



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
جامعة البليدة 1
Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biotechnologies

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme d'un Master Académique

Option

Biotechnologie et Pathologies Moléculaires

Thème

**Mise au Point d'une Préparation Galénique Naturelle aux
Huiles Essentielles de Citronnelle à Visée Thérapeutique**

Présenté par OTSMANE Khaoula & LACHOUAKI Nesrine

Date de Soutenance : 20/09/2020 à 10H00 (salle 266)

Devant le Jury :

Mme DJAZOULI-ALIM F.Z.	Professeur	SNV, Univ. Blida1	Présidente
Mme MAKHLOUF C.	MAA	SNV, Univ. Blida1	Examinatrice
M. BOUKHATEM M.N.	MCA	SNV, Univ. Blida1	Promoteur
Mme CHELGHOUM H.	MCB	SNV, Univ. Blida1	Co-Promotrice

Session 2019 / 2020

DÉDICACES

Je remercie Dieu «Allah » qui m'a aide à élaborer ce modeste travail, que je dédie :

A mon père ,Ma fierté et mon modèle dans la vie, qui peut être fière et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'aider à avancer dans vie merci pour les valeurs nobles ,l'éducation et le soutien permanent venu de toi .

*A ma mère, mon paradis , ma source de joie et de bonheur qui a ouvert pour ma réussite ,de par son amour ,son soutien , tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.
Qu'elle trouve ici ma plus Profonde gratitude et tout mon amour pour leur patience et soutien tout long de mes études*

*A mes très chères sœurs **Anissa Anfall** et **Rymass**, et a mon chère frère **Aboubakre** .
Vous êtes la lumière de ma vie*

*A ma chère binôme **Nesrine** et toute ma famille « **Otsmane** et **Mehadjebia** »*

*A mes chères amies : **Maroua, Amina, Djohra, Amina** et **Amira**
Merci pour votre soutien constant*

A tous ceux qui m'ont apporté leur savoir & contribué à ma formation,

A tous ceux qui m'aiment & ceux que j'aime.

Je vous dis merci

khaoula .

DÉDICACES

Je remercie Dieu «Allah » qui m'a aide à élaborer ce modeste travail, que je dédie :

➤ *A mes très chers parents que je remercie énormément pour leur soutien, leur sacrifice, leur générosité et surtout leur confiance en moi durant toutes mes années d'études.*

➤ *A mon marie **KECHOUANE FARID.***

➤ *A mes chers frères : **ACHREF & BRAHIM.***

➤ *A mes chères sœurs : **MANEL & MILINA.***

➤ *A toute ma famille : mes oncles, cousins et cousines sans exception.*

➤ *A ma chères binôme **KHAWLA***

➤ *A toute la famille **LACHOUAKI TOUATE & KECOUANE***

➤ *A tous mes voisins.*

➤ *A tous mes collègues de la promo **Biotechnologie et pathologie moléculaire.***

➤ *Ainsi qu'à toute la promotion 2019/2020.*

➤ *A tous mes amis sans exception.*

*إن الذين نحبيهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر و الصفحات لان مقامهم اجل و أعلى
فالقلب سكتناهم والذكرى نكرهم والقلب أبدا لن ينساهم.*

Nesrine

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas pu être ce qu'il est, sans l'aide d'ALLAH source de toute connaissance qui nous a donné la force afin de l'accomplir.

Nous sommes très honorées de la présence dans ce jury. Nous lui adressons également nos remerciements de bien vouloir examiner et juger ce mémoire.

- Madame **DJAZOULI-ALIM F.Z.** (Professeur à l'Université Blida 1): nous sommes très honorées que vous ayez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Veuillez trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.
- Madame **MAKHLOUF C.** (Maître Assistante à l'Université Blida 1): Vous nous avez honoré d'avoir examiné notre mémoire de fin d'études ; nous vous sommes très reconnaissantes et nous vous adressons nos sincères remerciements et soyez assurée de notre profonde gratitude.
- C'est avec un grand plaisir que nous adressons nos sincères remerciements à nos encadreur M. **BOUKHATEM M.N.** (promoteur) et Mme **CHELGHOUM H.** (co-promotrice) pour la la disponibilité et la patience que vous avez manifesté à notre égard, ainsi que pour vos orientations pour mener à bien ce travail.

Nos remerciements aux membres du laboratoire de microbiologie de Saida d'Alger qui nous ont aidés durant notre travail. Nous tenons à vous remercier chaleureusement et vivement pour nous avoir accepté dans votre laboratoire et guider tous au long de notre stage avec toute l'équipe du laboratoire.

Nous adressons nos vifs remerciement et reconnaissance à tous le corps enseignant du Département de Biotechnologie et ceux de la Faculté SNV et particulièrement toutes celles et tous ceux qui nous ont enseigné durant notre cursus universitaire.

SOMMAIRE

Liste des Figures	vii
Liste des Tableaux	viii
Liste des Abréviations	ix
Résumé	x
Abstract	xi
ملخص	xii
Introduction	1

Chapitre I: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. Généralités sur les huiles essentielles	4
I.2. Aromathérapie	4
I.3. Répartition des huiles essentielles dans la plante	4
I.4. Propriétés physico-chimiques	5
I.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles	5
I.6. Composition chimique des huiles essentielles	5
I.7. Conservation des huiles essentielles	6
I.8. Origine et généralités sur la plante étudiée : la Citronnelle	7
I.9. Aspects botanique et culturels	7
I.10. Noms vernaculaires et plantes voisines	9
I.11. Huile essentielle de la citronnelle	9
I.12. Composition chimique de l'essence de citronnelle	10
I.13. Utilisations en gastronomie	10
I.14. Propriétés thérapeutiques	11
I.15. Toxicités et précautions d'emploi	12

Chapitre II: MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériel	14
II.1.1. Huile essentielle de citronnelle	14
II.1.2. Souches microbiennes	14

II.1.3. Milieux de cultures et agents chimiques	15
II.2. Méthodes	15
II.2.1. Analyse chromatographique de l'huile essentielle	15
II.2.2. Evaluation du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle <i>in vitro</i>	16
II.2.2.1. Méthode des aromatogrammes	16
II.2.2.2. Microatmosphère = méthode en phase vapeur	17
II.2.2.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par macrodilution	18
II.2.3. Activité anti-inflammatoire topique	18
II.2.4. Etude statistique	19
II.2.5. Préparations galéniques dermo-cosmétiques : Crème dermique hydrophile	19

Chapitre III: RESULTATS

III.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle <i>in vitro</i>	21
III.1.1. Technique de l'aromatogramme	21
III.1.2. Technique de microatmosphère	22
III.1.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices	24

Chapitre IV: DISCUSSION

IV.1. Composition chimique de l'essence de citronnelle	27
IV.2. Activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle <i>in vitro</i>	28
IV.2.1. Technique d'aromatogramme	28
IV.2.2. Technique de microatmosphère	29
IV.2.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices	30
IV.3. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle <i>in vivo</i>	30

CONCLUSION	34
-------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36
------------------------------------	----

ANNEXE 1 : Abstracts	44
-----------------------------	----

Liste des Figures

Figure 1. Structures chimiques de certains composés caractéristiques détectés dans les huiles essentielles.	6
Figure 2. Illustration de la Citronnelle (<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf)	8
Figure 3. Citronnelle (<i>Cymbopogon citratus</i>)	8
Figure 4. Structure chimique des composés majoritaires détectés dans l'essence aromatique de citronnelle (<i>Cymbopogon citratus</i>).	10
Figure 5. Illustration de la méthode de l'aromatogramme.	17
Figure 6. Illustration de la méthode de Microatmosphère.	17
Figure 7. Détermination des CMI par technique de dilution en milieu gélosé solide.	18
Figure 8. Zone d'inhibition (microatmosphère) induite par la phase vapeur de l'essence de citronnelle sur quelques souches microbiennes.	23
Figure 9. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par macro-dilution.	24

Liste des Tableaux

Tableau 1. Souches microbiennes de référence utilisées pour le screening antimicrobien.	15
Tableau 2. Activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle <i>in vitro</i> en utilisant deux méthodes complémentaires (aromatogramme et microatmosphère).	21
Tableau 3. Résultats des concentrations minimales inhibitrices de l'HE de Citronnelle.	24
Tableau 4. Etudes comparatives des constituants chimiques majoritaires détectés dans l'huile essentielle de citronnelle provenant de différentes régions.	27
Tableau 5. Principaux travaux réalisés pour valoriser la fragrance de l'HE de citronnelle en aromathérapie anti-inflammatoire.	30

Liste des Abréviations

ADN	Acide Désoxyribonucléique
AINS	Anti-Inflammatoires Non-Stéroïdiens
ATB	Antibiotiques
ATCC	American Type Culture Collection
BMR	Bactéries Multi-Résistantes
CCEO	<i>Cymbopogon citratus</i> essential oil
CMI	Concentrations Minimales Inhibitrices
DL ₅₀	Dose Létale médiane
CRD	Centre de Recherche et de Développement
DZI	Diamètre de la Zone d'Inhibition
GEN	Gentamycine
HE	Huile Essentielle
IL	Interleukines
iNOS	Inductible Oxyde Nitrique Synthétase
L/H	Lipophile/Hydrophile
LPS	Lipopolysaccharides
MIC	Minimum Inhibitory Concentration
NF- κ B	Facteur Nucléaire-kappaB
NO	Oxyde Nitrique
PAM	Plantes Aromatiques et Médicinales
Ph. Eur	Pharmacopée Européenne
PPAR- α	Récepteur alpha Activé par les Proliférateurs de Peroxysomes
SAB	gélose Sabouraud-Chloramphénicol
TNF- α	Facteur de Nécrose Tumorale alpha
TSA	Tryptone Soja Agar

RESUME

Face au problème soulevé, depuis plusieurs années, par l'antibiorésistance ou encore les effets indésirables des antibiotiques et des anti-inflammatoires conventionnelles, l'une des alternatives prometteuses à l'usage de ces médicaments semble être celle des molécules bioactives naturelles. L'objectif assigné à notre travail consiste à évaluer, *in vitro*, le pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle (HE) de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) vis-à-vis de plusieurs souches de référence. Différentes méthodes microbiologiques ont été adoptées pour estimer le degré d'inhibition des germes par la fraction liquide (technique d'aromatogramme) ou volatile (microatmosphère) de cette essence aromatique. En aromatogramme, toutes les souches sont sensibles à l'action inhibitrice de la phase liquide de l'HE, excepté *Pseudomonas aeruginosa*. Au plus faible volume (20 µL) d'HE, c'est principalement les Gram+ qui étaient les plus sensibles avec une zone d'inhibition de 35 mm pour *Bacillus subtilis*, suivi par *Staphylococcus aureus* (33 mm). Une action dose-dépendante a été aussi notée. En microatmosphère, de meilleurs résultats ont été obtenus, notamment pour les champignons où une inhibition totale a été constatée pour *Candida albicans* et *Aspergillus niger*. La technique de macro-dilution a révélé que le *S. aureus* demeure le germe le plus sensible avec une concentration minimale inhibitrice la plus faible (0.015%), suivie par *B. subtilis* (0.03%). Par ailleurs, une revue de la littérature des propriétés anti-inflammatoires de cette plante à parfum a été accomplie afin de cerner le bien-fondé de ses potentielles utilisations en phyto-aromathérapie anti-inflammatoire, ou encore comme ingrédient actif à visée thérapeutique dans les préparations dermo-pharmaceutiques. L'usage de l'essence de citronnelle pourra faire partie intégrante dans l'arsenal thérapeutique anti-infectieux.

Mots-clés: Citronnelle; Huiles essentielles ; Antimicrobien naturel ; Anti-inflammatoire topique ; Citral ; Préparations dermo-pharmaceutiques.

Lemongrass Essential Oil loaded in a Natural Ointment: A Developing Strategy for a Successful Therapeutic Approach

ABSTRACT

Faced with the problem raised for several years by multi-drug resistance bacteria or the side effects of antibiotics and nonsteroidal anti-inflammatory drugs, one of the promising alternatives to the use of these synthetic drugs seems to be that of natural bioactive molecules. The objective of our study was to evaluate the *in vitro* antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* essential oil (CCEO) against several strains. Different microbiological assays have been used to determine the inhibitory effect of the liquid (disc diffusion test) and vapor (disc volatilization test) phases of CCEO. Using the disc diffusion method, most of the microbial strains have been inhibited by the oil, except *Pseudomonas aeruginosa*. At the lowest amount (20 μ L) of CCEO, the Gram-positive bacteria were the most sensitive with an inhibitory zone of 35 mm for *Bacillus subtilis*, followed by *Staphylococcus aureus* (33 mm). By the disc volatilization assay, better results were obtained, in particular for fungal strains where a total inhibition was recorded for *Candida albicans* and *Aspergillus niger*. The minimum inhibitory concentration (MIC) was determined using the agar dilution technique and revealed *S. aureus* as the most sensitive microorganism with the lowest MIC (0.015%), followed by *B. subtilis* (0.03%). In addition, a comprehensive literature review of the anti-inflammatory property of CCEO was carried out in order to identify the merits of its potential application as a phytochemical extract for medicinal and therapeutic purposes and its use in topical creams or ointments.

Keywords: Lemongrass; Essential oils; Natural antimicrobial; Topical anti-inflammatory; Citral; Cream preparations.

تطوير مستحضر صيدلاني طبيعي من نوع كريم الجلد يحتوي على الزيوت الأساسية العطرية لحشيشة الليمون

ملخص

تعتبر كل من مقاومة البكتيريا و الجراثيم للمضادات الحيوية و كذا الآثار الجانبية المترتبة عن تناول أدوية مضادة للإلتهابات مشكلة صحية عالمية، و من بين الحلول المقترحة هو اللجوء إلى إستعمال مركبات و جزيئات طبيعية فعالة مستخلصة من النباتات الطبية و العطرية كبديل عن تلك الأدوية. حيث أن الهدف من هذه الدراسة يتمثل في تقييم مدى فعالية الزيوت الأساسية العطرية المستخلصة من حشيشة الليمون (*Cymbopogon citratus*) في تثبيط نمو بعض السلالات البكتيرية و الجراثيم مخبريا. لذلك، فقد قمنا بإجراء عدد من الطرق و الأساليب الميكروبيولوجية بغية تقدير درجة تثبيط الجراثيم من طرف الجزء السائل (technique d'aromatogramme) و الجزء العطري (microatmosphère) للزيت الأساسي لحشيشة الليمون. حيث كشفت نتائج التجارب المنجزة مخبريا عن فعالية تلك الزيوت في الحد من تكاثر معظم الجراثيم و تثبيط نموها و بالخصوص Gram+ حيث تم تسجيل قطر منطقة تثبيط النمو يقدر ب 35 ملم للعصيات الرقيقة (*Bacillus subtilis*)، و تليها *Staphylococcus aureus* المعروفة أيضا بالمكورات العنقودية الذهبية (33 ملم). أما بالنسبة للطريقة الثانية المتبعة فقد كشفت عن نتائج أفضل و فعالية معتبرة للجزء العطري للزيوت الأساسية و بالخصوص ضد الفطريات، حيث تم تثبيط نمو كل من *Aspergillus niger* و *Candida albicans* بصفة كلية. من جهة أخرى، فقد تبين من إجراء طريقة macro-dilution عن أن *Staphylococcus aureus* تعتبر من السلالة البكتيرية الأكثر حساسة مع تسجيل التركيز الأدنى المثبط (Concentration Minimale Inhibitrice) بمقدار 0.015٪، و تليها *Bacillus subtilis* (0.03٪). بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء مراجعة للأدبيات و البحوث المخبرية الخاصة بالخصائص المضادة للإلتهابات للزيوت الأساسية لحشيشة الليمون. حيث تم استخدام موارد مختلفة لتسليط الضوء على الفعالية العلاجية لتلك الزيوت في التخفيف من حدة الإلتهابات و إحتمال إستخدامها في العلاج الطبيعي ضد الإلتهابات الموضعية و مدى فعاليتها كمادة نشطة في المستحضرات الصيدلانية الجلدية.

الكلمات المفتاحية: حشيشة الليمون، الزيوت الأساسية العطرية، مضادات الجراثيم الطبيعية، مضادات الإلتهابات الموضعية، Citral، مستحضرات صيدلانية جلدية.

INTRODUCTION

L'un des problèmes de santé publique les plus inquiétants de ces dernières années est la dissémination des bactéries multi-résistantes (BMR). Ces bactéries sont dites multi-résistantes aux antibiotiques (ATB) lorsque, du fait de l'accumulation de résistances acquises à plusieurs familles d'ATB, elles ne sont plus sensibles qu'à un petit nombre utilisables en thérapeutique. La résistance aux ATB est un phénomène biologique que la médecine aura du mal à faire disparaître. La multirésistance est une étape vers l'impasse thérapeutique **(Trystram et al., 2012)**.

Par ailleurs, on recherche depuis de nombreuses années, dans l'industrie pharmaceutique, des substances permettant de traiter l'inflammation. A cet égard, nombreuses sont celles qui ont déjà été décrites, connue dans la littérature sous les appellations d'anti-inflammatoires stéroïdiens ou non-stéroïdiens (AIS ou AINS). Outre que les anti-inflammatoires connus présentent souvent des effets secondaires non négligeables **(Pillon, 2014)**, il demeure intéressant de disposer de nouveaux produits à activité anti-inflammatoire, notamment pour des affections topiques.

Face au problème soulevé depuis plusieurs années par la résistance des microbes ou encore les effets indésirables des ATB et des AINS conventionnelles, l'une des alternatives fiables à l'usage de ces médicaments synthétiques semble être celle des molécules bioactives naturelles **(Saleem et al., 2010 ; Ribeiro et al., 2018)**, à l'instar des huiles essentielles (HE) distillées des plantes aromatiques et médicinales (PAM). Connue de façon empirique depuis des siècles, leur efficacité anti-infectieuse et thérapeutique a été scientifiquement démontrée *in vitro* et *in vivo* **(Goetz and Ghedira, 2012. Kaloustian and Hadji-Minaglou, 2012)**.

D'autre part, notre pays, de par sa position géographique et la diversité de son climat, jouit de plusieurs facteurs de pédogenèse et de grandes variations climatiques à même de booster la culture et l'exploitation industrielle des PAM. Malheureusement, rares sont les plantes qui sont cultivées d'une façon intensive pour en extraire leur principes actifs à des fins industrielles et/ou thérapeutiques. A Chiffa (wilaya de Blida, 60 Km au Sud-Ouest d'Alger), il en existe actuellement une dizaine de PAM, ayant un intérêt industriel, cultivée par une unité moderne de production des HE (Extral-Bio). Nous citerons, entre autres, la citronnelle (*Cymbopogon citratus*) dont la fragrance reste, hélas, peu étudiée et exploitée à échelle industrielle **(Kouame et al., 2016)**.

De ce fait, l'objectif assigné à notre travail consiste à étudier, *in vitro*, le pouvoir antimicrobien de la fraction aromatique de citronnelle vis-à-vis de plusieurs souches bactérienne et fongiques de référence. Pour cela, différentes méthodes microbiologiques ont été adoptées pour estimer le degré d'inhibition de ces souches par la fraction liquide (technique d'aromatogramme) ou volatile (technique de microatmosphère) de l'essence aromatique. En outre, une seule technique quantitative, en l'occurrence celle de dilution en milieu gélosé, a été explorée pour déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) des souches testées. Par ailleurs, notre travail se veut aussi une revue de la littérature des propriétés anti-inflammatoires de cette plante à parfum afin de bien cerner les potentielles utilisations de son HE en phyto-aromathérapie ou encore comme ingrédient actif à visée anti-inflammatoire dans les préparations dermo-pharmaceutiques.

Chapitre I

Données Bibliographiques

Chapitre I : DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. Généralités sur les huiles essentielles

Il s'agit d'un extrait pur et naturel provenant de plantes aromatiques (**Wegrzyn and Lamendinh, 2005**). Elle concentre l'essence de la plante, autrement dit son parfum. Il s'agit de substances odorantes, volatiles, de consistance huileuse, très concentrées, offrant une forte concentration en principes actifs (**Lardry and Haberkorn, 2007**). Il faut ainsi une très grande quantité de plantes fraîches pour obtenir quelques millilitres d'huiles essentielles (HE). Les HE chémotypées sont une forme de classification chimique, botanique et biologique de la molécule présente en majorité dans une HE (**Laurain-Mattar, 2018**). Selon la Pharmacopée Européenne: « l'HE est un produit odorant, de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement par la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'HE est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » (**Ph. Eur., 2005**).

I.2. Aromathérapie

L'aromathérapie est l'utilisation médicale des extraits aromatiques de plantes. Ce mot vient du latin « *Aroma* » signifiant odeur et du grec « *Therapeia* » signifiant traitement. Il s'agit donc de soigner à l'aide de principes odorifères. L'aromathérapie scientifique est une science mettant en relation la biochimie aromatique et les activités thérapeutiques des huiles essentielles (**Zhiri and Baudoux, 2005**).

I.3. Répartition des huiles essentielles dans la plante

Les HE se rencontrent dans tout le règne végétal. Cependant, elles sont abondantes chez certaines familles telles que les conifères, les rutacées, les ombellifères, les myrtacées, les lamiacées et les poacées. Elles sont présentes dans différents organes végétaux, variant en fonction de la zone productrice du végétal (**Lamendin, 2004**): les sommités fleuries (lavande, menthe), les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), les écorces (cannelles), le bois (camphrier), les fruits (citron), les graines (muscade) et sont contenues dans des structures spécialisées à savoir : les poils, les canaux sécréteurs et les poches (**Couic-Marinier and Lobstein, 2013 ; Lakhdar, 2015 ; Bouyahya et al., 2018**).

1.4. Propriétés physico-chimiques

Ce sont des liquides à température ambiante mais aussi volatiles, ce qui les différencie des huiles dites végétales ou fixes. Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînaibles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (**Desmares et al., 2008**). Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Elles sont pour la plupart colorées : rougeâtre pour les huiles de cannelle et une variété de thym, jaune pâle pour les huiles de sauge sclarée et de romarin officinal. Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité. De ce fait, l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée (**Lakhdar, 2015 ; Soualeh and Soulimani, 2016**).

1.5. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Deux procédés sont principalement employés et font l'objet d'une monographie à la **Pharmacopée Européenne (2005)**:

- L'expression à froid est utilisée pour obtenir les essences et est réservée aux *Citrus* (citron, mandarine et orange). Ce procédé consiste à briser mécaniquement les zestes frais d'agrumes, en soumettant la substance végétale à une forte pression à l'aide d'une presse hydraulique. Cette méthode est simple et limite l'oxydation à son minimum.
- La distillation par entraînement à vapeur est le procédé le plus utilisé pour obtenir les HEs.

1.6. Composition chimique des huiles essentielles

Une huile peut contenir de 20 à 60 éléments biochimiques différents. On peut déterminer sa composition par la chromatographie en phase gazeuse. Les principales composantes sont les terpènes et terpénoïdes (Fig. 1) et les constituants aromatiques (**Bakkali et al., 2008**).

- les terpénoïdes sont représentés par les monoterpènes et dérivés : des carbures monoterpéniques, acycliques ou cycliques, des aldéhydes et des alcools monoterpéniques, des cétones et des époxydes monoterpéniques.
- Les sesquiterpéniques et leurs dérivés : des hydrocarbures, des alcools, de cétones et des époxydes sesquiterpéniques.
- Les composés aromatiques : Ce sont des dérivés du phénylpropane ; ils comprennent les aldéhydes (cinnamaldéhyde), les alcools (alcool cinnamique), les phénols (eugénol), les dérivés méthoxy (anéthole, estragole, méthyl eugenol) (**Kaloustian and Hadji-Minaglou, 2012**).

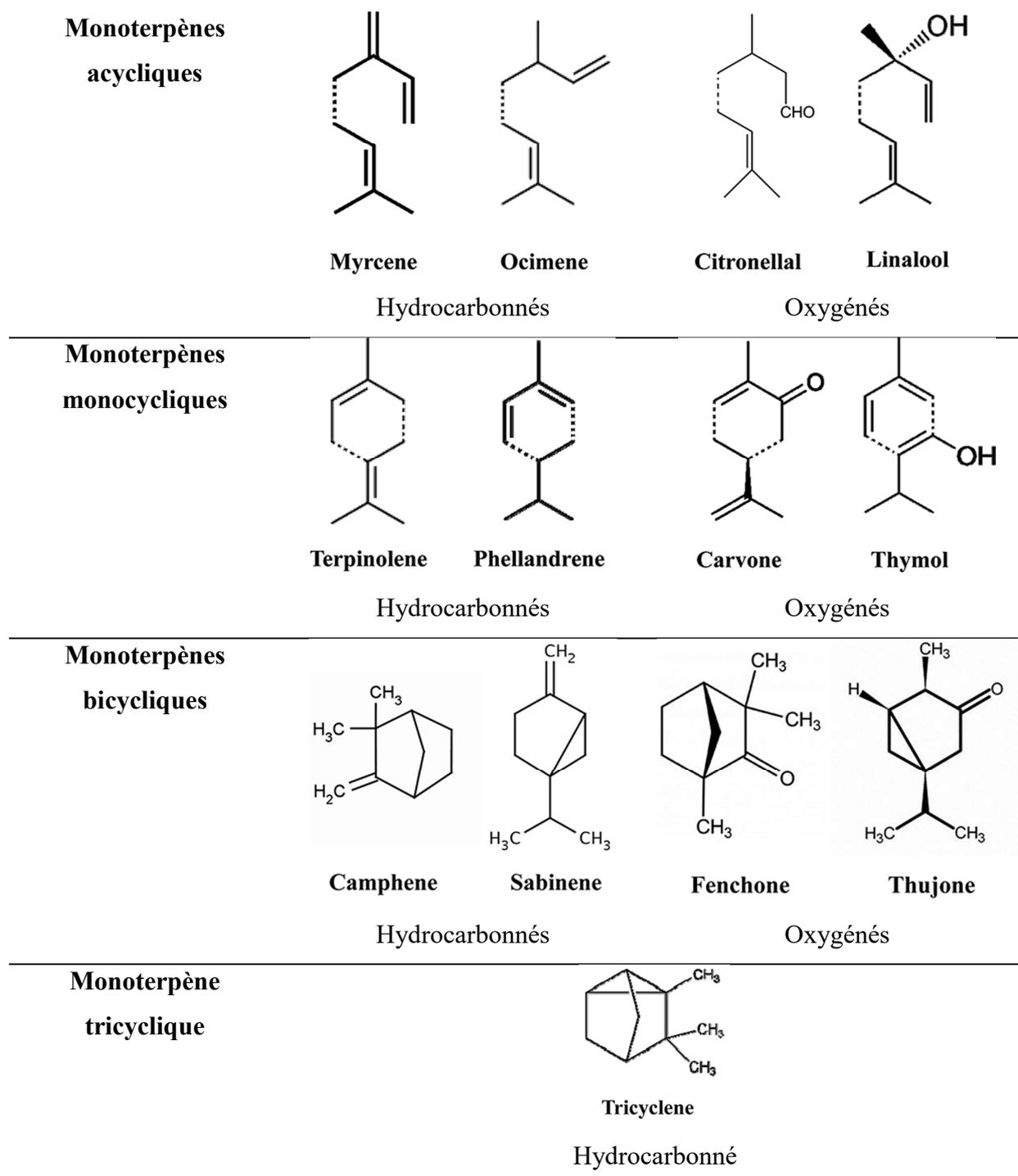


Figure 1. Structures chimiques de certains composés caractéristiques détectés dans les huiles essentielles (Burt, 2004).

I.7. Conservation des huiles essentielles

Elles se présentent et se conservent dans des flacons de verre fumé, fermés par un bouchon bien hermétique, ce qui les préserve de la lumière et de l'air pour éviter leur oxydation (à l'air) et leur polymérisation (à la lumière). Elles se conservent à une température ambiante qui varie entre 3 C° et 4 C°. Les HE se conservent, généralement, entre 12 et 18 mois après leur

production. Avec le temps leurs propriétés thérapeutiques diminuent pour devenir alors inactives (Sallé, 1991).

I.8. Origine et généralités sur la plante étudiée : la Citronnelle

Si les propriétés médicinales de la citronnelle sont connues depuis l'Égypte antique, sur le sous-continent indien, cette plante est utilisée depuis plus longtemps encore. Originaires d'Inde, du Sri Lanka et de tout l'espace sud-asiatique, la citronnelle a une longue tradition et est utilisée depuis des siècles, et ce pas seulement dans la cuisine ou la médecine. Les parfums et huiles fabriqués dans l'espace asiatique ont été importés au XVII^{ème} siècle par des navigateurs anglais, français et hollandais en Europe, où ils étaient très appréciés par la noblesse européenne. Aux Antilles, elle est un remède traditionnel pour faire baisser la fièvre, alors qu'en Afrique elle est utilisée dans le traitement d'affections comme la tuberculose et la malaria. Dans les pays tropicaux, elle est souvent plantée aux abords des maisons, afin d'éloigner les insectes (Akhila, 2009; Kouame et al., 2016 ; Majewska et al., 2019).

Le genre *Cymbopogon* comprend une cinquantaine d'espèces originaires d'Asie mais dont certaines sont depuis très longtemps introduites et naturalisées dans tout le monde (Teuscher et al., 2005). C'est à partir de 1820 que la distillation de l'HE d'espèces du *Cymbopogon* a débuté à des fins commerciales sur le marché mondial. On cultive cette plante pour son huile qui sert de parfum, d'assaisonnement et de remède. Son parfum, rappelant l'odeur du citron, est à l'origine de son nom (Teuscher et al., 2005 ; Kouame et al., 2016).

I.9. Aspects botanique et culturels

La citronnelle est une plante pluriannuelle qui appartient à la famille des Poacées ou graminées. On la trouve dans presque toutes les contrées tropicales. La citronnelle est riche en huiles essentielles avec une teneur élevée en citral et en géraniol (Kouame et al., 2016). C'est une plante herbacée vivace, formée de tiges serrées pouvant atteindre 1,5 m de haut, lisses et glabres. Elles forment des touffes composées de feuilles linéaires, terminées en pointe, de 90 cm de long sur 3 à 5 cm de large ; ces feuilles sont raides, coupantes, lisses sur leurs deux faces et de couleur vert claire grisâtre (Fig. 2 et Fig. 3) (Teuscher et al., 2005). Elles dégagent une forte odeur de citron quand on les froisse. La plante se termine dans sa partie souterraine par une base renflée comme un oignon mais qui ne correspond pas à un bulbe (Teuscher et al., 2005). Ce sont des rhizomes supportant un chevelu de racelles fines et longues, peu tortueuses à odeur assez faibles et fugace (Akhila, 2009).



Figure 2. Illustration de la Citronnelle (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf)

1) Plante fleurie ; 2) Base de la plante ; 3) deux feuilles ; 4) partie de l'inflorescence ; 5) paire d'épillets (unité de base d'une fleur, constituée de deux glumes ou bractées externes à la base et d'un ou plusieurs fleurons au-dessus) ; 6) épillets sessiles fertiles (Illustration enregistrée par Meg Watts dans www.pinterest.com).



Figure 3. Champs de culture de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) (www.flickr.com).

Elle ne fleurit qu'exceptionnellement pour donner naissance à une inflorescence terminale, d'une trentaine de cm de long, formée d'épis de 6 mm de long (**Kouame et al., 2016**). Cette plante aromatique et médicinale ne doit pas être exposée à des températures de moins de 13 °C en hiver. Elle se multiplie par semis ou par division des touffes. Elle se récolte en coupant la tige à sa base et est utilisée fraîche ou séchée.

I.10. Noms vernaculaires et plantes voisines

Plusieurs noms communs sont attribués à *Cymbopogon citratus*. Nous citerons: citronnelle, herbe citron, verveine des Indes, jonc odorant, lemongrass (**Kouame et al., 2016**).

Les noms commerciaux de *C. citratus* sont citronnelle des Indes et verveine des Indes. Elle serait en effet d'origine indienne. La citronnelle dite *de Ceylan*, est la plus commercialisée dans le monde et est extraite de *C. nardus* (L.) Rendle. La citronnelle de Java correspond à l'espèce *C. winterianus*. Les appellations Lemongrass, Gingergrass et Palmarosa renvoient respectivement à *C. flexuosus*, *C. martinii* var. *sofia* et *C. martinii* var. *motia*.

La citronnelle de l'Inde ne doit pas non plus être confondue avec d'autres « citronnelles »:

- le thym citron, appelé aussi citronnelle;
- la verveine citronnelle, plante aromatique de la famille des *Verbenaceae*;
- la mélisse citronnelle, plante médicinale et aromatique de la famille des *Lamiaceae*;
- l'aurone citronnelle, plante aromatique de la famille des *Asteraceae* (**Akhila, 2010**).

I.11. Huile essentielle de la citronnelle

La citronnelle, encore appelée citronnelle d'Inde ou de Madagascar ou de Java, est une plante herbacée tropicale de la famille des *Poaceae*, cultivée pour ses tiges et feuilles aux qualités aromatiques (goût de citron). Son HE est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des feuilles hachées, fraîches ou sèches, que l'on récolte plusieurs fois par an. Ses parties utilisées sont généralement les feuilles. La matière fraîche de citronnelle contient de 0.26 à 0.52% d'HE et parfois 0.7% et la matière sèche en contient 0.4% (**Bardeau, 2009 ; Lawal et al., 2017**).

En 2014, la production mondiale d'huile de citronnelle est d'environ 4 000 tonnes. Les principaux producteurs sont la Chine et l'Indonésie, qui fournissent 40% du total mondial. Cette HE est également produite à Taïwan, au Guatemala, au Honduras, au Brésil, au Sri Lanka, en Inde, en Argentine, en Équateur, en Jamaïque, à Madagascar, au Mexique, et en Afrique du Sud. Le marché de l'huile de citronnelle naturelle a été érodé par des produits chimiques synthétisés à partir de la térébenthine, tirée des conifères. Cependant, l'huile naturelle et ses dérivés sont préférés par l'industrie de la parfumerie (**FoodNet, 2014**).

I.12. Composition chimique de l'essence de citronnelle

Les composants principaux de la citronnelle sont les citrals et le myrcène. Citral est le nom donné au géranial (α -cital, *trans*-cital ou encor citral A) et au néral (β -cital, *cis*-cital ou encor citral B) de la famille moléculaire des aldéhydes monoterpéniques. Le géranial et le néral sont des stéréo-isomères, ce sont les molécules aromatiques de la citronnelle. Leur formule brute est: $C_{10}H_{16}O$. Le géranial a une très forte odeur de citron tandis que le néral a une odeur plus douce. Le myrcène est classé comme un hydrocarbure et plus précisément comme un monoterpène. Sa formule brute est $C_{10}H_{16}$.

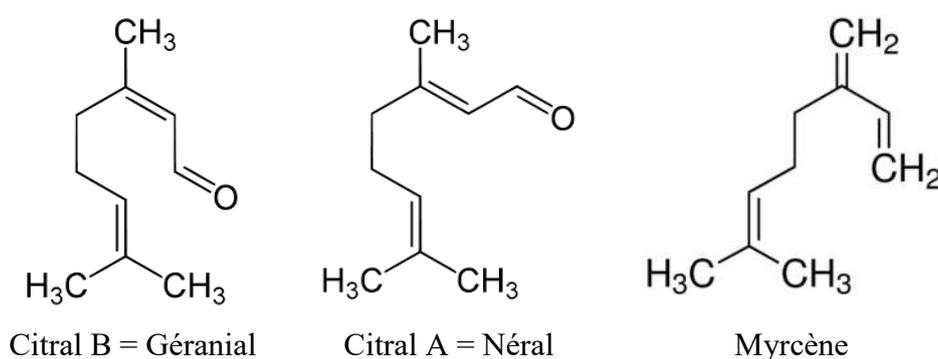


Figure 4. Structure chimique des composés majoritaires détectés dans l'essence aromatique de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) (Macedo et al., 2015).

Les analyses qualitatives et quantitatives réalisées sur l'HE extraite des feuilles et du rhizome ont révélé la présence d'une quarantaine de molécules. Les structures des molécules prépondérantes sont présentées par la Fig. 4. Ces molécules sont classées en quatre groupes : monoterpènes oxygénés (78,2 - 86,4%), sesquiterpènes oxygénés (1,4-1,6%), hydrocarbures monoterpènes (7,9-10,6%) et hydrocarbures sesquiterpènes (3,8-8%). L' α -cital (29,4-60,3%) et β -cital (21,39-39,7%) sont les molécules prépondérantes de l'HE (Kouame et al., 2016 ; Majewska et al., 2019).

I.13. Utilisations en gastronomie

La base des tiges fraîches, ciselée en rondelles, sert pour aromatiser les crudités, salades, marinades, potages, etc. C'est un ingrédient traditionnel de la cuisine du Sud-Est de l'Asie. Les cuisiniers thaïis ou vietnamiens emploient les tiges de la citronnelle pour donner un goût citronné à leurs plats. Au nord du Maroc, elle est utilisée pour aromatiser le thé vert à la menthe. Ses feuilles séchées sont aussi très utilisées dans les cuisines Malaisienne, Indonésienne et Chinoise pour les marinades de poisson ou les viandes (Skaria et al., 2006).

I.14. Propriétés thérapeutiques

Dotée d'une tige aux qualités aromatique, la citronnelle est aussi une plante médicinale, grâce à ses feuilles aux multiples bienfaits. Antispasmodique, antibactérienne, sédative, elle soigne des pathologies diverses, comme les troubles digestifs, les états grippaux et la fièvre, la fatigue mentale, les douleurs articulaires et rhumatismales. La citronnelle contribuerait également à faire baisser le taux de sucre dans le sang. L'huile essentielle est obtenue par distillation à la vapeur d'eau des parties aériennes (tiges et feuilles), elle possède donc les mêmes propriétés que la plante. Cette huile est reconnue comme anti-inflammatoire et antiseptique, elle est utilisée sur la peau pour apaiser les piqûres d'insectes et pour désinfecter les plaies bénignes. Son action première est de repousser les moustiques. En effet, sa forte odeur citronnée fait de cette HE un excellent répulsif pour insectes (**Chiasson et Beloin, 2007 ; Kouame et al., 2016 ; Machraoui et al., 2018 ; Majewska et al., 2019**).

Le composant chimique principal de la citronnelle est le citral qui a des fortes propriétés antimicrobiennes et antifongiques (**Ekpenyong et al., 2014**). La citronnelle inhibe donc la croissance microbienne et bactérienne dans le corps, à la fois interne et externe, en aidant à prévenir et à guérir les infections bactériennes du côlon, de l'estomac, des voies urinaires et du système respiratoire. Elle possède également des vertus antifongiques qui permettent de traiter radicalement certaines mycoses. Elle est notamment présente dans beaucoup de crèmes antimycosiques (**De Billerbeck, 2007 ; Oladeji et al., 2019**).

Des recherches sont menées sur les vertus hypoglycémiantes des feuilles de citronnelle, qui ont une propriété eupeptique. Même s'il n'est pas encore question de traitement, l'utilité de la citronnelle, pour les personnes diabétiques, semble être démontrée (**Sharma et al., 2019**).

Des travaux portent également sur les effets du citral, principal composant de l'huile, pour inhiber la croissance des cellules cancéreuses. Des recherches *in vitro* ont été effectuées dans ce sens, mais leurs résultats n'ont pas été vérifiés sur des espèces animales ou sur l'homme. Des résultats plus prometteurs ont d'ores et déjà été obtenus en matière de prévention de certains cancers, particulièrement du côlon, du tube digestif, du poumon, du foie et de la peau. *In vitro*, l'HE du *C. citratus* (500 mg/kg/jour, 5 semaines, *per os*) induit une baisse significative ($p < 0,01$) des mutations de l'ADN leucocytaire murine provoquées par la N-nitroso-N-méthylurée. Elle empêche l'apparition de lésions pré-néoplasiques, néoplasiques et hyperplasiques des glandes mammaires, du côlon et de la vessie murine (**Bidinotto et al., 2011**). L'HE sert à parfumer les produits d'entretien, les désodorisants, les lessives, les savons liquides, les déodorants et les gels douches (**Akhila, 2009**).

I.15. Toxicités et précautions d'emploi

Certains composés naturels contenus dans l'essence de citronnelle peuvent présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles lorsque l'huile est incorporée dans une composition cosmétique (selon le 7^{ème} Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE)) : géraniol, citronnellol, limonène, eugénol, linalool, citral (géraniol et néral) et farnésol. En effet, l'HE citronnelle de Java est fortement dosée en composants biochimiques allergènes. De ce fait, il est préférable de tester cette huile avant de l'utiliser (deux gouttes au creux du coude pendant au moins 24 heures afin de vérifier qu'il n'y a pas de réaction).

Aussi, la toxicité aigüe a été observée à 2000 et 3000 mg/kg avec des symptômes tels que la torpeur, les saignements du nez et de la paupière chez les rats Wistar. L'examen histologique a révélé une atrophie de la muqueuse de l'estomac et une nécrose des hépatocytes. La dose létale médiane (DL₅₀) est de 3250 et de 3500 mg/kg respectivement chez le rat et la souris male Swiss (**Bidinotto et al., 2011 ; Costa et al., 2011**).

La toxicité du *C. citratus* serait attribuée au citral et au β -myrcène qui seraient embryofœtotoxique respectivement aux doses supérieures à 125 mg/kg et à 1200 mg/kg. Un retard de la croissance, une fréquence plus élevée d'anomalies mineures du squelette ainsi qu'une augmentation de poids de la rate foetale ont été observés chez le fœtus (**Nogueira et al., 1995 ; Santin et al., 2009**). Par contre la β -myrcène est non toxique pour les lymphocytes humains à des doses en deçà de 1 mg/ml (**Kauderer et al., 1991**). Chez l'homme, le limonène est faiblement toxique à une dose unique de 100 mg/kg avec des effets tels que les nausées, vomissements et diarrhées sans dysfonctionnement hépatique, rénale et pancréatique (**Crowell et al., 1994 ; Vigushin et al., 1998**).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Chapitre II : MATERIEL ET METHODES

Eu égard de la situation sanitaire actuelle liée à la pandémie COVID19, prévalant dans le monde et en Algérie, il nous a été impossible de terminer notre stage pratique au niveau du Laboratoire Pharmaco-Toxicologie du Centre de Recherche et de Développement (CRD) Saidal d'Alger afin de mener, *in vivo*, le screening anti-inflammatoire de l'essence aromatique de citronnelle de Java. De ce fait, notre étude s'est focalisée uniquement sur une revue de littérature actualisée concernant la composition chimique et le pouvoir anti-inflammatoire aigue ou topique de l'HE de citronnelle et ce en utilisant plusieurs moteurs de recherche et bases de données, généralistes ou spécialisés, ainsi que d'autres outils de recherches scientifiques à l'instar de Google Scholar, PubMed Central, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Semantic scholar, TEL (Thèses en Ligne) et plusieurs maisons d'éditions scientifiques. Par ailleurs, uniquement les propriétés antimicrobiennes de l'huile qui ont été évaluée *in vitro* en utilisant différentes méthodes microbiologiques complémentaires (aromatogramme, microatmosphère et dilutions en milieu gélosé). Ce screening a été effectué au niveau du Laboratoire de Bactériologie de SAIDAL (Unité Dar El-Beida, Alger) durant le mois de Mars 2020.

II.1. Matériel

II.1.1. Huile essentielle de citronnelle

L'huile essentielle de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) a été fournie par la société « Extral-Bio » de production des Huiles Essentielles, située à Blida. L'HE a été extraite à partir de la partie aérienne fraîche de la plante (tiges et feuilles) récoltée d'un champ de culture de ladite société. Le procédé d'extraction utilisé est l'entraînement à la vapeur d'eau conduit à échelle industrielle (alambic de 2 m³) sous pression. Cette essence a été conservée dans des flacons stériles teintés à 4 °C et à l'abri de l'air et de la lumière, pendant toute la durée de notre travail, pour éviter d'éventuels phénomènes d'oxydation chimique ou de contamination.

II.1.2. Souches microbiennes

L'activité antimicrobienne a été évaluée *in vitro* sur des souches de référence (Tab. 1) utilisées dans une démarche de Contrôle de Qualité. Ces bactéries et champignons sont impliqués dans différentes infections humaines ou nosocomiales (*P. aeruginosa* et *S. aureus*), ou encore dans les toxi-infections alimentaires collectives (*S. enterica* et *E. coli*).

Tableau 1. Souches microbiennes de référence utilisées pour le screening antimicrobien.

Souches	Référence
Bactéries à Gram négatif	
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Abony	ACTC 6017
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027
Bactéries à Gram positif	
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i> Nakamura	ATCC 6633
Levure	
<i>Candida albicans</i>	ATCC 10231
Moisissure	
<i>Aspergillus niger</i>	ATCC 16404

ATCC: American Type Culture Collection.

II.1.3. Milieux de cultures et agents chimiques

Suivant les méthodes employées et les souches étudiées, nous avons utilisé des milieux de culture solides, en l'occurrence la gélose Tryptone Soja Agar (TSA) pour les bactéries et la gélose Sabouraud-Chloramphénicol (SAB) pour les champignons, ainsi que le Tween 80 comme émulsifiant. Tous ces milieux de culture ont été préparés au niveau du laboratoire Microbiologie de Sidal (Alger). Et afin de mener une étude comparative du pouvoir antimicrobien de l'HE, nous avons utilisé un disque d'antibiotique à large spectre (Gentamycine, 10 µg) comme contrôle positif.

II.2. Méthodes

II.2.1. Analyse chromatographique de l'huile essentielle

La composition chimique de l'essence aromatique de citronnelle pourra être déterminée par Chromatographe En Phase Gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM). La fragmentation sera alors effectuée par impact électronique sous un champ de 70eV. La colonne utilisée sera de préférence capillaire. La température de la colonne sera alors en mode programmation, par exemple de 45 à 240 °C avec une augmentation à raison de 2 °C.min⁻¹. Le gaz vecteur sera l'hélium. Le mode d'injection pourra être split. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse (Wiley7, NIST 2002) pour

l'identification des constituants qui est basée sur la comparaison de leurs spectres de masse respectifs avec les spectres de la bibliothèque informatisée.

II.2.2. Evaluation du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle *in vitro*

La recherche du pouvoir antimicrobien consiste à estimer l'inhibition de la croissance des germes soumis à l'HE de citronnelle. Pour cela, deux méthodes qualitatives (aromatogramme et microatmosphère) ont été explorées *in vitro*. Une seule méthode quantitative (dilution en milieu gélosé ou macrodilution) a été abordée sur les souches bactériennes afin de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI).

II.2.2.1. Méthode des aromatogrammes

Cette méthode utilisée par certains auteurs (Tyagi et al., 2014) est la technique que nous avons utilisée pour évaluer, dans un premier temps, l'activité antimicrobienne de l'HE. Elle est basée sur une technique utilisée en bactériologie, l'antibiogramme (Fig. 5). L'inoculum est préparé à partir d'une souche de 18 heures. Des colonies microbiennes à étudier ont été prélevées avec une pipette Pasteur et introduites dans un tube contenant 10 mL d'eau physiologique pour en formant une suspension homogène. Cette suspension préparée va servir à l'ensemencement qui a été fait par écouvillonnage. L'ensemencement de la boîte TSA a été fait par des stries serrées, en frottant l'écouvillon sur la totalité de la surface de la gélose et en pivotant la boîte 3 fois de 60° sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même et finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose afin d'assurer une bonne distribution de l'inoculum. Nous avons testé l'activité antimicrobienne de l'HE en imprégnant les disques de papier filtre par 3 doses croissantes à savoir 20, 40 et 60 µL d'HE par disque, séparément. Ceci a été fait dans le but d'apprécier l'action "dose-dépendante" de l'essence sur la croissance des germes microbiens.

A la sortie de l'étuve (37 °C pendant 24h pour les bactéries et 25 °C pendant 3 ou 5 jours pour les levures et les moisissures, respectivement), l'absence de la croissance microbienne se traduit par un halo translucide autour du disque et dont le Diamètre de la Zone d'Inhibition (DZI) est mesuré en millimètre (y compris le diamètre du disque de 9 mm).

Aussi et pour chaque souche microbienne, un contrôle positif a été réalisé en appliquant, dans les mêmes conditions citées précédemment, des disques d'antibiotique (Gentamycine, 10 µg) qui va servir de référence.

II.2.2.2. Microatmosphère : méthode en phase vapeur

Nous avons utilisés cette méthode dans le but d'apprécier les propriétés inhibitrices de la phase volatile de l'HE. Cette méthode est rarement citée car les auteurs qui se sont penchés spécifiquement sur l'activité de la phase gazeuse sont encore peu nombreux (Tyagi et Malik, 2014). La différence entre cette technique et les aromagrammes réside principalement dans la position du disque imprégné (Fig. 6). Cette méthode permet de mettre en évidence la diffusion des composants volatils des HE à l'intérieur d'une boîte Pétri. Nous avons appliqué deux doses croissantes en HE. En premier lieu, 20 μ L d'HE est déposée sur un disque de papier filtre stérile de 20 mm de diamètre. Aussi, un disque de 40 mm a été imprégné par 60 μ L d'HE. Le diamètre du disque diffère selon la quantité d'HE à imprégner afin d'obtenir un bon étalement et, par conséquent, une meilleure évaporation de l'HE. Le disque imprégné est déposé au centre du couvercle de la boîte Pétri, renversée pendant la durée de l'expérience. Celui-ci n'est donc plus en contact avec le milieu gélosé. La préparation de l'inoculum, l'ensemencement, l'incubation et la lecture des résultats ont été menés de la même manière qu'en aromatogramme. La boîte est fermée avec le couvercle en bas et mise à l'étuve à 37 °C pendant 24h pour les bactéries et à 25 °C pendant 72h pour les champignons. Il se produit une évaporation de l'huile qui, en contact avec les micro-organismes ensemencés sur la gélose, va inhiber leur croissance. A la sortie de l'étuve, l'absence de la croissance microbienne se traduit par une zone translucide sur la gélose de contour plus ou moins nette, à tendance circulaire.

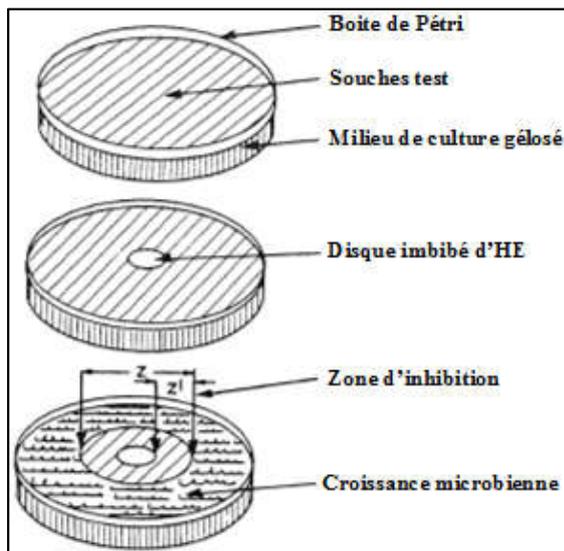


Figure 5. Illustration de la méthode de l'aromatogramme (Zaika, 1988).

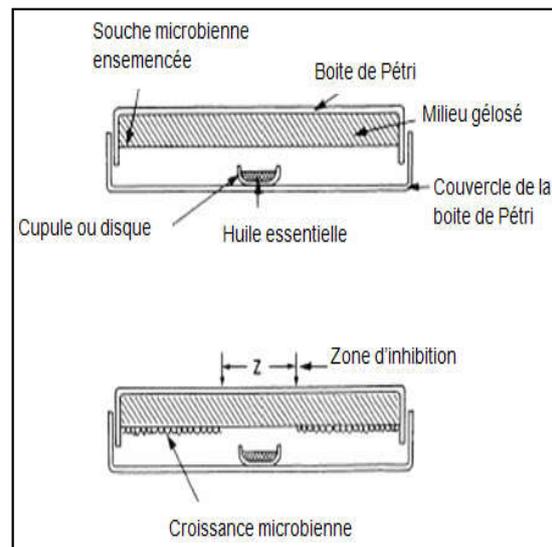


Figure 6. Illustration de la méthode de Microatmosphère (Zaika, 1988).

II.2.2.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par macro-dilution

Les concentrations minimales inhibitrices (CMI) sont définies comme la plus basse concentration d'un agent antimicrobien qui peut inhiber visiblement la croissance d'un microorganisme après 24 h d'incubation pour les bactéries. Cette CMI a été déterminée selon la méthode de dilution dans un milieu gélosé TSA (Tyagi et al., 2014). La dilution en gélose implique l'incorporation de l'HE dans un milieu gélosé à des concentrations variables, en général une dilution en série de 2 en 2, suivie de l'ensemencement d'un inoculum bactérien défini à la surface de la gélose de la boîte (Figure 7). Une série de dilution de l'HE est préparée avec un intervalle de concentrations qui varie de 1% à 0,0035%. L'ensemencement de chaque milieu sera fait par touche à l'aide d'un écouvillon stérile. Les boîtes Pétri seront incubées à 37 °C pendant 24h. La lecture des résultats se fait visuellement en observant s'il y a l'apparition d'une éventuelle colonie microbienne, en comparaison avec une boîte témoin (exempte d'HE). La CMI se définit comme étant la plus petite concentration du produit pour laquelle aucune croissance n'est visible à l'œil nu. Le résultat sera exprimé en % (v/v).

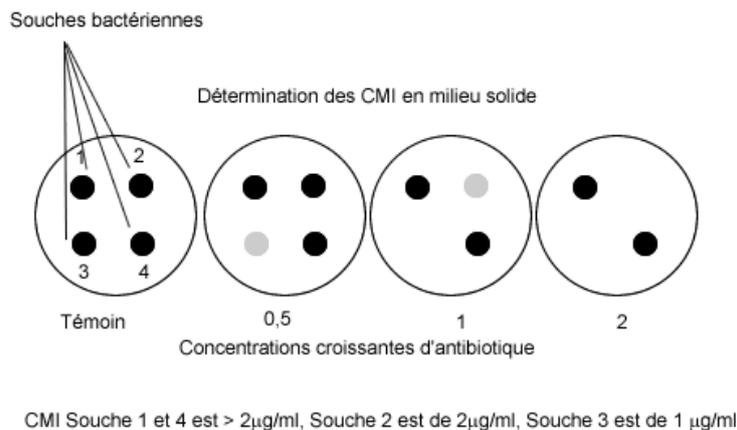


Figure 7. Détermination des CMI par technique de dilution en milieu gélosé solide.

II.2.3. Activité anti-inflammatoire topique

L'activité anti-inflammatoire topique de l'HE pourra être évaluée *in vivo* sur des souris ou des rats. L'œdème sera induit au niveau de l'oreille droite de chaque animal, par application d'une solution irritante de xylène à 10% ou d'huile à croton (5%) comme agent phlogogène (irritant). L'oreille gauche servait de témoin. La méthodologie suivie sera celle décrite par Al-Reza et al. (2010). Pour cela, plusieurs lots seront constitués contenant chacun plus de 5 animaux chacun. Les différents traitements doivent être administrés aux animaux par voie topique (application cutanée au niveau de l'oreille droite). Après 30 mn d'application des traitements, l'induction de l'inflammation sera effectuée par application cutanée d'une solution irritante d'xylène ou d'huile de croton sur l'oreille droite de toutes les souris déjà

traitées. Après l'écoulement d'un temps estimé entre 4 à 6 heures, les animaux doivent être sacrifiées par dislocation cervicale, et des pièces circulaires, de 5 mm de diamètre, seront coupées et retirées des oreilles traitées (droite) et non traitées (gauche). L'activité anti-inflammatoire sera alors exprimée par le pourcentage de réduction de l'œdème chez les animaux traités par rapport au contrôle négatif, selon la formule suivante :

$$\% \text{ Réduction de l'œdème} = \left[\frac{(\Delta T -) - \Delta E}{(\Delta T -)} \right] \times 100$$

$\Delta T -$: Différence entre les moyennes du poids de l'oreille (D-G) pour le lot Contrôle - ; ΔE : Différence entre les moyennes du poids de l'oreille (D-G) pour le lot essai.

II.2.4. Etude statistique

Les résultats de l'activité anti-inflammatoire doivent être exprimés en moyenne du poids de l'oreille droite (POD) \pm Ecart-Moyen. La signification statistique pourra être déterminée au moyen du test d'analyse de variance (ANOVA) suivi par le test post-hoc de Fisher LSD pour comparaison par paires. Une valeur $p < 0,05$ sera considérée comme différence significative.

II.2.5. Préparations galéniques dermo-cosmétiques : Crème dermique hydrophile

L'objectif assigné à cette étude sera la mise au point d'une formule galénique topique adaptée à l'extrait aromatique de citronnelle. La forme pharmaceutique choisie est celle d'une émulsion hydrophile largement utilisée pour le traitement local des pathologies cutanées. Notre formule d'émulsion sera donc de type Lipophile/Hydrophile (L/H). Ce choix a été orienté par la meilleure disponibilité des principes actifs qu'offre cette forme (**Martini, 2011**). Le protocole de fabrication est celui d'une émulsion classique selon ce mode opératoire:

- Préparation de la phase huileuse : déposer dans un bécher la quantité appropriée d'huile de vaseline (ou des huiles végétales), de la cire (cire d'abeille) et différents émulsifiants (alcools cétylique et cétéarylique) et/ou épaississants (acide stéarique).
- Préparation de la phase aqueuse : mélanger l'eau traitée aromatisée, un hydratant de la peau (glycérine) et une base neutralisante (triéthanolamine) pour régler le pH.
- Mise des deux béchers au bain-marie à 70-80°C jusqu'à fusion complète des composés. Ces derniers sont mélangés sous une agitation mécanique rapide. La phase aqueuse sera versée dans la phase grasse par petites fractions en mélangeant entre chaque adjonction jusqu'au refroidissement.
- Après refroidissement et à température ambiante, l'addition de l'essence de citronnelle à une concentration variant entre 0,1 à 0.5% (v/w) sous une homogénéisation continue.

Chapitre III

RESULTATS

Chapitre III : RESULTATS

III.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle *in vitro*

L'étude des propriétés antimicrobiennes de l'essence de *Cymbopogon citratus*, effectuée par 3 méthodes différentes (aromatogramme, microatmosphère et détermination de la CMI par dilution en milieu gélosé), a été réalisée sur des souches microbiennes de référence. Au total, 3 bactéries à Gram- et 2 à Gram+ ainsi qu'une levure et une moisissure ont été utilisées dans cette étude. A noter que le diamètre du disque (9 mm) a été inclus dans le calcul de la DZI.

III.1.1. Technique de l'aromatogramme

Les résultats de cette étude antimicrobienne sont rapportés dans le Tab. 2. Eu égard des résultats obtenus *in vitro*, il apparaît que toutes les souches bactériennes sont sensibles à l'action inhibitrice de la phase liquide de l'essence sauf *Pseudomonas aeruginosa*.

Tableau 2. Activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle *in vitro* en utilisant deux méthodes complémentaires (aromatogramme et microatmosphère).

Souches ATCC	Aromatogramme			Microatmosphère		Contrôle +
	Quantité HE (µL/disque)					
	20	40	60	20	60	GEN 10 µg
Bactéries à Gram négatif						
<i>Escherichia coli</i>	39	49	79	43	62	24
<i>Salmonella enterica</i>	12	14	16	46	68	22
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	11	-	-	28
Bactéries à Gram positif						
<i>Staphylococcus aureus</i>	33	57	>80	65	>80	25
<i>Bacillus subtilis</i>	35	66	>80	72	>80	>80
Levure						
<i>Candida albicans</i>	39	49	>80	>80	>80	nd
Moisissure						
<i>Aspergillus niger</i>	40	>80	>80	69	>80	nd

ATCC : American Type Culture Collection ; HE : Huile essentielle ; GEN : Gentamycine ; nd : non déterminé ; (-) aucune zone d'inhibition.

A la plus faible quantité (20 µL) d'HE, c'est principalement les bactéries à Gram+ qui étaient les plus sensibles avec un DZI de 35 mm pour *Bacillus subtilis*, suivie par *Staphylococcus aureus* (33 mm). Pour les bactéries à Gram -, c'est uniquement *Escherichia coli* qui était la plus sensible avec un DZI de l'ordre de 39 mm. Par ailleurs, une action « dose-dépendante » a été enregistrée pour toutes les espèces bactériennes étudiées lors de ce screening.

Concernant les souches fongiques, elles ont été aussi inhibées par l'HE, particulièrement à forte concentration pour *Candida albicans* et *Aspergillus niger*. Une inhibition totale a été obtenue pour ces deux souches à forte dose.

III.1.2. Technique de microatmosphère

Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne de la phase vapeur de l'HE de citronnelle, nous avons utilisé la technique de microatmosphère avec deux quantités en HE (20 et 60 µL). Les résultats de cette étude sont rapportés dans le Tab. 2 et Fig. 8.

Il a été constaté que, avec certains germes, la phase volatile de l'HE de citronnelle est plus active que la phase liquide. Ceci a été vérifié particulièrement à faible volume où nous avons noté une inhibition totale pour *Candida albicans* (DZI > 80 mm). Toujours dans le même sillage que précédemment, c'est les bactéries à Gram + qui sont les plus sensibles à l'action inhibitrice de la phase vapeur de l'HE avec des DZI de 65 et 72 mm pour *S. aureus* et *B. subtilis*, respectivement. A forte quantité (60 µL) en HE, une inhibition totale (> 80 mm) a été rapportée pour ces dernières. En revanche et comme déjà rapporté avec la méthode d'aromatogramme, c'est toujours *Pseudomonas aeruginosa* qui demeure le germe le moins sensible avec, cette fois-ci, une résistance totale à la vapeur d'essence.

Pour les souches fongiques, l'HE de citronnelle a montré une efficacité dans l'inhibition de la croissance mycélienne de la souche *Aspergillus niger* avec une valeur de DZI égale à 69 mm à 20 µL, et une inhibition totale à forte dose.

Par ailleurs, et à la lecture comparative des résultats des deux méthodes, il apparaît que, d'une manière générale, certaines souches bactériennes sont plus sensibles à l'action inhibitrice de la phase vapeur que la phase liquide. C'est le cas notamment de *Salmonella enterica*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans* où les DZI obtenus, en microatmosphère, sont deux fois plus supérieurs que ceux en aromatoigramme.

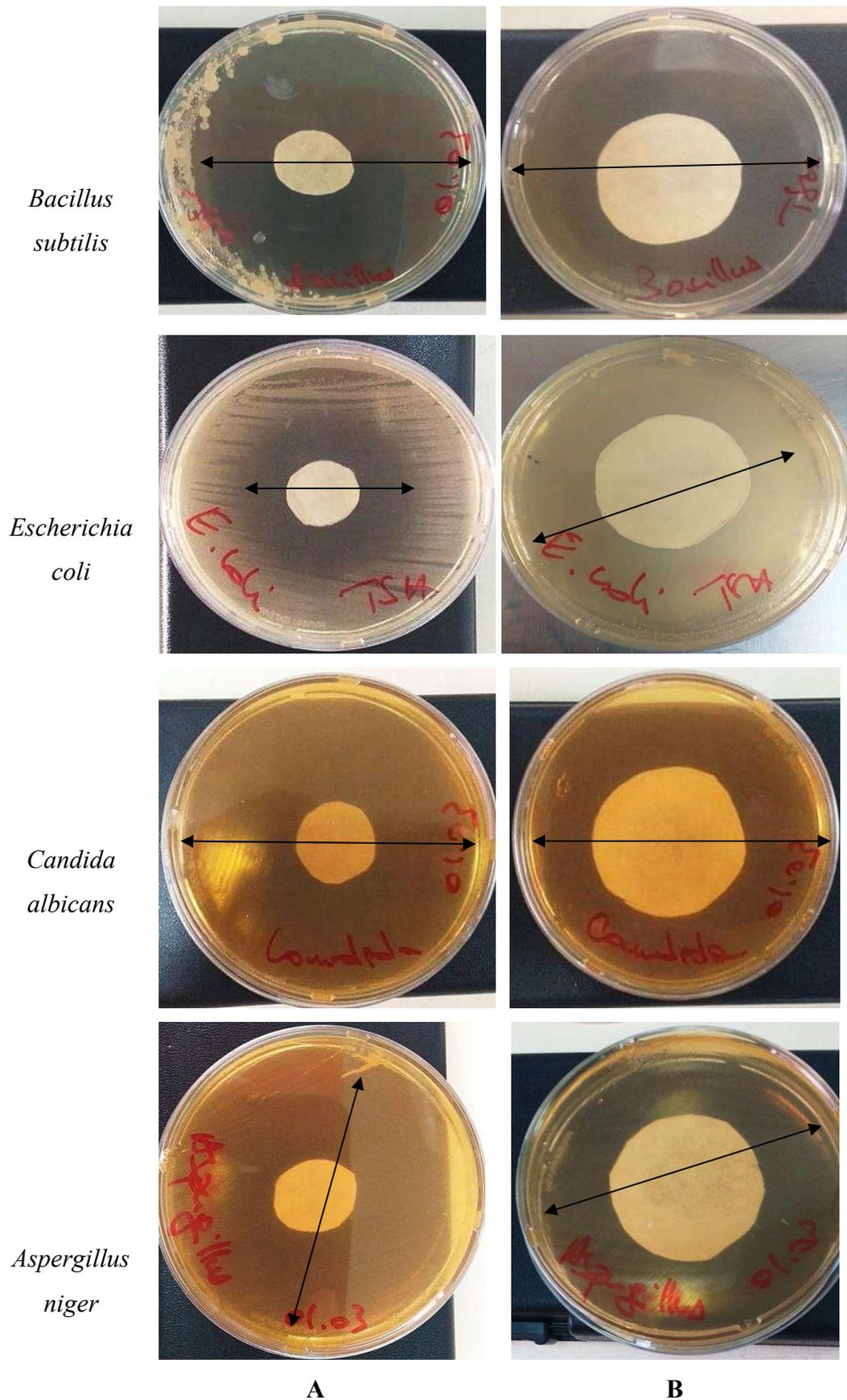


Figure 8. Zone d'inhibition (microatmosphère) induite par la phase vapeur de l'essence de citronnelle sur quelques souches microbiennes avec A) 20 μ L et B) 60 μ L d'HE.

III.1.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices

La détermination des CMI a été accomplie uniquement pour les souches bactériennes en utilisant la technique de dilution en milieu gélosé. Du fait de la non miscibilité de l'essence aromatique de citronnelle dans les milieux de culture gélosés, l'incorporation d'un dispersant (Tween 80) était nécessaire pour une bonne diffusion de l'HE à travers la gélose TSA. Par ailleurs, la gamme de dilutions en HE utilisée, lors de cette étude, varie de 1% à 0.0035%. Les résultats de cette analyse sont rapportés dans le Tab. 3 et Fig. 9.

Tableau 3. Résultats des concentrations minimales inhibitrices de l'essence de citronnelle.

Concentration en HE % (v/v)	Souches bactériennes ATCC			
	<i>S. enterica</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>S. aureus</i>
1	-	-	-	-
0.5	-	-	-	-
0.25	-	-	-	-
0.125	-	-	-	-
0.061	+	-	-	-
0.03	+	-	-	-
0.015	+	+	+	-
0.007	+	+	+	+
0.0035	+	+	-	+
CMI	0.125 %	0.03 %	0.03 %	0.015 %

(-) Culture Négative ; (+) Culture Positive ; ATCC : American Type Culture Collection.



Figure 9. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par macro-dilution sur milieu gélosé (Originale, 2020).

Notre étude a confirmé que les bactéries à Gram + sont les plus sensibles. *S. aureus* a présenté la plus faible valeur de CMI (0.015%), suivie *B. subtilis* et *E. coli* (0.03%) alors que la plus forte valeur (0.125%) a été notée pour *Salmonella*. Ces données ont montré la validité des résultats obtenus précédemment avec les deux techniques utilisés.

Chapitre IV

DISCUSSION

Chapitre IV : DISCUSSION

IV.1. Composition chimique de l'essence de citronnelle

Du lieu où poussent les citronnelles dépendra la composition biochimique de leurs essences et déterminera donc le chémotype, la spécificité de l'huile et les propriétés thérapeutiques. Tous ces paramètres étant influencés par les conditions édaphiques et climatiques ainsi que les pratiques culturales. Des variations dans la composition chimique de l'HE de citronnelle peuvent parfois être dues à des différences climatiques, géographiques ou saisonnières (Tab. 4). Finalement, ces variations peuvent être également attribuées aux méthodes d'extraction des HE et, dans le cas des essences commerciales, au degré de mélange et de falsification (Majewska et al., 2019 ; Boukhatem et al., 2020 ; Malti et al., 2020).

Tableau 4. Etudes comparatives des constituants chimiques majoritaires détectés dans l'huile essentielle de citronnelle provenant de différentes régions.

Pays	Composés majoritaires (%)			Références
	Géranial	Néral	Myrcène	
Cote d'Ivoire	45.3	32.5	13.1	Sidibé et al. (2001)
Nigéria	33.7	26.5	25.3	Kasali et al. (2001)
Brésil	39.9	30.1	1.59	Andrade et al. (2009)
Burkina Faso	48.1	34.6	11	Bassolé et al. (2011)
Cameroun	37.7	21.2	2.5	Nguefack et al. (2012)
Malaisie	37.5-45.9	29.4-31.1	3.1-7.6	Tajidin et al. (2012)
Algérie	42.16	31.52	7.45	Boukhatem et al. (2014)
Bénin	39.5	35.5	nd	Kpoviessi et al. (2014)
Egypte	20.9	16.2	0.8	Mansour et al. (2015)
Arabie Saoudite	37.8	33.6	8.4	Mansour et al. (2015)
Iran	39.16	10.95	3.57	Amini et al. (2016)
Sri Lanka	35.9	26.5	nd	Premathilake et al. (2018)
Brésil	31.8	24.6	25.3	Farias et al. (2019)
Algérie	44.5-59.9	0.5-29.9	4.8-10.5	Boukhatem et al. (2020)

Une revue de littérature fait apparaître que les deux aldéhydes, Néral et Géraniol, sont des composés caractéristiques d'HE de citronnelle quelle que soit son origine géographique. Ces deux composés ont été signalés en quantité importante dans l'HE de l'espèce *C. citratus* cultivée dans différentes régions (Tab. 4).

IV.2. Activité antimicrobienne de l'essence de citronnelle *in vitro*

IV.2.1. Technique d'aromatogramme

Lors du screening antimicrobien, nous avons constaté qu'en utilisant un volume d'HE le plus élevé (60 µL), les souches Gram + ont été fortement inhibées par l'HE avec un DZI égal à 80 mm. **Tyagi and Malik (2011)** ont confirmé que les bactéries à Gram + sont plus sensibles à l'HE de citronnelle que les bactéries à Gram-. Ceci est dû au fait que certains antibiotiques sont incapables de traverser la membrane externe des bactéries à Gram - qu'elles stockent dans leur espace périplasmique un arsenal d'enzymes de dégradation de molécules complexes. Cependant, du fait que les mécanismes d'action des HE et leur sélectivité envers certaines bactéries restent jusqu'à présent mal élucidés, d'autres auteurs ont mentionné qu'il n'existe aucun lien apparent entre l'action bactéricide des HE et la nature de la paroi bactérienne (**Zaika, 1988 ; Dorman and Deans, 2000**).

L'HE du *C. citratus* s'est montrée efficace contre *Escherichia coli* (89,9%), *Klebsiella pneumoniae* (85,7%), *Morganella morganii* et *Enterobacter aerogenes* (50%) (**Pereira et al., 2004**). L'huile (5 µl/disque) exerce une activité bactériostatique sur des enterobactéries, *Bacillus subtilis* (13 mm) et *S. aureus* (15 mm) (**Cimanga et al., 2002 ; Mayaud et al., 2008**).

Par ailleurs, aucune zone d'inhibition n'a été constatée pour *Pseudomonas aeruginosa*. Ce constat n'est point surprenant puisque cette souche possède une résistance intrinsèque associée à la nature de sa membrane externe (**Cox and Markham, 2007**).

Concernant les souches fongiques, elles ont été aussi inhibées par l'HE, particulièrement à forte concentration pour *Candida albicans* et *Aspergillus niger*. En analysant l'action antifongique des HE sur *Candida albicans*, d'autres auteurs (**Chalchat et al., 1997; Hammer et al., 1999**) ont confirmé que l'huile de citronnelle est douée d'une activité fongicide. En outre, des résultats similaires à nos nôtres ont été enregistrés par **Boukhatem et al. (2014)** qui ont révélé l'efficacité inhibitrice de l'HE de citronnelle sur des champignons uni- (*Candida* et *Saccharomyces*) ou filamenteux (*Aspergillus* et *Penicillium*).

Le mécanisme d'action des composés terpéniques des HE sur les champignons est fondé principalement sur l'inhibition des enzymes fongiques contenant le groupement SH dans leur

site actif. Plusieurs auteurs, notamment **De Billerberck et al. (2001)** ont constaté que les HE peuvent causer des changements morphologiques comprenant l'insuffisance de sporulation, la perte de pigmentation, le développement anormal des conidiophores et la déformation des hyphes. Sur le plan phytochimique, l'activité antifongique de l'HE de citronnelle pourrait être due à la présence de plusieurs éléments connus pour leur activité biologique. Ces principaux composants sont Géraniol, Néral et Géraniol, qui ont déjà prouvé leur fort pouvoir dans l'inhibition de la croissance des champignons (**Onawunmi et al., 1984 ; Adukwu et al., 2016**).

Une étude similaire à la nôtre (**Koba et al., 2003**), publiée dans le « Journal de Mycologie Médicale » a été menée sur les HE de plusieurs variétés de *Cymbopogon*, y compris *C. citratus*, et ce afin d'asseoir le bien-fondé de leurs propriétés mycocides. Les auteurs dudit travail, et au vu des résultats obtenus, recommandent l'essence de *C. citratus* et celle de *C. nardus* dans des formulations galéniques (crèmes, lotions) contre les mycoses superficielles.

IV.2.2. Technique de microatmosphère

Nos résultats sont en accord avec une étude japonaise (**Abe et al., 2004**), publiée dans le « Journal Japonais de Mycologie Médicale », qui a confirmé l'efficacité de l'essence de citronnelle sur *Candida albicans*. Ils ont démontré aussi que le mode d'action de la vapeur réside dans la déformation morphologique et la rupture de la membrane cellulaire de la cellule. Par conséquent, ces altérations réduisent l'aptitude d'adhérence des cellules fongiques et donc la réduction de leur virulence.

Dans le même sillage que les résultats rapportés en aromatoigramme, c'est toujours *Pseudomonas aeruginosa* qui demeure le germe le moins sensible avec, cette fois-ci, une résistance totale à la vapeur d'essence. En effet, ce germe a la réputation d'être très résistant à toutes sortes d'agents antimicrobiens et antibiotiques en général. Cela est probablement dû à la capacité qu'à la bactérie à former un biofilm. Il est établi que le traitement de telles bactéries nécessite des concentrations considérables d'agents antimicrobiens (**Fleurette et al., 1995**).

Par ailleurs, certaines souches bactériennes sont plus sensibles à l'action inhibitrice de la phase vapeur que la phase liquide. Ceci peut être expliqué par le fait que, en contact direct, les HE diffusent mal en gélose du fait de leur non miscibilité, donc un contact réduit entre le germe et l'HE. Par contre et en microatmosphère, l'HE est très volatile et, par conséquent, il y aura une bonne diffusion sur une géloseensemencée préalablement (**Pibiri, 2005 ; Tyagi et al., 2014**).

IV.2.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices

Les résultats des CMI que nous avons obtenus semblent d'être en désaccord avec ceux rapportés par **Hammer et al. (1999)**. Ces derniers ont rapporté que, parmi les 52 HE, celle de citronnelle est la plus active sur *P. aeruginosa*. Cette dernière a été la plus résistante au l'HE de citronnelle à notre étude. Par conséquent, il est difficile, de faire des comparaisons entre les valeurs des CMI de différentes publications. D'un côté, la composition chimique de l'huile varie considérablement, en quantité et en qualité, entre les différents travaux et, de l'autre, les méthodes utilisées pour tester cette activité *in vitro* et le choix des microorganismes étudiés diffèrent d'une étude à une autre, ainsi que les notions de CMI ne sont pas définies de façon précise et universelle ; les auteurs ont exprimé les résultats avec différentes unités. Ces concentrations peuvent être exprimées en µg/mL (**Oussou et al., 2008**), en µL/mL (**De Billerbeck et al., 2001**) ou en % (v/v) (**Hammer et al., 1999**), ce qui rend la comparaison des résultats entre eux difficile.

IV.3. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle *in vivo*

On recherche depuis de nombreuses années, dans l'industrie pharmaceutique, des substances permettant de traiter les pathologies inflammatoires. Il demeure intéressant de disposer de nouveaux produits à visée thérapeutique, notamment pour des affections modérées topiques. De nombreux végétaux sont connus pour leur activité anti-inflammatoire, c'est le cas en particulier des espèces du genre *Cymbopogon*. Bien que les vertus thérapeutiques de l'essence de la citronnelle soient connues, très peu sont les études qui mettent en exergue cette activité sur modèle animal (Tab. 5).

Tableau 5. Principaux travaux réalisés pour valoriser la fragrance de l'HE de citronnelle en aromathérapie anti-inflammatoire.

Auteurs / Pays	Matériel végétal	Objectifs	Principaux résultats obtenus
Gbenou et al. (2012) Benin	HE de <i>C. citratus</i> + HE de <i>Eucalyptus citriodora</i>	Evaluer l'activité anti-inflammatoire et analgésique des HE de citronnelle et d'Eucalyptus.	L'effet anti-inflammatoire sur l'œdème des pattes induit par injection du formol. <ul style="list-style-type: none">▪ Les traitements à l'HE ont réduit l'œdème au fil du temps de manière dose dépendante.▪ Réduction de l'œdème lorsque les rats ont été traités avec les deux huiles.▪ Un effet préventif à 3000 mg/kg du poids

			d'animal pour l'huile de citronnelle, tandis que l'HE d' <i>Eucalyptus citriodora</i> est douée d'un effet curatif à 1800 mg/kg.
Fernandes et al. (2012) Brésil	HE de citronnelle.	Evaluation de l'effet gastro-protecteur de l'essence de <i>Cymbopogon Citratus</i> .	<p>Induction des lésions gastriques par l'éthanol absolu et l'aspirine :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0,2 mL/animal d'éthanol absolu, administré par voie orale, et l'aspirine (500 mg/kg) ont induit de graves lésions de la muqueuse gastrique. ▪ L'HE aux doses testées de 200 et 400 mg/kg, a présenté un effet protecteur par rapport au groupe véhicule. ▪ Etendue des inhibitions pour les doses respectives utilisées était 88% et 85%. Contre l'ulcération à l'aspirine, la protection était significative aux deux doses d'HE utilisées avec 76% et 67% de diminution des scores des lésions gastriques.
Boukhatem et al. (2014) Algérie	Huile essentielle de citronnelle (<i>Cymbopogon citratus</i>).	Evaluation des propriétés anti-inflammatoire topique et orale de citronnelle <i>in vivo</i> .	<p>Œdème des pattes induit par la carraghénine chez la souris :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Après 90 min après l'administration orale de l'HE, le degré de l'inhibition de l'œdème était similaire pour 10 et 100 mg/kg (82,7% et 86,2%, respectivement). Ce niveau d'inhibition de l'œdème était comparable à celui observé avec 50 mg/kg d'un médicament de référence, le diclofénac (86,2%). ▪ Après 240 min, l'HE a présenté une inhibition plus forte d'œdème, avec 96,8% et 95,2% d'inhibition à 10 et 40 mg/kg, administrée par voie orale, respectivement, contre 88,9% obtenus avec le diclofénac. ▪ L'administration orale de l'HE a montré une activité anti-inflammatoire dose-dépendante. <p>Œdème auriculaire induit par l'huile de Croton :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'HE a réduit l'œdème de 62,5% pour 5 µL par

			oreille et de 75% pour 10 µL. Le diclofénac sodique (5 mg par oreille) a produit 56,2% d'inhibition de l'inflammation locale.
Rungqu et al. (2015) Afrique du Sud	HE de <i>Cymbopogon validus</i>	Evaluation de l'activité anti-inflammatoire d'HE de <i>Cymbopogon validus</i>	Œdème des pattes induits par l'albumine d'œuf ➤ les effets anti-inflammatoires des huiles de <i>C. validus</i> sur l'inflammation de l'œdème de la patte sont mesurés à 30, 60, 90 et 120 min après l'injection de l'albumine. ➤ L'HE de <i>C. validus</i> a montré un effet anti-inflammatoire significatif ($p < 0,05$) dès les 30 premières min après l'injection d'albumine par rapport à l'aspirine qui a eu un effet plus tardif.
Garcia et al. (2015) Portugal	HE de citronnelle (<i>Cymbopogon citratus</i>).	Utilisation des polyphénols des feuilles de citronnelle comme agent anti-inflammatoire topique.	Œdème des pattes induit par la carraghénine ▪ Réduction statistiquement significative de l'œdème pour différents extraits alcooliques de citronnelle ainsi que pour le diclofénac. ▪ Il y a eu une réduction du volume de l'œdème induit par la carraghénine de 43% à 59% pour les extraits végétaux, et de 65% pour le contrôle +. ▪ Les résultats de ces tests confirment l'activité anti-inflammatoire des différentes formulations topiques riches en flavonoïdes et tanins.
Golestaneh Talaei et al. (2019) Iran	HE de <i>Cymbopogon schoenanthus</i>	Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de <i>Cymbopogon schoenanthus</i> chez des modèles animaux	Œdème induit par la carraghénine dans les pattes postérieures des rats : ▪ L'HE (50, 100 et 200 mg/kg) et l'acide méfénamique (30 mg/kg) ont inhibé l'œdème aux premières heures avec des taux de 62,16%, 56,7%, 48,6% et 59,45%, respectivement. ▪ À la 4 ^{ème} heure d'expérience, l'inhibition de l'œdème a atteint 40,7%, 25,9%, 40,75% et 22,22%, respectivement. ▪ L'administration de l'HE de <i>C. schoenanthus</i> a réduit de manière significative l'œdème des pattes. ▪ L'HE de <i>C. schoenanthus</i> possède des constituants biologiquement actifs qui ont une activité significative contre l'inflammation aiguë.

Les études ethno-pharmacologiques de la citronnelle ont expliqué son utilisation comme médicaments anti-inflammatoires à base de plantes dans les pays africains et asiatiques. *In vitro*, il a été démontré que l'infusion de feuilles séchées de *C. citratus* possède une activité anti-inflammatoire sur des modèles cellulaires de macrophages murines et humains. Cette propriété est due aux composés poly-phénoliques tels que flavonoïdes, tanins, acides phénoliques et chlorogénique (**Figueirinha et al., 2010 ; Francisco et al., 2011 ; Francisco et al., 2013**). Les fractions poly-phénoliques inhibent l'oxyde nitrique synthétase (iNOS) sans affecter la viabilité cellulaire. L'activité anti-inflammatoire optimum a été observée avec les flavonoïdes mono et polymériques (**Figueirinha et al., 2010**). L'extrait hydro-éthanolique de *C. citratus* provoque également une réduction de la libération des médiateurs pro inflammatoires à savoir le Tumor Necrosis Factor alpha (TNF- α), l'oxyde nitrique (NO) et des interleukines (IL-1 β , IL-6, IL-10) de manière significative par inhibition de l'activité du complexe protéasome (**Tiwari et al., 2010 ; Bachiega and Sforcin, 2011**).

L'HE de cette plante atténue l'inflammation de l'iléon de souris et l'œdème de l'aponévrose de la patte du rat Wistar (**Gbenou et al., 2013**). Le mécanisme d'action serait la diminution de la migration des lymphocytes par l'inhibition de la $\beta 7$ -expression. Ce qui justifie l'utilisation de cette plante dans les coliques et troubles gastro-intestinaux chez les humains et les animaux (**Watanabe et al., 2010**).

Le citral serait responsable de cette activité de l'HE (**Lee et al., 2008 ; Francisco et al., 2011**). Il a énormément inhibé les médiateurs inflammatoires et sert d'additifs dans les crèmes et pommades pour traiter l'inflammation topique. Il a également été rapporté qu'il supprime l'adhérence des neutrophiles induite par le TNF α à une concentration de 0,1% (**Andrade and De Sousa, 2013**), inhibe l'iNOS, la production de NO et d'autres lipopolysaccharides (LPS) - voies induites (**Francisco et al., 2013**), se lie de manière covalente aux récepteurs, inhibant ainsi la voie du facteur nucléaire-kappaB (NF- κ B), suppression de 60 à 70% de COX-2 et du récepteur alpha activé par les proliférateurs de peroxysomes (PPAR- α) et inhibent par voie orale et topique l'inflammation tissulaire (80–90%) (**Katsukawa et al., 2010**).

Ces quelques résultats et ceux d'autres études antérieures confirment la validité de l'indication traditionnelle des extraits aromatiques de citronnelle dans la perspective de la mise au point d'une préparation galénique améliorée pour la prise en charge des inflammations. Les informations présentées dans cette revue de la littérature sur les divers usages et propriétés thérapeutiques des extraits aromatiques de cette plante montrent qu'elle devrait susciter plus d'intérêt de la part de la communauté scientifique et de l'industrie pharmaceutique.

CONCLUSION

En égard de l'importance, sans cesse croissante, des huiles aromatiques en phytothérapie, il nous a semblé nécessaire de leur consacrer une étude complète pour asseoir le bien-fondé de leur utilisation thérapeutique. Les huiles essentielles ont été utilisées pendant des siècles pour soulager la douleur, l'inflammation et lutter contre les infections cutanées. De nombreuses huiles essentielles, à l'instar de celles distillées de citronnelle de Java, ont des propriétés anti-infectieuses similaires et, parfois, plus efficaces que de nombreux médicaments synthétiques. C'est dans un contexte de valorisation des plantes aromatique et médicinale que s'est inscrite notre étude afin de lutter ou prévenir contre les infections humaines.

En phase liquide, l'huile de lémongrass est douée d'une puissante action fongicide sur les souches mycéliennes, uni et pluricellulaire. Elle est aussi bactériostatique sur les bactéries à Gram + mais serait sans effet sur les *Pseudomonas*. En phase vapeur, de meilleurs résultats ont été obtenus notamment avec les espèces *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* et *Aspergillus niger* avec une inhibition totale à forte dose. Aussi, cette activité antimicrobienne est « dose-dépendante ». Ces résultats, très encourageants, nous amènent à recommander cette essence comme principe actif dans les formations galéniques topique à visée antiseptiques. En dilution en milieu gélosé (macrodilution), nos résultats ont confirmé que les bactéries à Gram + sont les plus sensibles et présentant des valeurs de CMI les plus faibles.

Ces résultats très encourageants laissent entrevoir des possibilités d'utilisation de cette huile essentielle comme ingrédient actif et pourra, éventuellement, faire partie intégrante de l'arsenal thérapeutique et anti-infectieux pour la lutte-prévention des infections humaines.

Sur le plan pharmacologique, la majorité des recherches menées précédemment ont prouvé l'efficacité de cette huile dans la réduction de l'inflammation aigue ou topique avec, dans certains cas, des taux d'inhibition bien plus supérieurs que les médicaments de synthèse pris comme référence.

Comme perspectives, il serait intéressant d'apprécier l'action antimicrobienne de cette huile aromatique, en comparaison avec les composés terpéniques isolés, afin de dégager des conclusions sur les possibles effets synergie-antagonisme entre les différents constituants, majoritaire et minoritaire.

La recherche devrait continuer à progresser pour trouver ou synthétiser de nouvelles sources prometteuses d'antimicrobiens et d'anti-inflammatoires efficaces et dénués d'effets indésirables, ou encore effectuer des investigations détaillées, sur l'optimisation des techniques d'isolement, sur des études biochimiques vers la sûreté des sources nouvellement découvertes, et la disponibilité biologique des composés actifs.

En définitive, l'objectif premier de notre travail a été atteint puisque nous avons contribué à valoriser la fraction aromatique de citronnelle en aromathérapie anti-infectieuse ce qui laisse des perspectives d'utilisation dans des préparations topiques dermo-cosmétiques à visée antimicrobienne.

Références Bibliographiques

1. Abe, S., Sato, Y., Inoue, S., Ishibashi, H., Maruyama, N., Takizawa, T., & Yamaguchi, H. (2003). Anti-*Candida albicans* activity of essential oils including lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil and its component, citral. *Nippon Ishinkin Gakkai Zasshi*, 44(4), 285-291.
2. Adukwu, E. C., Bowles, M., Edwards-Jones, V., & Bone, H. (2016). Antimicrobial activity, cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and pure citral. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(22), 9619-9627.
3. Akhila, A. (Ed.). (2009). *Essential oil-bearing grasses: the genus Cymbopogon*. CRC press, UK.
4. Amini, J., Farhang, V., Javadi, T., Nazemi, J. (2016). Antifungal effect of plant essential oils on controlling *Phytophthora* species. *Plant Pathology Journal*, 32(1), 16-24.
5. Andrade, E.H., Zoghbi, M.D., Lima, M.D. (2009). Chemical composition of the essential oils of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf cultivated in North of Brazil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(1),
6. Andrade, L. N., & De Sousa, D. P. (2013). A review on anti-inflammatory activity of monoterpenes. *Molecules*, 18(1), 1227-1254.
7. Avoseh, O., Oyedeji, O., Rungqu, P., Nkeh-Chungag, B., & Oyedeji, A. (2015). *Cymbopogon* species; ethnopharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. *Molecules*, 20(5), 7438-7453.
8. Bachiega, T. F., & Sforcin, J. M. (2011). Lemongrass and citral effect on cytokines production by murine macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(1), 909-913.
9. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
10. Bardeau, F. (2009). *Les huiles essentielles*. Fernand Lanore.
11. Bassolé, I.H.N., Lamien-Meda, A., Bayala, B., Obame, L.C., Ilboudo, A.J., Franz, C., Novak, J., Nebié, R.C., Dicko, M.H. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils alone and in combination. *Phytomedicine*, 18(12), 1070-1074.
12. Bidinotto, L. T., Costa, C. A., Salvadori, D. M., Costa, M., Rodrigues, M. A., & Barbisan, L. F. (2011). Protective effects of lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.)

- essential oil on DNA damage and carcinogenesis in female Balb/C mice. *Journal of Applied Toxicology*, 31(6), 536-544.
13. Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A. (2014). Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as potent anti-inflammatory and antifungal drugs. *Libyan Journal of Medicine*, 9(1).
 14. Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Rajabi, M., & Mousa, S. A. (2020). Solvent-free microwave extraction: an eco-friendly and rapid process for green isolation of essential oil from lemongrass. *Natural Product Research*, 1-4.
 15. Bouyahya, A., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2018). Les huiles essentielles comme agents anticancéreux: actualité sur le mode d'action. *Phytothérapie*, 16(5), 254-267.
 16. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
 17. Chalchat, J. C., Garry, R. P., Menut, C., Lamaty, G., Malhuret, R., & Chopineau, J. (1997). Correlation between chemical composition and antimicrobial activity. VI. Activity of some African essential oils. *Journal of Essential oil Research*, 9(1), 67-75.
 18. Chiasson, H., & Beloin, N. (2007). Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre. *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec*, 14(1), 3-6.
 19. Cimanga, K., Kambu, K., Tona, L., Apers, S., De Bruyne, T., Hermans, N., & Vlietinck, A. J. (2002). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(2), 213-220.
 20. Costa, C. A., Bidinotto, L. T., Takahira, R. K., Salvadori, D. M., Barbisan, L. F., & Costa, M. (2011). Cholesterol reduction and lack of genotoxic or toxic effects in mice after repeated 21-day oral intake of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil. *Food and Chemical Toxicology*, 49(9), 2268-2272.
 21. Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.
 22. Crowell, P. L., Elson, C. E., Bailey, H. H., Elegbede, A., Haag, J. D., & Gould, M. N. (1994). Human metabolism of the experimental cancer therapeutic agent d-limonene. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 35(1), 31-37.
 23. De Billerbeck, V. G. (2007). Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie*, 5(5), 249-253.

24. de Billerbeck, V. G., Roques, C. G., Bessière, J. M., Fonvieille, J. L., & Dargent, R. (2001). Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. *Canadian Journal of Microbiology*, 47(1), 9-17.
25. Desmares, C., Laurent, A., & Delerme, C. (2008). Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles: Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), France.
26. Dorman, H. D., & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88(2), 308-316.
27. Ekpenyong, C. E., Akpan, E. E., & Daniel, N. E. (2014). Phytochemical constituents, therapeutic applications and toxicological profile of *Cymbopogon citratus* Stapf (DC) leaf extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(1).
28. Farias, P.K.S., Silva, J.C.R.L., de Souza, C.N., da Fonseca, F.S.A., Brandi, I.V., Martins, E.R., Azevedo, A.M., de Almeida, A.C. (2019). Antioxidant activity of essential oils from condiment plants and their effect on lactic cultures and pathogenic bacteria. *Ciencia Rural*, 49(2), art. no. e2018140. 41-45.
29. Fernandes, C. N., De Souza, H. F., De Oliveria, G., Costa, J. G. M., Kerntopf, M. R., & Campos, A. R. (2012). Investigation of the mechanisms underlying the gastroprotective effect of *Cymbopogon citratus* essential oil. *Journal of Young Pharmacists*, 4(1), 28-32.
30. Figueirinha, A., Cruz, M. T., Francisco, V., Lopes, M. C., & Batista, M. T. (2010). Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* leaf infusion in lipopolysaccharide-stimulated dendritic cells: contribution of the polyphenols. *Journal of Medicinal Food*, 13(3), 681-690.
31. Fonteneau, J. M., & Klusiewicz, P. (2008). travaux pratiques de préparation et de conditionnement des médicaments, édition porphyre, p84.
32. Foodnet (2014). Tropical commodities and their markets - Part two ». Foodnet, Association for strengthening agricultural research in eastern and central Africa (consulté le 5 décembre 2014).
33. Francisco, V., Costa, G., Figueirinha, A., Marques, C., Pereira, P., Neves, B. M., & Batista, M. T. (2013). Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* leaves infusion via proteasome and nuclear factor- κ B pathway inhibition: Contribution of chlorogenic acid. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(1), 126-134.
34. Francisco, V., Figueirinha, A., Neves, B. M., García-Rodríguez, C., Lopes, M. C., Cruz, M. T., & Batista, M. T. (2011). *Cymbopogon citratus* as source of new and safe anti-

- inflammatory drugs: bio-guided assay using lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2), 818-827.
35. Garcia, R., Ferreira, J. P., Costa, G., Santos, T., Branco, F., Caramona, M., & Figueiredo, I. V. (2015). Evaluation of anti-inflammatory and analgesic activities of *Cymbopogon citratus* *in vivo*-polyphenols contribution. *Research Journal of Medicinal Plant*, 9(1), 1-13.
 36. Gbenou, J. D., Ahounou, J. F., Akakpo, H. B., Laleye, A., Yayi, E., Gbaguidi, F., & Kotchoni, S. O. (2013). Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. *Molecular Biology Reports*, 40(2), 1127-1134.
 37. Goetz, P., & Ghedira, K. (2012). *Phytothérapie anti-infectieuse*. Springer.
 38. Golestaneh Talaei, M., & Jahandideh, M. (2019). Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil in animal models. *Research Journal of Pharmacognosy*, 6(3), 61-68.
 39. Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), 985-990.
 40. Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012). *La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie; Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*. Springer.
 41. Kasali, A.A., Oyediji, A.O., Ashilokun, A.O. (2001). Volatile leaf oil constituents of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. *Flavour and Fragrance Journal*, 16(5), 377-378.
 42. Katsukawa, M., Nakata, R., Takizawa, Y., Hori, K., Takahashi, S., & Inoue, H. (2010). Citral, a component of lemongrass oil, activates PPAR α and γ and suppresses COX-2 expression. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1801(11), 1214-1220.
 43. Kauderer, B., Zamith, H., Paumgarten, F. J., Speit, G., & Holden, H. E. (1991). Evaluation of the mutagenicity of β -myrcene in mammalian cells *in vitro*. *Environmental and molecular mutagenesis*, 18(1), 28-34.
 44. Koba, K., Sanda, K., Raynaud, C., Mandin, D., & Millet, J. (2003). Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* L.(DC) Stapf., *C. nardus* L. Rendle et *C. schoenanthus* L. Spreng. *Journal de mycologie médicale (Paris)*, 13(4), 175-180.

45. Kouame, N. M., Kamagate, M., Koffi, C., Die-Kakou, H. M., Yao, N. A. R., & Kakou, A. (2016). *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: ethnopharmacologie, phytochimie, activités pharmacologiques et toxicologie. *Phytothérapie*, 14(6), 384-392.
46. Kpoviessi, S., Bero, J., Agbani, P., Gbaguidi, F., Kpadonou- Kpoviessi, B., Sinsin, B., Accrombessi, G., Frederich, M., Moudachirou, M., Quetin-Leclercq, J. (2014). Chemical composition, cytotoxicity and *in vitro* antitrypanosomal and antiplasmodial activity of the essential oils of four *Cymbopogon* species from Benin. *Journal of Ethnopharmacology*, 151(1), 652-659.
47. Lakhdar, L. (2015). Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*: Etude *in vitro*. Thèse de Doctorat en Sciences Odontologiques, Faculté de Médecine Dentaire de Rabat, Maroc.
48. Lamendin, H. (2004). Huiles essentielles en diffusion atmosphérique. *Chir. Dent. Fr* 1185, 78-80.
49. Lardry, J. M., & Haberkorn, V. (2007). L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la revue*, 7(61), 14-17.
50. Laurain-Mattar, D. (2018). Critères de qualité des huiles essentielles. *Actualités Pharmaceutiques*, 57(580), 18-20.
51. Lawal, O. A., Ogundajo, A. L., Avoseh, N. O., & Ogunwande, I. A. (2017). *Cymbopogon citratus*. In *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 397-423). Academic Press.
52. Lee, H. J., Jeong, H. S., Kim, D. J., Noh, Y. H., Yuk, D. Y., & Hong, J. T. (2008). Inhibitory effect of citral on NO production by suppression of iNOS expression and NF- κ B activation in RAW264. 7 cells. *Archives of Pharmacal Research*, 31(3), 342-349.
53. Machraoui, M., Kthiri, Z., Ben Jabeur, M., & Hamada, W. (2018). Ethnobotanical and phytopharmacological notes on *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 55, 3642-3652.
54. Macedo, I. T. F., Oliveira, L. M. B. D., Ribeiro, W. L. C., & Bevilaqua, C. M. L. (2015). Anthelmintic activity of *Cymbopogon citratus* against *Haemonchus contortus*. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 24(3), 268-275.
55. Majewska, E., Kozłowska, M., Gruszczynska-Sekowska, E., Kowalska, D., & Tarnowska, K. (2019). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil: extraction, composition, bioactivity and uses for food preservation-a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(4).
56. Majewska, E., Kozłowska, M., Gruszczynska-Sekowska, E., Kowalska, D., & Tarnowska, K. (2019). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil: extraction,

- composition, bioactivity and uses for food preservation-a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 69(4).
57. Malti, C. E. W., El Hacı, I. A., Hassani, F., Paoli, M., Gibernau, M., Tomi, F., & Bekhechi, C. (2020). Composition, chemical variability and biological activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil from Central Algeria. Chemistry & Biodiversity.
 58. Mansour, A.F., Fikry, R.M., Saad, M.M., Mohamed, A.M. (2015). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of (*Cymbopogon citratus*) essential oil cultivated in Madinah Monawara, Saudi Arabia and its comparison to the Egyptian chemotype. International Journal of Food and Nutritional Sciences, 4(4), 29-33.
 59. Manvitha, K., & Bidya, B. (2014). Review on pharmacological activity of *Cymbopogon citratus*. Int J Herb Med, 6, 7.
 60. Martini, M. C. (2011). Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie. Lavoisier.
 61. Mayaud, L., Carricajo, A., Zhiri, A., & Aubert, G. (2008). Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. Letters in Applied Microbiology, 47(3), 167-173.
 62. Nguetack, J., Tamgue, O., Dongmo, J.B.L., Dakole, C.D., Leth, V., Vismer, H.F., Zollo, P.H.A., Nkengfack, A.E. (2012). Synergistic action between fractions of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. Food Control, 23(2), 377-383.
 63. Nogueira, A. C. M., Carvalho, R. R., Souza, C. A., Chahoud, I., & Paumgarten, F. J. (1995). Study on the embryofeto-toxicity of citral in the rat. Toxicology, 96(2), 105-113.
 64. Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019). Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*: a review. Scientific African, 6, e00137.
 65. Onawunmi, G. O., Yisak, W. A., & Ogunlana, E. O. (1984). Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Journal of Ethnopharmacology, 12(3), 279-286.
 66. Pereira, R. S., Sumita, T. C., Furlan, M. R., Jorge, A. O. C., & Ueno, M. (2004). Antibacterial activity of essential oils on microorganisms isolated from urinary tract infection. Revista de Saude Publica, 38, 326-328.
 67. Pharmacopée Européenne. (2005). Pharmacopée Européenne. Vème édition, Strasbourg, Germany.
 68. Pibiri, M. C. (2006). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de Doctorat ès Sciences, Faculté

Environnement Naturel, Architectural et Construit Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

69. Pillon, F. (2014). Les anti-inflammatoires non stéroïdiens. *Actualités Pharmaceutiques*, 53(534), 43-46.
70. Premathilake, U.G.A.T., Wathugala, D.L., Dharmadasa, R.M. (2018). Evaluation of chemical composition and assessment of antimicrobial activities of essential oil of lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants*, 4(1), 13-19.
71. Ribeiro, V. P., Arruda, C., Abd El-Salam, M., & Bastos, J. K. (2018). Brazilian medicinal plants with corroborated anti-inflammatory activities: A review. *Pharmaceutical Biology*, 56(1), 253-268.
72. Rungqu, P. (2015). Isolation, Characterisation, and biological activity evaluation of essential Oils of *Cymbopogon validus* (Stapf) Stapf ex Burt Davy and *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf. Thèse de Doctorat, University Fort Hare, Afrique du Sud.
73. Saleem, M., Nazir, M., Ali, M. S., Hussain, H., Lee, Y. S., Riaz, N., & Jabbar, A. (2010). Antimicrobial natural products: an update on future antibiotic drug candidates. *Natural Product Reports*, 27(2), 238-254.
74. Sallé, J. L., & Pelletier, J. (1991). Les huiles essentielles: synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche.
75. Santin, M. R., dos Santos, A. O., Nakamura, C. V., Dias Filho, B. P., Ferreira, I. C. P., & Ueda-Nakamura, T. (2009). *In vitro* activity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* and its major component (citral) on *Leishmania amazonensis*. *Parasitology Research*, 105(6), 1489.
76. Sharma, R., Rao, R., Kumar, S., Mahant, S., & Khatkar, S. (2019). Therapeutic potential of citronella essential oil: a review. *Current Drug Discovery Technologies*, 16(4), 330-339.
77. Sidibé, L., Chalchat, J.C., Garry, R.P., Lacombe, L., Harama, M. (2001). Aromatic plants of Mali (IV): chemical composition of essential oils of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf and *C. giganteus* (Hochst.) Chiov. *Journal of Essential Oil Research*, 13(2), 110-112.
78. Skaria, B. P., Joy, P. P., Mathew, S., & Mathew, G. (2006). Lemongrass. In *Handbook of herbs and spices* (pp. 400-419). Woodhead Publishing.
79. Soualeh, N., & Soulimani, R. (2016). Huiles essentielles et composés organiques volatils, rôles et intérêts. *Phytothérapie*, 14(1), 44-57.

80. Tajidin, N.E., Ahmad, S.H., Rosenani, A.B., Azimah, H., Munirah, M. (2012). Chemical composition and citral content in lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil at three maturity stages. *African Journal of Biotechnology*, 11(11), 2685-2693.
81. Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec & Doc., Lavoisier, France.
82. Tiwari, M., Dwivedi, U. N., & Kakkar, P. (2010). Suppression of oxidative stress and pro-inflammatory mediators by *Cymbopogon citratus* D. Stapf extract in lipopolysaccharide stimulated murine alveolar macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(10), 2913-2919.
83. Trystram, D., Chardon, H., Péan, Y., Delarbre, J., Costa, Y., Maugat, S., & Jarlier, V. (2012). Réseau européen de surveillance de la résistance bactérienne aux antibiotiques (EARS Net): résultats 2001-2010 pour la France et place en Europe. *BEH InVS*, 42-43.
84. Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011). Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, 126(1), 228-235.
85. Tyagi, A. K., Gottardi, D., Malik, A., & Guerzoni, M. E. (2014). Chemical composition, *in vitro* anti-yeast activity and fruit juice preservation potential of lemon grass oil. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 731-737.
86. Vigushin, D. M., Poon, G. K., Boddy, A., English, J., Halbert, G. W., Pagonis, C., & Cancer Research Campaign Phase I/II Clinical Trials Committee. (1998). Phase I and pharmacokinetic study of D-limonene in patients with advanced cancer. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 42(2), 111-117.
87. Watanabe, C., Hokari, R., Komoto, S., Kurihara, C., Okada, Y., Matsunaga, H., & Yokoyama, H. (2010). Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) ameliorates murine spontaneous ileitis by decreasing lymphocyte recruitment to the inflamed intestine. *Microcirculation*, 17(5), 321-332.
88. Wegrzyn, R., & Lamendinh, H. (2005). Huiles essentielles et aromathérapie bucco-dentaire. *Chir. Dent. Fr*, 1225, 62-66.
89. Zaika, L. L. (1988). Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. *Journal of Food Safety*, 9(2), 97-118.
90. Zhiri, A., & Baudoux, D. (2005). *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies: aromathérapie scientifique*. Luxembourg: Édition Inspir Development.

ANNEXE 1 : ABSTRACTS

Research Journal of Pharmacognosy (RJP) 6(3), 2019: 61-68

Received: 6 Apr 2019

Accepted: 12 June 2019

Published online: 23 June 2019

DOI: 10.22127/rjp.2019.89466



Original article

Anti-Inflammatory Activity of *Cymbopogon schoenanthus* Essential Oil in Animal Models

Mahshid Golestaneh Talaei¹, Zahra Mousavi^{2*}, Maryam Jahandideh³

¹Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

²Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad university, Tehran, Iran (IAUPS).

³Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad university, Tehran, Iran (IAUPS).

Abstract

Background and objectives: The species of *Cymbopogon* are generally used as anti-bacterial, anti-fungal, anti-malarial, and anti-spasmodic agents, as well as in cold treatment. Due to the presence of piperitone in *Cymbopogon schoenanthus*, we were prompted to evaluate were prompted to assess the anti-nociceptive and anti-inflammatory properties of its essential Oil. **Methods:** The analgesic activity of *C. schoenanthus* (50, 100, and 200 mg/kg, i.p.) were examined using writhing, hot-plate, and formalin tests. The control and standard groups respectively received vehicle, morphine (5 mg/kg, i.p.), and mefenamic acid (30 mg/kg). The anti-inflammatory effect of *C. schoenanthus* (50, 100, and 200 mg/kg) was then assessed by carrageenan method at time intervals of 30 min and 1, 2, 3, and 4 h. **Results:** *Cymbopogon schoenanthus* essential oil was analyzed by GC-MASS and 31 constituents were identified which represented 86.8% of the oil. The major component of the essential oil was piperitone (62.0%). The administrated doses of *C. schoenanthus* essential oil could not decrease the number of writhes and hot-plate latency in the mice, compared to the control group. However, it exhibited an analgesic effect, especially in the chronic phase of formalin test. In carrageenan test, all administrated doses of *C. schoenanthus* essential oil significantly reduced the paw edema, compared to the control ($p < 0.05$). The anti-inflammatory activity of the essential oil (50, 100, and 200 mg/kg) was comparable with that of mefenamic acid (30 mg/kg). **Conclusion:** The results suggest that *C. schoenanthus* essential oil possesses biologically active constituents that have significant activity against acute inflammation.

Keywords: anti-inflammatory activity; *Cymbopogon schoenanthus*; essential oil; mice; rat

Evaluation of Anti-inflammatory and Analgesic Activities of *Cymbopogon citratus* *in vivo*-Polyphenols Contribution

¹Rita Garcia, ^{1,2}João Pinto Ferreira, ^{1,2}Gustavo Costa, ^{1,2}Telmo Santos, ¹Fábio Branco, ^{1,2}Margarida Caramona, ³Rui de Carvalho, ^{3,4}Augusto Manuel Dinis, ^{1,2}Maria Teresa Batista, ^{1,2}Margarida Castel-Branco and ^{1,2}Isabel V. Figueiredo

¹Faculty of Pharmacy, University of Coimbra, Pole of Health Sciences, Azinhaga of Santa Comba, 3000-548, Coimbra, Portugal

²Centre for Pharmaceutical Studies, University of Coimbra, Pole of Health Sciences, Azinhaga of Santa Comba, 3000-548, Coimbra, Portugal

³Department of Life Sciences, Faculty of Science and Technology, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

⁴Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, P.O. Box 3046, 3001-401, Coimbra, Portugal

Corresponding Author: Gustavo Costa, Faculty of Pharmacy, University of Coimbra, Pole of Health Sciences, Azinhaga of Santa Comba, 3000-548, Coimbra, Portugal

ABSTRACT

Cymbopogon citratus is one of the most common herbs used in folk medicine due to its anti-inflammatory and antioxidant properties. Taking into account these properties showed on *in vitro* assays, the aim of this study was to evaluate the anti-inflammatory and analgesic activities of *C. citratus* leaves infusion (CcE) and its flavonoid-rich (CcF) and tannin-rich (CcT) fractions. The evaluation of the anti-inflammatory activity was performed in the carrageenan-induced rat paw oedema model. Both central and peripheral analgesic activities were evaluated in mice through the hot plate test and the acetic acid-induced writhing test, respectively. In the acute inflammation model, the statistically significant results obtained in percentage of oedema inhibition were 70.80 and 82.30% for CcE (34.12 and 68.24 mg kgG⁻¹, respectively), 59.00% for CcF (7.42 mg kgG⁻¹), 61.00% for CcT (5.96 mg kgG⁻¹) and 84.00% for positive control group (10 mg kgG⁻¹). For the peripheral pain evaluation, statistically significant results showed a pain reduction of 57.00% for CcE (136.48 mg kgG⁻¹), 54.60% for CcF (14.8 mg kgG⁻¹), 52.20% for CcT (11.92 mg kgG⁻¹) and 83.00% for positive control group. This study demonstrates that *C. citratus* infusion compounds are able to reduce inflammation and peripheral pain *in vivo*, with polyphenols showing a significant contribution for these activities.

Key words: *Cymbopogon citratus*, lemongrass, *in vivo*, inflammation, pain, phenolic compounds



Original research <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.03.031>

Anti-inflammatory activity of the essential oils of *Cymbopogon validus* (Stapf) Stapf ex Burt Davy from Eastern Cape, South Africa

Pamela Rungqu¹, Opeoluwa Oyedeji^{1*}, Benedicta Nkeh-Chungag², Sandile Songca³, Oluwatobi Oluwafemi⁴, Adebola Oyedeji³

¹Department of Chemistry, Faculty of Science and Agriculture, University of Fort Hare, Alice 5700, South Africa

²Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Natural Sciences, Walter Sisulu University, Mthatha 5099, South Africa

³Department of Chemical and Physical Sciences, Faculty of Natural Sciences, Walter Sisulu University, Mthatha 5099, South Africa

⁴Department of Applied Chemistry, Faculty of Sciences, University of Johannesburg, Doornfontein 2028, South Africa

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 Jan 2016

Received in revised form 16 Feb 2016

Accepted 15 Mar 2016

Available online 23 Mar 2016

Keywords:

Cymbopogon validus

Essential oils

Anti-inflammation

Artemisia ketone

Linalool

Egg albumin-induced edema

ABSTRACT

Objective: To evaluate the essential oil composition and the anti-inflammatory activity of *Cymbopogon validus* (*C. validus*) leaves and flowers.

Methods: A total of 300 g of fresh or dry (leaves and flowers) of *C. validus* were cut into small pieces and subjected to hydro-distillation method for approximately 5 h using the Clevenger apparatus. The extracted essential oils were then used for testing the anti-inflammatory activity. The anti-inflammatory activity was evaluated by using egg albumin-induced paw edema.

Results: The extracted oils had the following yields 2.2% for fresh leaves, 2.0% for dry leaves and 2.4% v/w for dry flowers. GC-MS results revealed that the oils contained artemisia ketone (37.5%), linalool (3.2%–29.6%), northujane (4.4%–16.8%), verbenone (13.5%), naphthalene (1.7%–9.6%), δ -cadinene (0.5%–8.1%), hedycaryol (5.4%–7.6%) and α -eudesmol (6.5%–6.7%) as the major constituents. *C. validus* essential oils showed significant ($P < 0.05$) anti-inflammatory effects from the first 30 min after albumin injection compared to aspirin which had a later onset of effect.

Conclusions: The findings of this study show that the essential oil extracted from *C. validus* fresh or dry leaves and flowers have anti-inflammatory properties; that might be associated with the major components and the minor components found in the essential oils.

SHORT COMMUNICATION



Solvent-free microwave extraction: an eco-friendly and rapid process for green isolation of essential oil from lemongrass

Mohamed Nadjib Boukhatem^{a,b}, Mohamed Amine Ferhat^c, Mehdi Rajabi^b and Shaker A. Mousa^b

^aDépartement de Biologie et Physiologie Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université – Saad Dahlab – Blida 1, Blida, Algeria; ^bThe Pharmaceutical Research Institute, Albany College of Pharmacy and Health Sciences, Rensselaer, NY, USA; ^cLaboratoire de Recherche sur les Produits Bioactifs et Valorisation de la Biomasse, Département de Chimie, Ecole Normale Supérieure, Alger, Algeria

ABSTRACT

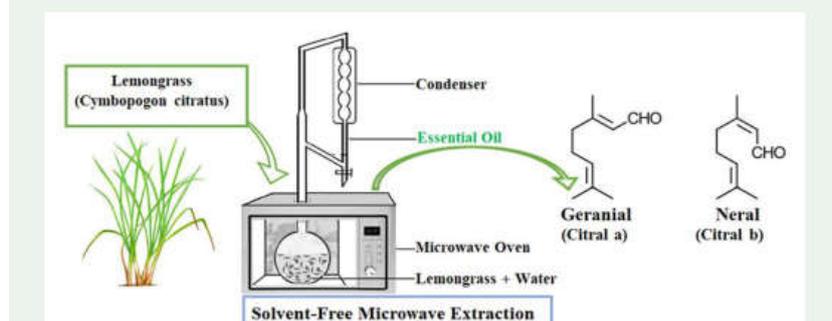
The extraction of lemongrass essential oil (LGEO) using large quantities of solvents makes this extraction a hazardous and environmentally unfriendly procedure. Our aim was to find a suitable method for the improvement of its extraction and its quality. Solvent-Free Microwave Extraction (SFME) is a combination of dry distillation and microwave heating. SFME of LGEO was compared with conventional extraction hydrodistillation (HD). SFME is quicker than conventional HD. An extraction time of 15 min with SFME provided a yield of 0.6% comparable with that obtained after 120 min using HD. The composition of these oils revealed that the main components obtained with HD and SFME were both geranial (59.93% vs 44.59%, respectively). The quality of lemongrass is determined by its citral content, and a higher amount of citral was present in SFME oil (74%) in comparison with HD oil (60%). SFME is a green and a promising technology for the extraction of essential oils.

ARTICLE HISTORY

Received 6 March 2020
Accepted 2 July 2020

KEYWORDS

Lemongrass; essential oils; microwave extraction; green chemistry; gas chromatography-mass spectrometry; citral





Investigation of the Mechanisms Underlying the Gastroprotective Effect of *Cymbopogon Citratus* Essential Oil

Fernandes CN¹, De Souza HF¹, De Oliveria G¹, Costa JGM¹, Kerntopf MR¹, Campos AR^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular, Universidade Regional do Cariri, Crato, CE,

²Vice-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, UNIFOR, Fortaleza, Ceará, Brazil

Address for correspondence: Dr. José Galberto M. da Costa; E-mail: galberto.martins@urca.br

ABSTRACT

Cymbopogon citratus is a medicinal plant popularly used in Brazil for the treatment of various diseases, and the research interest in this plant is justifiable because of its potential medicinal value in stomachache and gastric ulcer. This study was aimed to test the validity of this practice by using experimental models of gastric ulcer and to clarify the mechanisms of gastroprotection by *C. citratus* leaves essential oil (EOCC). EOCC was evaluated for the ability to protect the gastric mucosa against injuries caused by necrotizing agents (absolute ethanol and aspirin) in rodents. The results of this study revealed that EOCC possesses a dose-independent anti-ulcer effect against the different experimental models. EOCC pretreatment depicted a higher preventive index in ethanol-(88%) and aspirin-induced (76%) acute ulceration. On pretreatment of mice with indomethacin, the cyclooxygenase inhibitor slightly suppressed the gastroprotective effect of EOCC (48.5%). Furthermore, EOCC gastroprotection was not attenuated in mice pretreated with L-NAME (85.2%), glibenclamide (100%), or yohimbine (79.7%), the respective inhibitors of nitric oxide synthase, K_{ATP}⁺ channel activation, and α_2 receptors. These results confirmed the traditional use of *C. citratus* for the treatment of gastric ulcer. Thus, we provide the first evidence that EOCC reduces gastric damage induced by ethanol, at least in part, by mechanisms that involve endogenous prostaglandins.

Key words: *Cymbopogon citratus*, essential oil, gastroprotection, mechanisms

Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats

Jochain D. Gbenou · Judith F. Ahounou · Huguette B. Akakpo · Anatole Laleye ·
Eléonore Yayi · Fernand Gbaguidi · Lamine Baba-Moussa · Raphael Darboux ·
Pierre Dansou · Mansourou Moudachirou · Simeon O. Kotchoni

Received: 3 April 2012 / Accepted: 4 October 2012 / Published online: 14 October 2012
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2012

Abstract *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* are widely used herbs/plants as a source of ethnomedicines in tropical regions of the world. In this work, we studied the anti-inflammatory and gastroprotective effects of *C. citratus* and *E. citriodora* essential oils on formol-induced edema, and acetic acid induced abdominal cramps in Wistar rats. To fully understand the chemically induced anti-inflammatory properties of these plants, we first analyzed the chemical composition of the essential oils. A total of 16 chemical constituents accounting for 93.69 % of the oil, were identified in *C. citratus* among

which, Geranial (27.04 %), neral (19.93 %) and myrcene (27.04 %) were the major constituents. For *E. citriodora*, 19 compounds representing 97.2 % of the extracted oil were identified. The dominant compound of *E. citriodora* essential oil was citronellal (83.50 %). In vivo analysis and histological assay showed that the two essential oils displayed significant dose dependent edema inhibition effect over time. They displayed strong analgesic and antipyretic properties similar to that induced by 50 mg/kg of acetylsalicylate of lysine. However, the *E. citriodora* essential oil was more effective than that of *C. citratus*. We identified significant numbers of aldehyde molecules in both essential oils mediating antioxidant activity that may contribute to the anti-inflammatory effects observed on the rats. Altogether, this work demonstrates the anti-inflammatory property of *C. citratus* and *E. citriodora* suggesting their potential role as adjuvant therapeutic alternatives in dealing with inflammatory-related diseases.

J. D. Gbenou · J. F. Ahounou · H. B. Akakpo · E. Yayi ·
F. Gbaguidi · M. Moudachirou
Laboratoire de Pharmacognosie et des Huiles Essentielles,
Faculté des Sciences de la Santé, Faculté des Sciences et
Techniques, Université d'Abomey Calavi, 01 BP 918,
Cotonou, Benin

J. F. Ahounou · H. B. Akakpo · P. Dansou
Laboratoire de Physiologie de l'Effort, Institut National de la
Jeunesse de l'Education Physique et du Sport, Université
d'Abomey Calavi, 01 BP 169, Porto-Novo, Benin

Keywords Essential oil · *Cymbopogon citratus* ·
Eucalyptus citriodora · Anti-inflammation · Wistar rats

Antifungal Effect of Plant Essential Oils on Controlling *Phytophthora* Species

Jahanshir Amini^{1*}, Vahid Farhang¹, Taimoor Javadi² and Javad Nazemi¹

¹Department of Plant Protection, Agriculture Faculty, University of Kurdistan, P. O. Box 416, Sanandaj, Iran

²Department of Horticulture, Agriculture Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

(Received on May 27, 2015; Revised on September 20, 2015; Accepted on September 23, 2015)

In this study, antifungal activity of essential oils of *Cymbopogon citratus* and *Ocimum basilicum* and two fungicides Mancozeb and Metalaxyl-Mancozeb in six different concentrations were investigated for controlling three species of *Phytophthora*, including *P. capsici*, *P. drechsleri* and *P. melonis* on pepper, cucumber and melon under *in vitro* and greenhouse conditions, respectively. Under the *in vitro* condition, the median effective concentration (EC₅₀) values (ppm) of plant essential oils and fungicides were measured. In greenhouse, soil infested with *Phytophthora* species was treated by adding 50 ml of essential oils and fungicides (100 ppm). Disease severity was determined after 28 days. Among two tested plant essential oils, *C. citratus* had the lowest EC₅₀ values for inhibition of the mycelial growth of *P. capsici* (31.473), *P. melonis* (33.097) and *P. drechsleri* (69.112), respectively. The mean EC₅₀ values for Metalaxyl-Mancozeb on these pathogens were 20.87, 20.06 and 17.70, respectively. Chemical analysis of plant essential oils by GC-MS showed that, among 42 compounds identified from *C. citratus*, two compounds β -geranial (α -citral) (39.16%) and α -citral (30.95%) were the most abundant. Under the greenhouse condition, Metalaxyl-Mancozeb caused the greatest reduction in disease severity, 84.2%, 86.8% and 92.1% on melon, cucumber, and pepper, respectively. The *C. citratus* essential oil reduced disease severity from 47.4% to 60.5% compared to the untreated control ($p \leq 0.05$). Essential oils of *O. basilicum* had the lowest effects on the pathogens under *in vitro* and greenhouse conditions. These results show that essential oils may

to protect the crops from *Phytophthora* diseases.

Keywords : *Cymbopogon citratus*, essential oil, *Ocimum basilicum*, *Phytophthora*

Phytophthora species cause destructive diseases of a huge range of agriculturally and ornamentally important plants including those in forests and other natural ecosystems. Damping off and blight caused by the *Phytophthora* species, is one of the most devastating diseases affecting cucumber and vegetables production in Iran (Etebarian, 2012). Some species such as *P. capsici*, *P. drechsleri* and *P. melonis* can cause strong pathogenicity on pepper, cucumber, tomato, cantaloupe and ornamental plants that cause damping off disease and rot of crown and root (Lamour et al., 2003; Tabarrae et al., 2011). The genus *Phytophthora* is a soil borne pathogen and survives in the soils as oospores and mycelia for several years in plant debris (Jee et al., 2001). Management of soil borne pathogen in the field includes crop rotation, cultural practices, chemical control and use of resistant cultivars (Someya et al., 2000). The long-term survival of pathogen even in the absence of susceptible host limits the effectiveness of crop rotation (Shouan Zhang et al., 2010). Fungicide application does not always prove economic against soil borne pathogens and it has led to environmental pollution, pathogen resistance, and increased risk for human and animal health (Anna On et al., 2015; De Curtis et al., 2010; Hausbek and Lamour, 2004). In addition, excessive use of fungicides creates imbalance in the microbial community in soil (Anna On et al., 2015; Parand Bistajni, 2001). Therefore, in order to solve problems

Research Paper

Open Access

**CHEMICAL COMPOSITION, ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF
(*CYMOPOGON CITRATUS*) ESSENTIAL OIL CULTIVATED IN MADINAH
MONAWARA, SAUDI ARABIA AND ITS COMPARISON TO THE EGYPTIAN
CHEMOTYPE**

**Amr Farouk Mansour^{1,3*}, Reda Mohamed Fikry², Mohamed Mohsen Saad^{2,3} and
Abdulrahman Metwaly Mohamed⁴**

¹National Research Center, Flavor and Aromatic Chem. Dep., Dokki, Giza, Egypt; ²Department of Chemistry, Faculty of Science, Zagazig University, Zagazig, Egypt; ³Madinah Monawara Municipality Lab for Food, Water Analysis and Environmental Research, Madinah, Saudi Arabia, ⁴Agriculture research center, Ministry of Agriculture, Giza, Egypt; Ministry

* Corresponding author. Email: amrfarouk01@gmail.com

Received on: 25th August, 2015

Accepted on: 14th September, 2015

ABSTRACT

Volatile compounds of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) cultivated in both Egypt and Madinah, Saudi Arabia, were hydrodistilled and identified using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Forty-nine components were detected in the Egyptian Lemongrass essential oil, whereas geranial (20.9%), neral (16.2%) and geraniol (8.3%) constitute the major aroma compounds. On the other hand, geranial (37.8%) and neral (33.6%) were the major constituents among 18 compounds identified in Madinah oil. *Cymbopogon citratus* can be used as an easily source of natural antioxidant and antimicrobial, as well as a possible food supplement and as phytochemical. Antioxidant activity and radical scavenging were investigated using DPPH and β -Carotene linoleic bleaching assays. The obtained results revealed a higher antioxidant activity in Egyptian Lemongrass essential oil with inhibition constant 50, IC_{50} 1.0 mg ml⁻¹, in comparison to the Madinah volatile oil IC_{50} 6.9 mg ml⁻¹. This is in agreement with total phenolic content which measured for both oils, and in accordance with differences in chemical constituents between them. *Fusarium melanoform* showed a higher sensitivity against oils in comparison to bacteria types investigated during testing the antimicrobial activity. Egyptian Lemongrass volatile oil has a superior antimicrobial activity than Madinah cultivar essential oil due to its higher phenolic content.