Science, Environment and Technology* 9(1), 61–65.
- SINGH, M., VERMA, M. & KUMAR, R.N. 2018. Effects of open dumping of MSW on metal contamination of soil, plants, and earthworms in Ranchi, Jharkhand, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(3), 1–20. DOI 10.1007/s10661-018-6492-y
- SINGH, R., UPADHYAY, S.K., RANI, A., KUMAR, P. & KUMAR, A. 2020. Ethanobotanical study of Subhartipuram, Meerut, Uttar Pradesh, India. II. Diversity and pharmacological significance of shrubs and climbers. *International Journal of Pharmaceutical Research* 12(2), 383–393. DOI 10.31838/ijpr/2020.12.02.0050
- SINGH, R. KUMAR, TIWARI, B. & SHARMA, D. KUMAR S. PRASAD SINGH. 2012. Comparative Study of Chemical Composition of *Lantana Camara* Leaf , Flower & Fruit Essential Oil. *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences* 1(3), 895–899.
- SITUATION ÉCONOMIQUE EN CÔTE D'IVOIRE. 2018. *Pour Que Demain Ne Meure Jamais. La Côte d'Ivoire Face Aux Changements Climatiques*. 7th ed. 64 pp.
- SKOTTI, E., ANASTASAKI, E., KANELLOU, G., POLISSIOU, M. & TARANTILIS, P.A. 2014. Total phenolic content , antioxidant activity and toxicity of aqueous extracts from selected Greek medicinal and aromatic plants. *Industrial Crops and Products* 53, 46–54.
- SLUNSKÁ, Z., GELNAROVÁ, E., HAMMEROVÁ, J., TÁBORSKÁ, E. & SLANINOVÁ, I. 2010. Effect of quaternary benzo[c]phenanthridine alkaloids sanguilutine and chelilutine on normal and cancer cells. *Toxicology in Vitro* 24(3), 697–706. DOI 10.1016/j.tiv.2010.01.012
- SMERIGLIO, A., DENARO, M., BARRECA, D., CALDERARO, A., BISIGNANO, C., GINESTRA, G., BELLOCCO, E. & TROMBETTA, D. 2017. In vitro evaluation of the antioxidant, cytoprotective, and antimicrobial properties of essential oil from *Pistacia vera* L. Variety Bronte Hull. *International Journal of Molecular Sciences* 18(6), 1–13. DOI 10.3390/ijms18061212
- SOILHI, Z., RHIMI, A., HEUSKIN, S., FAUCONNIER, M.L. & MEKKI, M. 2019. Essential

- oil chemical diversity of *Tunisian Mentha* spp . collection. *Industrial Crops & Products* 131, 330–340.
- SOKMEN, A., GULLUCE, M., AKPULAT, H.A., DAFERERA, D., TEPE, B., POLISSIOU, M., SOKMEN, M. & SAHIN, F. 2004. The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control* 15(8), 627–634. DOI 10.1016/j.foodcont.2003.10.005
- SONIBARE, O.O. & EFFIONG, I. 2008. Antibacterial activity and cytotoxicity of essential oil of *Lantana Camara* L . leaves from Nigeria. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7(15), 2618–2620.
- SOUMEYA, B.-B. 2014. *Isolement et Caractérisation de Saponosides Extraits de Deux Plantes Médicinales : Cyclamen Africanum , Zygophyllum Cornutum et Évaluation de Leur Activité To Cite This Version : HAL Id: Tel-02142544 Cyclamen Africanum , Zygophyllum Cornutum ET ÉVALUATION*. 202 pp.
- SOUSA, E.O. & COSTA, J.G.M. 2012. Genus *Lantana* : chemical aspects and biological activities. , 1155–1180.
- SOUSA, E.O., SILVA, N.F., RODRIGUES, F.F.G., CAMPOS, A.R., LIMA, S.G. & COSTA, J.G.M. 2010. Chemical composition and resistance-modifying effect of the essential oil of *Lantana camara* linn. *Pharmacognosy Magazine* 6(22), 79–82. DOI 10.4103/0973-1296.62890
- SOUSA, E.O., BARRETO, F.S.S., RODRIGUES, F.F.G., CAMPOS, A.R. & COSTA, J.G.M. 2012. Chemical composition of the essential oils of *Lantana camara* L . and *Lantana montevidensis* Briq . and their synergistic antibiotic effects on aminoglycosides. *Journal of Essential Oil Research* 24(5), 447–452. DOI 10.1080/10412905.2012.703494
- SOUSA, E.O., MIRANDA, C.M.B.A., NOBRE, C.B., BOLIGON, A.A., ATHAYDE, M.L. & COSTA, J.G.M. 2015. Phytochemical analysis and antioxidant activities of *Lantana camara* and *Lantana montevidensis* extracts. *Industrial Crops and Products* 70, 7–15. DOI 10.1016/j.indcrop.2015.03.010
- SOUZA DE OLIVEIRA, L.G., ALVES RIBEIRO, D., EUFRASIO SARAIVA, M., GONÇALVES DE MACÊDO, D., GONÇALVES FERREIRA MACEDO, J., GONÇALVES PINHEIRO, P., MARTINS DA COSTA, J.G., DE ALMEIDA SOUZA, M.M. & ALENCAR DE MENEZES, I.R. 2017. Chemical variability of essential oils of *Copaifera langsdorffii* Desf. in different phenological phases on a savannah in the Northeast, Ceará, Brazil. *Industrial Crops and Products* 97, 455–464. DOI 10.1016/j.indcrop.2016.12.031
- SPECTOR, A., MA, W., WANG, R.R. & KLEIMAN, N.J. 1997. Microperoxidases catalytically degrade reactive oxygen species and may be anti-cataract agents. *Experimental Eye Research* 65(4), 457–470. DOI 10.1006/exer.1997.0336
- ST-GELAIS, A. 2014. Les analyses par GC – Partie II. Le détecteur à ionisation de flamme (FID). *Laboratoire Phytochemia*, 1–3. World Wide Web Address: <http://www.phytochemia.com/fr/2014/08/11/les-analyses-par-gc-partie-ii-le->

detecteur-a-ionisation-de-flamme-fid/

- STAGOS, D., PORTESIS, N., SPANOU, C., MOSSIALOS, D., ALIGIANNIS, N., CHAITA, E., PANAGOULIS, C., RERI, E., SKALTSOUNIS, L., TSATSAKIS, A.M. & KOURETAS, D. 2012. Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology* 50(11), 4115–4124. DOI 10.1016/j.fct.2012.08.033
- STUBBS, B.J., SPECHT, A. & BRUSHETT, D. 2004. The essential oil of *Cinnamomum camphora* (L.) Nees and eberm.—Variation in oil composition throughout the tree in two chemotypes from eastern Australia. *Journal of Essential Oil Research* 16(3), 200–205. DOI 10.1080/10412905.2004.9698697
- STURTZ, L.A., DIEKERT, K., JENSEN, L.T., LILL, R. & CULOTTA, V.C. 2001. A fraction of yeast Cu,Zn-superoxide dismutase and its metallochaperone, CCS, localize to the intermembrane space of mitochondria. A physiological role for SOD1 in guarding against mitochondrial oxidative damage. *Journal of Biological Chemistry* 276(41), 38084–38089. DOI 10.1074/jbc.M105296200
- SUN, J. BO, WANG, P., LIANG, J. YU & CHEN, L. 2016. Phytochemical and chemotaxonomic study on *Dictamnus angustifolius* G. Don ex Sweet (Rutaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 68(20151218), 74–76. DOI 10.1016/j.bse.2016.06.016
- SYLLA, Y., SILUE, D.K., OUATTARA, K. & KONE, M.W. 2018. Etude ethnobotanique des plantes utilisées contre le paludisme par les tradithérapeutes et herboristes dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12(3), 1380. DOI 10.4314/ijbcs.v12i3.25
- TAHA, A.K., OSMAN, H.E. & AND OMAR AHMED A. SIDAHMED. 2011. Larvicidal Effects of Some Plant Extracts Against *Anopheles arabiensis* Patton Larvae (Diptera : Culicidae). *Journal of Science and Technology* 12(03), 67–74.
- TALHI, F., GHERRAF, N. & ZELLAGUI, A. 2020. Allelopathic effect of the aqueous extract of *Lantana camara* L . on the germination and development of four vegetable species. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* 18, 116–121.
- TANO, D.K.C., BI, C.S.T., KOUASSI, K.A., OSSEY, L.C. & SENAN SORO. 2019. Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* Duvivier 1892 (Coleoptera : Chrysomelidae) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa , Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* 143, 14692–14700.
- TANO, E.A., NEA, F., KEMENE, T.K., GENVA, M. & SAIVE, M. 2019. Antioxidant and Lipoxigenase Inhibitory Activities of Essential Oils from Endemic Plants of Côte d'Ivoire : *Zanthoxylum mezoneurispinosum* Ake Assi and *Zanthoxylum psammophilum* Ake Assi. *Molecules* 24(13), 2445. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules24132445>
- TAOUBI, K., FAUVEL, M.T., GIEYE, J., MOULIS, C. & FOURASTÉ, I. 1997.

- Phenypropanoid Glycosides from *Lantana camara* and *Lippia multiflora*. *Planta Med.* 63(1 997), 192–193.
- TAUBERT, D., BREITENBACH, T., LAZAR, A., CENSAREK, P., HARLFINGER, S., BERKELS, R., KLAUS, W. & ROESEN, R. 2003. Reaction rate constants of superoxide scavenging by plant antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine* 35(12), 1599–1607. DOI 10.1016/j.freeradbiomed.2003.09.005
- TAVASSOLI, S. & DJOMEH, Z.E. 2011. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of methanol extract of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Global Veterinaria* 7(4), 337–341.
- TCHOUMBOUNANG, F., DONGMO, P.M.J., SAMEZA, M.L., MBANJO, E.G.N., FOTSO, G.B.T., ZOLLO, P.H.A. & MENUT, C. 2009. Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 13(1), 77–84.
- TEIXEIRA, B., MARQUES, A., RAMOS, C., SERRANO, C., MATOS, O., NENG, N.R., NOGUEIRA, J.M.F., SARAIVA, J.A. & NUNES, M.L. 2013. Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93(11), 2707–2714. DOI 10.1002/jsfa.6089
- TEPE, B., SOKMEN, M., AKPULAT, H.A., DAFERERA, D., POLISSIOU, M. & SOKMEN, A. 2005. Antioxidative activity of the essential oils of *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* and *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *rosulans*. *Journal of Food Engineering* 66(4), 447–454. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2004.04.015
- TESCH, N.R., MORA, F., ROJAS, L., DIAZ, T., VELASCO, J., YANEZ, C., RIOS, N., CARMONA, J. & PASQUALE, S. 2011. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Lantana camara* var. *moritziana*. *Natural Product Communications* 6(7), 1031–1034. DOI 10.1177/1934578x1100600727
- THAMOTHARAN, G., SEKAR, G., GANESH, T., SEN, S., CHAKRABORTY, R. & SENTHIL KUMAR, N. 2010. Anti-ulcerogenic effects of *Lantana camara* Linn. leaves on in vivo test models in rats. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 3(3), 57–60. DOI 10.3109/13880200903406147
- THANAENDAN, G. & KENNEDY, J.S. 2017. Persistence, Relative Efficacy and Phytotoxicity of *Lantana camara* Var. *Aculeata* (L.) Moldenke Leaf Crude Extracts in Hexane against *Plutella xylostella* L. In Cruciferous Vegetables. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(6), 3201–3212. DOI 10.20546/ijcmas.2017.606.377
- THANH, T.B., DUC, L.V., THANH, H.N. & TIEN, V.N. 2017. In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of isolated compounds of ethanol extract from *Sanchezia speciosa* Leonard's leaves. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology* 28(1), 79–84. DOI 10.1515/jbcpp-2016-0086
- THOMPSON, J.D., CHALCHAT, J.-C., MICHET, A., LINHART, Y.B. & EHLERS, B. 2003. Qualitative and Quantitative Variation in Monoterpene Co-Occurrence and

- Composition in the Essential Oil of *Thymus vulgaris* Chemotypes. *Journal of Chemical Ecology* 29(4), 859–880. DOI 10.1023/A:1022927615442
- THORIN-TRESCASES, N., VOGHEL, G., FARHAT, N., DROUIN, A., GENDRON, M.E. & THORIN, E. 2010. Âge et stress oxydant: Vers un déséquilibre irréversible de l'Homéostasie endothéliale. *Medecine/Sciences* 26(10), 875–880.
- TIONG, S.H., LOOI, C.Y., HAZNI, H., ARYA, A., PAYDAR, M., WONG, W.F., CHEAH, S.C., MUSTAFA, M.R. & AWANG, K. 2013. Antidiabetic and antioxidant properties of alkaloids from *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Molecules* 18(8), 9770–9784. DOI 10.3390/molecules18089770
- TOMI, F., BRADESI, P., BIGHELLI, A. & CASANOVA, J. 1995. Computer-aided identification of individual components of essential oils using carbon-13 NMR spectroscopy. *Journal of Magnetic Resonance Analysis*, 25–34.
- TORRAS, J., GRAU, M.D., JORDI, F.L. & HERAS, F.X.C.D. LAS. 2007. Analysis of essential oils from chemotypes of *Thymus vulgaris* in Catalonia. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 2327–2333. DOI 10.1002/jsfa
- TORRES, C. & GALETTO, L. 2014. Nectar sugar composition and flower visitors for the naturalized exotic *Lantana camara* (Verbenaceae) at Central Argentina. *The International Journal of Plant Reproductive Biology* 6(2), 174–180. DOI 10.14787/ijprb.2014.6.2.174-180
- TOSCANO, R.A., CÁRDENAS, J., ORTIZ-PASTRANA, N., FRAGOSO-SERRANO, M., ORTEGA, A., PÉREZ-VÁZQUEZ, F.J., GARCÍA-PEÑA, M. DEL R. & BAUTISTA, E. 2020. NMR and SC-XRD analyses of a solid solution of diastereomers of microphyllane diterpenoids from *Salvia hirsuta*. *Journal of Molecular Structure* 1203. DOI 10.1016/j.molstruc.2019.127409
- TRANCHANT, J. 1996. *Chromatographie En Phase Gazeuse*. Techniques. 485 pp.
- TRANCHANT, J., BUZON, J., GUICHARD, N., LEBBE, J., PRÉVOT, A. & SERPINET, J. 1968. *Manuel Pratique de Chromatographie En Phase Gazeuse*. Masson. 361 pp. Paris. DOI 10.1016/s0021-9673(01)80435-0
- TRÉCHOT, P. & JOUZEAU, J.Y. 2014. Bases chimiques et pharmacologiques des AINS. *Revue Francaise d'Allergologie* 54(3), 212–217. DOI 10.1016/j.reval.2014.01.026
- UMAPATHY, E., NDEBIA, E.J., MEEME, A., ADAM, B., MENZIWA, P., NKEH-CHUNGAG, B.N. & IPUTO, J.E. 2010. An experimental evaluation of *Albuca setosa* aqueous extract on membrane stabilization, protein denaturation and white blood cell migration during acute inflammation. *Journal of Medicinal Plants Research* 4(9), 789–795. DOI 10.5897/JMPR10.056
- UNNITHAN, A.R. & UNNIKRISHNAN, G. 2015. larvicidal bioassay of five tropical plants against *Aedes Aegypti*. *World Journal of Pharmaceutical Research* 4(10), 2436–2446.
- USMAN, L., ISMAEEL, R., JAMES, O., MUSTAPHA, A., ADEBAYO, M., FALEYE, E. & ODHIAMBO, P. 2012. Chemical constituents of fruit essential oil of *Lantana*

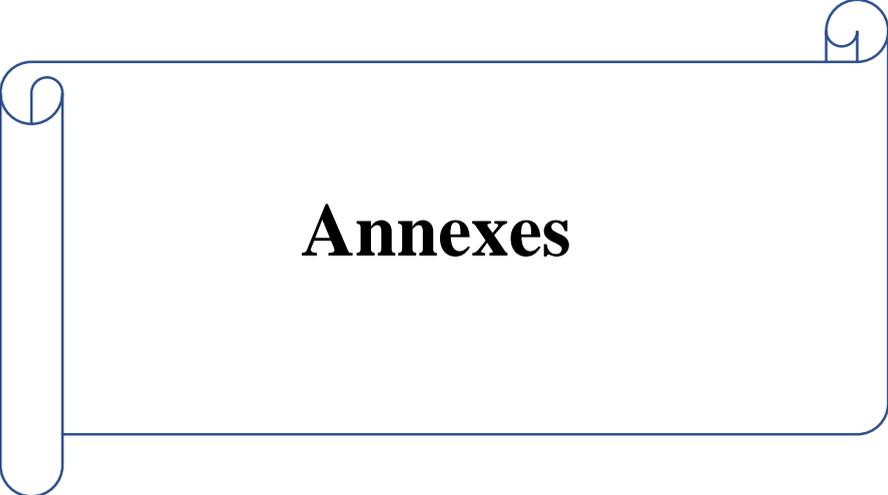
- camara* L. grown in Nigeria. *Elixir Organic Chemistry* 43, 6528–6530.
- UYOH, E.A., CHUKWURAH, P.N., DAVID, I.A. & BASSEY, A.C. 2013. Evaluation of Antioxidant Capacity of Two *Ocimum* Species Consumed Locally as Spices in Nigeria as a Justification for Increased Domestication. *American Journal of Plant Sciences* 04(02), 222–230. DOI 10.4236/ajps.2013.42029
- VAN BEVER, H.P.S. 2002. Leukotriene receptor antagonists. *Singapore Paediatric Journal* 44(2), 42–47. DOI 10.1055/s-2003-39023
- VANDENDOOL, H. & KRATZ, P. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gaz-liquid partition chromatography. *Journal of chromatography* 11, 463–471. DOI 10.1016/s0021-9673(01)80947-x
- VEIGA, V.F., ROSAS, E.C., CARVALHO, M. V., HENRIQUES, M.G.M.O. & PINTO, A.C. 2007. Chemical composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne-A comparative study. *Journal of Ethnopharmacology* 112(2), 248–254. DOI 10.1016/j.jep.2007.03.005
- VELIOGLU, Y.S., MAZZA, G., GAO, L. & OOMAH, B.D. 1998. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits , Vegetables , and Grain Products. *J. Agric. Food Chem* 46, 4113–4117.
- VENDITTI, E., BACCHETTI, T., TIANO, L., CARLONI, P., GRECI, L. & DAMIANI, E. 2010. Hot vs. cold water steeping of different teas: Do they affect antioxidant activity? *Food Chemistry* 119(4), 1597–1604. DOI 10.1016/j.foodchem.2009.09.049
- VENTON, B.J. 2017. Gas Chromatography (GC) with Flame-Ionization Detection. *Journal of Visualized Experiments*, 3–5.
- VERGNE, P., BERTIN, P. & TRÈVES, R. 2000. Aspirine, douleurs et inflammation. *Revue de Medecine Interne* 21(SUPPL. 1), 89–96. DOI 10.1016/s0248-8663(00)88730-5
- VERMA, R.K. & VERMA, S.K. 2006. Phytochemical and termiticidal study of *Lantana camara* var. *aculeata* leaves. *Fitoterapia* 77(6), 466–468. DOI 10.1016/j.fitote.2006.05.014
- VERMA, S., JAIN, C., NIGAM, S. & PADHI, M. 2013. Rapid extraction, isolation, and quantification of oleanolic acid from *Lantana camara* L. Roots using microwave and HPLC-PDA techniques. *Acta Chromatographica* 25(1), 181–199. DOI 10.1556/AChrom.25.2013.1.12
- VODA, K., BOH, B., VRTAČNIK, M. & POHLEVEN, F. 2003. Effect of the antifungal activity of oxygenated aromatic essential oil compounds on the white-rot *Trametes versicolor* and the brown-rot *Coniophora puteana*. *International Biodeterioration and Biodegradation* 51(1), 51–59. DOI 10.1016/S0964-8305(02)00075-6
- VOINCHET, V. & GIRAUD-ROBERT, A.-M. 2007. Utilisation de l'huile essentielle

- d'hélichryse italienne et de l'huile essentielle de rose musquée après intervention de chirurgie plastique réparatrice et esthétique. *Phytothérapie*, 67–72. DOI 10.1007/s10298-007-0213-y
- WAGNER, C., FRIEDT, W., MARQUARD, R.A. & ORDON, F. 2005. Molecular analyses on the genetic diversity and inheritance of (-)- α -bisabolol and chamazulene content in tetraploid chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.). *Plant Science* 169(5), 917–927. DOI 10.1016/j.plantsci.2005.06.010
- WANG, R., WANG, R. & YANG, B. 2009. Extraction of essential oils from five cinnamon leaves and identification of their volatile compound compositions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10, 289–292. DOI 10.1016/j.ifset.2008.12.002
- WANG, S.Y. & ZHENG, W. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(10), 4977–4982. DOI 10.1021/jf0106244
- WANG, Y., WANG, X., LUO, G. & DAI, Y. 2008. Adsorption of bovin serum albumin (BSA) onto the magnetic chitosan nanoparticles prepared by a microemulsion system. *Bioresource Technology* 99(9), 3881–3884. DOI 10.1016/j.biortech.2007.08.017
- WEENEN, H., NKUNYA, M.H.H., BRAY, D.H., MWASUMBI, L.B., KINABO, L.S. & KILIMALI, V.A.E.B. 1990. Antimalarial activity of Tanzanian medicinal plants. *Planta Med* 56, 368–370.
- WENG, J.R., TSAO, L.T., YEN, M.H., WANG, J.P. & LIN, C.N. 2003. Anti-inflammatory constituents and new pterocarpanoid of *Crotalaria pallida*. *Journal of Natural Products* 66(3), 404–407. DOI 10.1021/np020135d
- WENIGER, B., LAGNIKA, L., LENTA, B.N. & VONTHRON, C. 2008. L'ethnopharmacologie et la recherche de molécules antipaludéennes dans la biodiversité ivoirienne, béninoise et camerounaise. *Ethnopharmacologia* 41, 62–70.
- WÉRY, M. 1995. *Protozoologie Médicale*. 273 pp.
- WIJESKERA, R. O. B., JAYEWARDENE, A.L. & RAJAPAKSE, L.S. 1974. Volatile Constituents of Leaf, Stem and Root Oils of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*). *J. Sci. FdAgric.* 25, 1211–1220.
- WILLIAMS, L.A.D., CONNAR, A.O., LATORE, L., DENNIS, O., RINGER, S., WHITTAKER, J.A., CONRAD, J., VOGLER, B., ROSNER, H. & KRAUS, W. 2008. The in vitro Anti-denaturation Effects Induced by Natural Products and Non-steroidal Compounds in Heat Treated (Immunogenic) Bovine Serum Albumin is Proposed as a Screening Assay for the Detection of Anti-inflammatory Compounds, without the use of Anim. *West Indian Med J* 57(4), 327–331.
- WILLIAMS, L.A.D., O'CONNAR, A., LATORE, L., DENNIS, O., RINGER, S., WHITTAKER, J.A., CONRAD, J., VOGLER, B., ROSNER, H. & KRAUS, W. 2008. The in vitro anti-denaturation effects induced by natural products and non-

- steroidal compounds in heat treated (Immunogenic) bovine serum albumin is proposed as a screening assay for the detection of anti-inflammatory compounds, without the use of animals. *West Indian Medical Journal* 57(4), 327–331.
- WISEMAN, H. & HALLIWELL, B. 1996. Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen species: Role in inflammatory disease and progression to cancer. *Biochemical Journal* 313(1), 17–29. DOI 10.1042/bj3130017
- WOLLENWEBER, E., DÖRR, M., MUNIAPPAN, R. & SIEMS, K. 1997. Flavonoid aglycones and triterpenoids from the leaf exudate of *Lantana camara* and *Lantana montevidensis*. *Biochemical Systematics and Ecology* 25(3), 269–270. DOI 10.1016/S0305-1978(96)00115-9
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2019. *World Malaria Report 2019*. Geneva. 1-232 pp.
- YADAV, S.B. & TRIPATHI, V. 2003. A new triterpenoid from *Lantana camara*. *Fitoterapia* 74(3), 320–321. DOI 10.1016/S0367-326X(03)00034-0
- YANG, D.J., HWANG, L.S. & LIN, J.T. 2007. Effects of different steeping methods and storage on caffeine, catechins and gallic acid in bag tea infusions. *Journal of Chromatography A* 1156(1–2 SPEC. ISS.), 312–320. DOI 10.1016/j.chroma.2006.11.088
- YANG, J., QU, Z., XIAO, Y.L., QIU, G.F., ZHANG, T., WU, Z.Y., HE, X.R. & HU, X.M. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of endemic *Viola tianshanica*. *Natural Product Research* 25(17), 1635–1640. DOI 10.1080/14786419.2010.511218
- YANG, L.N., XING, J.G., HE, C.H. & WU, T. 2014. The phenolic compounds from *Dracocephalum moldavica* L. *Biochemical Systematics and Ecology* 54, 19–22. DOI 10.1016/j.bse.2013.12.009
- YAO, R.N., OULE, F.A. & N'GORAN, D.K. 2013. *Etude de Vulnérabilité Du Secteur Agricole Face Aux Changements Climatiques En Côte d'Ivoire*. 105 pp.
- YAVARI, A., NAZERI, V., SEFIDKON, F. & HASSANI, M.E. 2010. Influence of Some Environmental Factors on the Essential Oil Variability of *Thymus migricus*. *Natural Product Communications* 5(6), 943–948.
- YAYA, S.T., CLAUDE, M.J., ANTHELME, N.S. & FLAVIEN, T. 2016. Anti-inflammatory activity of the aqueous extract of *Daniellia oliveri* (Fabaceae). *International Archives of Integrated Medicine* 3(2), 1–9.
- YOUNGARE-ZIEBROU, M.N., LOMPO, M., OUEDRAOGO, N., YARO, B. & GUISSOUN, I.P. 2016. Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory activities of the leafy stems of *Waltheria indica* L. (Sterculiaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 6(2), 124–129. DOI 10.7324/JAPS.2016.60219
- YOUNGARÉ-ZIÉBROU, M.N., OUÉDRAOGO, N., LOMPO, M., BATIONO, H., YARO, B., GNOULA, C., SAWADOGO, W.R. & GUISSOU, I.P. 2016. Activités anti-inflammatoire, analgésique et antioxydante de l'extrait aqueux des tiges feuillées de *Saba senegalensis* Pichon (Apocynaceae). *Phytotherapie* 14(4), 213–219.

DOI 10.1007/s10298-015-0992-5

- ZAMBLE, G. 2019. *Genre et Changement Climatique En Côte d ' Ivoire: Une Étude Sur l'état Des Lieux de l'intégration Du Genre Dans Les Politiques et Programmes de Changement Climatique*. 78p pp.
- ZAOUALI, Y., BOUZAINÉ, T. & BOUSSAÏD, M. 2010. Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. *Food and Chemical Toxicology* 48(11), 3144–3152. DOI 10.1016/j.fct.2010.08.010
- ZHANG, D., YAO, X., DUAN, M., WEI, F. & WU, G. 2015. Variation of essential oil content and antioxidant activity of *Lonicera* species in different sites of China. *Industrial Crops and Products* 77, 772–779.
- ZHOU, L. & NILSSON, Å. 2001. Sources of eicosanoid precursor fatty acid pools in tissues. *Journal of Lipid Research* 42(10), 1521–1542.
- ZHU, F., LU, W., PAN, J., HUANG, M. & WU, J. 2013. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from the leaves, fruits and stems of *Lantana camara* L. from the South China. *Advanced Materials Research* 781–784, 1060–1063. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.781-784.1060
- ZILTENER, J.L., LEAL, S. & FOURNIER, P.E. 2010. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for athletes: An update. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 53(4), 278–288. DOI 10.1016/j.rehab.2010.03.001
- ZIN, Z.M., ABDUL HAMID, A., OSMAN, A. & SAARI, N. 2006. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Food Chemistry* 94(2), 169–178. DOI 10.1016/j.foodchem.2004.08.048
- ZOHEIR, B.T., ANOUAR, K.M., MOURAD, B. & PUJADE-VILLAR, J. 2011. Lutte contre les trois bruches *Acanthoscelides obtectus* (Say , 1831), *Bruchus rufimanus* Boheman , 183 et *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera Chrysomelidae : Bruchinae) par les huiles essentielles extraites d'*Origanum glandulosum* (Lamiacées). *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat* 76, 177–186.
- ZOUBIRI, S. & BAALIOUAMER, A. 2012a. Chemical composition and insecticidal properties of *Lantana camara* L . leaf essential oils from Algeria. *Journal of Essential Oil Research* 24(4), 377–383. DOI 10.1080/10412905.2012.692910
- ZOUBIRI, S. & BAALIOUAMER, A. 2012b. GC and GC/MS analyses of the Algerian *Lantana camara* leaf essential oil: Effect against *Sitophilus granarius* adults. *Journal of Saudi Chemical Society* 16(3), 291–297. DOI 10.1016/j.jscs.2011.01.013



Annexes

Annexe 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* selon les régions de la Côte d'Ivoire.**Tableau 1** : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* provenant de huit régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	GBE	GBO	GON	AGT	LAM	LOD	NAW	POR
α -pinène	MS, STD, RI	930	930	0 - 6.6	1.5 - 3.7	1.1 - 3.3	1.2 - 4.9	1.8 - 3.2	0.0 - 2.7	2.8 - 7.2	2.5 - 4.5
camphène	MS, STD, RI	943	945	0 - 2.2	0.3 - 1.4	0.0 - 1.0	-	-	0.0 - 0.8	0.0 - 1.5	0.0 - 1.8
sabinène	MS, STD, RI	976	973	0 - 17.2	0 - 5.3	10.8 - 17.7	5.1 - 12.4	6.0 - 11.4	3.4 - 16.6	11.6 - 19.3	8.5 - 14.6
β -pinène	MS, STD, RI	975	973	-	-	-	-	-	-	0.0 - 3.4	0.0 - 3.4
β -myrcène	MS, STD, RI	992	990	0 - 1.7	0.8 - 1.4	0.5 - 1.1	0.0 - 0.7	0.0 - 0.5	0.0 - 1.2	0.5 - 1.8	0.6 - 1.5
δ -3-carène	MS, STD, RI	1013	1010	0 - 2.3	0.3 - 2.0	0.1 - 1.9	-	-	0.0 - 1.8	0.0 - 2.6	0.0 - 2.7
p-cymène	MS, STD, RI	1026	1021	0 - 2.2	0.7 - 0.9	1.1 - 1.6	0.6 - 1.7	0.0 - 1.2	0.0 - 0.7	0.0 - 0.9	0.5 - 1.9
limonène	MS, STD, RI	1028	1026	0 - 2.4	0.4 - 0.5	0.0 - 2.3	0.0 - 1.9	0.0 - 0.9	0.0 - 1.7	0.0 - 2.7	0.0 - 2.5
β -phellandrène	MS, STD, RI	1030	1028	-	0 - 0.2	-	0.0 - 2.6	-	-	-	-
1,8-cinéole	MS, STD, RI	1033	1031	2.3 - 16.2	9.2 - 12.3	0.0 - 16.0	-	-	0.0 - 13.1	0.0 - 14.6	0.0 - 9.5
β -ocimène	MS, STD, RI	1050	1047	0 - 0.6	0.1 - 0.4	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3	-	0.0 - 0.6	0.6 - 1.9	0.4 - 0.4
γ -terpinène	MS, STD, RI	1060	1055	0 - 0.9	0.1 - 0.2	0.4 - 0.8	0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.8	0.4 - 0.8	0.6 - 0.9
Sabinène trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	-	0.2 - 0.6	0.0 - 0.9	0.0 - 0.3	-	0.0 - 0.4	0.0 - 1.2	0.0 - 0.6
α -terpinolène	MS, STD, RI	1093	1088	-	0 - 0.4	-	-	-	0.0 - 0.5	0.4 - 0.6	0.0 - 0.6
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	-	1.9 - 2.1	0.0 - 0.5	0.5 - 2.2	0.0 - 1.0	0.0 - 1.5	0.4 - 1.6	1.0 - 1.4
alloocimène	MS, RI	1125	1126	-	0.1 - 0.3	0.0 - 0.8	-	-	0.0 - 0.4	0.2 - 0.9	-
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	-	-	-	0.0 - 1.0	-	-	-	-
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0.4 - 1.4	1.1 - 3.2	0.0 - 1.7	-	-	0.0 - 1.2	0.0 - 1.9	0.0 - 0.9
bornéol	MS, STD, RI	1166	1163	0 - 0.4	0.7 - 1.5	0.0 - 0.5	-	-	0.0 - 0.6	0.0 - 1.0	0.0 - 1.3
terpinèn-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0 - 0.5	0.5 - 1.1	0.3 - 0.7	0.0 - 0.8	0.0 - 0.4	0.0 - 0.9	1.1 - 1.7	0.7 - 1.2
α -terpinéol	MS, STD, RI	1190	1188	0.3 - 0.5	0 - 0.8	0.0 - 0.8	-	-	0.0 - 0.7	0.0 - 1.4	0.0 - 0.9
methyl salicylate	MS, STD, RI	1193	1191	-	0 - 1.0	-	-	-	-	-	0.0 - 1.0
β -citronellol	MS, STD, RI	1225	1224	-	-	-	0.0 - 1.0	-	-	-	-
géraniol	MS, STD, RI	1250	1250	-	-	-	0.0 - 1.4	-	-	0.0 - 0.3	-
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0 - 2.3	0.2 - 3.3	0.0 - 1.4	0.0 - 0.7	-	0.0 - 1.2	0.4 - 1.1	0.0 - 5.8

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis*
(Verbenaceae)

δ-élémane	MS, RI	1337	1336	0 - 4.2	-	0.0 - 0.9	0.0 - 0.5	0.5 - 2.4	1.9 - 2.8	-	0.3 - 1.6
α-cubébène	MS, RI	1350	1349	0 - 0.4	0.2 - 0.4	0.0 - 0.9	0.0 - 0.8	0.5 - 0.8	0.0 - 0.8	0.0 - 0.7	0.4 - 0.6
α-copaène	MS, STD, RI	1379	1379	1.0 - 10.4	0.9 - 1.4	1.0 - 1.8	1.4 - 2.2	1.5 - 1.9	1.1 - 1.8	2.0 - 1.4	0.8 - 1.4
β-cubébène	MS, STD, RI	1388	1393	0 - 1.1	1.4 - 2.0	0.0 - 2.1	0.0 - 2.7	0.0 - 2.4	0.0 - 2.7	1.0 - 1.6	0.0 - 1.9
β-élémane	MS, STD, RI	1394	1394	0 - 3.9	1.3 - 1.8	0.0 - 3.2	0.9 - 3.6	2.2 - 2.4	2.1 - 3.3	2.2 - 3.0	0.0 - 1.0
calarène	MS, STD, RI	1406	1395	-	-	-	0.0 - 6.6	-	-	-	-
(E)-β-caryophyllène	MS, STD, RI	1424	1424	18.9 - 33.3	18.5 - 28.9	27.4 - 34.6	21.9 - 35.0	37.4 - 38.7	28.4 - 38.0	16.7 - 26.1	15.4 - 40.3
cadina-4(14)5-diène	MS, RI	1435	1434	1.7 - 7.8	0.9 - 2.5	1.8 - 3.7	2.7 - 4.3	3.1 - 3.8	1.5 - 4.7	1.8 - 3.6	1.9 - 3.5
γ-élémane	MS, RI	1434	1436	0.8 - 8.9	0.5 - 2.2	1.0 - 1.1	0.7 - 1.2	1.0 - 1.4	1.0 - 1.4	0.6 - 0.9	0.3 - 0.8
α-humulène	MS, STD, RI	1456	1458	2.9 - 9.6	12.3 - 18.7	11.6 - 21.8	16.1 - 23.7	20.7 - 23.2	12.2 - 22.2	8.9 - 14.6	11.0 - 19.5
alloaromadendrène	MS, RI	1462	1462	0.6 - 0.7	0.1 - 0.3	0.4 - 0.6	0.0 - 0.6	0.4 - 0.5	0.5 - 0.5	0.6 - 0.7	0.3 - 0.5
α-curcumène	MS, RI	1477	1485	-	0.3 - 1.1	-	0.0 - 2.8	-	-	-	0.0 - 0.3
germacrène D	MS, RI	1480	1486	0.8 - 5.4	-	0.9 - 2.0	0.0 - 6.7	1.3 - 2.4	0.8 - 2.9	0.4 - 3.7	0.0 - 1.2
β-selinène	MS, RI	1488	1487	0 - 0.8	0.2 - 1.1	0.0 - 0.9	0.6 - 1.1	0.0 - 2.3	0.0 - 1.0	0.2 - 0.9	0.6 - 1.2
valencène	MS, STD, RI	1495	1496	0 - 3.5	0.7 - 2.9	2.5 - 3.0	2.0 - 6.7	1.8 - 3.7	0.0 - 5.0	0.0 - 3.9	0.0 - 3.7
α-murolène	MS, RI	1499	1503	0.8 - 3.6	1.4 - 3.4	0.9 - 1.9	1.4 - 2.8	1.6 - 2.1	0.8 - 2.3	0.0 - 1.8	1.2 - 1.7
β-bisabolène	MS, STD, RI	1506	1512	-	0.2 - 1.5	0.0 - 0.8	0.6 - 1.9	0.7 - 1.8	0.0 - 1.3	0.0 - 1.3	0.9 - 1.5
γ-cadinène	MS, RI	1511	1514	0 - 0.2	-	0.0 - 0.8	0.0 - 2.6	0.0 - 1.5	0.8 - 2.8	0.0 - 1.1	0.0 - 2.1
δ-cadinène	MS, RI	1519	1524	0 - 10.4	0.9 - 1.2	0.9 - 2.0	1.8 - 2.6	1.9 - 2.8	0.8 - 2.5	0.9 - 1.8	0.0 - 1.5
(E)-nérolidol	MS, RI	1551	1565	-	0.4 - 2.3	0.0 - 1.6	-	-	0.0 - 1.8	0.0 - 2.3	0.0 - 1.9
germacrène B	MS, RI	1555	1565	-	-	-	-	-	-	-	-
spathuléol	MS, STD, RI	1571	1583	0 - 0.7	1.3 - 2.4	0.0 - 0.5	0.4 - 2.1	0.0 - 0.4	0.4 - 0.6	0.0 - 2.5	0.0 - 0.9
Caryophyllène oxyde	MS, STD, RI	1578	1589	-	0 - 1.9	0.0 - 1.8	1.1 - 2.7	0.0 - 2.4	0.0 - 1.2	0.6 - 2.6	-
davanone	MS, RI	1586	1596	-	-	-	-	-	-	0.0 - 0.3	0.0 - 13.6
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	-	0 - 0.2	-	0.0 - 0.5	-	0.0 - 0.4	-	0.0 - 0.3
τ-cadinol	MS, RI	1639	1636	-	0 - 0.4	0.0 - 0.9	0.0 - 0.7	0.0 - 0.5	0.0 - 0.9	0.3 - 0.7	0.0 - 1.6
δ-cadinol	MS, RI	1643	1645	-	0.3 - 0.5	-	0.0 - 0.7	0.0 - 0.4	0.0 - 0.6	-	0.0 - 2.3
2-pentadécaone, 6,10,14,triméthyl	MS, STD, RI	1842	1840	-	0.0 - 1.1	-	-	-	-	-	-
phytol E	MS, RI	2112	2116	-	0.0 - 1.0	-	0.0 - 0.7	-	-	0.0 - 0.3	-

Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	SPD	GRP	HAM	GOH	HSD	SCO	BEL
α -pinène	MS, STD, RI	930	930	5.9 - 6.7	2.3 - 2.5	1.7 - 2.1	2.1 - 4.8	2.8 - 3.2	2.2 - 3.7	1.2 - 4.4
camphène	MS, STD, RI	943	945	-	0.0 - 0.5	0.0 - 0.6	0.0 - 1.0	0.0 - 0.7	0.0 - 11.3	0.0 - 2.1
sabinène	MS, STD, RI	976	973	14.1 - 15.6	4.5 - 9.6	2.2 - 8.3	12.4 - 16.6	8.7 - 17.7	0.5 - 17.5	11.1 - 16.6
β -pinène	MS, STD, RI	975	973	-	-	0.0 - 1.9	-	-	-	-
β -myrcène	MS, STD, RI	992	990	1.0 - 1.2	0.4 - 1.0	0.4 - 1.0	0.6 - 1.1	0.6 - 0.8	0.0 - 1.0	0.3 - 1.7
δ -3-carène	MS, STD, RI	1013	1010	-	0.0 - 0.5	-	0.0 - 1.7	0.0 - 1.5	0.0 - 1.6	0.0 - 1.7
p-cymène	MS, STD, RI	1026	1021	0.5 - 1.0	0.4 - 0.8	0.9 - 2.5	1.1 - 4.4	0.6 - 2.5	1.0 - 1.1	0.8 - 1.8
limonène	MS, STD, RI	1028	1026	2.3 - 2.4	0.0 - 1.2	0.0 - 1.3	0.0 - 2.6	0.0 - 2.1	0.0 - 3.7	0.0 - 1.0
β -phellandrène	MS, STD, RI	1030	1028	-	-	0.0 - 1.8	0.0 - 2.1	-	0.0 - 1.6	0.0 - 2.1
1,8-cinéole	MS, STD, RI	1033	1031	-	0.0 - 4.7	0.0 - 3.1	0.0 - 13.9	0.0 - 14.9	0.0 - 12.5	0.0 - 15.2
β -ocimène	MS, STD, RI	1050	1047	0.6 - 0.9	0.0 - 0.2	0.0 - 0.3	0.0 - 0.4	-	0.0 - 0.7	0.0 - 0.8
γ -terpinène	MS, STD, RI	1060	1055	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.1 - 0.4	0.0 - 1.2	0.4 - 0.6	0.0 - 0.8	0.0 - 0.8
Sabinène trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	0.2 - 0.3	-	-	0.0 - 0.6	0.0 - 0.4	-	0.0 - 1.3
α -terpinolène	MS, STD, RI	1093	1088	0.2 - 0.3	0.0 - 0.3	0.0 - 0.2	-	-	0.0 - 0.6	0.0 - 1.0
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	2.3 - 2.8	0.0 - 0.4	0.4 - 1.0	0.0 - 1.3	0.0 - 1.1	0.4 - 0.8	0.0 - 1.6
alloocimène	MS, RI	1125	1126	0.3 - 0.4	-	-	0.0 - 0.4	-	0.0 - 0.5	0.0 - 1.1
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	-	-	-	-	-	-	-
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	-	0.0 - 1.1	0.0 - 0.9	0.0 - 1.5	0.0 - 1.3	0.0 - 1.0	0.0 - 1.6
bornéol	MS, STD, RI	1166	1163	-	0.0 - 0.7	0.0 - 0.9	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3	0.0 - 0.4	0.0 - 1.0
terpinèn-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0.0 - 1.1	0.0 - 0.5	0.2 - 0.6	0.0 - 1.1	0.0 - 0.5	0.0 - 0.9	0.4 - 1.4
α -terpinéol	MS, STD, RI	1190	1188	-	0.0 - 1.6	0.0 - 1.5	0.0 - 0.9	0.0 - 0.6	0.0 - 0.4	0.0 - 1.0
methyl salicylate	MS, STD, RI	1193	1191	-	-	-	-	-	-	-
β -citronellol	MS, STD, RI	1225	1224	-	-	-	-	-	-	-
géraniol	MS, STD, RI	1250	1250	-	-	-	-	-	-	-
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0.0 - 4.1	-	1.1 - 2.1	0.0 - 6.1	0.0 - 1.7	-	0.0 - 4.6
δ -élémente	MS, RI	1337	1336	0.0 - 2.7	1.2 - 5.2	0.0 - 2.3	0.0 - 2.1	1.8 - 1.9	0.9 - 3.5	0.0 - 3.2
α -cubebène	MS, RI	1350	1349	0.7 - 0.8	0.5 - 0.7	0.5 - 1.0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.6	0.0 - 0.7	0.0 - 0.7

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis*
(Verbenaceae)

α -copaène	MS, STD, RI	1379	1379	1.9 - 2.8	1.6 - 8.7	1.5 - 6.7	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.1 - 1.6	0.9 - 1.6
β -cubebène	MS, STD, RI	1388	1393	2.2 - 2.9	0.0 - 2.1	0.4 - 1.7	0.0 - 2.0	0.0 - 2.1	0.0 - 2.4	0.0 - 2.6
β -élémane	MS, STD, RI	1394	1394	2.7 - 2.9	0.5 - 2.2	0.0 - 4.1	0.0 - 2.6	0.0 - 2.3	0.0 - 2.3	0.0 - 2.5
calarène	MS, STD, RI	1406	1395	-	-	-	0.0 - 2.0	-	-	0.0 - 2.9
(E)- β -caryophyllène	MS, STD, RI	1424	1424	21.1 - 22.8	21.4 - 38.8	13.1 - 20.1	27.9 - 35.2	26.3 - 39.7	30.5 - 35.9	15.3 - 35.8
cadina-4(14)5-diène	MS, RI	1435	1434	3.3 - 4.3	3.0 - 5.6	3.2 - 4.3	1.4 - 3.2	1.6 - 3.6	1.8 - 3.5	1.5 - 4.4
γ -élémane	MS, RI	1434	1436	0.9 - 1.0	0.9 - 6.1	0.9 - 4.2	0.8 - 0.9	0.5 - 0.9	0.8 - 1.0	0.8 - 1.4
α -humulène	MS, STD, RI	1456	1458	12.6 - 14.2	4.2 - 23.3	3.7 - 20.6	10.2 - 18.1	13.0 - 20.4	12.6 - 22.5	9.0 - 16.7
alloaromadendrène	MS, RI	1462	1462	0.6 - 0.7	0.4 - 1.0	0.4 - 1.0	0.4 - 0.5	0.0 - 0.4	0.4 - 0.5	0.4 - 0.7
α -curcumène	MS, RI	1477	1485	-	-	-	-	-	-	0.0 - 2.1
germacrène D	MS, RI	1480	1486	2.1 - 2.8	1.4 - 5.5	1.8 - 11.8	0.6 - 1.9	0.0 - 2.1	0.9 - 2.2	0.0 - 1.3
β -selinène	MS, RI	1488	1487	0.9 - 1.0	0.5 - 0.8	1.0 - 1.3	0.0 - 0.6	0.0 - 0.8	0.0 - 0.9	0.0 - 1.1
valencène	MS, STD, RI	1495	1496	3.7 - 4.2	2.8 - 4.5	4.4 - 5.9	0.0 - 3.4	2.0 - 4.0	0.0 - 2.6	0.0 - 4.6
α -muurolène	MS, RI	1499	1503	1.7 - 2.2	1.9 - 2.7	1.6 - 2.6	0.8 - 1.5	1.0 - 2.0	0.0 - 2.1	1.0 - 2.2
β -bisabolène	MS, STD, RI	1506	1512	1.3 - 1.6	0.0 - 1.0	1.3 - 1.5	0.0 - 0.9	0.0 - 1.0	0.0 - 1.5	0.0 - 1.7
γ -cadinène	MS, RI	1511	1514	-	0.5 - 0.6	0.0 - 1.2	0.0 - 1.0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.7	0.0 - 1.5
δ -cadinène	MS, RI	1519	1524	1.9 - 2.1	2.4 - 8.8	3.8 - 5.8	0.8 - 1.9	1.1 - 2.3	1.1 - 3.3	0.8 - 2.1
(E)-nérolidol	MS, RI	1551	1565	-	-	-	0.0 - 1.4	0.0 - 0.5	0.0 - 0.5	0.0 - 2.4
germacrène B	MS, RI	1555	1565	-	-	0.0 - 3.4	-	-	-	-
spathulénol	MS, STD, RI	1571	1583	0.3 - 1.0	-	0.7 - 1.1	0.4 - 2.3	0.0 - 1.4	0.4 - 1.1	1.5 - 3.7
Caryophyllène oxyde	MS, STD, RI	1578	1589	0.7 - 1.4	-	0.4 - 0.7	0.0 - 1.6	0.0 - 1.8	0.7 - 1.4	1.5 - 2.5
davanone	MS, RI	1586	1596	-	-	-	-	-	-	-
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.2 - 0.3	-	0.2 - 0.3	-	-	-	0.0 - 0.4
τ -cadinol	MS, RI	1639	1636	0.3 - 0.4	-	0.5 - 0.7	0.0 - 0.4	0.0 - 0.3	-	0.0 - 0.6
δ -cadinol	MS, RI	1643	1645	0.3 - 0.4	-	0.2 - 0.6	-	-	-	0.0 - 0.3
2-pentadécaone, 6,10,14,triméthyl	MS, STD, RI	1842	1840	-	-	0.0 - 0.4	-	-	-	-
phytol E	MS, RI	2112	2116	-	-	0.0 - 2.9	-	-	-	-

Id: Identification; MS: comparaison des spectres de masse avec ceux de Pal 600K ® librairies; STD: standards; RI: comparaison de l'indice de rétention avec ceux rapportés dans la littérature; Ir th: Indice de rétention théorique de NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de rétention calculé avec la colonne HP-5MS, déterminée expérimentalement à

l'aide de séries d'alcane C₇–C₃₀; -: absent; GBE: région de Gbeke; GBO: région de Gbokle; GON: région de Gontougo; AGT: région de l'Agneby-Tiassa; LAM: région de La Me; LOD: région de Lôh-Djiboua; NAW: région de Nawa; POR: région du Poro; SPD: région de San-Pedro; GRP: région des Grands-Ponts; HAM: région du Hambol; GOH: région du Gôh; HSD: région du Haut-Sassandra; SCO: région du Sud-Comoé; BEL: région de Belier.

Annexe 2 :Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de *L. camara* selon les régions de la Côte d'Ivoire.

Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	GBE	GBO	AGT	LAM	LOD	NAW	POR
α -pinene	MS, STD, RI	930	930	0.7 - 2.1	0,9	0.0 - 0.6	0.0 - 1.0	3,4	2.0 - 3.3	0.0 - 3.4
camphene	MS, STD, RI	943	945	0	1,1	0	0	0	0.0 - 0.7	0
sabinene	MS, STD, RI	976	973	4.1 - 6.3	9,6	0.6 - 9.6	0.0 - 3.4	7,3	6.7 - 13.4	0.0 - 7.5
β -pinene	MS, STD, RI	975	973	0	0	0	0	0	0.0 - 2.3	0.0 - 0.5
β -myrcene	MS, STD, RI	992	990	0	0,2	0.0 - 1.2	0.0 - 0.4	1,4	0.7 - 1.3	0.0 - 0.6
δ -3-carene	MS, STD, RI	1013	1010	0	1,2	0	0	0	0.0 - 1.7	0.0 - 0.7
α -phellandrene	MS, RI	1014	1014	0	0	0.0 - 1.0	0	0	0	0.0 - 0.3
p-cymene	MS, STD, RI	1026	1021	0.4 - 1.0	0,3	0.5 - 1.8	0.0 - 0.6	1,2	0.0 - 3.0	0.6 - 3.9
limonene	MS, STD, RI	1028	1026	0	0,7	0.0 - 1.4	0.3 - 1.4	2,9	0.0 - 2.5	0.0 - 1.1
β -phellandrene	MS, STD, RI	1030	1028	0.5 - 2.2	0,5	0.0 - 3.2	0	0	0	0
1,8-cineole	MS, STD, RI	1033	1031	0.0 - 1.1	5,1	0	0	0	0.0 - 8.3	0.3 - 1.7
β -ocimene	MS, STD, RI	1050	1047	0	0,1	0.0 - 0.4	0	0,8	0.0 - 0.3	0
γ -terpinene	MS, STD, RI	1060	1055	0	0	0.0 - 0.5	0	0,6	0.0 - 0.4	0.0 - 0.5
sabinene trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	0	0,1	0	0	0,3	0.0 - 0.2	0.0 - 0.7
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	1.2 - 1.4	4,5	1.5 - 3.2	0.6 - 1.3	2,7	1.4 - 2.6	0.5 - 3.3
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0	2,1	0	0	0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.4
borneol	MS, STD, RI	1166	1163	0	0,2	0	0	0,2	0.0 - 0.6	0.0 - 1.4
terpinen-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0	0,7	0.7 - 1.3	0.0 - 0.3	1	1.9 - 2.0	0.0 - 1.3
α -terpineol	MS, STD, RI	1190	1188	0	0,3	0.0 - 0.3	0	0,2	0.0 - 0.5	0.0 - 1.1
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0	0	0.0 - 1.6	0.9 - 4.7	2,1	0	0.0 - 20.1
δ -elemene	MS, RI	1337	1336	0.9 - 0.9	0,2	0.0 - 1.0	1.2 - 1.4	1,7	0.0 - 0.3	0.0 - 0.7

α -cubebene	MS, RI	1350	1349	0.5 - 0.5	0	0.4 - 0.8	0.8 - 1.1	1	0.3 - 0.7	0.4 - 1.4
α -copaene	MS, STD, RI	1379	1379	1.7 - 1.7	3,1	0.0 - 3.1	2.7 - 2.9	3,7	2.7 - 4.3	1.9 - 3.7
β -cubebene	MS, STD, RI	1388	1393	0.9 - 2.2	0,9	0.0 - 3.0	2.3 - 2.9	0	1.9 - 3.6	0.0 - 2.6
β -elemene	MS, STD, RI	1394	1394	2.0 - 2.9	0,5	0.0 - 2.6	1.7 - 2.5	0,4	1.3 - 1.9	0.0 - 1.9
calarene	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0.0 - 4.7	0	5,7	0	0
eugenol methyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0	0.0 - 0.8	0	0	0
(<i>E</i>)- <i>b</i> -caryophyllene	MS, STD, RI	1424	1424	39.8 - 40.4	25,5	19.4 - 29.7	26.4 - 36.3	19,1	17.7 - 25.5	12.6 - 37.3
cadina-4(14)5-diene	MS, RI	1435	1434	3.5 - 3.7	1,1	3.1 - 3.9	4.2 - 4.4	3,8	2.9 - 4.4	1.9 - 4.3
γ -elemene	MS, RI	1434	1436	0.8 - 1.0	0,7	0.6 - 1.2	1.1 - 3.4	0	0.5 - 1.2	0.5 - 1.2
α -humulene	MS, STD, RI	1456	1458	21.0 - 21.9	20	14.3 - 21.8	18.7 - 22.8	12,9	9.4 - 12.0	9.7 - 22.2
alloaromadendrene	MS, RI	1462	1462	0.0 - 0.5	1,9	0.5 - 0.6	0.0 - 0.6	0	0.6 - 0.8	0.4 - 0.8
α -curcumene	MS, RI	1477	1485	0.0 - 2.0	0	0.0 - 1.5	0	0	0.0 - 3.5	0.0 - 2.4
germacrene D	MS, RI	1480	1486	2.0 - 2.6	0	0.0 - 7.2	2.0 - 3.0	3,3	0.0 - 2.4	0.0 - 1.9
β -selinene	MS, RI	1488	1487	0.4 - 0.8	1,5	0.7 - 1.1	0.0 - 0.6	1,1	0.4 - 0.9	0.6 - 2.9
α -selinene	MS, RI	1494	1499	0	0	0	0	1,4	0	0
valencene	MS, STD, RI	1495	1496	2.3 - 2.6	1,2	1.6 - 3.9	2.5 - 3.7	1,1	1.9 - 2.9	1.8 - 4.1
α -muurolene	MS, RI	1499	1503	2.0 - 2.2	1,9	1.7 - 3.1	2.5 - 2.8	2,5	1.2 - 2.4	1.4 - 2.9
β -bisabolene	MS, STD, RI	1506	1512	1.4 - 2.0	0,7	2.5 - 3.2	2.8 - 3.3	3,1	2.3 - 4.1	2.3 - 5.9
γ -cadinene	MS, RI	1511	1514	0.5 - 1.3	0	0.0 - 0.8	0.7 - 2.1	0	0.0 - 0.9	0.0 - 3.0
δ -cadinene	MS, RI	1519	1524	1.6 - 4.1	3,2	0.0 - 3.6	4.4 - 4.6	3,7	1.7 - 3.2	2.7 - 5.1
(<i>E</i>)-nerolidol	MS, RI	1551	1565	0	1,1	0.0 - 0.3	0	0	0.0 - 1.1	0.0 - 4.1
germacrene B	MS, RI	1555	1565	0	0	0	0	0	0	0
spathulenol	MS, STD, RI	1571	1583	0.0 - 2.1	0,9	0.4 - 1.8	0.0 - 0.6	0,9	2.7 - 3.8	0.0 - 1.8
caryophyllene oxyde	MS, STD, RI	1578	1589	0.0 - 3.1	0,7	0.9 - 11.6	0.0 - 1.2	1,4	3.2 - 8.4	0.0 - 6.8
davanone	MS, RI	1586	1596	0	0	0	0	0	0	0.0 - 5.3

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0	0	0.4 - 0.9	0.0 - 0.8	0,6	0.3 - 1.0	0.0 - 1.3
γ-eudesmol	MS, RI	1620	1620	0	0,8	0.0 - 0.3	0.0 - 0.6	0,4	0.0 - 0.7	0.0 - 2.9
t-cadinol	MS, RI	1639	1636	0	0,2	0.7 - 1.9	0.6 - 1.6	1,3	0.8 - 1.2	0.0 - 2.6
δ-cadinol	MS, RI	1643	1645	0	0,9	0.7 - 1.8	0.0 - 0.5	0,9	0	0.0 - 1.1
α-cadinol	MS, RI	1650	1658	0	1,2	0.8 - 1.5	0.4 - 1.6	0,7	0.0 - 0.9	0.0 - 2.2
cadalene	MS, RI	1662	1680	0	0	0	0.0 - 1.3	0	0	0
phytol E	MS, RI	2112	2116	0	3,2	0	0.0 - 0.4	0	0.0 - 0.7	0.0 - 1.0

Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des fleurs de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	SPD	GRP	HAM	GOH	HSD	SCO	BEL
α-pinene	MS, STD, RI	930	930	0.9 - 2.9	0.7 - 2.3	0.0 - 0.4	0.5 - 2.2	0.4 - 2.0	0.5 - 3.6	0.0 - 1.2
camphene	MS, STD, RI	943	945	0	0.0 - 0.2	0.0 - 0.6	0.3 - 0.9	0.0 - 1.1	0	0.0 - 0.7
sabinene	MS, STD, RI	976	973	4.5 - 7.6	2.9 - 5.0	1.0 - 2.0	8,7 - 16.4	1.3 - 22.7	7.2 - 9.1	0.5 - 17.4
β-pinene	MS, STD, RI	975	973	0	0	0.0 - 0.7	0	0	0	0
β-myrcene	MS, STD, RI	992	990	0.0 - 0.9	1.0 - 2.9	0.3 - 2.5	0.8 - 1.7	0.6 - 1.2	0.6 - 0.9	0.0 - 0.5
δ-3-carene	MS, STD, RI	1013	1010	0.0 - 0.3	0	0	1.5 - 3.3	0.0 - 3.1	1.4 - 2.5	0.0 - 1.8
α-phellandrene	MS, RI	1014	1014	0.0 - 1.0	0.0 - 0.6	0	0.0 - 0.5	0	0	0
p-cymene	MS, STD, RI	1026	1021	1.2 - 1.8	0.9 - 2.0	0.4 - 3.6	1.9 - 3.6	1.8 - 3.7	2.0 - 2.5	0.0 - 3.2
limonene	MS, STD, RI	1028	1026	0.0 - 3.3	0.0 - 1.7	1.0 - 1.8	0.0 - 4.9	0	0.0 - 1.2	0.0 - 0.8
β-phellandrene	MS, STD, RI	1030	1028	0.0 - 2.4	0.0 - 2.6	0	0	0	0	0
1,8-cineole	MS, STD, RI	1033	1031	0.0 - 1.5	0.0 - 3.8	0.0 - 3.7	2.0 - 10.7	0.0 - 13.9	0.0 - 5.0	0.0 - 10.3
β-ocimene	MS, STD, RI	1050	1047	0.3 - 0.5	0	0.0 - 0.8	0.6 - 7.7	0.0 - 0.4	0	0
γ-terpinene	MS, STD, RI	1060	1055	0.0 - 0.3	0.3 - 2.1	0.0 - 0.3	0.3 - 0.7	0.0 - 0.9	0	0
sabinene trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	0	0	0.0 - 0.4	0.5 - 1.0	0	0	0.0 - 0.5

linalol	MS, STD, RI	1099	1099	2.1 - 3.3	0.2 - 0.9	0.9 - 1.9	0.0 - 1.2	0.0 - 0.8	0.0 - 1.8	0.0 - 2.5
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0.0 - 0.3	0	0.0 - 0.4	0.5 - 0.8	0.0 - 0.7	0	0.0 - 0.4
borneol	MS, STD, RI	1166	1163	0.0 - 0.3	0.0 - 0.3	0.0 - 1.0	0.6 - 1.3	0.0 - 0.7	0	0.0 - 0.5
terpinen-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	1.0 - 1.6	0.4 - 2.3	0.3 - 0.4	1.2 - 2.3	0.4 - 1.0	0.5 - 1.4	0.0 - 1.1
α -terpineol	MS, STD, RI	1190	1188	0.0 - 0.4	0.0 - 1.4	0.0 - 2.1	0.4 - 0.8	0.0 - 0.6	0	0.0 - 0.3
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0.0 - 4.4	0.0 - 3.4	2.3 - 6.0	0.9 - 23.2	0.0 - 6.5	0.0 - 0.6	0.0 - 2.8
δ -elemene	MS, RI	1337	1336	0.8 - 2.4	0.4 - 1.9	0.0 - 1.3	0.8 - 1.2	0.0 - 0.8	0.4 - 0.8	0.0 - 2.0
α -cubebene	MS, RI	1350	1349	0.7 - 0.7	0.3 - 0.6	0.7 - 1.0	0.0 - 0.2	0.0 - 1.1	0.0 - 0.8	0.0 - 0.9
α -copaene	MS, STD, RI	1379	1379	2.9 - 4.6	1.8 - 10.9	3.3 - 7.7	1.3 - 1.4	1.4 - 2.5	1.4 - 1.8	0.8 - 2.4
β -cubebene	MS, STD, RI	1388	1393	2.5 - 3.0	0.0 - 1.1	0.0 - 3.4	0.0 - 0.7	0.0 - 0.6	0.0 - 2.2	0.7 - 3.2
β -elemene	MS, STD, RI	1394	1394	1.6 - 2.4	0.5 - 1.2	0.0 - 3.2	0.0 - 1.5	0.0 - 1.0	0.0 - 1.5	1.7 - 3.3
calarene	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0	0.0 - 2.2	0	0	0.0 - 2.0
eugenol methyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0	0.0 - 2.6	0	0	0
(<i>E</i>)- <i>b</i> -caryophyllene	MS, STD, RI	1424	1424	19.2 - 24.1	19.2	13.2 - 23.4	15.4 - 25.1	22.3 - 32.1	32.6 - 47.0	2.5 - 38.2
cadina-4(14)5-diene	MS, RI	1435	1434	4.5 - 4.7	2.4 - 6.3	4.3 - 6.2	1.6 - 1.9	1.2 - 4.8	1.3 - 3.0	1.7 - 5.2
γ -elemene	MS, RI	1434	1436	1.1 - 1.3	0.8 - 8.5	1.2 - 3.9	0.8 - 1.0	0.6 - 1.1	0.8 - 2.1	0.6 - 1.2
α -humulene	MS, STD, RI	1456	1458	14.5 - 15.3	5.3 - 20.3	5.3 - 19.9	8.7 - 12.2	11.3 - 22.5	13.4 - 20.6	13.1 - 25.3
alloaromadendrene	MS, RI	1462	1462	0.0 - 0.9	0.4 - 0.8	0.0 - 0.7	0.3 - 0.4	0.3 - 0.5	0.4 - 0.6	0.4 - 0.7
α -curcumene	MS, RI	1477	1485	0.0 - 2.9	0	0.0 - 1.5	0	0	0	0.0 - 2.0
germacrene D	MS, RI	1480	1486	0.0 - 3.2	1.4 - 4.8	0.4 - 4.7	0.0 - 0.8	0.0 - 2.8	0.7 - 1.6	0.0 - 3.1
β -selinene	MS, RI	1488	1487	0.7 - 0.9	0.5 - 0.6	0.9 - 1.5	0.0 - 0.9	0.0 - 1.6	0.7 - 0.7	0.0 - 1.2
α -selinene	MS, RI	1494	1499	0	0	0	0	0	0	0
valencene	MS, STD, RI	1495	1496	1.8 - 3.0	1.4 - 1.7	2.5 - 6.0	0.0 - 1.4	0.0 - 2.7	0.0 - 1.6	0.0 - 3.7
α -muurolene	MS, RI	1499	1503	2.5 - 2.6	1.9 - 3.7	2.0 - 3.7	0.9 - 1.1	0.8 - 3.1	1.2 - 1.9	1.4 - 3.5
β -bisabolene	MS, STD, RI	1506	1512	2.9 - 3.3	1.3 - 2.1	1.7 - 5.1	0.0 - 0.6	0.0 - 3.1	0.0 - 2.4	0.0 - 3.2

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

γ -cadinene	MS, RI	1511	1514	0.7 - 1.2	0.5 - 2.9	0.0 - 4.4	0.0 - 0.9	0.0 - 1.1	0.0 - 0.7	0.0 - 2.3
δ -cadinene	MS, RI	1519	1524	4.2 - 4.5	4.5 - 12.4	4.0 - 6.3	1.1 - 1.9	0.0 - 5.2	1.3 - 4.2	0.3 - 4.9
(E)-nerolidol	MS, RI	1551	1565	0.0 - 0.6	0	0	0.4 - 2.5	0.0 - 2.7	0.0 - 2.3	0.0 - 2.3
germacrene B	MS, RI	1555	1565	0	0.0 - 0.6	0.0 - 3.1	0	0	0	0
spathulenol	MS, STD, RI	1571	1583	1.3 - 2.3	0.0 - 2.1	0.5 - 1.0	1.5 - 2.6	0.5 - 2.5	0.5 - 3.3	0.0 - 3.9
caryophyllene oxyde	MS, STD, RI	1578	1589	1.4 - 2.9	0	0.9 - 1.7	0.0 - 2.4	0.0 - 5.8	0.4 - 2.7	0.0 - 7.9
davanone	MS, RI	1586	1596	0	0	0	0	0	0	0
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.5 - 0.6	0	0.8 - 0.9	0.0 - 0.3	0	0	0.0 - 0.5
γ -eudesmol	MS, RI	1620	1620	0.0 - 0.3	0	0.9 - 1.4	0	0	0.0 - 1.1	0.0 - 0.3
t-cadinol	MS, RI	1639	1636	1.0 - 1.2	0	1.2 - 1.7	0.0 - 0.6	0.0 - 0.5	0.7 - 0.9	0.0 - 0.6
δ -cadinol	MS, RI	1643	1645	0.0 - 0.9	0.0 - 1.4	0.0 - 0.7	0.0 - 0.3	0.0 - 0.4	0.0 - 0.6	0.0 - 0.6
α -cadinol	MS, RI	1650	1658	0.6 - 1.1	0.0 - 0.5	0.0 - 0.5	0	0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.5
cadalene	MS, RI	1662	1680	0	0	0	0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.4	0.0 - 0.4
phytol E	MS, RI	2112	2116	0	0	0.0 - 0.2	0	0	0	0.0 - 1.0

Id: Identification; MS: comparaison des spectres de masse avec ceux de Pal 600K @ librairies; STD: standards; RI: comparaison de l'indice de rétention avec ceux rapportés dans la littérature; Ir th: Indice de rétention théorique de NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de rétention calculé avec la colonne HP-5MS, déterminée expérimentalement à l'aide de séries d'alcane C₇-C₃₀; -: absent; GBE: région de Gbeke; GBO: région de Gbokle; GON: région de Gontougo; AGT: région de l'Agneby-Tiassa; LAM: région de La Me; LOD: région de Lôh-Djiboua; NAW: région de Nawa; POR: région du Poro; SPD: région de San-Pedro; GRP: région des Grands-Ponts; HAM: région du Hambol; GOH: région du Gôh; HSD: région du Haut-Sassandra; SCO: région du Sud-Comoé; BEL: région de Belier.

Annexe 3 : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de *L. camara* selon les régions de la Côte d'Ivoire.**Tableau 1** : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	GBE	GON	AGT	LAM	LOD	NAW	POR
α -pinene	MS, STD, RI	930	930	0.6	0	0	0	1.0 - 1.3	0.5 - 2.6	0.0 - 1.2
camphene	MS, STD, RI	943	945	0.4	0	0	0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3	0
sabinene	MS, STD, RI	976	973	3.9	0,4	0.0 - 0.2	0	3.0 - 10.1	2.0 - 4.9	0.0 - 5.2
β -pinene	MS, STD, RI	975	973	0	0	0	0	0	0.0 - 1.9	0.0 - 0.3
β -myrcene	MS, STD, RI	992	990	1.7	0	0.0 - 0.7	0	0.5 - 0.8	0.3 - 0.9	0.0 - 0.2
δ -3-carene	MS, STD, RI	1013	1010	0.8	0	0	0	0.0 - 1.5	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3
p-cymene	MS, STD, RI	1026	1021	4	0,4	0.0 - 0.5	0	0.8 - 3.5	1.0 - 2.7	0.0 - 2.2
limonene	MS, STD, RI	1028	1026	2.9	0	0.0 - 0.4	0	1.6 - 2.2	1.7 - 1.8	0.0 - 0.7
β -phellandrene	MS, STD, RI	1030	1028	0	0	0.0 - 0.6	0	0	0	0
1,8-cineole	MS, STD, RI	1033	1031	2.8	0	0	0	0.0 - 8.3	0.0 - 1.9	0.0 - 4.9
γ -terpinene	MS, STD, RI	1060	1055	0.2	0	0.0 - 0.4	0	0.0	0.0 - 0.3	0.0 - 1.8
sabinene trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	0	0	0	0	0	0	0.0 - 0.2
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	0.7	0,4	0.4 - 3.6	1,6	1.1 - 2.8	3.5 - 3.5	1.4 - 4.2
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0.0 - 1.3	0	0	0	0
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0	0	0.0 - 0.4	0	0.0 - 0.5
borneol	MS, STD, RI	1166	1163	0.2	0	0.0 - 0.3	0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.4	0.7 - 1.4
terpinen-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0.9	0	0.0 - 2.3	0,4	0.6 - 2.5	0.7 - 2.1	0.0 - 1.5
α -terpineol	MS, STD, RI	1190	1188	0.4	0	0.0 - 0.5	0	0.0 - 0.5	0.3 - 0.5	0.0 - 1.0
β -citronellol	MS, STD, RI	1225	1224	0	0	0.0 - 3.7	0	0	0	0.0 - 0.2
geraniol	MS, STD, RI	1250	1250	0	0	0.0 - 3.8	0	0	0.0 - 0.3	0.0 - 0.5
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0	11,1	2.7 - 8.6	2,2	0.0 - 1.6	0.5 - 4.6	1.0 - 11.5

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

δ-elemene	MS, RI	1337	1336	0.3	0,9	0.3 - 0.8	0,7	0.0 - 0.6	0.0 - 0.4	0.0 - 0.8
α-cubebene	MS, RI	1350	1349	0.5	0,8	0.8 - 1.0	0,8	0.0 - 0.8	0.5 - 0.9	0.4 - 0.8
α-copaene	MS, STD, RI	1379	1379	5.9	1,7	1.7 - 2.3	2,2	1.6 - 2.0	2.0 - 2.9	1.2 - 2.1
β-cubebene	MS, STD, RI	1388	1393	1.8	2	1.8 - 2.5	1,9	0.0 - 2.6	1.4 - 2.6	0.0 - 1.5
β-elemene	MS, STD, RI	1394	1394	1.5	3	1.8 - 2.5	2,1	1.9 - 2.1	1.0 - 2.4	1.0 - 3.6
calarene	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0	0	0.0	0	0
eugenol methyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0.0 - 0.4	0	0.0	0	0
(E)-b-caryophyllene	MS, STD, RI	1424	1424	17.9	33,4	16.4 - 20.0	25,4	28.9 - 32.0	16.6 - 24.7	14.6 - 34.0
cadina-4(14)5-diene	MS, RI	1435	1434	2.9	3,7	2.6 - 4.3	3,8	1.2 - 3.8	2.5 - 4.1	2.0 - 4.7
γ-elemene	MS, RI	1434	1436	1.6	1,4	0.7 - 1.7	1,1	1.1 - 2.8	0.9 - 1.5	0.0 - 1.3
α-humulene	MS, STD, RI	1456	1458	8.6	22,4	13.9 - 18.0	19,9	12.0 - 22.0	13.0 - 17.4	10.9 - 22.5
alloaromadendrene	MS, RI	1462	1462	1	0,6	0.0 - 0.7	0,7	0.5 - 0.5	0.4 - 0.9	0.0 - 0.5
α-curcumene	MS, RI	1477	1485	0	0	0	0	0	0.0 - 3.0	0.0 - 1.4
germacrene D	MS, RI	1480	1486	0.4	2,4	2.1 - 4.6	1,4	0.0 - 2.4	0.0 - 3.4	0.0 - 1.0
β-selinene	MS, RI	1488	1487	0.4	1,9	1.1 - 1.5	1,1	0.9 - 0.9	1.1 - 1.3	0.7 - 2.7
α-selinene	MS, RI	1494	1499	0	0	0	0	0	0	0.0 - 2.4
valencene	MS, STD, RI	1495	1496	1.9	2,9	2.8 - 4.3	5,6	1.2 - 2.7	0.0 - 4.4	0.0 - 4.6
α-murolene	MS, RI	1499	1503	2.3	2,2	1.8 - 3.4	2,9	1.1 - 2.3	1.7 - 2.6	1.8 - 3.1
β-bisabolene	MS, STD, RI	1506	1512	1	1,8	3.7 - 4.9	4,7	0.0 - 3.7	3.0 - 3.7	3.3 - 5.3
γ-cadinene	MS, RI	1511	1514	0.9	1,4	0.0 - 5.7	3,8	0.0 - 1.3	0	0.0 - 2.3
myristin	MS, RI	1516	1523	4.5	0	0	0	0	0	0
δ-cadinene	MS, RI	1519	1524	3.1	3,5	3.2 - 5.7	4,3	1.1 - 3.4	3.6 - 4.0	3.4 - 5.2
β-elemol	MS, RI	1551	1565	0	0	0.0 - 3.3	0	0.0 - 0.4	0.3 - 0.6	0.0 - 1.1
(E)-nerolidol	MS, RI	1555	1565	6.2	0	0.0 - 0.4	0,3	0.0 - 3.9	0.6 - 1.4	0.0 - 3.8
germacrene B	MS, STD, RI	1571	1583	0	0	0	0	0	0	0

spathulenol	MS, STD, RI	1578	1589	2.4	0,3	0.6 - 1.0	0,9	0.4 - 2.1	1.4 - 2.5	0.0 - 2.1
caryophyllene oxyde	MS, RI	1586	1596	9.6	0	1.9 - 2.4	2,7	0.8 - 5.6	3.7 - 4.9	0.0 - 10.7
davanone	MS, RI	1519	1524	0	0	0	0	0	0	0.0 - 10.2
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.8	0	0.8 - 1.8	1,4	0.0 - 0.4	0.7 - 1.0	0.0 - 1.5
γ -eudesmol	MS, RI	1620	1620	1.3	0	0.4 - 0.9	0,7	0	0.0 - 0.4	0.0 - 1.8
t-cadinol	MS, RI	1639	1636	1.1	1,2	1.5 - 2.5	2,4	0.6 - 1.3	1.6 - 1.8	0.4 - 3.8
t-muurolol	MS, RI	1643	1645	0	0	0	0	0	0	0
δ -cadinol	MS, RI	1650	1658	0.6	0	1.1 - 1.9	2	0.6 - 1.0	0	0.0 - 2.4
α -cadinol	MS, RI	1662	1680	0.8	0	1.6 - 2.6	1,8	0.0 - 0.8	1.2 - 1.6	0.0 - 2.3
cadalene	MS, STD, RI	1593	1598	0	0	0.0 - 1.1	0	0	0	0
pentadecanal	MS, RI	1713	1716	0	0	0	0	0	0	0
acide palmitique	MS, RI	1954	1954	0	0	0	0	0	0	0.0 - 2.8
phytol E	MS, RI	2112	2116	0.5	0	1.2 - 2.3	1,1	0	0.4 - 1.4	0.0 - 1.6

Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des fruits de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	SPD	GRP	HAM	GOH	HSD	SCO	BEL
α -pinene	MS, STD, RI	930	930	0.0 - 0.3	0.0 - 3.7	0	0.2 - 2.7	1.5	0	0
camphene	MS, STD, RI	943	945	0	0	0	0.0 - 1.2	0.7	0	0.0 - 1.0
sabinene	MS, STD, RI	976	973	0.0 - 2.6	0.0 - 10.6	0	0.4 - 14.6	14.8	0	0.0 - 11.5
β -pinene	MS, STD, RI	975	973	0	0	0	0.0 - 0.2	0	0	0
β -myrcene	MS, STD, RI	992	990	0.0 - 0.4	0.0 - 0.7	0	0.3 - 0.8	1.3	0.5	0.0 - 0.4
δ -3-carene	MS, STD, RI	1013	1010	0	0	0	0.0 - 1.9	1.8	0.8	0
p-cymene	MS, STD, RI	1026	1021	0.3 - 1.9	0.0 - 2.2	0.5	0.8 - 12.1	5.5	0.8	1.5 - 3.6
limonene	MS, STD, RI	1028	1026	0.0 - 0.6	0.0 - 0.2	0	0.0 - 2.3	0	0	0
β -phellandrene	MS, STD, RI	1030	1028	0.0 - 2.1	0	0	0	0	0	0
1,8-cineole	MS, STD, RI	1033	1031	0	0.0 - 0.2	1.1	2.7 - 14.4	16.5	0	0.0 - 7.7
γ -terpinene	MS, STD, RI	1060	1055	0.0 - 0.3	0	0	0.1 - 1.6	0.4	0	0.0 - 0.7
sabinene trans-hydrate	MS, STD, RI	1075	1066	0	0	0	0.0 - 1.1	0	0	0
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	2.6 - 6.3	1.0 - 1.2	0.4	0.0 - 4.4	1	3.2	1.4 - 3.4
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0	0	0	0	0
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0	0.6 - 1.5	0.8	0	0.0 - 0.7
borneol	MS, STD, RI	1166	1163	0.0 - 0.3	0.0 - 0.4	0.3	0.5 - 1.3	1	0	0.0 - 1.0
terpinen-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0.8 - 2.6	0.4 - 0.5	0.9	1.0 - 3.8	3.6	1.2	1.5 - 2.8
α -terpineol	MS, STD, RI	1190	1188	0.3 - 0.7	0.0 - 1.8	0.9	0.9 - 1.1	1.2	0.2	0.5 - 0.8
β -citronellol	MS, STD, RI	1225	1224	0	0	0	0	0	0	0.0 - 0.5
geraniol	MS, STD, RI	1250	1250	0.0 - 0.3	0.0 - 0.2	0	0.0 - 0.4	0	0.2	0.0 - 0.9
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	0.3 - 3.0	0.0 - 1.8	18.9	1.0 - 40.5	1.4	6.2	0.0 - 21.0
δ -elemene	MS, RI	1337	1336	0.0 - 0.8	0.0 - 0.6	0.7	0.0 - 4.1	0	0	0
α -cubebene	MS, RI	1350	1349	0.6 - 0.8	0.5 - 0.7	0.6	0.0 - 0.1	0	1.1	0.0 - 0.4

α -copaene	MS, STD, RI	1379	1379	2.1 - 3.6	2.0 - 9.1	8.4	0.7 - 1.4	1.2	2.3	1.7 - 3.2
β -cubebene	MS, STD, RI	1388	1393	1.4 - 3.2	0.0 - 1.7	0	0.0 - 0.1	0	1.8	0.0 - 1.0
β -elemene	MS, STD, RI	1394	1394	1.8 - 2.5	0.8 - 1.5	0	0.0 - 1.8	0	1.5	0.0 - 2.1
calarene	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0	0.0 - 1.9	0	0	0.0 - 3.1
eugenol methyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0	0.0 - 1.9	0	0.4	0.0 - 1.8
(<i>E</i>)- <i>b</i> -caryophyllene	MS, STD, RI	1424	1424	22.1 - 25.6	13.1 - 34.1	16.9	11.1 - 29.0	23.9	21.4	7.5 - 33.3
cadina-4(14)5-diene	MS, RI	1435	1434	3.6 - 5.2	2.7 - 5.1	3.5	0.5 - 1.5	1.3	3.1	0.2 - 2.9
γ -elemene	MS, RI	1434	1436	1.1 - 1.8	0.8 - 6.7	2.6	0.0 - 0.9	0.6	0.7	0.0 - 1.2
α -humulene	MS, STD, RI	1456	1458	15.9 - 19.4	6.7 - 23.7	5	5.5 - 13.5	12.9	17.6	7.2 - 20.9
alloaromadendrene	MS, RI	1462	1462	0.6 - 1.0	0.6 - 2.2	0	0.0 - 0.8	0	0.6	0.5 - 0.6
α -curcumene	MS, RI	1477	1485	0.0 - 3.7	0.0 - 1.0	0	0	0	1.9	0.0 - 0.8
germacrene D	MS, RI	1480	1486	0.0 - 2.9	0.0 - 3.3	8.3	0.0 - 1.2	0	0	0
β -selinene	MS, RI	1488	1487	1.1 - 1.8	1.0 - 1.7	3.2	0.0 - 1.9	0.3	2.5	0.8 - 4.5
α -selinene	MS, RI	1494	1499	0	0.0 - 1.7	0	0.0 - 0.9	0	0	0.0 - 3.1
valencene	MS, STD, RI	1495	1496	2.3 - 3.6	0.0 - 3.1	2.6	0	0	4.1	0.0 - 2.5
α -muurolene	MS, RI	1499	1503	2.3 - 3.5	2.0 - 4.3	2.5	0.5 - 1.5	1	2.5	1.9 - 2.1
β -bisabolene	MS, STD, RI	1506	1512	4.5 - 5.0	2.5 - 3.3	2	0.0 - 1.1	0	4.5	0.0 - 4.7
γ -cadinene	MS, RI	1511	1514	0.0 - 1.6	0.7 - 2.1	0.7	0	0	2.2	0.4 - 2.0
myristin	MS, RI	1516	1523	0	0	0	0	0	0	0
δ -cadinene	MS, RI	1519	1524	4.6 - 5.7	0.0 - 12.8	12.5	0.9 - 1.6	1.3	4.8	0.0 - 6.8
β -elemol	MS, RI	1551	1565	0.0 - 0.4	0.0 - 2.0	0	0.0 - 0.5	0	0.9	0.0 - 2.0
(<i>E</i>)-nerolidol	MS, RI	1555	1565	0.0 - 1.4	0	0	1.2 - 3.7	2.3	0.5	0.5 - 9.3
germacrene B	MS, STD, RI	1571	1583	0	0	3.1	0	0	0	0
spathulenol	MS, STD, RI	1578	1589	1.1 - 3.4	0.9	0	0.6 - 1.9	1.5	1.3	0.3 - 5.4
caryophyllene oxide	MS, RI	1586	1596	1.2 - 2.8	0.0 - 2.3	0.5	0.0 - 4.9	1.8	4	0.9 - 25.0

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana*: *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

davanone	MS, RI	1519	1524	0	0	0	0	0	0	0
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.4 - 1.0	0	0.5	0.0 - 0.7	0	1.3	0.0 - 1.1
γ -eudesmol	MS, RI	1620	1620	0.0 - 2.1	0	1.2	0.0 - 1.0	0	0	0
τ -cadinol	MS, RI	1639	1636	0.0 - 2.0	0.7 - 3.1	0.7	0.2 - 0.4	0.5	1	1.2 - 1.4
τ -muurolol	MS, RI	1643	1645	0	0	0	0.0 - 1.2	0	0	0.0 - 1.4
δ -cadinol	MS, RI	1650	1658	0.0 - 1.0	0.0 - 0.4	0.3	0	0	1.5	0.6 - 1.6
α -cadinol	MS, RI	1662	1680	0.8 - 2.1	0	0.6	0	0	1.6	0.8 - 3.8
cadalene	MS, STD, RI	1593	1598	0	0	0	0	0	0.9	0
pentadecanal	MS, RI	1713	1716	0	0	0	0.0 - 1.1	0	0	0
acide palmitique	MS, RI	1954	1954	0	0.0 - 2.3	0	0	0	0	0.0 - 0.5
phytol E	MS, RI	2112	2116	0.0 - 1.6	0.0 - 8.9	0.4	0.0 - 1.4	0	0.9	0.0 - 0.7

Id: Identification; MS: comparaison des spectres de masse avec ceux de Pal 600K ® librairies; STD: standards; RI: comparaison de l'indice de rétention avec ceux rapportés dans la littérature; Ir th: Indice de rétention théorique de NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de rétention calculé avec la colonne HP-5MS, déterminée expérimentalement à l'aide de séries d'alcane C₇-C₃₀; -: absent; GBE: région de Gbeke; GBO: région de Gbokle; GON: région de Gontougo; AGT: région de l'Agneby-Tiassa; LAM: région de La Me; LOD: région de Lôh-Djiboua; NAW: région de Nawa; POR: région du Poro; SPD: région de San-Pedro; GRP: région des Grands-Ponts; HAM: région du Hambol; GOH: région du Gôh; HSD: région du Haut-Sassandra; SCO: région du Sud-Comoé; BEL: région de Belier.

Annexe 4 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de *L. camara* selon les régions de la Côte d'Ivoire.**Tableau 1 :** Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de *L. camara* provenant de sept régions de la Côte d'Ivoire.

Composés	Id	Ir th	Ir cal	GBE	GBO	GON	AGT	LAM	LOD	NAW
α -pinène	MS, STD, RI	930	930	0	0.3 - 2.3	0.3 - 1.5	0	0	0	0.3 - 1.5
sabinène	MS, STD, RI	976	973	0.0 - 0.9	2.1 - 7.2	0.0 - 14.9	0	0	0.0 - 0.9	1.8 - 4.6
β -myrcène	MS, STD, RI	992	990	0.0 - 0.3	0.0 - 0.5	0.0 - 1.1	0.0 - 0.1	0.0 - 0.3	0	0.0 - 0.3
octan-3-ol	MS, RI	994	993	0.0 - 0.7	0	0	0.0 - 0.2	0	0	0.0 - 1.2
δ -3-carène	MS, STD, RI	1013	1010	0	0.5 - 0.9	0.0 - 1.7	0	0	0.0 - 0.4	0.0 - 0.7
p-cymène	MS, STD, RI	1026	1021	0.5 - 1.0	0.0 - 0.5	2.1 - 2.8	0.0 - 0.2	0	0.0 - 1.0	0.0 - 1.8
limonène	MS, STD, RI	1028	1026	0	1.0 - 1.1	0.0 - 2.6	0.0 - 0.2	0	0.0 - 2.7	1.1 - 1.3
1,8-ciéole	MS, STD, RI	1033	1031	0.8 - 1.7	2.0 - 7.8	0.0 - 12.0	0	0	0	0.0 - 2.3
β -ocimène	MS, STD, RI	1050	1047	0	0.0 - 0.5	0.0 - 1.5	0	0	0	0.0 - 0.4
α -terpinolène	MS, RI	1093	1088	0	0.2 - 5.0	0	0	0	0	0.2 - 0.3
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	0.0 - 1.2	1.3 - 3.9	0.7 - 4.2	0.6 - 3.5	0.8 - 8.0	0.0 - 3.6	1.3 - 5.7
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0	0.0 - 1.9	0	0	0
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0.0 - 0.7	0.6 - 0.9	0.0 - 0.8	0	0	0	0.0 - 0.7
bornéol	MS, STD, RI	1166	1163	0.4 - 1.1	0.5 - 1.7	0.3 - 1.1	0.0 - 0.2	0	0.0 - 0.6	0.0 - 1.3
terpinèn-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	0.5 - 1.4	0.0 - 0.9	1.0 - 2.2	0.0 - 0.4	0.0 - 1.0	0.7 - 1.2	0.9 - 2.2
α -terpinéol	MS, STD, RI	1190	1188	0.0 - 2.0	0.1 - 0.7	0.3 - 1.1	0.0 - 0.2	0.0 - 0.2	0.0 - 0.4	0.0 - 1.0
méthyl salicylate	MS, STD, RI	1193	1191	0.0 - 0.8	0.5 - 1.9	0.0 - 0.9	0.0 - 1.4	0.0 - 0.4	0.0 - 1.9	0.0 - 1.0
β -citronellol	MS, STD, RI	1225	1224	0	0	0	0.0 - 1.5	0	0.0 - 0.4	0
néral	MS, RI	1214	1238	0	0	0	0.0 - 8.1	0	0	0
géraniol	MS, STD, RI	1250	1250	0	0	0	0.0 - 3.9	0	0.0 - 0.4	0

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis*
(Verbenaceae)

géraniol	MS, RI	1268	1268	0	0	0	0.0 - 13.5	0	0	0
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	1.2 - 21.6	0.9 - 4.9	0.3 - 1.6	0.0 - 12.7	0.4 - 2.8	0.4 - 19.6	0.9 - 2.0
2-undécanone	MS, STD, RI	1302	1293	0	0	0	0.0 - 2.5	0.0 - 0.7	0	0
δ-élémane	MS, RI	1337	1336	0.0 - 0.7	0.0 - 0.6	0.4 - 0.8	0.0 - 0.6	0.5 - 1.2	0.3 - 1.1	0.0 - 1.3
α-cubebène	MS, RI	1350	1349	0.0 - 0.9	0.0 - 0.5	0.0 - 0.7	0.0 - 1.0	0.5 - 0.8	0.0 - 0.9	0.3 - 0.8
α-copaène	MS, STD, RI	1379	1379	1.0 - 5.9	1.5 - 2.1	0.6 - 3.7	0.6 - 1.6	1.5 - 2.3	1.3 - 2.0	1.7 - 2.0
géranyl acétate	MS, RI	1383	1384	0	0	0	0.0 - 0.4	0	0	0
β-cubebène	MS, STD, RI	1388	1393	0.0 - 3.1	1.1 - 2.3	0	0.9 - 1.4	2.0 - 2.3	0.0 - 1.2	1.2 - 2.4
β-élémane	MS, STD, RI	1394	1394	0.0 - 3.3	0.0 - 1.4	0.0 - 1.6	0.4 - 1.5	0.6 - 2.2	0.0 - 1.7	1.9 - 3.9
calarène	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0	0	0.0 - 3.7	0	0
eugenol méthyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0	0.0 - 12.8	0	0	0
α-gurjunène	MS, RI	1411	1406	0	0	0.0 - 0.9	0.0 - 0.4	0.0 - 2.0	0	0
(E)-β-caryophyllène	MS, STD, RI	1424	1424	12.6 - 36.3	20.2 - 33.8	11.9 - 19.2	1.9 - 36.1	22.1 - 36.5	13.6 - 40.7	21.7 - 26.4
cadina-4(14)5-diène	MS, RI	1435	1434	2.0 - 3.4	1.6 - 1.8	1.2 - 3.1	0.4 - 2.9	3.4 - 4.3	1.7 - 3.2	2.2 - 4.6
γ-élémane	MS, RI	1434	1436	0.7 - 3.8	0.0 - 0.9	0.5 - 1.3	0.0 - 1.2	1.3 - 5.7	0.4 - 3.8	1.0 - 1.5
α-guaiène	MS, RI	1440	1442	0.0 - 0.2	0.0 - 0.5	0.0 - 1.0	0.0 - 0.2	0.0 - 0.4	0.0 - 0.2	0.0 - 0.4
α-humulène	MS, STD, RI	1456	1458	5.5 - 20.2	15.2 - 21.1	10.7 - 19.7	11.3 - 27.8	5.5 - 26.2	11.3 - 16.9	10.8 - 17.6
alloaromadendrène	MS, RI	1462	1462	0.4 - 1.1	0.0 - 0.5	0.3 - 1.0	0.2 - 0.5	0.3 - 0.7	0.3 - 0.7	0.6 - 0.9
α-curcumène	MS, RI	1477	1485	0	0.0 - 0.7	0.0 - 1.5	0.0 - 1.4	0	0	0.0 - 1.1
germacrène D	MS, RI	1480	1486	0.0 - 2.3	0	0.0 - 0.9	0.0 - 3.3	0.2 - 1.8	0.8 - 1.3	0.3 - 3.3
β-selinène	MS, RI	1488	1487	2.1 - 5.5	0.3 - 2.5	0.0 - 5.0	0.0 - 1.6	0.0 - 2.2	1.2 - 3.7	0.6 - 1.8
α-selinène	MS, RI	1494	1499	0	0	0.0 - 4.7	0	0	0	0
valencène	MS, STD, RI	1495	1496	2.8 - 4.2	0.0 - 5.1	0.0 - 1.4	0.0 - 3.6	2.9 - 4.5	2.3 - 3.8	0.0 - 4.9
2-tridécanone	MS, STD, RI	1497	1497	0	0	0	0.0 - 8.1	0.0 - 3.4	0	0
α-muuroène	MS, RI	1499	1503	1.8 - 2.1	2.1 - 2.7	0.9 - 2.7	1.4 - 2.4	2.3 - 3.2	1.4 - 2.3	1.1 - 2.5

β-bisabolène	MS, STD, RI	1506	1512	0.0 - 5.2	0.0 - 5.5	0.0 - 5.7	3.6 - 4.3	3.3 - 7.5	0.0 - 5.4	0.6 - 4.6
γ-cadinène	MS, RI	1511	1514	0.4 - 1.2	0	0.4 - 0.7	0.0 - 3.1	1.0 - 2.3	0.0 - 2.1	0.0 - 1.8
δ-cadinène	MS, RI	1499	1503	3.4 - 6.5	0.2 - 2.9	1.0 - 6.6	1.9 - 3.5	3.2 - 4.5	1.4 - 4.9	2.2 - 3.5
β-élémol	MS, RI	1551	1565	0.0 - 1.5	0.0 - 0.6	0.0 - 0.3	0.0 - 6.7	0.0 - 0.5	0.0 - 1.3	0.3 - 0.5
(E)-nérolidol	MS, RI	1555	1565	0.3 - 9.6	2.1 - 3.3	0.0 - 12.9	0.0 - 2.6	0.0 - 2.2	0.3 - 7.6	0.0 - 9.2
germacrène B	MS, STD, RI	1571	1583	0	0	0	0	0	0	0
spathuléol	MS, STD, RI	1578	1589	0.8 - 1.7	0.5 - 0.8	0.5 - 1.6	0.5 - 1.6	0.4 - 1.2	0.6 - 3.3	0.5 - 4.8
caryophyllène oxyde	MS, RI	1586	1596	1.4 - 3.8	0.2 - 1.0	1.2 - 2.6	1.6 - 9.7	0.6 - 3.9	2.8 - 4.5	1.8 - 6.1
davanone	MS, RI	1519	1524	0.0 - 13.0	0	0	0	0	0	0
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.0 - 0.5	0.1 - 1.1	0.0 - 1.1	0.6 - 0.8	0.4 - 1.3	0.0 - 1.0	0.3 - 0.6
γ-eudesmol	MS, RI	1620	1620	0.0 - 2.2	0.0 - 0.9	0	0.0 - 1.1	0.0 - 0.9	0.0 - 0.7	0
τ-cadinol	MS, RI	1639	1636	1.3 - 1.8	0.7 - 1.7	0.8 - 2.1	0.9 - 2.4	0.9 - 2.1	0.7 - 1.3	0.6 - 1.4
τ-muurolol	MS, RI	1643	1645	0	0.0 - 1.1	0	0	0	0	0
δ-cadinol	MS, RI	1650	1658	0	0	0	0.0 - 2.1	0.0 - 1.4	1.0 - 1.2	0
β-eudesmol	MS, RI	1655	1657	0	0	0	0.0 - 1.4	0	0.0 - 0.2	0
α-cadinol	MS, RI	1662	1680	0.0 - 1.4	0.9 - 1.8	0.0 - 0.8	1.4 - 3.1	0.4 - 1.8	0.0 - 1.2	0.7 - 1.7
cadalène	MS, STD, RI	1593	1598	0.0 - 0.6	0	0	0	0.0 - 0.5	0	0
benzyl benzoate	MS, RI	1725	1766	0	0	0	0	0	0	0
2-pentadecaone, 6,10,14,trimethyl	MS, STD, RI	1842	1840	0.0 - 0.7	0.3 - 0.5	0.0 - 0.7	0.0 - 2.0	0.0 - 0.7	0.0 - 1.6	0.0 - 0.4
acide palmitique	MS, RI	1954	1954	0.0 - 0.5	0.4 - 0.7	0	0.0 - 7.1	0.0 - 0.6	0.0 - 1.2	0
phytol E	MS, RI	2112	2116	0.0 - 1.6	0.9 - 1.1	0.0 - 1.1	0.0 - 9.3	0.0 - 7.3	0.0 - 6.3	0.5 - 4.3

Tableau 2 : Composition chimique de l'huile essentielle des tiges de *L. camara* provenant de six régions de la Côte d'Ivoire

Composés	Id	Ir th	Ir cal	POR	SPD	GRP	HAM	SCO	BEL
α -pinène	MS, STD, RI	930	930	0.0 - 0.3	0	0.4 - 0.6	0	0	0
sabinène	MS, STD, RI	976	973	0.3 - 2.4	0.0 - 0.6	0.8 - 1.7	0	0.0 - 0.6	0.0 - 0.6
β -myrcène	MS, STD, RI	992	990	0.0 - 0.3	0	0.0 - 0.5	0	0.0 - 0.3	0.0 - 0.4
octan-3-ol	MS, RI	994	993	0.0 - 0.4	0.0 - 1.3	0	0	0.0 - 0.5	0
δ -3-carène	MS, STD, RI	1013	1010	0.0 - 0.3	0	0	0	0.0 - 0.5	0
p-cymène	MS, STD, RI	1026	1021	0.4 - 1.5	0.0 - 0.5	0.0 - 1.2	0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.5
limonène	MS, STD, RI	1028	1026	0.0 - 0.8	0.0 - 0.4	0.0 - 0.4	0	0.0 - 6.0	0
1,8-ciéole	MS, STD, RI	1033	1031	1.1 - 5.0	0	0.0 - 1.1	0	0	0.0 - 1.0
β -ocimène	MS, STD, RI	1050	1047	0.0 - 0.5	0.0 - 2.0	0	0	0.0 - 0.2	0.0 - 0.2
α -terpinolène	MS, RI	1093	1088	0.0 - 0.4	0	0	0	0	0
linalol	MS, STD, RI	1099	1099	2.5 - 5.6	2.7 - 6.8	1.0 - 4.4	0.0 - 2.4	1.1 - 5.3	0.9 - 4.8
citronellal	MS, STD, RI	1143	1145	0	0	0	0	0	0.0 - 0.4
camphre	MS, STD, RI	1143	1145	0.0 - 5.0	0	0.0 - 0.2	0	0	0.0 - 0.3
bornéol	MS, STD, RI	1166	1163	0.3 - 1.7	0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.3	0.0 - 0.8	0.0 - 1.2
terpinèn-4-ol	MS, STD, RI	1177	1178	1.0 - 1.7	0.9 - 1.2	0.4 - 0.9	0.3 - 0.6	0.6 - 1.4	0.5 - 1.6
α -terpinéol	MS, STD, RI	1190	1188	0.3 - 0.6	0.0 - 0.3	0.0 - 1.2	0.0 - 1.3	0.0 - 2.4	0.0 - 0.7
méthyl salicylate	MS, STD, RI	1193	1191	0.0 - 3.5	0.0 - 1.3	0.0 - 0.8	0	0.2 - 1.1	0.0 - 0.3
β -citronello	MS, STD, RI	1225	1224	0	0	0	0	0.0 - 0.2	0.0 - 0.8
néral	MS, RI	1214	1238	0	0	0	0	0	0
géraniol	MS, STD, RI	1250	1250	0	0	0	0	0.0 - 0.8	0.0 - 1.4
géraniol	MS, RI	1268	1268	0	0	0	0	0.0 - 1.1	0.0 - 0.2
thymol	MS, STD, RI	1290	1291	2.8 - 7.9	1.2 - 7.5	0.0 - 2.0	1.2 - 1.7	3.6 - 5.9	4.2 - 6.3
2-undécane	MS, STD, RI	1302	1293	0	0	0	0	0	0

δ -élémiène	MS, RI	1337	1336	0.0 - 2.1	0.0 - 2.1	0.5 - 1.7	0.0 - 0.9	0.6 - 2.6	0.0 - 1.1
α -cubebène	MS, RI	1350	1349	0.0 - 1.0	0.0 - 0.7	0.5 - 0.9	0.4 - 0.8	0.3 - 0.8	0.0 - 1.0
α -copaène	MS, STD, RI	1379	1379	0.9 - 2.6	1.7 - 5.5	1.3 - 7.5	2.1 - 6.3	1.5 - 1.8	1.3 - 1.6
géranyl acétate	MS, RI	1383	1384	0	0	0	0	0	0.0 - 1.2
β -cubebène	MS, STD, RI	1388	1393	0.0 - 2.2	0.0 - 2.3	0.0 - 2.3	0	0.0 - 1.8	0.0 - 1.9
β -élémiène	MS, STD, RI	1394	1394	0.0 - 1.5	0.9 - 3.6	0.8 - 1.9	2.1 - 4.0	0.0 - 2.7	0.0 - 2.2
calarène	MS, STD, RI	1406	1395	0	0	0	0	0	0.0 - 2.1
eugenol méthyl	MS, RI	1410	1405	0	0	0	0	0.0 - 0.7	0.3 - 1.7
α -gurjunène	MS, RI	1411	1406	0	0	0.0 - 0.2	0	0.0 - 0.2	0
(<i>E</i>)- β -caryophyllène	MS, STD, RI	1424	1424	15.3 - 22.6	20.6 - 24.2	12.0 - 40.3	16.4 - 24.8	18.0 - 20.9	18.3 - 25.8
cadina-4(14)5-diène	MS, RI	1435	1434	2.4 - 4.3	0.0 - 4.8	3.0 - 3.5	3.4 - 5.4	2.5 - 3.0	1.7 - 3.4
γ -élémiène	MS, RI	1434	1436	0.0 - 1.6	0.0 - 1.6	1.5 - 4.8	1.3 - 4.0	0.7 - 5.6	0.8 - 1.6
α -guaïène	MS, RI	1440	1442	0.0 - 0.6	0.4 - 0.5	0.0 - 0.7	0.2 - 0.5	0.0 - 0.4	0.0 - 0.2
α -humulène	MS, STD, RI	1456	1458	10.7 - 13.6	15.2 - 17.3	6.1 - 25.8	7.9 - 20.4	11.4 - 15.6	12.3 - 16.2
alloaromadendrène	MS, RI	1462	1462	0.0 - 0.5	0.6 - 0.8	0.5 - 1.0	0.6 - 0.9	0.0 - 0.5	0.4 - 0.6
α -curcumène	MS, RI	1477	1485	0.0 - 1.2	0.0 - 0.8	0	0.0 - 1.3	0	0
germacrène D	MS, RI	1480	1486	0.0 - 2.1	0.0 - 3.0	1.6 - 2.8	0.3 - 14.2	2.0 - 2.1	0.5 - 2.0
β -selinène	MS, RI	1488	1487	2.1 - 3.4	1.7 - 4.1	1.1 - 2.6	1.4 - 1.8	0.0 - 4.0	0.9 - 2.7
α -selinène	MS, RI	1494	1499	0	0.0 - 3.9	0	0	0	0
valencène	MS, STD, RI	1495	1496	4.2 - 4.8	0.0 - 4.5	2.9 - 3.5	4.7 - 6.7	3.5 - 4.7	0.0 - 3.9
2-tridécane	MS, STD, RI	1497	1497	0	0	0	0	0	0
α -muuroène	MS, RI	1499	1503	2.2 - 4.5	2.4 - 4.1	2.3 - 2.4	2.7 - 3.4	1.8 - 2.4	1.7 - 2.2
β -bisabolène	MS, STD, RI	1506	1512	4.6 - 5.7	4.9 - 9.7	1.6 - 5.2	2.3 - 5.2	2.1 - 5.2	0.0 - 5.1
γ -cadinène	MS, RI	1511	1514	0.0 - 1.4	0.0 - 1.3	1.0 - 1.5	0.0 - 1.8	0.9 - 2.8	1.3 - 2.8

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

δ-cadinène	MS, RI	1499	1503	3.3 - 4.1	3.4 - 10.6	3.7 - 8.3	3.6 - 11.1	3.4 - 5.5	2.6 - 2.7
β-élémol	MS, RI	1551	1565	0.7 - 0.8	0.5 - 1.4	0.0 - 1.1	0.2 - 0.3	0.0 - 1.7	0.6 - 1.5
(E)-nérolidol	MS, RI	1555	1565	0.5 - 4.3	0.0 - 0.3	0.0 - 0.8	0	0.0 - 8.8	0.3 - 18.6
germacrène B	MS, STD, RI	1571	1583	0	0	0.0 - 0.3	0.0 - 4.1	0	0
spathuléol	MS, STD, RI	1578	1589	0.9 - 3.0	0.4 - 1.4	0.0 - 1.4	0.6 - 4.0	1.1 - 2.3	1.6 - 5.3
caryophyllène oxyde	MS, RI	1586	1596	0.0 - 2.4	0.0 - 2.5	0.0 - 3.2	0.0 - 0.7	1.7 - 4.5	1.7 - 6.8
davanone	MS, RI	1519	1524	0.0 - 12.6	0	0	0	0	0
viridiflorol	MS, STD, RI	1593	1598	0.4 - 1.5	0.7 - 1.5	0.0 - 0.4	0.8 - 1.2	0.0 - 1.1	0.0 - 0.6
γ-eudesmol	MS, RI	1620	1620	0.2 - 1.1	0.0 - 0.7	0.0 - 0.3	1.2 - 1.7	0.0 - 4.2	0.0 - 0.5
τ-cadinol	MS, RI	1639	1636	1.1 - 2.2	1.2 - 2.8	0.8 - 1.1	1.1 - 1.4	1.0 - 2.3	0.9 - 2.1
τ-muurolol	MS, RI	1643	1645	0	0	0	0	0	0
δ-cadinol	MS, RI	1650	1658	0.0 - 1.9	0.0 - 2.1	0.0 - 0.6	0.5 - 1.7	0.0 - 1.1	0.0 - 0.9
β-eudesmol	MS, RI	1655	1657	0	0.0 - 0.2	0.0 - 0.6	0	0.0 - 0.4	0.0 - 0.3
α-cadinol	MS, RI	1662	1680	1.0 - 2.0	1.1 - 2.3	0.1 - 0.5	0.7 - 1.2	0.0 - 1.1	0.0 - 1.4
cadalène	MS, STD, RI	1593	1598	0	0	0	0	0.0 - 1.2	0
benzyl benzoate	MS, RI	1725	1766	0	0	0	0	0	0.0 - 1.2
2-pentadecaone, 6,10,14,trimethyl	MS, STD, RI	1842	1840	0.3 - 0.9	0.0 - 0.4	0.3 - 1.1	0.3 - 0.4	0.4 - 1.0	0.0 - 0.4
acide palmitique	MS, RI	1954	1954	0.0 - 1.3	0	0.0 - 14.6	0.0 - 0.8	0.7 - 2.5	0.0 - 1.0
phytol E	MS, RI	2112	2116	0.6 - 3.5	0.0 - 3.2	0.0 - 11.3	2.4 - 3.0	2.6 - 5.2	1.1 - 5.3

Id: Identification; MS: comparaison des spectres de masse avec ceux de Pal 600K ® librairies; STD: standards; RI: comparaison de l'indice de rétention avec ceux rapportés dans la littérature; Ir th: Indice de rétention théorique de NIST 08 ou PubChem; Ir cal: Indice de rétention calculé avec la colonne HP-5MS, déterminée expérimentalement à l'aide de séries d'alcane C₇-C₃₀; -: absent; GBE: région de Gbeke; GBO: région de Gbokle; GON: région de Gontougo; AGT: région de l'Agneby-Tiassa; LAM: région de La Me; LOD: région de Lôh-Djiboua; NAW: région de Nawa; POR: région du Poro; SPD: région de San-Pedro; GRP: région des Grands-Ponts; HAM: région du Hambol; GOH: région du Gôh; HSD: région du Haut-Sassandra; SCO: région du Sud-Comoé; BEL: région de Belier.

Annexe 5 : Composés principaux et données météorologiques selon les régions de la Côte d'Ivoire

	α -pinene	sabinene	linalol	thymol	α -copaene	β -elemene	(E)- β -caryophyllene	cadina-4(14)5-diene	γ -elemene	α -humulene	valencene	α -muurolene	β -bisabolene	δ -cadinene	caryophyllene oxyde	Température moyenne (°C)	Précipitations totales sur le mois (mm)
RGON	1,1	7,41	1,03	4,24	1,79	2,03	25,94	2,96	1,11	17,69	2,11	1,84	1,79	2,92	1	27	14
RLAM	0,78	2,62	1,69	1,59	2,13	2,01	30,44	3,88	1,9	19,6	3,71	2,54	3,39	3,74	1,69	26	110
RLOD	1,44	5,49	2,21	3,03	2,17	1,47	26,72	3,04	1,25	15,88	2,33	1,95	2,23	2,71	2,19	26	58
RAGT	1,22	3,53	2,3	2,88	1,79	1,83	22,69	3,02	0,9	17,62	2,97	2,13	3,09	2,85	3,81	27	112
RNAW	2,43	8,1	2,7	1,24	2,3	2,11	21,83	3,25	1,05	12,95	1,85	1,58	2,48	2,63	3,98	25	622
RPOR	1,35	4,55	2,16	5,14	1,76	0,9	22,54	2,97	0,74	14,22	3,16	2,21	3,78	3,28	1,33	25	48
RSPD	2,1	5,63	3,53	2,12	2,98	2,34	22,65	3,93	1,17	15,73	3,06	2,63	4,03	4,41	1,63	27	144
RGBO	1,6	5,63	3,03	1,55	2,02	0,92	25,4	1,5	0,83	17,88	1,85	2,23	1,43	1,93	0,75	24	96
RSCO	1,24	4,19	2,11	2,79	1,72	1,12	28,44	2,74	1,43	16,57	2,65	1,86	2,61	3,52	2,35	29	37
RBEL	0,88	6,32	1,74	3,61	1,73	1,49	23,09	2,65	0,89	15,29	1,84	1,94	2,07	2,42	4,52	28	118
Moyenne	1,4	5,3	2,3	2,8	2,0	1,6	25,0	3,0	1,1	16,3	2,6	2,1	2,7	3,0	2,3	26,4	135,9
Ecart type	0,5	1,7	0,7	1,3	0,4	0,5	2,9	0,7	0,3	1,9	0,7	0,3	0,9	0,7	1,3	1,5	175,7

Étude phytochimique et biologique de deux plantes médicinales de Côte d'Ivoire du genre *Lantana* : *Lantana camara* et *Lantana rhodesiensis* (Verbenaceae)

	RHAM	0,53	1,68	0,92	6,58	5,63	1,75	18,9	4,3	2,6	10,32	4,42	2,6	2,65	7,43	0,69	26	118
	RGBE	1,23	4,68	0,73	2,23	4,2	1,8	27,96	3,46	2,36	12,26	2,49	2,14	1,18	4	3,43	29	52
C2	RGRP	1,56	4,37	1,03	0,88	4,9	1,29	26,91	3,88	3,42	15,33	2,45	2,63	2,13	6,23	0,57	27	96
	Moyenne	1,1	3,6	0,9	3,2	4,9	1,6	24,6	3,9	2,8	12,6	3,1	2,5	2,0	5,9	1,6	27,3	88,7
	Ecart type	0,5	1,6	0,2	3,0	0,7	0,3	5,0	0,4	0,6	2,5	1,1	0,3	0,7	1,7	1,6	1,5	33,6
	RGOH	1,86	11,02	0,99	9,41	1,09	0,66	24,62	1,6	0,69	10,81	0,61	1	0,29	1,33	1,48	26	249
	RHSD	1,99	13,89	0,62	1,5	1,38	0,61	28,48	2,24	0,74	15,27	1,41	1,4	0,57	1,7	1,69	27	68
C3	Moyenne	1,2	5,3	1,3	3,2	2,6	1,1	21,8	2,5	1,5	12,3	2,1	1,7	1,6	3,3	1,9	22,7	105,7
	Ecart type	0,5	3,7	0,8	2,5	1,8	0,5	8,8	1,3	1,0	5,2	1,1	0,8	0,9	2,2	1,2	10,0	61,3

C1 : groupe C1 ; C2 : groupe C2 ; C3 : groupe C3 ; GBE: région de Gbeke; GBO: région de Gbokle; GON: région de Gontougo; AGT: région de l'Agneby-Tiassa; LAM: région de La Me; LOD: région de Lôh-Djiboua; NAW: région de Nawa; POR: région du Poro; SPD: région de San-Pedro; GRP: région des Grands-Ponts; HAM: région du Hambol; GOH: région du Gôh; HSD: région du Haut-Sassandra; SCO: région du Sud-Comoé; BEL: région de Belier.



**Productions
scientifiques en lien
avec la thèse**

Publications scientifiques

- 1- **NEA, F.**, TANO, H. E. A., YAPI, T. A., GARCIA, G., TOMI, F. & TONZIBO, Z. F. 2017. Chemical investigation on leaf, flower and fruit oils of *Lantana camara* from Côte d'Ivoire. *Natural Product Communications* 12(4), 607–610. DOI 10.1177/1934578x1701200434
- 2- **NEA, F.**, TANO, H. E. A., WOGNIN, E. L., KENNE, T., GENVA, M., SAIVE, M., TONZIBO, Z. F. & FAUCONNIER, M. 2019. A new chemotype of *Lantana rhodesiensis* Moldenke essential oil from Côte d'Ivoire: Chemical composition and biological activities. *Industrial Crops & Products* 141(September), 111766. DOI 10.1016/j.indcrop.2019.111766
- 3- **NEA, F.**, ALBERT, D., GENVA, M., TANO, H. E. A., WOGNIN, E. L., MARTIN, H., BROSTAU, Y., TOMI, F., LOGNAY, G. C., TONZIBO, Z. F. & FAUCONNIER, M. 2020. Composition, Seasonal Variation, and Biological Activities of *Lantana camara* Essential Oils from Côte d'Ivoire. *Molecules* 25(2400), 2–22. DOI doi:10.3390/molecules25102400
- 4- **NEA, F.**, BITCHI, M. B., GENVA, M., LEDOUX, A., TCHINDA, A. T., DAMBLON, C., FREDERICH, M., TONZIBO, Z. F. & FAUCONNIER, M. 2021. Phytochemical Investigation and Biological Activities of *Lantana rhodesiensis*. *Molecules* 26(846), 1–20.

Chemical Investigation on Leaf, Flower and Fruit Oils of *Lantana camara* from Côte d'Ivoire

Fatimata Nea^a, Evelyne Amenan Tanoh^a, Thierry Acafofou Yapi^a, Gabriel Garcia^b, Félix Tomi^b and Zannah Félix Tonzibo^{a*}

^aLaboratoire de Chimie Organique Biologique, UFR-SSMT, Université Félix Houphouët-Boigny, BPV 34 Abidjan, Côte d'Ivoire

^bUniversité de Corse-CNRS, UMR 6134 SPE, Equipe Chimie et Biomasse, Route des Sanguinaires, F-20000 Ajaccio

*tonzibz@yahoo.fr

Received: February 18th, 2017; Accepted: March 10th, 2017

The compositions of essential oil obtained from leaves, flowers and fruits of *Lantana camara* L. growing in wild at Côte d'Ivoire, were investigated by GC and ¹³C NMR. Thirty-seven compounds accounting for 88.3–94.5% of the oils have been identified. The leaf, flower and fruits of *L. camara* produced sesquiterpene-rich essential oils predominated by (*E*)-β-caryophyllene and α-humulene, in addition to the important content of sabinene, β-phellandrene and thymol as monoterpenes. It was found the new chemical profiles of *L. camara*.

Keywords: *Lantana camara*, Essential oil composition, ¹³C NMR, GC, Thymol, Limonene, Côte d'Ivoire.

Lantana camara (Verbenaceae) is a woody straggling plant, commonly known as red or wild sage, with various flower colors, leaves with rounded tooth edges which comprises 650 species and indigenous to tropical and subtropical America [1]. Traditionally, *L. camara* oil and extracts were used in herbal medicine for the treatment of various human diseases such as skin itches, leprosy, high blood pressure, chickenpox, ulcer, asthma, tetanus and rheumatism [2–4]. The extract of leaves was used as antibacterial, antifungal and insecticidal activities [5, 6].

As regard to the literature, sesquiterpene hydrocarbons have been reported as major components, namely (*E*)-β-caryophyllene [7–12], germacrene D [13–16] and bicyclogermacrene [17]. Limonene, sabinene and α-phellandrene are the most important monoterpenes and the oxygenated compounds were mainly cis davanone, caryophyllene oxide, (*E*)-nerolidol, *cis*-3-hexen-1-ol and α-cadinol [18–21]. Flower oils contained citral and β-phellandrene as major components, accompanied by various sesquiterpenes, such as α- and β-caryophyllene, β-elemene, α-copaene, caryophyllene oxide or germacrene D [13, 21–24]. Finally, fruit samples from Nigeria and India contained germacrene-D-4-ol, (*E*)-β-caryophyllene, (*E*)-nerolidol and bicyclogermacrene as major components [25, 26].

However, this paper deals for the first time with the description of the essential oil of *L. camara* from Côte d'Ivoire. The characterization of the leaf, flower and fruit oils of this species was investigated by gas chromatography (GC) in combination with retention indices (RI) and by ¹³C NMR spectroscopy.

In order to characterize the essential oil of *L. camara*, 15 samples were obtained from eight localities of Côte d'Ivoire. Hydro distillation of the fresh plant material of *L. camara* produced a pale yellow essential oil with following yields (w/w calculated on fresh weight basis): leaf oil = 0.04–0.23%; flower oil = 0.06–0.30% and fruit oil = 0.01–0.11%. Thirty-seven compounds have been identified accounting for 88.3–94.5% (Table 1). The composition of oils were predominated by sesquiterpenes (41.6–91.8%), whereas the monoterpenes represented 2.8–48.9%. (*E*)-β-caryophyllene and

α-humulene characterized all the samples with added to germacrene D and bicyclogermacrene as abundant compounds, on the one hand. Monoterpenes constituted, in the other hand, by sabinene, limonene, β-phellandrene and thymol as abundant components linked to the location of harvest. That allowed to generate different chemical profile in the oil of *Lantana camara*.

Leaf oil: Although all the samples seemed to present homogeneous profile, a quantitative chemical variability was observed, with a significant variation of the contents of the major components. The chemical compositions of the samples were characterized by a high proportion of sesquiterpene hydrocarbons such as (*E*)-β-caryophyllene (40.8%) and α-humulene (21.2%), monoterpene hydrocarbons such as sabinene (up to 9.0%). It is noteworthy that the oil of Blokauss was poor in sabinene (0.4%) in opposition to others samples. Four other components were present at appreciable contents: bicyclogermacrene (7.9%), germacrene D (6.9%) and α-pinene (4.4%) as well as β-elemene (up to 3.5%). By contrast, oxygenated compounds are poorly represented: linalool (0.4–1.9%), sesquithuriferol (0.3–1.7%), spathulenol (0.2–1.5%), (*E*)-nerolidol and τ-cadinol (0.0–1.0%, respectively). The contents of caryophyllene oxide reached 4.9% in one sample.

The present study confirmed that the composition of the leaf of *L. camara* wild in Côte d'Ivoire, is dominated by (*E*)-β-caryophyllene (32.4–40.8%) as the oils from Brazil (23.8%) [8], Algeria (35.7%) [9] and India (27.0%) [11]. On the other hand, this compound is absent in the essential oils of leaves of Nepal [19] and Arabia [21]. In contrast to the *L. camara* oils analyzed up till now from Benin, Brazil, Cuba, Nepal, Yemen, India and Arabia [7, 8, 11, 13, 16, 19, 21], the essential oil of the leaves of *L. camara* from Côte d'Ivoire contained α-humulene, sabinene, germacrene D and bicyclogermacrene as major constituents, while these constituents were generally absent in most of the oils or, if present, were reported as minor or trace constituents. Taking account the chemical composition of the leaf oil from Congo [27], which seemed to be comparable with our profile, it was found numerous common components namely (*E*)-β-caryophyllene, germacrene D, α-humulene



A new chemotype of *Lantana rhodesiensis* Moldenke essential oil from Côte d'Ivoire: Chemical composition and biological activities



Fatimata Nea^{a,b,c}, Evelyne Amenan Tanoh^{a,b}, Esse Leon Wognin^{a,c}, Thierry Kenne Kemene^b, Manon Genva^b, Matthew Saive^b, Zanahi Felix Tonzibo^a, Marie-Laure Fauconnier^b

^a Laboratory of Biological Organic Chemistry, UFR-SSMT, University Félix Houphouët-Boigny, 01 BP 582 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

^b Laboratory of Chemistry of Natural Molecules, University of Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 2, Passage de Déportés, B-5030, Gembloux, Belgium

^c Laboratory of Instrumentation Image and Spectroscopy, National Polytechnic Institute Félix Houphouët-Boigny, BP 1093, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

ARTICLE INFO

Keywords:

Lantana rhodesiensis
Essential oil
GC-MS
Cluster analysis
Antioxidant activity
Anti-inflammatory activity

ABSTRACT

Lantana rhodesiensis Moldenke is a plant native to subtropical and tropical regions, which is widely used in traditional medicine. The composition of essential oils hydrodistilled from leaves, fruits and stems of plants growing in two different localities of Côte d'Ivoire, Kapélé and Nyanbébé, were analysed over four months. Essential oil composition was determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and the main constituents of leaf essential oils were β -caryophyllene (20.3–27.1%), α -copaene (9.5–11.9%), δ -cadinene (7.3–9.9%) and α -humulene (7.5–9.6%). Thymol was also found in two samples from Kapélé (7.7 and 13.4%) and in one sample from Nyanbébé (17.4%). Fruit essential oil was characterised by a predominance of β -caryophyllene (22.8–25.2%), α -copaene (8.7–11.7%), α -humulene (8.0–9.9%) and δ -cadinene (7.3–10.6%). In addition, stem oil was dominated by β -caryophyllene (14.3–22.4%), followed by α -copaene (7.4–14.7%), δ -cadinene (10.6–12.6%), α -humulene (5.0–8.0%) and caryophyllene oxide (5.2–8.0%). Statistical analysis showed that leaf and fruit essential oils exhibited very similar compositions, but differed from those of the stem. Essential oils of the leaves showed antioxidant and anti-inflammatory activities. Samples with a high thymol concentration exhibited high antioxidant activities, while those containing low quantities of thymol displayed elevated anti-inflammatory properties.

1. Introduction

The Verbenaceae family consists of 3,000 plant species belonging to 75 genera (Mwanasiti, 2013). Among these, the genus *Lantana* was described by Linnaeus in 1753 as containing seven species, six from South America and one from Ethiopia (Munir, 1996). Nowadays, *Lantana* spp. are found in subtropical and tropical regions, mostly in America, but also tropical Asia and Africa (Ghisalberti, 2000). The most common species are *Lantana camara* L., *Lantana trifolia* L., *Lantana rhodesiensis* Moldenke and *Lantana viburnoides* (Forssk.) Schweinf (Mwanasiti, 2013). *L. rhodesiensis* has a number of synonyms, including *Lantana ukambensis* (Vatke) Verdc. and *Lippia ukambensis* (Vatke) (Piero et al., 2015).

L. rhodesiensis is a multi-stemmed grass or small shrub, which reaches approximately two metres in height. Leaves have an opposite arrangement along the stems, and flowers vary from mauve to purple. Blue to purple berries (Piero et al., 2015), are collected during the rainy season (Peters, 1992). In many African countries, the plant is used

locally as a food, in traditional medicine, as an insect repellent and for biofuel (Peters, 1992; Sawadogo et al., 2015). Traditional medicine uses of *L. rhodesiensis* include the treatment of malaria, measles, smallpox (Fratkin, 1996), cancer (Sawadogo et al., 2012), diabetes (Piero et al., 2015), coughs, fever, oral sores, rheumatism (Peters, 1992; Piero et al., 2015), arterial hypertension (Bangou et al., 2011), parasitic diseases and cardiac arrhythmia (Bangou et al., 2017). It also shows anti-microbial activities. *L. rhodesiensis* has been reported to contain non-volatile compounds, with significant amounts of triterpenes, steroids, phenols, alkaloids, flavonoids and tannins (Bangou et al., 2011; Fratkin, 1996; Bangou et al., 2017; Piero et al., 2015; Sawadogo et al., 2012). Previous studies demonstrated that essential oil extracted from *L. rhodesiensis* leaves from Tanzania was dominated by camphor, 4-thujanol and 1,8-cineole (Chogo and Crank, 1982), whereas that from whole aerial parts of plants harvested in Kenya exhibited camphor and camphene as the major compounds (Ornolò et al., 2004).

In this current study, the first chemical analysis of *L. rhodesiensis*, growing in two different sites of Côte d'Ivoire, was presented. Essential

* Corresponding author at: Laboratory of Biological Organic Chemistry, UFR-SSMT, University Félix Houphouët-Boigny, 01 BP 582 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.
E-mail address: Fatimata.Nea@uliege.be (F. Nea).

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111766>

Received 23 July 2019; Received in revised form 4 September 2019; Accepted 5 September 2019
0926-6690/© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

Article

Composition, Seasonal Variation, and Biological Activities of *Lantana camara* Essential Oils from Côte d'Ivoire

Fatimata Nea^{1,2,*}, Didjour Albert Kambiré¹, Manon Genva² , Evelyne Amenan Tanoh^{1,2},
Esse Leon Wognin^{1,3}, Henri Martin², Yves Brostaux⁴ , Félix Tomi⁵, Georges C. Lognay⁶ ,
Zanahi Félix Tonzibo¹ and Marie-Laure Fauconnier² 

¹ Laboratory of Biological Organic Chemistry, UFR-SSMT, University Félix Houphouët-Boigny, 01 BP 582 Abidjan 01, Ivory Coast; dakambire@gmail.com (D.A.K.); evelynetanoh5@gmail.com (E.A.T.); esse.wognin@yahoo.fr (E.L.W.); tonzibz@yahoo.fr (Z.F.T.)

² Laboratory of Chemistry of Natural Molecules, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium; m.genva@uliege.be (M.G.); henri.martin@uliege.be (H.M.); marie-laure.fauconnier@uliege.be (M.-L.F.)

³ Laboratory of Instrumentation Image and Spectroscopy, National Polytechnic Institute Felix Houphouët-Boigny, BP 1093 Yamoussoukro, Ivory Coast

⁴ Applied Statistics, Computer Science and Modelling Unit, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, avenue de la Faculté d'Agronomie 8, B-5030 Gembloux, Belgium; y.brostaux@uliege.be

⁵ Université de Corse-CNRS, UMR 6134 SPE, Equipe Chimie et Biomasse, Route des Sanguinaires, F-20000 Ajaccio, France; tomi_f@univ-corse.fr

⁶ Analytical Chemistry Laboratory, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium; georges.lognay@uliege.be

* Correspondence: Fatimata.Nea@uliege.be

Received: 1 May 2020; Accepted: 20 May 2020; Published: 21 May 2020



Abstract: This work aims to study the variations in the composition of *Lantana camara* leaf, flower, and stem essential oils over two years. *L. camara* organs were harvested in Bregbo (East Côte d'Ivoire) each month from June 2015 to June 2017. The essential oils were obtained by hydrodistillation and characterized by GC-MS and ¹³C NMR. Eighty-four compounds accounting for 84.4–99.1% of the essential oils have been identified. The essential oils hydrodistilled from *L. camara* are dominated by sesquiterpenes such as (*E*)- β -caryophyllene and α -humulene, which were found in all samples. Some monoterpenes such as thymol, sabinene, and α -pinene were also present. Statistical analysis (principal component analysis and clustering) revealed a high variability in essential oil composition between the different organs and also within the studied periods, as the thymol proportion was higher during flowering and fruiting months. In addition, the stem, flower, and fruit essential oils were more concentrated in thymol than the leaf essential oils. The proportions of (*E*)- β -caryophyllene and α -humulene were strictly inverted with the thymol proportion throughout the harvest period or vegetative cycle. The antioxidant, anti-inflammatory and insecticidal activities of leaves and flowers essential oils were also studied. Results showed that *L. camara* leaf and flower essential oils displayed high antioxidant, anti-inflammatory and insecticidal activities.

Keywords: *Lantana camara*; essential oil composition; thymol; vegetative period; antioxidant activity; anti-inflammatory activity; insecticidal activity

Article

Phytochemical Investigation and Biological Activities of *Lantana rhodesiensis*

Fatimata Nea ^{1,2,*}, Michel Boni Bitchi ¹, Manon Genva ², Allison Ledoux ³, Alembert Tiabou Tchinda ⁴, Christian Dambon ⁵, Michel Frederich ³, Zanahi Félix Tonzibo ¹ and Marie-Laure Fauconnier ²

¹ Laboratory of Constitution and Reaction of Matter, UFR-SSMT, University Félix Houphouët-Boigny, 01 BP 582 Abidjan 01, Ivory Coast; bbonimichel@yahoo.fr (M.B.B.); tonzibz@yahoo.fr (Z.F.T.)

² Laboratory of Chemistry of Natural Molecules, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium; m.genva@uliege (M.G.); marie-laure.fauconnier@uliege.be (M.-L.F.)

³ Laboratory of Pharmacognosy, Center for Interdisciplinary Research on Medicines (CIRM), University of Liège, Avenue Hippocrate 15, 4000 Liège, Belgium; allison.ledoux@uliege.be (A.L.); m.frederich@uliege.be (M.F.)

⁴ Laboratory of Phytochemistry, Centre for Research on Medicinal Plants and Traditional Medicine, Institute of Medical Research and Medicinal Plants Studies, P.O. Box 13033 Yaoundé, Cameroon; talembert@gmail.com

⁵ MoSys Research Unit, Faculty of Sciences, University of Liège, 4000 Liège, Belgium; c.dambon@uliege.be

* Correspondence: Fatimata.Nea@uliege.be; Tel.: +32-(0)4-6521-2551

Citation: Nea, F.; Bitchi, M.B.; Genva, M.; Ledoux, A.; Tchinda, A.T.; Dambon, C.; Frederich, M.; Tonzibo, Z.F.; Fauconnier, M.-L. Phytochemical Investigation and Biological Activities of *Lantana rhodesiensis*. *Molecules* **2021**, *26*, 846. <https://doi.org/10.3390/molecules26040846>

Academic Editors: Simona Fabroni, Krystian Marszałek and Aldo Todaro

Received: 8 January 2021
Accepted: 3 February 2021
Published: 5 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: *Lantana rhodesiensis* Moldenke is a plant widely used to treat diseases, such as rheumatism, diabetes, and malaria in traditional medicine. To better understand the traditional uses of this plant, a phytochemical study was undertaken, revealing a higher proportion of polyphenols, including flavonoids in *L. rhodesiensis* leaf extract and moderate proportion in stem and root extracts. The antioxidant activity of the extracts was also determined using three different assays: the radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging activity, the FRAP method (Ferric-reducing antioxidant power) and the β -carotene bleaching test. The anti-malarial activity of each extract was also evaluated using asexual erythrocyte stages of *Plasmodium falciparum*, chloroquine-sensitive strain 3D7. The results showed that the leaf extract exhibited higher antioxidant and anti-malarial activities in comparison with the stem and root extracts, probably due to the presence of higher quantities of polyphenols including flavonoids in the leaves. A positive linear correlation was established between the phenolic compound content (total polyphenols including flavonoids and tannins; and total flavonoids) and the antioxidant activity of all extracts. Furthermore, four flavones were isolated from leaf dichloromethane and ethyl acetate fractions: a new flavone named rhodescine (5,6,3',5'-tetrahydroxy-7,4'-dimethoxyflavone) (**1**), 5-hydroxy-6,7,3',4',5'-pentamethoxyflavone (**2**), 5-hydroxy-6,7,3',4'-tetramethoxyflavone (**3**), and 5,6,3'-trihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone (**4**). Their structures were elucidated by ¹H, ¹³C NMR, COSY, HSQC, HMBC, and MS-EI spectral methods. Aside from compound **2**, all other molecules were described for the first time in this plant species.

Keywords: *Lantana rhodesiensis*; polyphenol content; flavonoid content; antioxidant activity; anti-malarial activity; flavones

1. Introduction

Lantana rhodesiensis (*L. rhodesiensis*) is an aromatic plant used in traditional medicine to treat many diseases, such as rheumatism, diabetes mellitus [1], malaria [2], cancer [3], congestive heart failure, and cardiac arrhythmia [4,5]. It is a woody herb or small shrub less than 2 m high, often with several stems, and without thorns, native to subtropical and tropical regions. *L. rhodesiensis* can be found in many African countries, such as Tanzania,

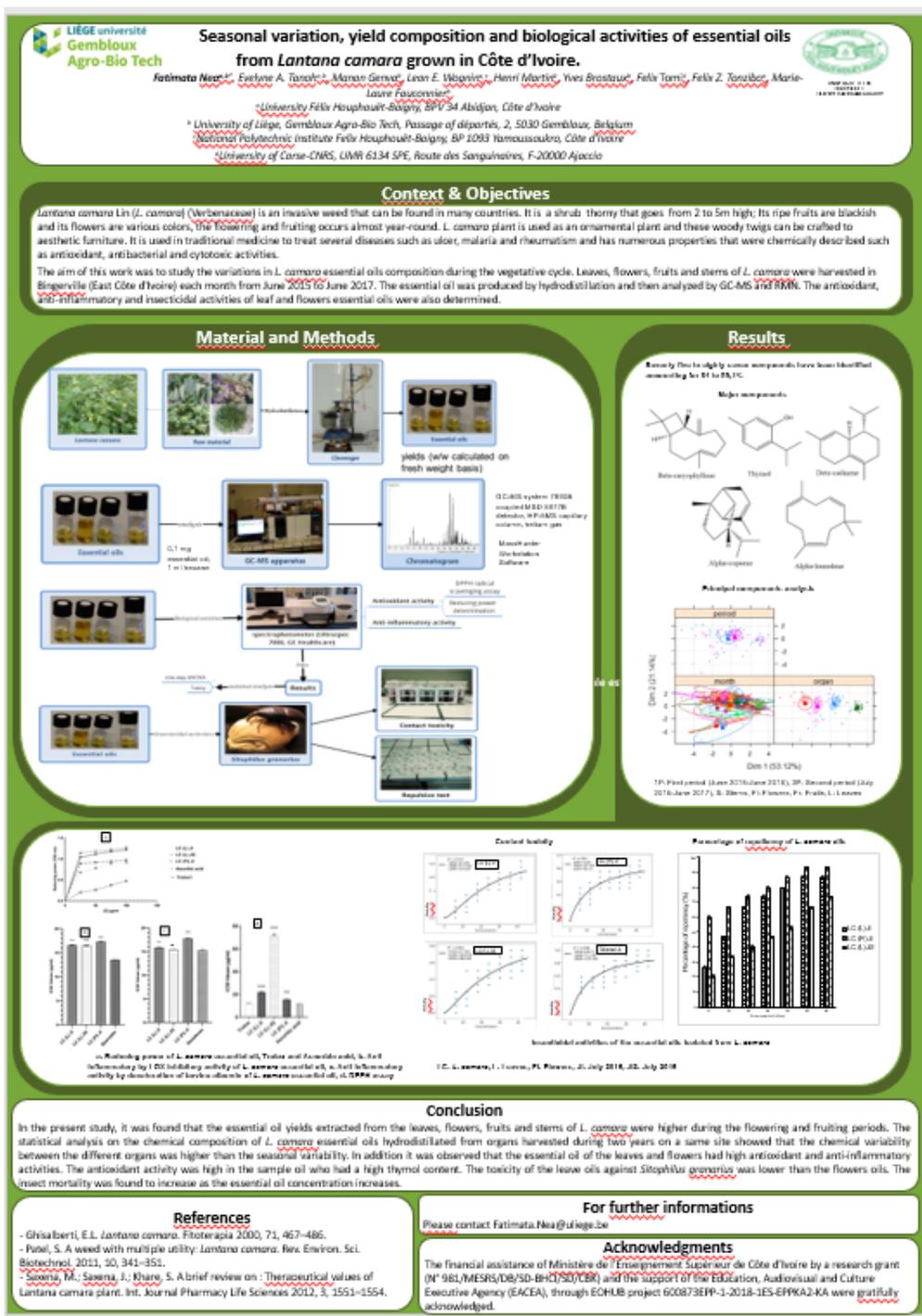
Communication orale

- 1- **Fatimata Nea***, Evelyne A. Tanoh, Thierry K. Kemene, Matthew Saive, Manon Genva, Felix Z. Tonzibo, Marie-Laure Fauconnier. Variability of essential oil composition and biological activities of *Lantana rhodesiensis* Moldenke from Côte d'Ivoire. 24th National Symposium for Applied Biological Sciences (NSABS) (Université de Gant, Belgique).

The poster features a light green background with a dark green border. In the top left corner is the logo for LIÈGE université Gembloux Agro-Bio Tech. In the top right corner is the logo for UNIVERSITE FELIX HOUPHOUËT BOIGNY D'ABIDJAN COCODY. The main title is enclosed in a rounded rectangle with a dark green border and white text. Below the title, the author's name 'Fatimata NEA^{ab*}' is centered. Below that, the co-authors' names are listed: 'Evelyne A. Tanoh^{ab}, Thierry Kenne^b, Matthew Saive^b, Manon Genva^b, Felix Z. Tonzibo^b, Marie-Laure Fauconnier^b'. At the bottom left, the date '4 February 2019' is printed, and at the bottom right, the number '1' is visible.

Communications écrites (posters)

- 1- **Fatimata Nea***, Evelyne A. Tanoh, Manon Genva, Leon E. Wognin, Henri Martin, Yves Brostaux, Felix Tomi, Felix Z. Tonzibo, Marie-Laure Fauconnier. Seasonal variation, yield composition and biological activities of essential oils from *Lantana camara* grown in Côte d'Ivoire. 25th National Symposium for Applied Biological Sciences (NSABS) (Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique).
- 2- **Fatimata Nea***, Michel Boni Bitchi, Manon Genva, Allison Ledoux, Alembert Tiabou Tchinda, Zanahi Félix Tonzibo, Michel Frederich, and Marie-Laure Fauconnier. Phytochemical investigation and biological activities of *Lantana rhodesiensis* Moldenke. Journées Jeunes Chercheurs Condorcet 2021 (J2C2 2021).





Phytochemical investigation and biological activities from *Lantana rhodesiensis* Moldenke.

Fatimata Née^{1*}, Michel Bani-Bitshi¹, Monze Gervé², Alhazou Ladoa², Alambert Tibbou Tchinda², Michel Foudré³, Felix Z. Tazoko³, Marie-Laure Fouquier²

¹ University Félix Houphouët-Boigny, BPV 54 Abidjan, Côte d'Ivoire
² University of Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Passage de l'Université, 2, 5030 Gembloux, Belgium
³ University of Liège, Avenue Hippocrate 15, 4000 Liège, Belgium

* Institute of Medical Research and Medicinal Plants Studies, P.O. Box 6283, Yaoundé, Cameroon



Introduction & Objectives

In traditional medicine numerous plants are used in decoction, infusion, emulsion, and powdered forms for the treatment of several diseases. The study of the chemical composition of medicinal plants is of the utmost importance if one wants to value these medicinal plants in the best possible way. *Lantana rhodesiensis* Moldenke (*L. rhodesiensis*) is an herb or small shrub under two meters tall which is often multi-stemmed¹. It is used in traditional medicine to treat malaria², cancer³, diabetes⁴, rheumatism⁵. The main purpose of the present research was to correlate the traditional medicine uses of *L. rhodesiensis* for treating rheumatism and malaria with the phytochemical composition of *L. rhodesiensis* organs extracts and with their antioxidant and anti-malarial activities. The different plant organs were considered separately in order to determine the most active part of the plant and to isolate the compounds inside.

Methods

- ✓ The phytochemical families in leaves, stems and roots from *L. rhodesiensis* were determined using reaction in tubes tests.
- ✓ Total phenolic and total flavonoid content was performed using Folin-Ciocalteu and aluminum chloride method respectively.
- ✓ The antioxidant activity of organs was determined using three different assays: DPPH, FRAP and β -carotene bleaching test.
- ✓ Anti-malarial activity of each organs extract was also evaluated using asexual erythrocyte stages of *Plasmodium falciparum*, chloroquine sensitive strain 3D7.

✓ Careful phytochemical investigation of the leaf hydro-methanolic extract were performed to isolate and characterize the bioactive molecules.

✓ The structures of isolated compounds were established by spectral analysis, mainly HR ESI-MS, Q-ToF, ¹H, ¹³C and 2D-NMR (COSY, HSQC and HMBC).

✓ Compounds spectroscopic data were also compared with those reported in the literature.

✓ The antioxidant potential of all purified compounds was determined based on the DPPH method (1mg/mL).

Results

Table 1. Phytochemical screening of *L. rhodesiensis* organs

Phytochemical classes	Test performed	Leaves	Stems	Roots
Polyphenols	Low pH/alkali	+++	++	+
	2% Zn			
Flavonoids	Quercetin	+++	+	+
	Luteolin/apigenin	++	+	++
Terpenes/sterols	Essential oil			
	steroids	Strong	++	+
Tannins	Gallic	Strong	++	++
	Ellagic	Strong	+	++
Alkaloids	Dragendoff	+	+	+
	Quercetin	+	+	+
Lipophilic compounds	Quercetin	+	+	+
	Anthraquinone	Quercetin	+	+



L. rhodesiensis

Figure 1. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against DPPH radical. The graph shows the percentage of DPPH radical scavenging activity for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.

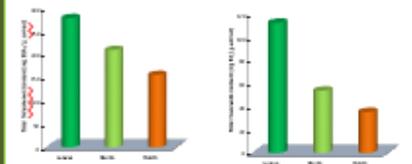


Figure 2. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against FRAP. The graph shows the FRAP values for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.

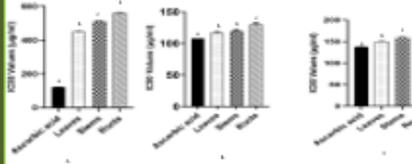
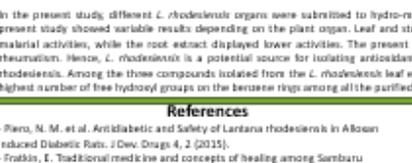


Figure 3. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against beta-carotene bleaching test. The graph shows the beta-carotene bleaching activity for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.



Results (continued)

Table 2. Results of phytochemical screening of the organs extracts of *L. rhodesiensis*

Extract (g/dm ³ /H ₂ O)	IC ₅₀ (µg/mL)
Leaves	12.5 ± 2.5
Stems	> 100
Roots	> 100
Antioxidant	0.004 ± 0.001

Figure 4. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against DPPH radical. The graph shows the percentage of DPPH radical scavenging activity for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.

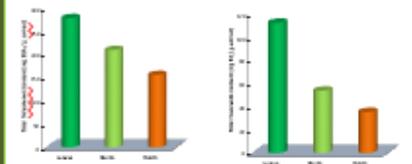


Figure 5. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against FRAP. The graph shows the FRAP values for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.

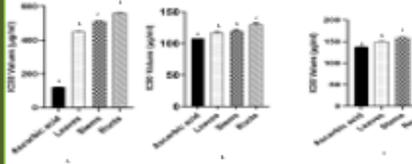


Figure 6. Antioxidant activity of the organs extracts of *L. rhodesiensis* (Leaves, Stems, and Roots) against beta-carotene bleaching test. The graph shows the beta-carotene bleaching activity for each organ. Leaves show the highest activity, followed by stems, and then roots.

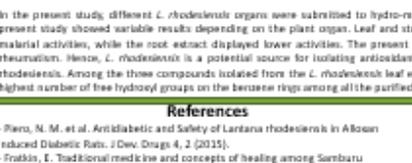


Table 3. Molecular weights of the purified compounds and their antioxidant potential

Compound	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	IC ₅₀
1	H	OC ₂ H ₅	OC ₂ H ₅	OC ₂ H ₅	0.57 ± 0.05
2	H	OC ₂ H ₅	OC ₂ H ₅	H	1.08 ± 0.05
3	H	H	H	H	61.77 ± 5.53

Figure 7. Chemical structure of the purified compounds and their antioxidant potential

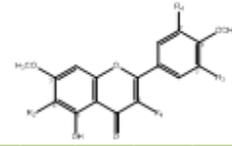


Figure 8. DPPH assay test of the purified compounds



Conclusion

In the present study, different *L. rhodesiensis* organs were submitted to hydro-methanolic extraction and the antioxidant and anti-malarial activities of those extracts were evaluated. The present study showed variable results depending on the plant organ. Leaf and stem extract showed an interesting phenolic compound content correlated with robust antioxidant and anti-malarial activities, while the root extract displayed lower activities. The present study thus supports the claim regarding the traditional use of *L. rhodesiensis* leaves to treat malaria and rheumatism. Hence, *L. rhodesiensis* is a potential source for isolating antioxidant and anti-malarial molecules. Moreover, this is the first report on the *in vitro* anti-malarial activity of *L. rhodesiensis*. Among the three compounds isolated from the *L. rhodesiensis* leaf extract, Compounds 2 and 3 were reported for the first time in this plant. Compound 3, which displayed the highest number of free hydroxyl groups on the benzene ring among all the purified molecules, had an average antioxidant potential.

References

- Piero, M. M. et al. Antidiabetic and Safety of *Lantana rhodesiensis* in Alloxan Induced Diabetic Rats. *J. Dev. Drugs* 4, 2 (2015).
- Franks, E. Traditional medicine and concepts of healing among Samburu pastoralists of Kenya. *J. Ethnobiol.* 20, 63–97 (2000).
- Sawadogo, W. B. et al. Mutagenic effect, antioxidant and anticancer activities of six medicinal plants from Burkina Faso. *Nat. Prod. Res.* 26, 575–579 (2012).

For further informations

Please contact Fatimata.Nee@uliege.be

Acknowledgments

The financial assistance of Audiotvisual and Culture Executive Agency (EACEA), through EDHUB project 600873EP9-3-2018-1ES-EP9EA2-KA were gratefully acknowledged.

362