

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1**



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

**Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences biologiques

Option : Microbiologie

Thème

**Etude de l'activité antimicrobienne de  
l'huile essentielle de Citronnelle  
(*Cymbopogon citratus*)**

**Présenté par :**

- CHEMAME Farah.
- BOUTEBAL Hanane.

**Date de soutenance :**

13 / 09 / 2022

**Devant le jury :**

Nom	Grade / Lieu	Qualité
• Mr GUETARNI D.	Pr / USDB 1	Président
• M <sup>me</sup> TOUAIBIA M.	MCA / USDB 1	Examinatrice
• M <sup>me</sup> LAASSAMI A.	MAB / ENS Kouba	Promotrice
• M <sup>me</sup> CHELGHOUH H.	MCB / USDB 1	Co-Promotrice

**Promotion: 2021 / 2022**

## **Remerciements**

*« La connaissance est la seule chose qui s'accroît lorsqu'on la partage »*

*Dans un premier temps on remercie Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience d'entamer et de terminer notre formation de master et de pouvoir réaliser ce mémoire.*

*Nous tenons à exprimé nos profonds remerciements à l'ensemble de membre de jury :*

*À Mr **GUITARNI.D**, nous sommes très touchés de l'honneur et du privilège que vous nous faites en acceptant de présider ce jury.*

*À Mme **TOUAIBIA**, nous tenons à vous remercier d'avoir fait l'honneur d'examiner notre modeste travail. Vous nous faite l'exemple avec vos compétences.*

*Nos sincères remerciements s'adressent à notre promotrice, Mme **LAASAMI.A** et à notre Co-promotrice Mme **CHELGHOUH.H**, pour avoir accepté d'encadrer notre travail, pour leurs orientations et leurs conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail.*

*Veillez trouver à travers ce modeste travail la manifestation de notre plus haute estime et de nos sentiments les plus respectueux,*

*Nos gratitudee remerciements vont également destinés à Mr **DEJANIA** de nous accueillir au niveau de son laboratoire d'analyses médicales de l'hôpital Salim Zemirli El Harrache et de nous avoir facilité le déroulement de notre stage. Nous remercions Mme **HAMIDI**, responsable de l'unité de microbiologie au sein de laboratoire sans oublier de remercier tout le personnel du laboratoire, en particulier Mme **AKILA** ; Mme **BEN YAHIA** ; Mr **MALIK** ; Mme **SAID** et Mme **SABAH** pour leurs conseils lucides et pertinents, et surtout pour leur grand soutien moral durant notre période de stage.*

*Nos vifs remerciements vont également aux chefs de service : de pédiatrie Mme **DRIDI** de l'hôpital Hasein Bedi Belfort, de gynécologie Mme **BENDAOUD** et de maternité Mme **SAIDI** de l'hôpital Bachir Mentouri Kouba et à Mme **DJAIRENE**.*

*Enfin, ces remerciements ne seraient pas complets sans associer toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail qui est le fruit de plusieurs années d'étude :*

### *À Mes chers parents*

*Vous avez été pour moi au long de mes études le plus grand symbole d'amour. J'espère de tout mon cœur qu'en ce jour vous soyez fière de moi, et que je réalise l'un de vos rêves et d'être la fille que vous aviez voulu que je sois. Puisse Dieu vous accorder la santé, le bonheur et une longue vie.*

### *À mes chères sœurs et mon cher frère*

*Manel, Ilhem et Mehdi pour vos encouragements tout au long de mes études et également pour les bons moments passés et à venir Incha'Allah. Que Dieu vous protège et vous guide dans votre vie.*

### *À mon binôme Hanane et toute sa famille*

*Je dédie ce travail à toutes nos préparations, les jours et les nuits blanches, nos larmes et nos fous rires, nos déceptions et nos éclats de joie. À tous les moments qu'on a passés ensemble. Tu n'es pas juste un binôme de travail, tu es une sœur et une amie, je te souhaite tout le bonheur et la réussite dans ta vie.*

### *À toutes mes chères amies en particulier*

*Chaima, Khadidja, Halima, Oumnia, Houda, Yasmina pour toute l'ambiance dont vous m'avez entouré, pour toute la spontanéité et pour les moments passés de joie ou de tristesse toujours on a été épaulés l'un à l'autre.*

### *À mes collègues de l'Université Saad Dahleb Blida*

*Yousra, Soumia, Ouarda, Khadidja et Kamélia.*

### *À tous ceux qui me sont chers*

*À tous mes professeurs durant les cycles de ma scolarité*

*À toutes la promotion de la Microbiologie 2021/2022*

***Farah.***

Mon père est la vie, ma mère est l'âme et mes frères sont le soutien

Je dédie mes salutations à celle qui sa sourire est mon but et sous ses pieds se trouve mon paradis ma mère, Zahra de mon cœur qui a été le meilleur soutien depuis ma naissance. À mon seul héros, mon père. Je dédie mes salutations à l'amour sans fin et la bonté sans limites, mes frères Mouhammad, Sif Al-Din et Aymen, et à ceux que j'ai gagnés comme un cadeau du destin, mes sœurs Nawal, Fatima, Kassiba et Khadidja et à ma belle-sœur, Khadidja.

J'adresse mes sincères salutations à mes princes Sedik, Amin, Adam et à la princesse Panda Batoul. Je dédie mon succès à la femme qui m'a inculqué l'amour du succès, ma grand-mère. À mes beau-frère Mahmoud, Abu Bakr et Fateh qui m'encouragent par leurs paroles.

J'adresse mes remerciements et mes salutations à ma collègue et sœur Farah et à tous les membres de sa famille pour la bonne ambiance qui a caractérisé nos journées tout au long de la période d'études. Je lui souhaite, à elle et à sa famille, bonheur et réussite dans la vie.

Aux camarades de la première et avant-dernière étape qui étaient un nuage pluvieux, mes amis Sarah, Khadidja, Nassira, Siham, Youssra, Soumia, Kalima, et surtout Rekia et Salma, qui étaient un baume de l'âme, mes collègues pendant toute la durée de mon parcours scolaire, notamment le promo 2022.

J'offre une dédicace à tous ceux que je connais et que je n'ai pas pu soigner aux enseignants tout au long de ma carrière d'enseignant, Mme Mcha, Cherrati et M. Ahmed, et en particulier M. Ali Bonab, رحمه الله qui m'a dit "Ce n'est pas assez pour aimer, il faut vouloir le mais pour l'atteindre".

Kanane

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Classification taxonomique de <i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf (Angiosperm Phylogeny Website, 2016). .....	3
<b>Figure 2</b> : Champs de culture de citronnelle appartenant à la société "Extral-Bio" (Chiffa, Blida) (Guici El Kouacheur et Boucetta, 2017). .....	4
<b>Figure 3</b> : Procédure d'extraction des huiles essentielles par la méthode de distillation à la vapeur (Boutamani, 2013). .....	6
<b>Figure 4</b> : Méthode d'aromatogramme (Boubrit et Baassad, 2007). .....	9
<b>Figure 5</b> : Méthode de micro-atmosphère (Bousbia, 2005). .....	10
<b>Figure 6</b> : Flacon de 5 ml de l'huile essentielle de citronnelle " <i>Cymbopogon citratus</i> ". .....	11
<b>Figure 7</b> : Activité antibactérienne vis-à-vis d'une souche bactérienne testée par la méthode d'aromatogramme (A) et la méthode de micro-atmosphère (B). .....	14
<b>Figure 8</b> : Effet antibactérien de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>S. aureus</i> testée selon la méthode d'aromatogramme (A) et la méthode de micro-atmosphère (B). .....	17
<b>Figure 9</b> : Effet antibactérien de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>P. aeruginosa</i> testée selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B). .....	17
<b>Figure 10</b> : Effet antifongique de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>A. flavus</i> selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B). .....	19
<b>Figure 11</b> : Résultat de l'antibiogramme obtenu de <i>K. pneumoniae</i> . .....	21
<b>Figure 12</b> : Résultat de l'antibiogramme obtenu de la souche <i>A. baumannii</i> . .....	24
<b>Figure 13</b> : Effet antifongique de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>C. albicans</i> selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B). .....	27
<b>Figure 14</b> : Effet antibactérien de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>S. aureus</i> selon la méthode d'aromatogramme (A) et de microatmosphère (B). .....	27
<b>Figure 15</b> : Effet antibactérien de l'HE de <i>C. citratus</i> vis-à-vis de la souche <i>P. aeruginosa</i> selon la méthode d'aromatogramme (A) et de microatmosphère (B). .....	28

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Répartition géographique de <i>C. citratus</i> dans le monde (Lawal <i>et al.</i> , 2017).....	2
<b>Tableau II</b> : Noms vernaculaires de <i>C. citratus</i> dans différents pays (Shah <i>et al.</i> , 2011). ....	3
<b>Tableau III</b> : Usages traditionnels de <i>C. citratus</i> dans différents pays (Ralambondrainy, 2017).....	5
<b>Tableau IV</b> : Composition chimique de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> (Boudjebir, 2017)...	7
<b>Tableau V</b> : Résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches bactériennes de référence.....	18
<b>Tableau VI</b> : Résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches fongiques de référence. ....	20
<b>Tableau VII</b> : Résultats des antibiogrammes des souches <i>E. coli</i> et <i>K. pneumoniae</i> . ....	22
<b>Tableau VIII</b> : Résultat de l'antibiogramme de la souche <i>E. faecalis</i> . ....	23
<b>Tableau IX</b> : Résultat de l'antibiogramme de la souche <i>P. aeruginosa</i> . ....	23
<b>Tableau X</b> : Résultat de l'antibiogramme de la souche <i>A. baumannii</i> . ....	25
<b>Tableau XI</b> : Résultat de l'antibiogramme de la souche <i>S. aureus</i> .....	25
<b>Tableau XII</b> : Résultats de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches microbiennes isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux par les deux méthodes effectuées.....	29

## Liste des abréviations

**ATB:** Antibiotique.

**ATCC:** American Type Culture Collection.

**ATP :** Adénosine-triphosphate.

**CA-SFM :** Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.

**C. H. U :** Centre Hospitalier et Universitaire.

**CLSI:** Clinical and Laboratory Standards Institute.

**DZI :** Diamètre de la Zone d'Inhibition.

**ECBU :** Examen Cytobactériologique des Urines.

**ECBV :** Examen Cytobactériologique des Pertes Vaginaux.

**EUCAST:** Comité Européen sur les Tests de Sensibilité aux Antibiotique.

**HE(s):** Huile(s) Essentielle(s).

**IG:** Infection Génitale.

**IU :** Infection Urinaire.

**IV:** Infection Vaginal.

**MF:** Mac Farland.

**MH:** Muller Hinton.

**PDA:** Potato Dextrose Agar.

**pH:** potentiel Hydrogène.

**UFC :** Unité Formant Colonie.

**URE :** Enzyme Uréase.

## Glossaire

- ❖ **Antibiothérapie** : l'antibiothérapie est une technique de traitement faisant appel à un ou plusieurs médicaments anti-infectieux. Ces médicaments appartenant à la famille des antibiotiques, dont l'activité agit contre les bactéries responsables des infections (**Ouakhzan, 2011**).
- ❖ **Citral** : le citral est un ingrédient de parfum composé d'un mélange de néral et de géraniol. Il a montré un potentiel biologique important dans des diverses études (**Akhila, 2010**).
- ❖ **Extraction des huiles essentielles** : l'extraction est la première étape pour séparer le produit naturel désiré de la matière première. Il s'agit d'une opération complexe et délicate, elle est conçue pour capter et collecter les produits volatils, délicats et fragiles que produisent les plantes sans altérer leur qualité (**Boukhatem et al., 2019**).
- ❖ **Métabolites secondaires** : les métabolites secondaires sont des substances organiques de faible poids moléculaire fabriquées par les plantes, ils rendent ces plantes compétitives dans leur propre environnement. Ces petites molécules ont des effets étendus sur les plantes elles-mêmes et sur d'autres organismes (**Teoh, 2015**).
- ❖ **Phytothérapie** : la phytothérapie est le traitement par les plantes (**Bruneton, 1999**). C'est une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et certains états pathologiques au moyen de : végétaux, parties de végétaux ou préparations à base de végétaux qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe (**Wichtl et Anton, 2003**).
- ❖ **Plantes aromatiques** : les plantes aromatiques sont des plantes capables de synthétiser des parfums (**Verreck, 2007**). Elles sont utilisées en médecine traditionnelle (racines, feuilles, fleurs...), dont certaines ont des propriétés médicinales (**Dutertre, 2011**). Les effets de ces plantes proviennent de leurs différents composés ou de la synergie entre ces derniers (métabolites primaires ou secondaires) (**Sanago, 2006**).
- ❖ **Plantes oléagineuses** : les plantes oléagineuses sont des précieux réservoirs d'acides gras a usage alimentaire et industriel (**Merrien et al., 2012**).



- ❖ **Poaceae** : ou Graminées, est une famille des plantes la plus performante en termes de : leur présence mondiale dans presque tous les écosystèmes, leur dominance écologique et leur grande richesse en espèces (**Linder et al., 2017**).
- ❖ **Principe actif ou composé bioactif** : il s'agit d'une molécule d'intérêt thérapeutique ou prophylactique chez l'homme ou l'animal. Les ingrédients actifs sont contenus dans des préparations à base de plantes ou des drogues végétales (**Pelt, 1980**).
- ❖ **Substances volatils** : Le terme composé organique volatil comprend une grande variété de substances chimiques ayant pour caractéristique commune d'être des carbones composés volatils à température ambiante. Ils peuvent être classés en différentes familles définies par leur composition chimique formules, dont chacune possède des propriétés communes, bien qu'il puisse y avoir des différences importantes en termes de toxicité (**Cicolella, 2008**).

## Résumé

Le vaste monde végétal fournit depuis des milliers d'années des éléments nécessaires à la survie de l'espèce humaine, dont les plantes aromatiques et médicinales. Notre travail s'intéresse à l'étude de l'huile essentielle de l'une de ces plantes qui est *Cymbopogon citratus*. L'objectif de cette étude est d'évaluer le pouvoir antimicrobien de l'HE de *C. citratus* pour une éventuelle utilisation en aromathérapie anti-infectieuse.

La présente étude traite dans la première partie l'évaluation du potentiel antagoniste de l'huile essentielle de *C. citratus* qui est extraite à partir de la partie aérienne fraîche de la plante (feuilles) par les tests d'aromatogramme et de micro-atmosphère, contre 03 souches bactériennes et 06 fongiques de référence. Les résultats de cette activité antimicrobienne ont montré que cette HE est très active vis-à-vis les souches fongiques testées, dont nous avons obtenus une inhibition totale de leur croissance à partir des faibles doses avec les deux méthodes utilisées. Cette HE a également montré une bonne activité antibactérienne, en particulier vis-à-vis de la souche *Staphylococcus aureus*. Tandis que, la souche *Pseudomonas aeruginosa* a montré une résistance à cette HE en particulier avec la fraction volatile.

Sur la base des résultats impressionnants obtenus, nous avons opté à tester l'effet antimicrobien de cette HE vis-à-vis de 07 souches pathogènes, cliniquement isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux des patients dont : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans*.

Les résultats obtenus de l'activité antimicrobienne de cette HE vis-à-vis de ces souches isolées cliniquement ont montré une inhibition totale de la souche *C. albicans* à toutes les doses testées en phase liquide et vapeur. Pendant que l'activité antibactérienne a été plus significative chez les souches bactériennes à Gram positif, en particulier *S. aureus*, que chez les souches bactériennes à Gram négatif. Ces résultats très encourageants, peuvent permettre la considération de l'HE de *C. citratus* comme étant un agent antimicrobien potentiellement précieux pour traiter les différentes infections microbiennes.

**Mots clés :** *Cymbopogon citratus*, huile essentielle, aromatogramme, micro-atmosphère, activité antimicrobienne.

## Abstract

The vast plant world has provided for thousands of years elements necessary for the survival of the human species, including aromatic and medicinal plants. Our work focuses on the study of the essential oil of one of these plants which is *Cymbopogon citratus*. The objective of this study is to evaluate the antimicrobial power of *C. citratus* essential oil (EO) for possible use in anti-infective aromatherapy.

The present study deals in the first part with the evaluation of the antagonistic potential of the essential oil of *C. citratus* which is extracted from the fresh aerial part of the plant (leaves) by aromatogram and micro-atmosphere tests, against 03 bacterial and 06 fungal reference strains. The results of this antimicrobial activity showed that this EO is very active against the fungal strains tested, from which we obtained a total inhibition of their growth from low doses with the two methods used. This essential oil also showed good antibacterial activity, in particular against the *Staphylococcus aureus* strain. While, the *Pseudomonas aeruginosa* strain showed resistance to this EO in particular with the volatile fraction.

Based on the impressive results obtained, we opted to test the antimicrobial effect of this EO against 07 pathogenic strains, clinically isolated from urinary and vaginal samples from patients including: *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*.

The results obtained from the antimicrobial activity of this EO against these clinically isolated strains showed total inhibition of the *C. albicans* strain at all doses tested in the liquid and vapor phase. While the antibacterial activity was more significant in Gram-positive bacterial strains, especially *S. aureus*, than in Gram-negative bacterial strains. These very encouraging results may allow the consideration of the EO of *C. citratus* as being a potentially valuable antimicrobial agent to treat different microbial infections.

**Keywords:** *Cymbopogon citratus*, essential oil, aromatogram, micro-atmosphere, antimicrobial activity.

## ملخص

قدم عالم النباتات الواسع لآلاف السنين العناصر الضرورية لبقاء الجنس البشري، بما في ذلك النباتات العطرية والطبية. يتمحور عملنا هذا على دراسة زيت عطري لأحد هذه النباتات وهو *Cymbopogon citratus* الذي يطلق عليه نبات عشبة الليمون حيث أن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم قوة الزيت العطري لـ *C. citratus* المضادة للميكروبات من أجل استخدامها مستقبلاً في العلاج ضد الالتهابات.

تتناول الدراسة الحالية في جزئها الأول، تقييم القدرة المضادة للزيت العطري لنبات *C. citratus* ضد 03 سلالات بكتيرية و 06 سلالات فطرية مرجعية عن طريق اختبارات *aromatogramme* و *micro-atmosphère* منه. أظهرت نتائج هذا النشاط المضاد للميكروبات أن هذا الزيت العطري جد فعال ضد السلالات الفطرية التي تم اختبارها، حيث تم تثبيط نموها كلياً ابتداءً من جرعات منخفضة و بكلا الطريقتين المستخدمتين. أظهر هذا الزيت العطري أيضاً نشاطاً جيداً مضاداً للبكتيريا، خاصةً ضد سلالة *Staphylococcus aureus*. بينما أظهرت سلالة *Pseudomonas aeruginosa* مقاومة لهذا الزيت العطري خاصة مع اختبار *micro-atmosphère*.

بناءً على النتائج الرائعة التي تم الحصول عليها، اخترنا اختبار التأثير المضاد للميكروبات لهذا النوع ضد 07 سلالات ممرضة، معزولة سريريًا من عينات المسالك البولية والمهبلية من المرضى بما في ذلك: *Escherichia coli*، و *Pseudomonas aeruginosa*، و *Klebsiella pneumoniae*، و *Acinetobacter baumannii*، و *Enterococcus faecalis*، و *Staphylococcus faecalis* و *Candida albicans*.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من النشاط المضاد لهذا الزيت العطري ضد هذه السلالات المعزولة سريريًا تثبيطًا تامًا لسلالة *C. albicans* مع جميع الجرعات المختبرة بالتصوير العطري و الغلاف الجوي الدقيق. بينما كان هذا النشاط المضاد في حالة للبكتيريا أكثر أهمية ضد السلالات البكتيرية موجبة الجرام، وخاصة ضد *S. aureus*، مقارنة بالسلالات البكتيرية سالبة الجرام. هذه النتائج المشجعة قد تمكن اعتبار هذا الزيت العطري كعامل مضاد للميكروبات وربما إمكانية استعماله لعلاج الالتهابات الميكروبية المختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** عشبة الليمون، زيت عطري، *aromatogramme*، *micro-atmosphère*، نشاط مضاد

للميكروبات.

## Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Glossaire

Résumé

Abstract

ملخص

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Synthèse bibliographique.....</b>	<b>2</b>
I.1. Généralité sur la plante <i>Cymbopogon citratus</i> .....	2
I.1.1. Classification taxonomique .....	2
I.1.2. Dénomination internationale .....	3
I.1.3. Description botanique de la plante .....	4
I.1.4. Composants bioactifs de <i>Cymbopogon citratus</i> .....	4
I.2. Huiles essentielles .....	5
I.3. Huile essentielle de <i>C. citratus</i> .....	6
I.3.1. Procédure d'extraction de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> .....	6
I.3.2. Composition chimique.....	7
I.4. Activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Cymbopogon citratus</i> .....	8
I.4.1. Activité antimicrobienne .....	8
I.5. Aromathérapie .....	10
<b>II. Matériel et méthodes.....</b>	<b>11</b>
II.1. Matériel .....	11

II.1.1. Matériel non biologique .....	11
II.1.2. Matériel biologique .....	11
II.2. Méthodes.....	12
II.2.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de <i>Cymbopogon citratus</i> vis-à-vis des souches de référence .....	12
II.2.2. Les souches microbiennes isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux .....	15
II.2.2.1. Test de l'antibiogramme des souches isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux .....	15
II.2.2.2 Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches cliniques isolées.....	16
<b>III. Résultats et discussion .....</b>	<b>16</b>
III.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches de référence.....	16
III.1.1. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches de référence .....	16
III.1.2. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis des souches de référence .....	19
III.2. Antibiogramme des souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux.....	21
III.2.1. Antibiogramme des souches identifiées à partir des prélèvements urinaires.....	21
III.2.2. Antibiogramme des souches identifiées à partir des prélèvements vaginaux .....	24
III.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de <i>C. citratus</i> vis-à-vis les souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux.....	26
<b>Conclusion.....</b>	<b>31</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

La fréquence accrue des infections microbiennes au cours de ces dernières années et l'émergence de résistance aux antibiotiques et aux antifongiques de synthèse constituent une préoccupation sanitaire majeure. La résistance aux antibiotiques est principalement causée par les activités humaines, de la sur-utilisation ou à la mauvaise utilisation des antibiotiques, qui conduisent souvent à l'échec du traitement (**El Salabi *et al.*, 2013 ; Llor et Bjerrum, 2014 ; Woolhouse *et al.*, 2016**).

Pour cela, il est nécessaire de rechercher d'autres méthodes alternatives moins onéreuses et plus respectueuses de la santé humaine, telle que l'utilisation des plantes. Contrairement aux antibiotiques, les additifs à base de plantes sont disponibles dans la nature avec moins d'effets secondaires (**Vidanarachchi *et al.*, 2005**). Les nombreuses activités biologiques des molécules bioactives d'origine végétale expliquent leur intérêt particulier dans de nombreux domaines, qu'il s'agisse de la santé, de l'alimentation, du cosmétique ou de la médecine (**Oudjedi *et al.*, 2019**).

Récemment, des avancées inattendues ont été observés concernant l'usage des plantes médicinales sur les continents africain et asiatique (**Lawal *et al.*, 2017**). La citronnelle, *Cymbopogon citratus*, qui appartient à la famille des Graminées (*Poaceae*) est l'une de ces puissantes sources alternatives d'agent antimicrobien. Les recherches sur l'utilisation de la citronnelle comme agent antimicrobien se sont principalement focalisées sur l'utilisation de son huile essentielle (**Adukwu *et al.*, 2016 ; De Silva *et al.*, 2017**). Cette plante est économiquement importante pour l'extraction de l'huile essentielle car elle contient 1 à 2 % de cette huile dans ses herbes (**Aftab *et al.*, 2011 ; Ekpenyong, 2014 ; Avila *et al.*, 2016**).

En Algérie, l'augmentation de taux des germes multi-résistants impliqués dans les infections urinaires et vaginales nécessite l'exploitation des alternatives naturelles, telles que l'utilisation des huiles essentielles extraites à partir des plantes aromatiques et médicinales.

L'objectif de notre travail consiste à valoriser ces plantes aromatiques et médicinales, notamment *Cymbopogon citratus*, par la détermination de la sensibilité des souches bactériennes et fongiques vis-à-vis de l'huile essentielle extraite à partir de cette plante dans un but de remplacer progressivement les composés synthétiques par des sources naturelles. Dans notre étude, nous avons commencé par l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle *C. citratus* vis-à-vis des souches bactériennes et fongiques de référence puis vis-à-vis des souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux des patients.



**SYNTHÈSE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Synthèse bibliographique

### I.1. Généralité sur la plante *Cymbopogon citratus*

Le nom *Cymbopogon* est dérivé des mots grecs "kymbe" (bateau) et "pogon" (barbe), se référant à la disposition des inflorescences (**Shah et al., 2011**).

*Cymbopogon citratus* est une plante aromatique originaire du Sud de l'Inde et du Sri Lanka (**Shah et al., 2011**). Cette plante est cultivée dans la plupart des régions du monde (**Tableau I**), plus particulièrement elle préfère les climats tropicaux, un climat chaud et humide avec des températures de 24 à 27° C et des valeurs de pH entre 5 et 5,8. *C. citratus* pousse mieux à des altitudes allant du niveau de la mer à 1200 m avec des précipitations annuelles de 2000 à 2500 mm. Elle occupe une superficie de 16 000 hectare dans le monde et la production annuelle est d'environ 1000 tonnes (**Jayasinha, 2001 ; Skaria et al., 2012**).

**Tableau I** : Répartition géographique de *C. citratus* dans le monde (**Lawal et al., 2017**).

Continent	Pays	Références
Asie	Inde Sri Lanka	( <b>Jeong et Choi., 2009</b> ) ( <b>Jayasinha, 2001</b> )
Afrique	<b>Algérie</b> Egypte	( <b>Boukhatem et al., 2013</b> ) ( <b>Hanaa et al., 2012</b> )
L'Europe	Italie Royaume-Uni	( <b>Berteau et al., 2003</b> ) ( <b>Humphrey, 1973</b> )
Amérique du Nord	Canada Les états -unis d'Amérique	( <b>Nanon et al., 2014</b> )
Amérique du Sud	Argentine Brésil	( <b>Hilgert, 2001</b> ) ( <b>Costa et al., 2011</b> )
Australie et Océanie	Australie	( <b>Beech, 1990</b> )

#### I.1.1. Classification taxonomique

La citronnelle a été décrite pour la première fois comme *Andropogon citratus* par De Candolle puis reclassée comme *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf par Otto Stapf (**Negrelle et Gomes 2007**). Le genre *Cymbopogon* fait partie des plus importantes plantes oléagineuses monocotylédones de la famille des Graminées (*Poaceae*), et englobe environ 180 espèces, dont la très répandue est *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (**Berteau et Maffei, 2010 ; Shah et al., 2011**) (**Figure 1**).

<b>Domaine</b> : Biota Endl. (D.Don)
<b>Règne</b> : Plantae Haeckel, 1866
▪ <b>Sous-Règne</b> : Viridiplantae
▪ <b>Infra-Règne</b> : Streptophyta John, Williamson & Guiry, 2011
▪ <b>Classe</b> : Equisetopsida C.Agardh, 1825
▪ <b>Clade</b> : Tracheophyta Sinnott ex Cavalier-Smith, 1998
▪ <b>Clade</b> : Spermatophyta
▪ <b>Sous-Classe</b> : Magnoliidae Novák ex Takht., 1967
▪ <b>Super-Ordre</b> : Liliales Takht., 1967
• <b>Clade</b> : Commelinids
▪ <b>Ordre</b> : Poales Small, 1903
▪ <b>Famille</b> : Poaceae Barnhart, 1895
▪ <b>Sous-Famille</b> : Panicoideae A.Braun, 1864
▪ <b>Super-Tribu</b> : Andropogonodae L.Liu, 1980
▪ <b>Tribu</b> : Andropogoneae Dumort., 1824
▪ <b>Sous-Tribu</b> : Andropogoninae J.Presl, 1830
▪ <b>Genre</b> : <i>Cymbopogon</i> Spreng., 1815
▪ <b>Espèce</b> : <i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf, 1906

**Figure 1** : Classification taxonomique de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Angiosperm Phylogeny Website, 2016).

### I.1.2. Dénomination internationale

*Cymbopogon citratus* est largement connue sous le nom de citronnelle des Antilles ou simplement citronnelle, mais en raison de sa distribution elle a plusieurs noms, en Algérie elle porte le nom de **Louisa elromia** (لويضة الرومية) (Toumi et Ben khalifa, 2018) (Tableau II).

**Tableau II** : Noms vernaculaires de *C. citratus* dans différents pays (Shah et al., 2011).

Pays	Noms commun	Pays	Noms commun
Égypte	Capim-santo	Malaisie	Sakumau
Anglais	Lemon grass	Mexique	Zacate limon
Éthiopie	Lemongrass	Suédois	Citrongröss
Hindi	Citronella	Thaïlande	Ta- khrai
Indonésien	Tej-sar	Turc	Limon out
Italien	Cimbopogone	USA	Citronnelle
		Brésil	Capim-cidrao

### I.1.3. Description botanique de la plante

*C. citratus* est une plante aromatique vivace à croissance rapide qui pousse en masses dense sans branches et sa durée de vie varie de 4 à 6 ans (**Figure 2**) (**Oyen et Nguyen, 1999**). Cette plante peut atteindre une longueur totale de 2 mètres et une largeur de 1,2 mètre. Son rhizome est court et se reproduit. Les feuilles sont turquoises uniques, longues, brillantes, plates, droites, effilées et fermées à la base avec une longueur de 1 m ou plus et une largeur de 5 à 15 mm (**Negrelle et Gomes, 2007 ; Shah et al., 2011**). Sa reproduction se fait par division racinaire car la production des fleurs et des graines est très rare. Son inflorescence se présente sous forme d'une paire de grappes foliaires acuminées entourées de bourgeons d'environ 1 m de long, avec une longueur de pédoncule de 30 à 60 cm (**Oyen et Nguyen, 1999 ; Ross, 1999 ; Jayashinha, 2001**).



**Figure 2 :** Champs de culture de citronnelle appartenant à la société "Extral-Bio" (Chiffa, Blida) (**Guici El Kouacheur et Boucetta, 2017**).

### I.1.4. Composants bioactifs de *Cymbopogon citratus*

*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf possède une forte odeur citronnée en raison de sa teneur élevée en aldéhyde citral, qui possède deux isomères géométriques, le gèranial (citral  $\alpha$ ) et le néral (citral  $\beta$ ) (**Shah et al., 2011**). Cette plante est une source importante en biomolécules telles que : les protéines et le Magnésium (**Prasad et al., 1998**) ; les fibres, les glucides et les vitamines A, B et C (**Nambiar et Matela, 2012 ; Abbas et El-Saeid, 2012**) ; le Phosphore (**Singh et al., 2012**) ; le Sélénium (**Alsogayer, 2018**) et le Zinc (**Ranjah, 2019**).

### I.1.5. Utilisation médicinale de la plante

*C. citratus* est utilisée non seulement à des fins décoratives mais aussi à des fins médicinales. Cette plante aromatique est utilisée en médecine traditionnelle dans divers

traitements humains, en raison de la présence des puissants composants bioactifs (**Tarkang et al., 2012 ; Han et Parker, 2017**). La citronnelle est principalement utilisée en cas de : fièvre, troubles digestifs, inflammation, rhume... (**Tableau III**).

**Tableau III** : Usages traditionnels de *C. citratus* dans différents pays (**Ralambondrainy, 2017**).

Continent	Pays	Usages traditionnels	Forme utilisée	Référence
<b>Afrique</b>	Nigéria	Fièvre ; rhume ; toux ; diabète ; anti-inflammatoire ; troubles nerveux	- Feuilles	( <b>Akande et al., 2011</b> )
<b>Amérique</b>	Bolivie	- Insectifuge	- Huile essentielle	( <b>Moore et al., 2007</b> )
	Colombie	- Dentaire	- Racines	( <b>Avoseh et al., 2015</b> )
<b>Asie</b>	Thaïlande	- Problèmes intestinaux (diurétique) ; fièvre.	- Feuilles	( <b>Wannissorn et al., 2005</b> )
	Inde	- Répulsif	- Plante entière	( <b>Rao et Jamir, 1982</b> )
		- Insectifuge ; antimicrobien	- Huile essentielle	( <b>Bansod et Rai, 2008</b> )

## I.2. Huiles essentielles

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante et au fait qu'elles soient inflammables (**Bruneton, 2005**).

Selon la Commission de la Pharmacopée Européenne (01-2008 : 2098) : une huile essentielle est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».

Cependant, les huiles essentielles sont généralement considérées comme des métabolites secondaires ou des sous-produits de l'activité métabolique des plantes (**Amiot,**

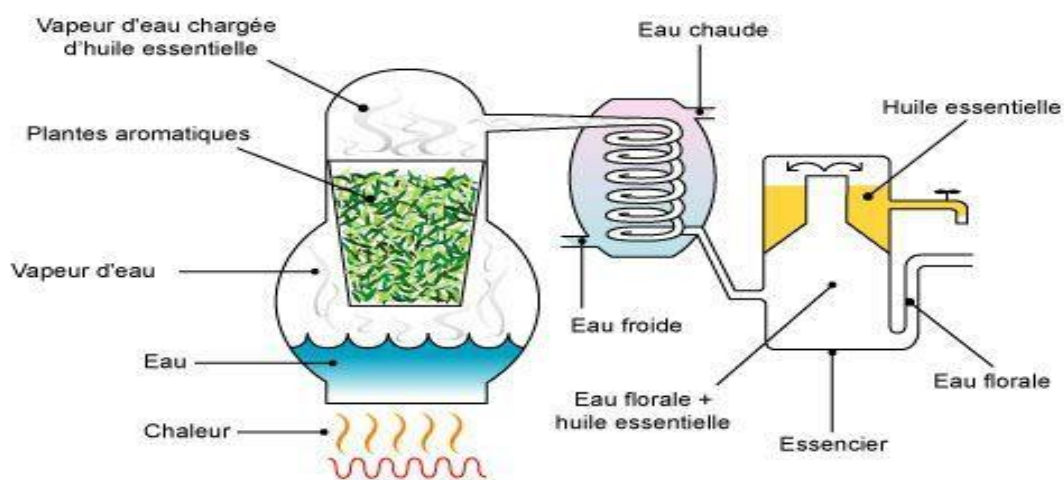
2005). Elles permettent surtout aux plantes de se protéger des agressions extérieures grâce à leur pouvoir antiseptique, elles protègent également les plantes en contrôlant la croissance des bactéries et des parasites du sol (Dorosso, 2002 ; Kaloustian et Hadji-Minaglo., 2012). Certains auteurs suggèrent que les huiles essentielles pourraient favoriser la pollinisation (Guignard, 2000). Alors que d'autres, ont découvert qu'elles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement (Fouché *et al.*, 2000).

### I.3. Huile essentielle de *C. citratus*

L'huile essentielle de citronnelle est un liquide clair, d'une couleur jaune pâle à vert avec un fort parfum de citron frais et un goût sucré légèrement aigre-doux (Akhila, 2010). Cette HE est principalement bio-synthétisée dans les jeunes feuilles de la plante avec le citral comme composant principal (Zouari, 2014 ; Avila *et al.*, 2016).

#### I.3.1. Procédure d'extraction de l'huile essentielle de *C. citratus*

La qualité des huiles essentielles dépend principalement de leurs constituants et de la méthode d'extraction (Desai et Parikh, 2015 ; Wu *et al.*, 2019). Actuellement, la méthode la plus populaire pour extraire l'huile essentielle de citronnelle est la distillation à la vapeur. Cette méthode est principalement utilisée pour les matériaux sensibles à la température et insolubles dans l'eau. La distillation à la vapeur consiste à mettre en contact des plantes avec de l'eau dans un alambic industriel, le tout est par la suite porté à l'ébullition. La vapeur est ensuite condensée dans un refroidisseur et l'huile essentielle est séparée de l'eau par des différences de densité (Fernandes *et al.*, 2019) (Figure 3).



**Figure 3 :** Procédure d'extraction des huiles essentielles par la méthode de distillation à la vapeur (Boutamani, 2013).

### I.3.2. Composition chimique

La composition chimique des extraits de *C. citratus* varie selon : l'origine géographique, les différences génétiques, les parties de la plante et la méthode d'extraction utilisée, l'âge de maturité, le stade de maturation ainsi que la saison de la récolte (**Idress et al., 2012 ; Ewansiha et al., 2012**).

L'huile essentielle de *C. citratus* est composée de molécules tels que : géraniol, néral et myrcène (**Tableau IV**). Les composés de cette huile sont répartis en quatre groupes : mono-terpènes oxygénés, sesquiterpènes oxygénés, hydrocarbures mono-terpéniques et hydrocarbures sesquiterpènes. D'autres composants tels que : des alcaloïdes, des saponines, des flavonoïdes, d'acide caféique et des sucres ont également été trouvés dans les feuilles de cette plante (**Akhila, 2010**).

*C. citratus* est cultivée en raison de sa forte teneur en citral, qui est le principale composant actif impliqué dans l'activité antifongique et antibactérienne de l'huile essentielle (**Miean et Mohamed, 2001 ; Cheel et al., 2005**).

**Tableau IV** : Composition chimique de l'huile essentielle de *C. citratus* (**Boudjebir, 2017**).

Composées	Pourcentage (%)
Géraniol ( $\alpha$ -citral)	28,93
Néral ( $\beta$ -citral)	24,30
Myrcène	23,92
Linalol	6,56
Géranol	2,42
B-Ocimène	1,47
Triacotane	1,33
3-Carène	0,99
Nonadecane	0,55
Citronellale	0,41
Citronellole	0,35
Tétracosane	0,25
Eicosane	0,19
Limonène	0,07

#### I.4. Activités biologiques de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*

La citronnelle possède une variété d'activités biologiques tels que : les activités antibactériennes (**Liakos et al., 2016**) ; antifongiques (**Nguefack et al., 2012**) ; anti-oxydantes (**Balakrishnan et al., 2014**) ; anti-inflammatoires (**Han et Parker, 2017**) ; anticancéreuses, antimutagènes (**Thangam et al., 2014**) ; antidiabétique (**Kouame et al., 2015**) et conservatrice d'aliments (**De Billerbeck et al., 2001**). Cette huile est ainsi répulsive contre : les moustiques *Aedes* et *Culex*, les mouches et la tique *Rhipicephalus microplus* (**Chauhan et al., 2016** ; **Mahn et al., 2020** ; **Sheziyna et al., 2020**).

En tenant compte aux effets bénéfiques de l'HE de *Cymbopogon citratus* sur la santé humaine, l'évaluation de ses effets néfastes est envisagée. C'est un paramètre important qui devrait être pris en considération lors de son utilisation. Des études scientifiques ont montré que l'huile essentielle de *C. citratus* peut présenter une certaine toxicité. Cependant, celle-ci dépend de la voie et la fréquence d'exposition et de la dose prise (**Merzougui et Tadj, 2012**).

##### I.4.1. Activité antimicrobienne

L'huile essentielle extraite des feuilles de citronnelle est largement utilisée en raison de ses propriétés antibactériennes. Cette huile semble être plus efficace contre les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif (**Mayaud et al., 2008**). Généralement, l'activité antibactérienne de l'HE de *C. citratus* est due au géraniol ( $\alpha$ -citral) et au néral ( $\beta$ -citral) (**Cimanga et al., 2002**). Le citral a des propriétés antibactériennes qui détruisent les cellules bactériennes en augmentant la perméabilité de la membrane, en modifiant la morphologie cellulaire et en réduisant la synthèse d'ATP ce qui provoque la lyse ou la mort bactérienne (**Silva-Angulo et al., 2015**).

Cette huile possède également des propriétés antifongiques contre les levures et les champignons (**Negrelle et Gomez, 2007**), en inhibant leur croissance et leur germination, elle inhibe ainsi l'élongation mycélienne et la production des toxines chez les champignons. Cette activité est due à un mélange de géraniol et de néral (**Di Pasqua et al., 2006**).

Les différents micro-organismes n'ont pas la même sensibilité vis-à-vis de l'HE de *C. citratus*. Cela peut être lié à : la structure de leur paroi (chez les bactéries à Gram positif ou négatif), leur forme, leur métabolisme ainsi que leur résistance (**Lakhdar, 2015**).



### I.4.2. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne

L'effet antimicrobien des huiles essentielles peut être évalué selon plusieurs techniques expérimentales. Parmi ces techniques : la méthode de diffusion sur gélose « Méthode en phase liquide » et la méthode de micro-atmosphère « Méthode en phase vapeur ».

#### I.4.2.1. Méthode de diffusion sur gélose « Méthode en phase liquide »

La méthode de diffusion sur gélose ou d'aromatogramme (nommée aussi la méthode de Vincent) est un test *in vitro* utilisé pour mesurer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles (Pibiri, 2005). Cette méthode consiste à placer des petits disques de papier buvard imprégnés de l'huile essentielle à tester sur une gélose préalablementensemencée par des microorganismes (Figure 4). Chaque halo obtenu après une période d'incubation, est ensuite mesuré. Ce halo montre le diamètre de la zone d'inhibition (DZI) qui traduit la destruction des microorganismes due à l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle utilisée (Zhiri, 2006).

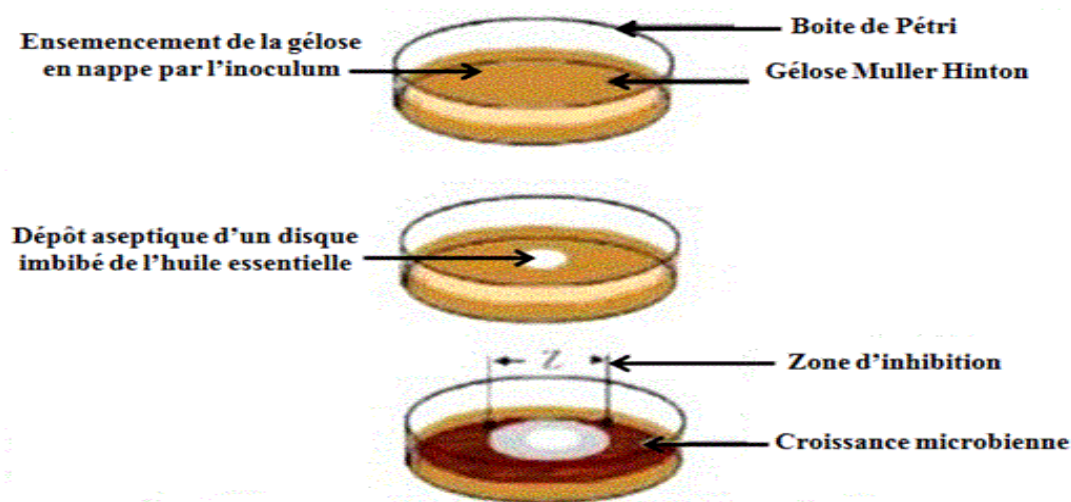


Figure 4 : Méthode d'aromatogramme (Boubricit et Baassad, 2007).

#### I.4.2.2. Méthode de micro-atmosphère « Méthode en phase vapeur »

La méthode de contact vapeur est utilisée pour évaluer l'activité antimicrobienne des huiles essentielles dans l'atmosphère (Lopez *et al.*, 2005 ; Tullio *et al.*, 2007). Cette méthode consiste à déposer un disque de papier filtre imprégné d'HE au centre du couvercle d'une boîte de Pétri, sans que l'HE entre en contact avec une gélose préalablementensemencée par des microorganismes (Figure 5). L'apparition des zones d'inhibition sur la gélose, après une

période d'incubation, montre la destruction des germes par l'activité antimicrobienne de l'HE (Inouye *et al.*, 2001 ; Nakahara *et al.*, 2003).

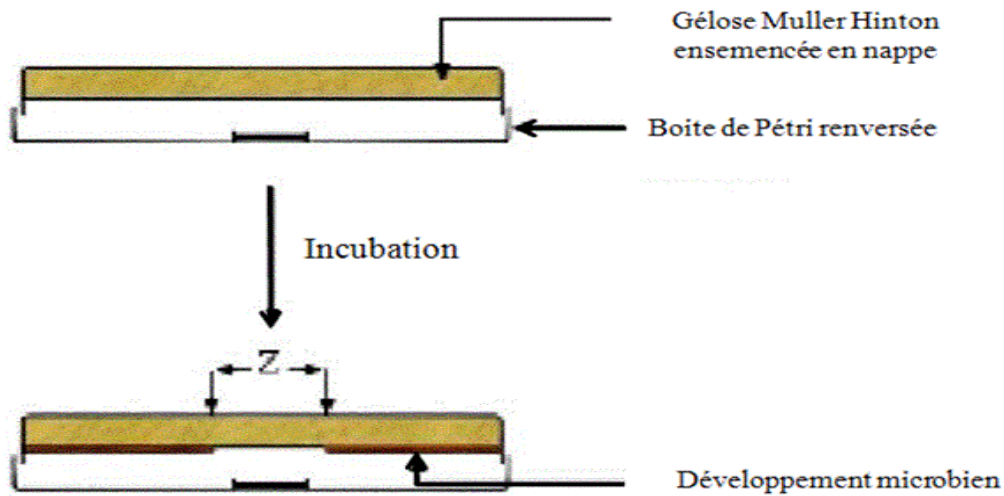


Figure 5 : Méthode de micro-atmosphère (Bousbia, 2005).

### I.5. Aromathérapie

L'aromathérapie est une branche de la phytothérapie qui utilise des extraits de plantes aromatiques comme : les huiles essentielles (Dorman et Deans, 2000).

L'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* peut inhiber la croissance des micro-organismes (à l'intérieur et à l'extérieur du corps) et aide à prévenir et à guérir les infections bactériennes du côlon, de l'estomac, des voies urinaires, des voies génitales et des voies respiratoires. Elle possède ainsi des propriétés antifongiques qui peuvent traiter radicalement certaines infections fongiques (De Billerbeck *et al.*, 2001 ; Oladoji, 2019).

# **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## II. Matériel et méthodes

L'étude expérimentale a été réalisée au niveau de trois laboratoires : Laboratoire PFE département de biotechnologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Blida 1 ; Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM) à l'Ecole Nationale Supérieure (ENS) de Kouba et Laboratoire de Microbiologie de l'Hôpital Salim Zemirli EL Harrach, Alger. Notre étude s'est étalée sur une période de deux mois et demi allant de Mars au Mai 2022.

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Matériel non biologique

Représenté principalement par : les milieux de cultures, la verrerie, l'appareillage et les réactifs (**Annexe 01**).

#### II.1.2. Matériel biologique

##### II.1.2.1. Huile essentielle

Notre étude s'intéresse à l'utilisation de l'huile essentielle de la plante de citronnelle *Cymbopogon citratus*. L'huile essentielle de cette plante a été achetée de la société « ZEITIPHARM ». Cette huile essentielle est certifiée « naturelle », elle a été extraite par le procédé d'hydro-distillation à partir de la partie aérienne fraîche de la plante (feuilles) cultivée dans la région de Tébessa en Algérie (**Figure 6**).



**Figure 6** : Flacon de 5 ml de l'huile essentielle de citronnelle "*Cymbopogon citratus*".

**N.B** : Après avoir assisté une formation sur l'extraction des huiles essentielles par le procédé d'hydro-distillation à la vapeur au niveau de notre université de Blida 1, nous avons opté à faire l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*, mais en raison de

l'indisponibilité de la plante de citronnelle en quantité suffisante dans notre région pour faire l'extraction durant notre période de stage, nous étions obligés d'acheter cette huile essentielle.

### **II.1.2.2. Germes cibles**

Les germes cibles testées sont des souches bactériennes ATCC (American type culture collection) et des souches fongiques ATCC qui nous ont été aimablement fournis par le Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM) ENS Kouba, ainsi que des souches microbiennes cliniquement isolées à partir : des prélèvements urinaires des patients des différents services de l'hôpital Salim Zemirli El Harrache et des prélèvements vaginaux à partir des patientes du service de gynécologie de l'hôpital Bachir Mentouri de Kouba.

L'évaluation de l'activité antibactérienne vis-à-vis des souches bactériennes de référence a été réalisé au niveau de laboratoire PFE département de biotechnologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Blida 1, et l'évaluation de l'activité antifongique vis-à-vis des souches fongiques de référence a été réalisé au niveau de Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM) à l'Ecole Nationale Supérieure (ENS) de Kouba. Tandis que l'évaluation de l'activité antimicrobienne des souches pathogènes qui ont été isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux a été faite au niveau de laboratoire de microbiologie de l'hôpital Salim Zemirli El Harrache.

## **II.2. Méthodes**

### **II.2.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* vis-à-vis des souches de référence**

La recherche du pouvoir antimicrobien *in vitro* de l'huile essentielle de la citronnelle consiste à évaluer l'inhibition de la croissance de divers germes cibles : 03 bactéries et 06 champignons filamenteux provenant de la collection du Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM).

L'activité antimicrobienne a été effectuée par deux méthodes : l'aromatogramme (Carson *et al.*, 2002) et la micro-atmosphère (Tyagi et Malik, 2010 ; Boukhatem *et al.*, 2013), en imprégnant des disques vierges et stériles de 6 mm de diamètre pour des volumes de 5 µl, 10 µl et 20 µl et des disques de 9 mm de diamètre pour le volume 40 µl (les diamètres des disques diffèrent selon la quantité d'HE à imbiber).

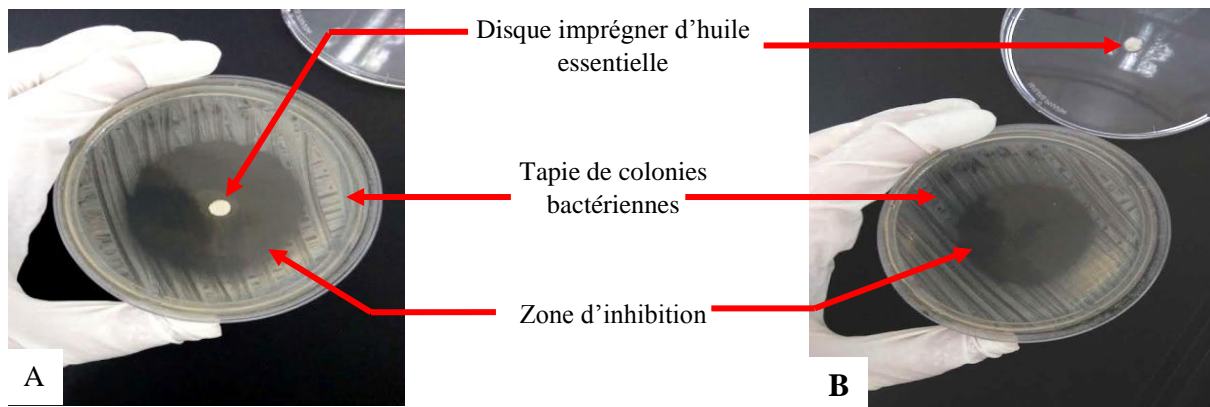
### II.2.1.1. Activité antibactérienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches de référence

Pour tester l'activité antibactérienne vis-à-vis des souches de référence, des suspensions bactériennes standardisées à une densité optique de 0,08 à 0,13 à une longueur d'onde de 625 nm (équivalent de 0,5 Mac Farland) ont été préparées à partir des cultures jeunes des bactéries : *Escherichia coli* (10536), *Pseudomonas aeruginosa* (CIP A22) et *Staphylococcus aureus* (44300). L'activité antibactérienne a été effectuée par l'ensemencement des bactéries cibles à partir de la suspension préparée sur une gélose Muller Hinton. Par la suite, des disques vierges ont été déposés manuellement à la surface de la gélose ensemencée (Aromatogramme) ou sur le couvercle de la boîte de Pétri (Micro-atmosphère). Ensuite, ces disques ont été imbibés par l'huile essentielle de *C. citratus*. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées pendant 2 heures à 4° C pour permettre une diffusion de cette huile et empêcher momentanément la croissance des bactéries cibles, puis elles ont été incubées à 37° C pendant 18 à 24 h, de façon que le couvercle de la boîte de Pétri est mis en bas.

Après l'incubation, la lecture des résultats a été faite en mesurant le diamètre des zones d'inhibition (DZI) autour des disques à l'aide d'un pied à coulis (le diamètre du disque est inclus) (**Figure 7**). Tous les essais bactériens et fongiques ont été répétés trois fois et le résultat étant la moyenne des trois essais. Une boîte témoin a été réalisée pour chaque expérience, c'est une boîte ensemencée dans les conditions de l'expérience sans disque dans le but de justifier la viabilité de la souche.

Selon **Chabert, (2013)** les souches microbiennes ont été classées selon les diamètres des zones d'inhibition comme suit :

- **DZI ≤ 8 mm** : sensibilité nulle de germe (ou germe résistant) ;
- **9 ≤ DZI ≤ 14 mm** : sensibilité limitée ;
- **15 ≤ DZI ≤ 19 mm** : sensibilité moyenne ;
- **DZI ≥ 20 mm** : très sensible.



**Figure 7 :** Activité antibactérienne vis-à-vis d'une souche bactérienne testée par la méthode d'aromatogramme (A) et la méthode de micro-atmosphère (B).

### II.2.1.2. Activité antifongique de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches de référence

L'activité antifongique a été testée sur 06 champignons ATCC d'origine LBSM : *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* (NRRL 3251), *Aspergillus carbonarius* (M333), *Aspergillus parasiticus* (CBS 100926), *Fusarium culmorum* (NRRL.1829) et *Umbelopsis ramanniana* (NRRL 1829). La suspension fongique a été préparée à partir d'une culture jeune, puis standardisée à une densité optique de 0,15 à 0,17 à une longueur d'onde de 525 nm (équivalent de 1,5 MF). Par la suite, un volume de 200 µl de cette suspension a été inoculé dans 100 ml de milieu PDA semi solide liquéfié « ensemencement en masse » (Annexe 01), ensuite le mélange « milieu + suspension » a été bien homogénéisé puis coulé dans des boîtes Pétri. Après solidification du milieu, des disques vierges ont été déposés manuellement à la surface de la gélose (Aromatogramme) ou sur le couvercle de la boîte de Pétri (Micro-atmosphère). Ensuite, les disques ont été imbibés par l'huile essentielle de *C. citratus* par différents volumes de 5 µl, 10 µl, 20 µl et 40 µl par disque pour la méthode d'aromatogramme et les volumes de 10 µl et 40 µl par disque pour la méthode de micro-atmosphère. Les boîtes sont incubées pendant 2 heures à 4° C, puis incubées à 30 °C pendant 48 h, de façon que le couvercle de la boîte de Pétri est mis en bas. La lecture des résultats de l'activité antifongique est faite de la même façon que celle de l'activité antibactérienne.

D'après les résultats de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* sur des souches bactériennes et fongiques de référence et afin de compléter notre travail nous avons opté à tester l'effet antimicrobien de cette huile sur des souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux des patients.

## II.2.2. Les souches microbiennes isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux

Afin de suivre notre travail de recherche, 07 souches pathogènes isolées à partir des prélèvements vaginaux et des prélèvements urinaires ont été ramenées de l'hôpital Salim Zemirli El Harrache. Quatre souches sont d'origine des prélèvements urinaires, dont 03 souches sont des bactéries à Gram négatif : *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa* et une souche à Gram positif : *Enterococcus faecalis*. Les trois autres souches sont d'origine des prélèvements vaginaux, dont une souche à Gram négatif *Acinetobacter baumannii*, une souche à Gram positif *Staphylococcus aureus* et une levure *Candida albicans*.

Nous avons d'abord réalisé le test de l'antibiogramme de ces souches cliniquement isolées puis évalué leurs sensibilités à l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*.

### II.2.2.1. Test de l'antibiogramme des souches isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux

Les sept souches microbiennes responsables des infections urinaires et vaginales qui ont été ramenées de l'hôpital Salim Zemirli El Harrache ont été testées pour leur sensibilité ou résistance aux antibiotiques de référence. Nous avons utilisé des disques d'antibiotiques (ATB) comme témoin positif, afin de pouvoir faire une comparaison significative entre les résultats obtenus de l'antibiogramme et les résultats de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*. Cependant, en ce qui concerne la souche *Candida albicans*, aucune étude comparative n'a été réalisée en raison de l'indisponibilité des disques antifongiques.

Dans cette étude, la méthode décrite par le comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie (CA-SFM), 2019 a été utilisée. La préparation de l'inoculum, l'ensemencement et l'incubation ont été menés de la même manière que celle de la méthode d'aromatogramme. La seule différence est que des disques d'antibiotiques de références ont été placés sur la surface de la gélose au lieu des disques vierges. Chaque souche bactérienne étudiée a ses propres antibiotiques à tester. L'apparition d'une zone transparente autour du disque après incubation est considérée comme une zone d'inhibition et les diamètres ont été par la suite mesurés à l'aide d'un pied à coulins. Les résultats ont été comparés aux valeurs critiques des tableaux des normes de l'EUCAST « Comité Européen sur les Tests de Sensibilité aux Antibiotique » édition 2019 pour obtenir un rapport qualitatif (**Annexe 02**) :



- Sensible (S) : si le diamètre d'inhibition est inférieur au diamètre critique de la souche.
- Intermédiaire (I) : si le diamètre d'inhibition est compris entre les diamètres critiques.
- Résistante (R) : si le diamètre d'inhibition est supérieur au diamètre critique.

### **II.2.2.2 Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches cliniques isolées**

Afin de tester l'activité antimicrobienne vis-à-vis des souches d'origine hospitalière, des suspensions microbiennes ont été préparées à partir des cultures jeunes de six bactéries et d'une levure. Cette suspension a été standardisée à 0,5 MF pour les bactéries et entre 2 à 2.5 MF pour la levure.

L'activité antimicrobienne a été effectuée par les deux méthodes d'aromatogramme et de micro-atmosphère sur le milieu Muller Hinton et la méthode de cette activité est détaillée dans la partie **II.2.1.**)

# **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

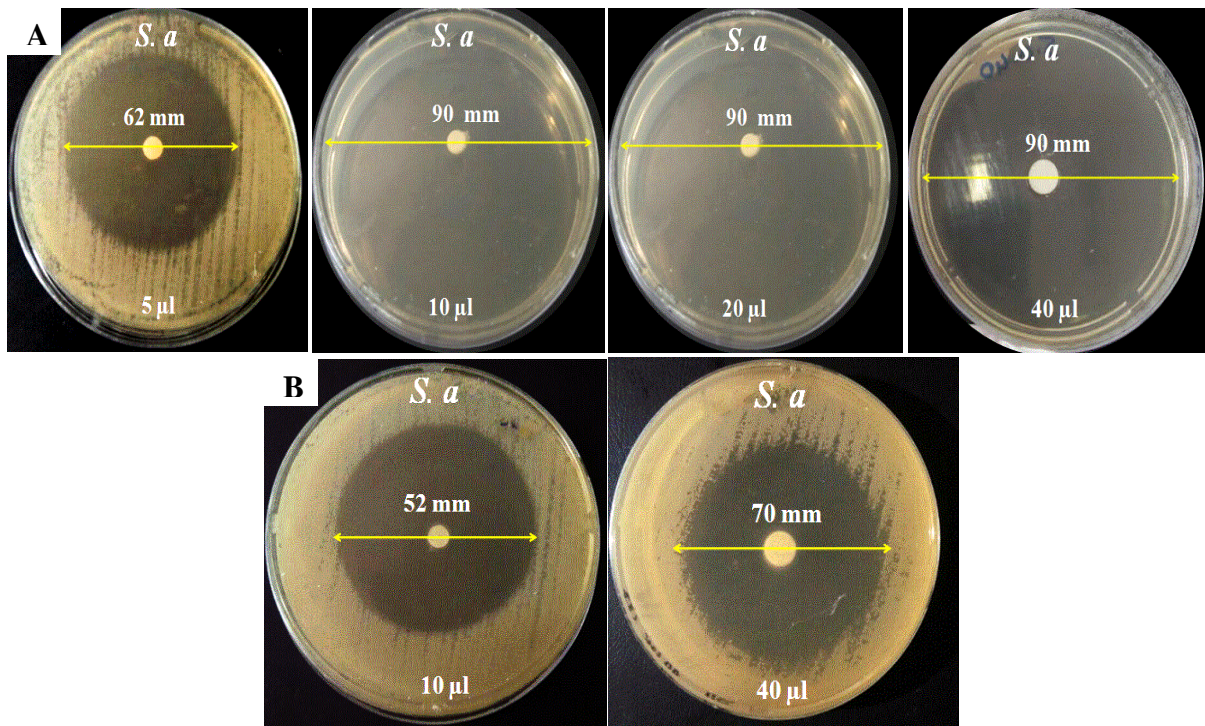
### III. Résultats et discussion

#### III.1. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches de référence

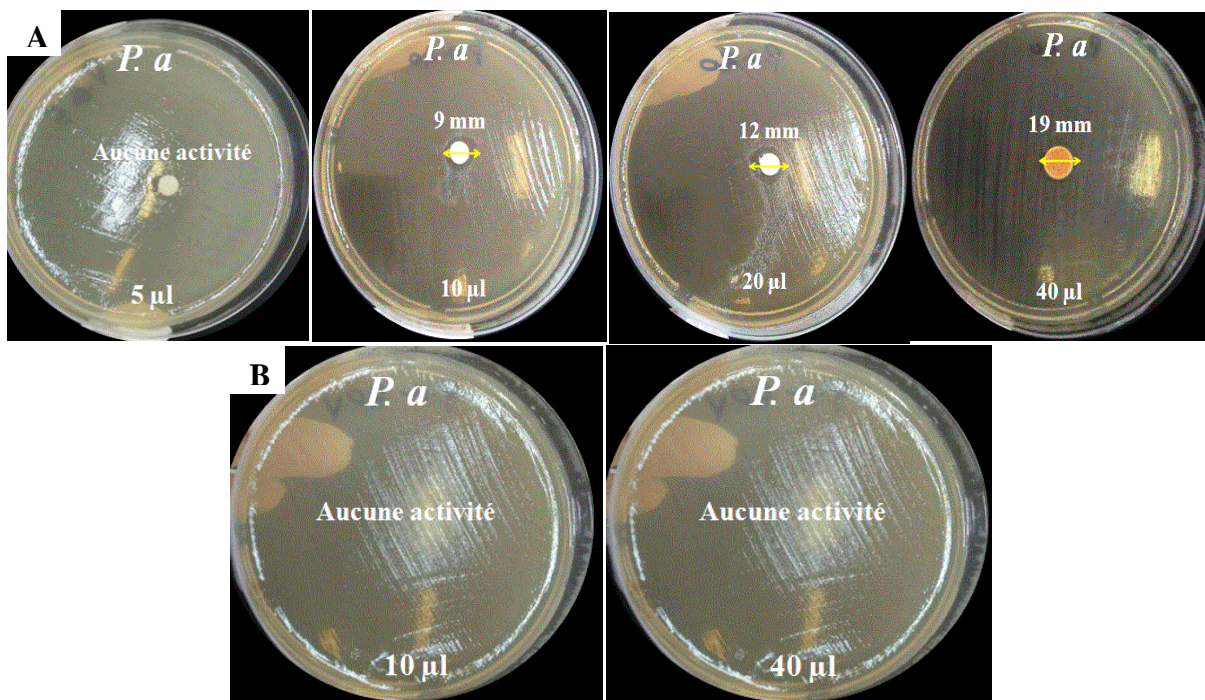
Le pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* a été évalué vis-à-vis de 09 souches microbiennes de référence, dont 03 bactéries et 06 champignons. Cette activité antimicrobienne a été testée sur le milieu Muller Hinton pour les bactéries et le milieu PDA pour les champignons, par la méthode d'aromatogramme « phase liquide » avec quatre doses différentes 5 µl, 10 µl, 20 µl et 40 µl par disque, ainsi que la méthode de micro-atmosphère « phase volatile » avec deux doses différentes 10 µl et 40 µl par disque.

##### III.1.1. Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches de référence

Le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle de *C. citratus* varie selon les souches bactériennes testées, la méthode utilisée et les concentrations de l'huile essentielle testée. D'après les résultats représentés dans le **tableau V**, nous constatons que la plus grande sensibilité à cette HE est notée chez la souche *S. aureus* avec des zones d'inhibition supérieures ou égales à 62 mm en phase liquide (**Figure 8 A**) et supérieures ou égales à 52 mm en phase vapeur (**Figure 8 B**). Cette sensibilité est plus faible chez la souche *E. coli* avec des zones d'inhibition allant de 11 à 27 mm en phase liquide et de 11,5 à 18 mm en phase vapeur. Tandis qu'une résistance plus forte est observée chez la souche *P. aeruginosa* donnant des zones d'inhibition de 19 mm pour la plus forte dose testée en phase liquide (**Figure 9 A**) et la fraction volatile n'a montré aucun effet vis-à-vis de cette souche (**Figure 9 B**).



**Figure 8 :** Effet antibactérien de l'HE de *C. citratus* vis-à-vis de la souche *S. aureus* testée selon la méthode d'aromatogramme (A) et la méthode de micro-atmosphère (B).



**Figure 9 :** Effet antibactérien de l'HE de *C. citratus* vis-à-vis de la souche *P. aeruginosa* testée selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B).

**Tableau V** : Résultats de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches bactériennes de référence.

Souches bactériennes de référence testées	Méthode d'aromatogramme								Méthode de micro-atmosphère			
	Quantité d'huile essentielle de <i>C. citratus</i> (µl / disque)											
	5		10		20		40		10		40	
	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT
<b>Bactéries à Gram négatif</b>												
<i>E. coli</i>	11± 0,57	L	15,5± 0,57	M	19,5± 0,57	M	27± 2,64	S	11,5± 1,52	L	18± 2	M
<i>P. aeruginosa</i>	-	R	9± 0,57	L	12± 0,57	L	19±1	L	-	R	-	R
<b>Bactéries à Gram positif</b>												
<i>S. aureus</i>	62± 2,3	S	90	S	90	S	90	S	52,5± 1,52	S	70±2	S

**DZI (mm)** : la moyenne des diamètres des zones d'inhibition en millimètre ; **INT** : interprétation ; **R** : sensibilité nulle de germe (ou germe résistant) ; **L** : sensibilité limitée ; **M** : sensibilité moyenne ; **S** : très sensible ; - : aucune activité.

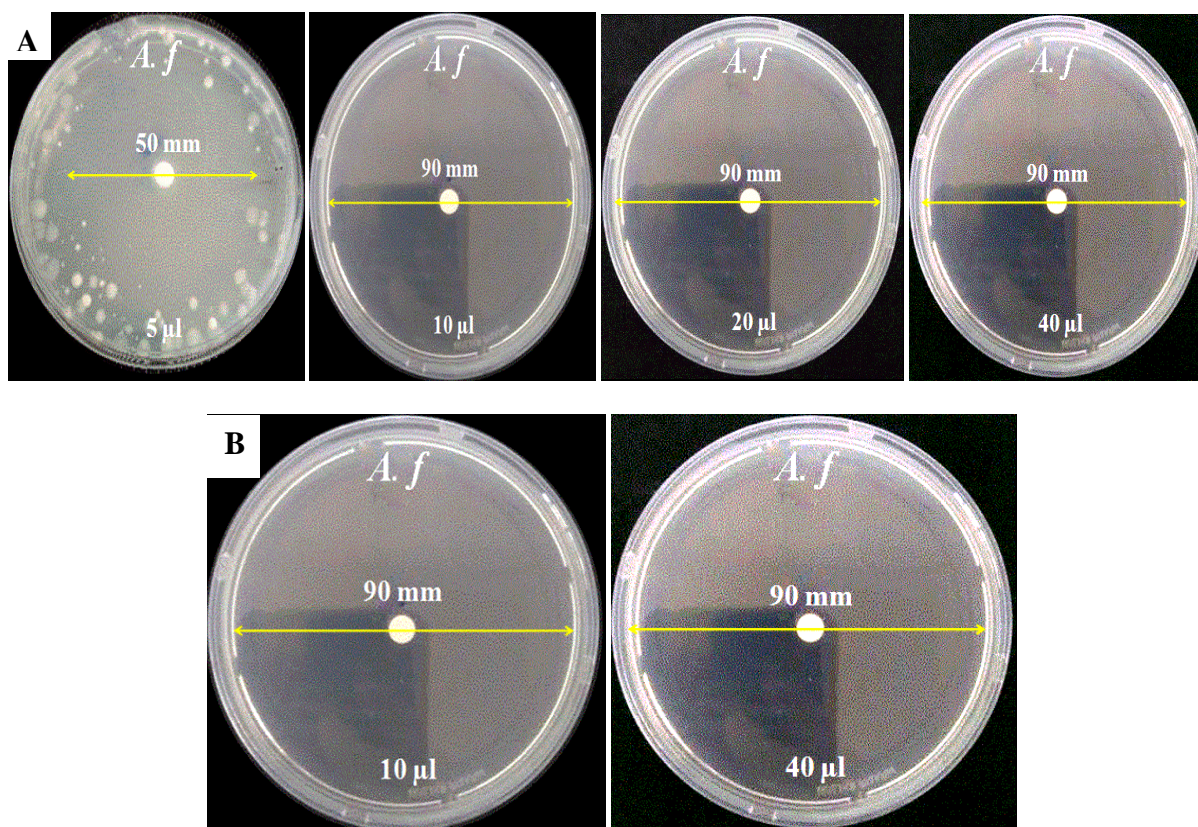
Notre travail de recherche nous a permis de confirmer l'existence d'une activité antibactérienne de l'huile essentielle de *C. citratus* en phase liquide vis-à-vis des souches bactériennes de référence *E. coli*, *S. aureus* et *P. aeruginosa*. La présence de cette activité antibactérienne a été signalée dans des travaux antérieurs menés par **Bassolé et al., (2011)** et **Almeida et al., (2013)**.

Une autre étude de l'effet de cette huile contre *S. aureus* réalisée par **Hamttat et Kherchaoui, (2021)** a révélé des zones d'inhibition de 17 mm à une dose de 5 µl, ces résultats sont inférieurs à nos résultats. Tandis que les résultats obtenus vis-à-vis des souches d'*E. coli* et *P. aeruginosa* sont similaires aux résultats obtenu dans notre étude.

En phase volatile, cette huile a présenté une très bonne activité contre *S. aureus* et moins vis-à-vis d'*E. coli*. Tandis qu'aucune activité n'a été remarquée contre la souche *P. aeruginosa*. Ces mêmes résultats ont été observés par **Boudjebir, (2017)**.

### III.1.2. Evaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches de référence

Les résultats présentés dans le **tableau VI** montrent que l'huile essentielle de *C. citratus* a fortement inhibé la croissance de tous les champignons filamenteux testés (**Figure 10 A, B**). Les diamètres des zones d'inhibition obtenus avec toutes les doses testées en phase volatile et liquide contre *F. culmorum* et *U. ramanniana* sont tous de 90 mm. Les valeurs des zones d'inhibition enregistrées vis-à-vis des souches d'*A. niger*, *A. flavus*, *A. carbonarius* et *A. parasiticus* sont toutes de 90 mm à partir de la dose 10  $\mu$ l de l'huile essentielle en phase volatile et liquide.



**Figure 10 :** Effet antifongique de l'HE de *C. citratus* vis-à-vis de la souche *A. flavus* selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B).

**Tableau VI :** Résultats de l'activité antifongique de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches fongiques de référence.

Souches fongiques de référence testées	Méthode d'aromatogramme								Méthode de micro-atmosphère			
	Quantité d'huile essentielle de <i>C. citratus</i> (µl / disque)											
	5		10		20		40		10		40	
	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT
<i>A. niger</i>	50	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S
<i>A. flavus</i>	50	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S
<i>A. carbonarius</i>	70	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S
<i>A. parasiticus</i>	64	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S
<i>F. culmorum</i>	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S
<i>U. ramanniana</i>	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S

**DZI (mm)** : la moyenne des diamètres des zones d'inhibition en millimètre; **INT** : interprétation ; **S** : très sensible.

Nos résultats ont montré une forte activité antifongique de cette huile essentielle en phase liquide vis-à-vis de tous les champignons filamenteux testés : *A. flavus*, *A. carbonarius*, *A. parasiticus*, *A. niger*, *F. culmorum* et *U. ramanniana*. Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par plusieurs chercheurs qui ont montré l'efficacité de cette huile vis-à-vis d'*A. niger* et *A. flavus* (Singh *et al.*, 2010 ; Josphat *et al.*, 2011 ; Boukhatem *et al.*, 2014).

En phase vapeur, l'huile essentielle de *C. citratus* a une activité inhibitrice contre tous les champignons testés à partir d'un volume de 10 µl. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Boudjebir, (2017) qui a trouvé que cette huile a inhibé totalement la croissance de *Fusarium sp.*, *A. niger* et *A. flavus* à des faibles doses. Ces résultats sont également en accord avec les bons résultats obtenus par Boukhatem *et al.*, (2014) vis-à-vis d'*A. niger* et *A. flavus*.

Sur la base des résultats impressionnants obtenus à partir de l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* contre des souches bactériennes et fongiques de référence et pour compléter notre travail, nous avons choisi de tester l'effet antimicrobien de cette huile vis-à-vis des souches cliniquement isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux des patients.

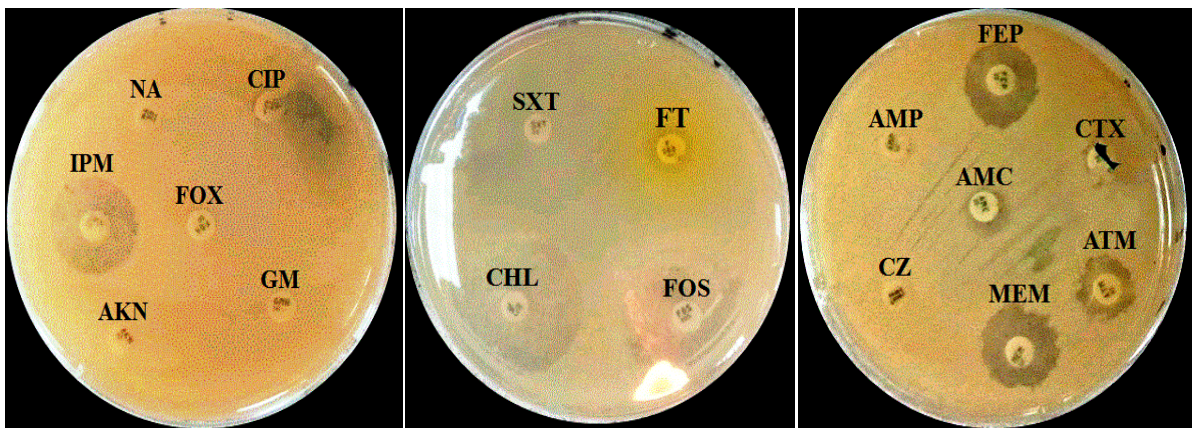
### III.2. Antibiogramme des souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux

#### III.2.1. Antibiogramme des souches identifiées à partir des prélèvements urinaires

Quatre souches pathogènes ont été isolées à partir des prélèvements urinaires dont : *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Enterococcus faecalis*.

Ce test d'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion des antibiotiques sur la gélose Mueller Hinton ensemencée par les bactéries cibles.

Les résultats présentés dans le **tableau VII** montrent que la souche d'*E. coli* est sensible aux différents antibiotiques testés sauf pour l'ampicilline, avec laquelle elle a montré une résistance, cette résistance peut être expliquée par l'utilisation médicale abusive de cet antibiotique dans nos structures sanitaires, mais aussi par l'automédication (**Dadoun et Rahmani, 2019**). Tandis que la souche *K. pneumoniae* est résistante vis-à-vis de neuf antibiotiques et elle est sensible aux : fosfomycine, chloramphénicol et furane (**Figure 11**) (**Tableau VII**).



**Figure 11** : Résultat de l'antibiogramme obtenu de *K. pneumoniae*.



**Tableau VII** : Résultats des antibiogrammes des souches *E. coli* et *K. pneumoniae*.

Disque	Dose (µg)	<i>Escherichia coli</i>		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
		D (mm)	INT	D (mm)	INT
AMP	10	-	<b>R</b>	-	<b>R</b>
AMC	20 / 10	24	<b>S</b>	12	<b>R</b>
FOX	30	31	<b>S</b>	-	<b>R</b>
CTX	30	39	<b>S</b>	10	<b>R</b>
FEP	30	40	<b>S</b>	17	<b>R</b>
AK	30	29	<b>S</b>	-	<b>R</b>
GN	10	25	<b>I</b>	-	<b>R</b>
NAL	30	30	<b>S</b>	-	<b>R</b>
CIP	5	34	<b>I</b>	-	<b>R</b>
SXT	1,25/23,75	32	<b>S</b>	-	<b>R</b>
CHL	30	31	<b>S</b>	31	<b>S</b>
FOS	200	36	<b>S</b>	31	<b>S</b>
IPM	10	35	<b>S</b>	14	<b>R</b>
MEM	100	36	<b>S</b>	18	<b>R</b>
NIT	100/300	26	<b>S</b>	/	/
CZ	30	/	/	-	<b>R</b>
FT	300	/	/	30	<b>S</b>
ATM	30	/	/	18	<b>R</b>

**R** : Résistante ; **S** : sensible ; **I** : intermédiaire ; - : absence de zone d'inhibition ; / : test non effectué ; **AMP** : Ampicilline ; **AMC** : Amoxicilline + Acide clavulanique ; **FOX** : Céfoxitine ; **CTX** : Céfotaxime ; **FEP** : Céfépime ; **AK** : Amikacine ; **GN** : Gentamicine ; **NAL** : Acide nalidixique ; **CIP** : Ciprofloxacine ; **SXT** : Triméthoprim – Sulfaméthoxazole ; **CHL** : Chloramphénicol ; **FOS** : Fosfomycine ; **IPM** : Imipénème ; **MEM** : Méropénème ; **NIT** : Nitroxoline ; **CZ** : Céfazoline ; **FT** : Furanes ; **ATM** : Aztréonam.

Nous observons (**Tableau VIII**) que la souche *E. faecalis* est sensible vis-à-vis de tous les antibiotiques testés, et nous remarquons que cette sensibilité est intermédiaire avec quinupristine-dalfopristine.

**Tableau VIII** : Résultat de l'antibiogramme de la souche *E. faecalis*.

Disque	Dose (µg)	<i>Enterococcus faecalis</i>	
		D (mm)	INT
AMP	10	45	S
VA	30	30	S
CIP	5	30	S
CHL	30	36	S
FOS	200	42	S
FT	300	41	S
GEH	120	36	S
QDA	15	20	I
E	15	24	S
RA	5	35	S
TET	30	26	S
TEC	30	24	S

**D (mm)** : diamètre de la zone d'inhibition en mm ; **INT** : interprétation ; **S** : sensible ; **I** : intermédiaire ; **AMP** : Ampicilline ; **VA** : Vancomycine ; **CIP** : Ciprofloxacine ; **CHL** : Chloramphénicol ; **FOS** : Fosfomycine ; **FT** : Furanes ; **GEH** : Gentamicine haut niveau ; **QDA** : Quinupristin-Dalfopristin ; **E** : Erythromycine ; **RA** : Rifampicine ; **TET** : Tétracycline ; **TEC** : Téricoplanine.

La souche *P. aeruginosa* présente une sensibilité vis-à-vis de neuf antibiotiques testés et une sensibilité modérée à la ticarcilline + l'acide clavulanique. Tandis qu'elle a montré une résistance aux : pipéracilline, méropénème et ceftazidime (**Tableau IX**).

**Tableau IX** : Résultat de l'antibiogramme de la souche *P. aeruginosa*.

Disque	Dose (µg)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		D (mm)	INT
NET	30	22	S
TOB	10	28	S
AK	30	31	S
GN	10	26	S
PRL	75	18	R
TIC	75	20	S
CIP	5	34	S
LVX	5	30	S
IPM	10	32	S
ATM	30	32	S
MEM	10	26	R
CAZ	30	15	R
TCC	75/10	24	I

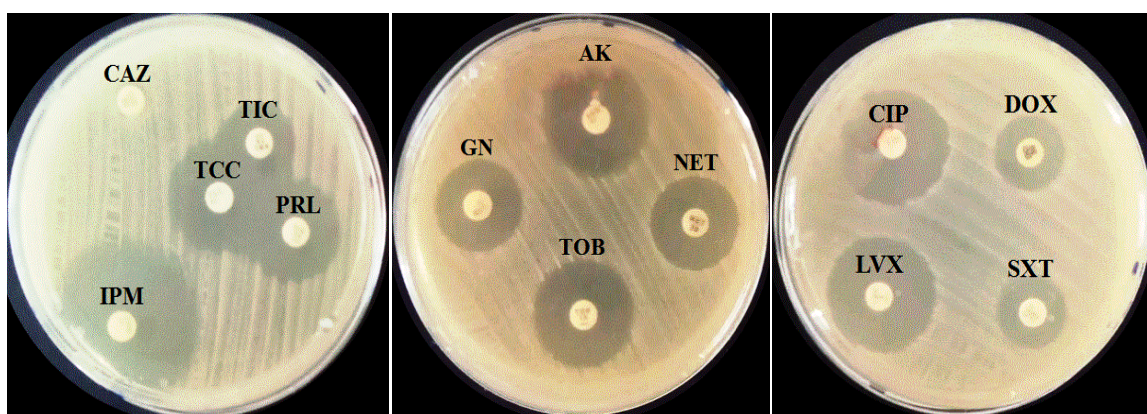
**R** : Résistante ; **S** : sensible ; **I** : intermédiaire ; **NET** : Nétilmicine ; **TOB** : Tobramycine ; **AK** : Amikacine ; **GN** : Gentamicine ; **PRL** : Pipéracilline ; **TIC** : Ticarcilline ; **CIP** : Ciprofloxacine ; **LVX** : Lévofloxacine ; **IPM** : Imipénème ; **ATM** : Aztréonam ; **MEM** : Méropénème ; **CAZ** : Ceftazidime ; **TCC** : Ticarcilline + Acide clavulanique.

Les souches bactériennes qui ont été utilisées dans le test d'antibiogramme ont été également choisies par la suite comme germes cibles dans l'objectif d'évaluer l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus*.

### III.2.2. Antibiogramme des souches identifiées à partir des prélèvements vaginaux

Trois souches pathogènes ont été isolées à partir des prélèvements vaginaux dont : *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* et *Candida albicans*. En ce qui concerne la souche *C. albicans*, aucune étude n'a été réalisée en raison de l'indisponibilité des disques antifongiques.

Ce test d'antibiogramme a été réalisé par la méthode de diffusion des antibiotiques sur gélose Mueller Hintonensemencée par les bactéries cibles. D'après les résultats dans le **tableau X**, nous observons que la souche *A. baumannii* a montré une sensibilité à neuf antibiotiques (**Figure 12**) et elle a montré une résistance seulement à trois antibiotiques. Tandis que la souche de *S. aureus* a été testée seulement contre cinq antibiotiques vue leurs indisponibilités dans le laboratoire et nous avons obtenu des zones d'inhibition avec les cinq antibiotiques testés (**tableau XI**).



**Figure 12** : Résultat de l'antibiogramme obtenu de la souche *A. baumannii*.

**Tableau X :** Résultat de l'antibiogramme de la souche *A. baumannii*.

Disque	Dose (µg)	<i>Acinetobacter baumannii</i>	
		D (mm)	INT
NET	30	20	<b>S</b>
TOB	10	23	<b>S</b>
AK	30	24	<b>S</b>
GN	10	20	<b>S</b>
PRL	75	21	<b>R</b>
TIC	75	16	<b>S</b>
CIP	5	26	<b>I</b>
LVX	5	25	<b>S</b>
IPM	10	36	<b>S</b>
DOX	30	16	<b>S</b>
SXT	1,25/23,75	14	<b>R</b>
CAZ	30	-	<b>R</b>
TCC	75/10	24	<b>S</b>

**D (mm)** : diamètre de la zone d'inhibition en mm ; **INT** : interprétation ; **R** : Résistante ; **S** : sensible ; **I** : intermédiaire ; - : absence de zone d'inhibition ; **NET** : Nétilmicine ; **TOB** : Tobramycine ; **AK** : Amikacine ; **GN** : Gentamicine ; **PRL** : Pipéracilline ; **TIC** : Ticarcilline ; **CIP** : Ciprofloxacine ; **LVX** : Lévofloxacine ; **IPM** : Imipénème ; **DOX** : Doxycycline ; **SXT** : Triméthoprim – Sulfaméthoxazole ; **CAZ** : Ceftazidime ; **TCC** : Ticarcilline + Acide clavulanique.

**Tableau XI :** Résultat de l'antibiogramme de la souche *S. aureus*.

Disque	Dose (µg)	<i>Staphylococcus aureus</i>	
		D (mm)	INT
AMP	10	30	<b>I</b>
GN	10	28	<b>S</b>
VA	30	18	<b>I</b>
E	15	24	<b>I</b>
RA	5	40	<b>S</b>

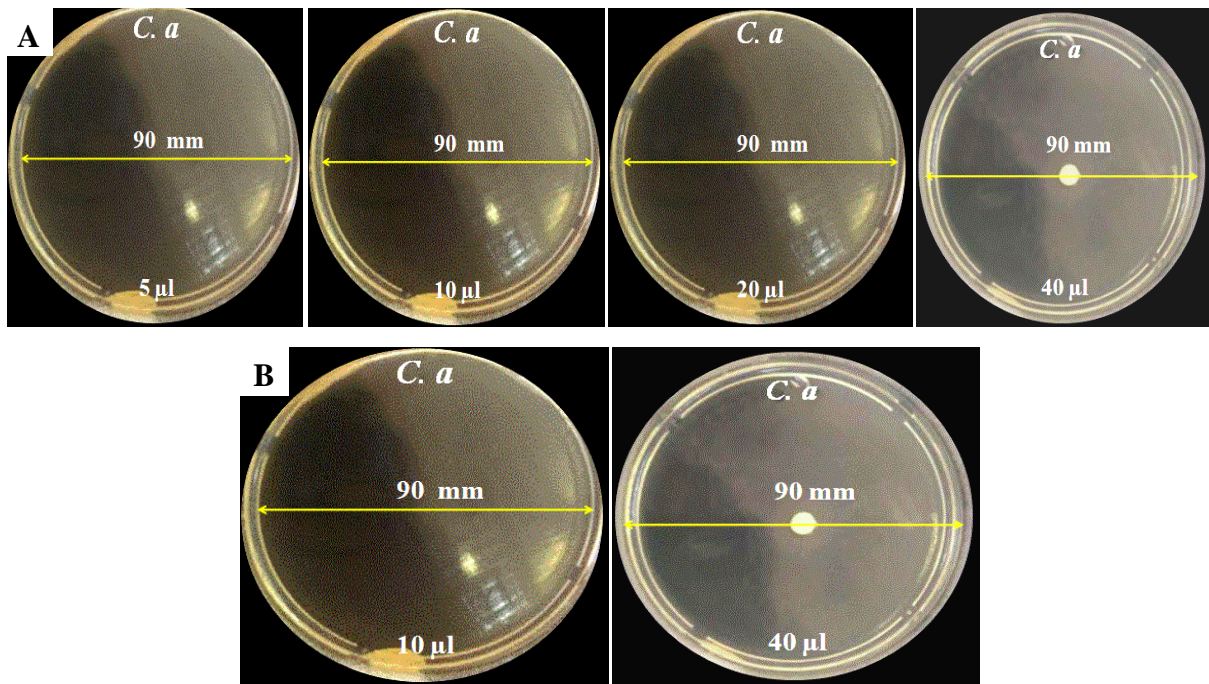
**D (mm)** : diamètre de la zone d'inhibition en mm ; **INT** : interprétation ; **S** : sensible ; **I** : intermédiaire ; **GN** : Gentamicine ; **VA** : Vancomycine ; **E** : Erythromycine ; **RA** : Rifampicine.

#### III.4. Evaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis les souches isolées cliniquement à partir des prélèvements urinaires et vaginaux

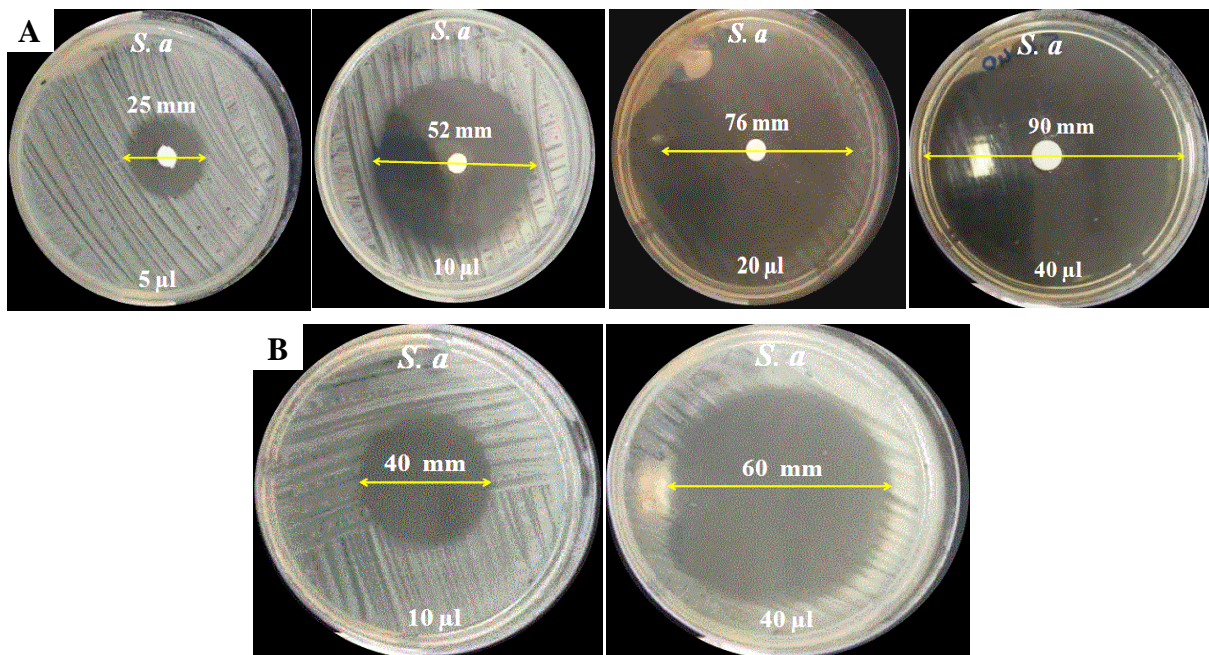
Le pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle de *C. citratus* a été évalué vis-à-vis de 07 souches microbiennes dont 06 bactéries à Gram négatif ou à Gram positif *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Acinetobacter baumannii* et *Staphylococcus aureus* et une levure *Candida albicans*. Les six bactéries ont été testées pour leur sensibilité aux antibiotiques de référence (III.2.1 et III.2.2).

L'activité antimicrobienne a été testée sur le milieu Muller Hinton par la méthode d'aromatogramme « phase liquide » avec quatre doses différentes 5 µl, 10 µl, 20 µl et 40 µl par disque, ainsi que la méthode de micro-atmosphère « phase volatile » avec deux doses différentes 10 µl et 40 µl par disque.

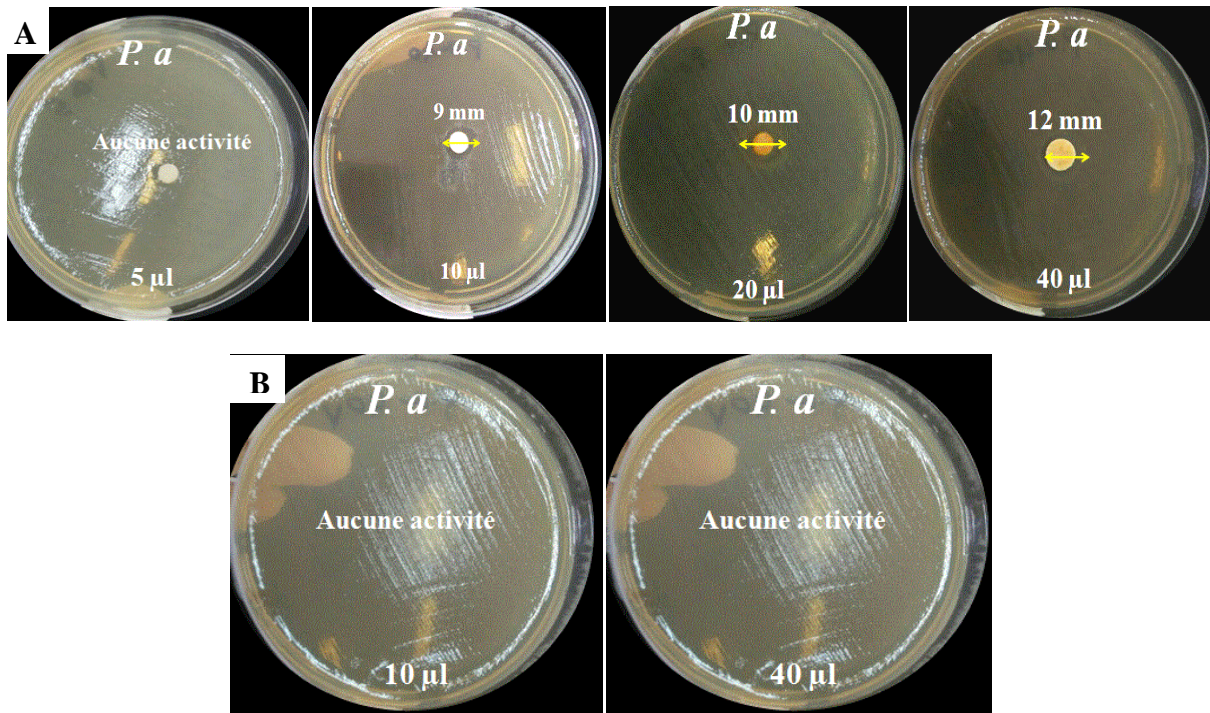
L'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* par les deux méthodes a montré une inhibition totale de la souche *C. albicans* où les diamètres des zones d'inhibition ont été de 90 mm pour toutes les doses testées (Figure 13 A, B). Nous constatons ainsi que la plus grande sensibilité bactérienne à cette huile a été notée chez la souche *S. aureus* avec des zones d'inhibitions supérieures ou égales à 25 mm en phase liquide et supérieures ou égales à 40 mm en phase vapeur (Figure 14 A, B). Cette huile a généralement une bonne activité sur l'ensemble des souches bactériennes testées *E. coli*, *K. pneumoniae*, *A. baumannii* et *E. faecalis* à l'exception de la souche *P. aeruginosa* qui a manifesté une résistance pour cette huile donnant un diamètre de zone d'inhibition de 12 mm pour la plus forte dose testée en phase liquide et une résistance totale en phase vapeur (Figure 15 A, B). Les résultats de cette activité sont consignés dans le tableau XII.



**Figure 13 :** Effect antifongique de l'HE de *C.citratus* vis-à-vis de la souche *C. albicans* selon la méthode d'aromatogramme (A) et de micro-atmosphère (B).



**Figure 14 :** Effect antibactérien de l'HE de *C.citratus* vis-à-vis de la souche *S. aureus* selon la méthode d'aromatogramme (A) et de microatmosphère (B).



**Figure 15 :** Effect antibactérien de l'HE de *C.citratus* vis-à-vis de la souche *P. aeruginosa* selon la méthode d'aromatogramme (A) et de microatmosphère (B).

**Tableau XII :** Résultats de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches microbiennes isolées à partir des prélèvements urinaires et vaginaux par les deux méthodes effectuées.

Souches microbiennes testées	Origine	Méthode d'aromatogramme								Méthode de micro-atmosphère			
		Quantité d'HE (µl / disque)											
		5		10		20		40		10		40	
		DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT	DZI (mm)	INT
<b>Bactéries à Gram négatif</b>													
<i>E. coli</i>	ECBU	13±0,75	L	17±0,57	M	20±1	S	26±2	S	11±2,08	L	20±0,57	S
<i>K. pneumoniae</i>	ECBU	12±1,52	L	16±1	M	20±2	S	25±1,52	S	-	R	10±1	L
<i>P. aeruginosa</i>	ECBU	-	R	9±0,57	L	10±0,57	L	12±1,52	L	-	R	-	R
<i>A.baumannii</i>	ECBV	10±1	L	17±2,64	M	22±2,51	S	28±2	S	-	R	19±1	M
<b>Bactéries à Gram positif</b>													
<i>E. faecalis</i>	ECBU	10±0	L	15±1,52	M	17±2,08	M	25±0,57	S	7±1,52	R	17±2,08	M
<i>S. aureus</i>	ECBV	25±3	S	52±2,08	S	76±9,16	S	90	S	40±3,21	S	60±3,05	S
<b>Levure</b>													
<i>C. albicans</i>	ECBV	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S	90	S

**ECBU :** examen cytobactériologique urinaire ; **ECBV :** examen cytobactériologique vaginal ; **HE :** huile essentielle ; **DZI (mm) :** la moyenne des diamètres des zones d'inhibition en millimètre ; **M :** la moyenne des diamètres des zones d'inhibition en millimètre (mm) ; **INT :** interprétation ; **R :** sensibilité nulle de germe (ou germe résistant) ; **L :** sensibilité limitée ; **M :** sensibilité moyenne ; **S :** très sensible ; **- :** aucune activité.



L'huile essentielle de *C. citratus* a totalement inhibé la croissance de la levure *C. albicans* testée par les deux méthodes effectuées pour toutes les doses utilisées. L'étude de l'activité antifongique de cette HE sur *C. albicans* menée par **Almeida et al., (2013)** justifie qu'elle inhibe la croissance de cette levure par une action fongicide. De même, **Boukhatem et al., (2014)** ont montré que cette HE présente une forte activité inhibitrice vis-à-vis de cette souche. Une autre étude rapportée par **Abe et al., (2003)** a montré que cette huile et son principal composé « le citral » réduisaient significativement la croissance mycélienne de *C. albicans*, et le mode d'action de la phase vapeur de cette HE réside dans la déformation morphologique des levures et la rupture de leurs membranes cellulaires.

En phase liquide, cette huile essentielle présente une bonne activité inhibitrice vis-à-vis des bactéries à Gram négatif testées, tel que : *E. coli* avec une zone d'inhibition de 20 mm pour un volume de 20 µl. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Boudjebir, (2017)** qui a obtenu une zone d'inhibition de 18 mm. De même, *K. pneumoniae* présente une bonne sensibilité vis-à-vis de cette HE, le même résultat est obtenu par **Kouame et al., (2015)**. La souche *A. baumannii* présente une sensibilité similaire à *K. pneumoniae* et *E. coli* ce qui concorde avec les résultats de **Mayaud et al., (2008)** et **Yala et al., (2016)**. Tandis que, les zones d'inhibition observées de la souche *P. aeruginosa* sont très faibles, ce résultat corrobore avec l'étude de **Koba et al., (2004)** et **Naik et al., (2010)** qui ont marqué une résistance de cette souche vis-à-vis de l'HE. En revanche, **Bassolé et al., (2011)** ont constaté une absence totale de la sensibilité de *P. aeruginosa* au volume de 5 µl ce qui est similaire à nos résultats.

Selon notre étude, les bactéries à Gram positif notamment la souche *E. faecalis* possèdent une sensibilité moyenne ce qui corrobore avec **Kouame et al., (2015)** et **De Oliveira et al., (2013)**. **Bassolé et al., (2011)** ont obtenu une zone d'inhibition de 34 mm de diamètre pour une dose de 5 µl vis-à-vis d'*E. faecalis*, cette valeur est supérieure à notre valeur qui était 25 mm pour une dose de 40 µl. L'huile essentielle de *C. citratus* possède une forte activité antibactérienne vis-à-vis de la souche *S. aureus* ce qui est également en concordance avec les travaux menés par **Kouame et al., (2015)** et **Naik et al., (2010)**. Cette souche a présenté une activité antibactérienne importante à un volume de 5 µl avec un diamètre de zone d'inhibition de 25 mm similaire à la valeur obtenue par **Bassolé et al., (2011)**.

En outre, ces résultats montrent que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *C. citratus* est plus significative chez les souches à Gram positif que chez les souches à Gram négatif. Toutefois, la plupart des bactéries ne présentent pas le même degré de sensibilité.

Ceci est en totale adéquation avec la majorité des travaux antérieurs de **Cimanga et al., (2002)** ; **De Oliveira et al., (2013)** et **Soares et al., (2013)** qui confirment que les bactéries à Gram positif sont plus sensibles aux effets antibactériens de cette HE que les bactéries à Gram négatif. En fait, ces bactéries à Gram négatif ont une résistance intrinsèque aux biocides grâce aux propriétés de la paroi cellulaire. L'espace péri-plasmique de leur paroi est rempli d'enzymes qui décomposent les substances complexes qui traversent leurs membranes cellulaires (**Burt, 2004** ; **Busatta et al., 2008** ; **Ouis, 2015** ; **Boukhatem et al., 2013**).

En phase volatile, l'HE de *C. citratus* présente une très bonne efficacité contre *S. aureus* aussi bien que *E. faecalis* et *E. coli*. Tandis que cette fraction volatile n'a montré aucun effet pour les souches *A. baumannii* et *K. pneumoniae* pour la dose 10 µl. La souche *P. aeruginosa* possède une résistance totale contre cette fraction à toutes les doses testées. Nos résultats sont corroborés par l'étude de **Boudjebir, (2017)** qui a trouvé que cette phase volatile présente une très bonne efficacité contre *S. aureus* aussi bien que les bactéries à Gram négatif.

# **CONCLUSION**

Les plantes fournissent des métabolites secondaires qui sont considérés comme étant une source alternative de nombreux produits chimiques synthétiques tels que les antibiotiques. Ces derniers ont entraîné l'apparition de phénomène de multi-résistances, en raison de leurs utilisations abusives ce qui a rendu certains inefficaces, créant ainsi un besoin urgent pour la mise en place de nombreux agent antimicrobien avec des modes d'action alternatifs à leur tête les huiles essentielles, qui ouvrent le champ pour cette orientation vers la nature par leurs multitudes propriétés. Cependant, cette étude a été focalisée sur la fraction aromatique de la citronnelle *Cymbopogon citratus*, qui est une plante médicinale appartenant à la famille des *Poaceae* et qui possède de nombreux métabolites secondaires, dont l'huile essentielle.

Les tests de l'activité antimicrobienne ont été réalisés *in vitro* par les deux méthodes d'aromatogramme et de micro-atmosphère. Au cours de notre travail, il apparait que la technique d'aromatogramme a présenté une action inhibitrice légèrement supérieure à celle de micro-atmosphère pour les souches bactériennes. En générale, quelques soit la méthode utilisées pour les différentes souches fongiques étudiées aucune différence notable ne peut être envisagé.

En phase liquide, nos résultats obtenus de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *C. citratus* vis-à-vis des souches bactériennes et fongiques testées quelque soit leur origine ont démontré que cette HE présente un pouvoir inhibiteur important contre les bactéries à Gram positif que pour les bactéries à Gram négatif. De même, les souches fongiques ont présenté une très forte sensibilité à cette HE. Les résultats que nous avons obtenus sont très promoteurs pour l'utilisation de la fraction aromatique de la citronnelle comme principe actif dans des préparations pharmaceutiques à visée thérapeutique et pour lutter contre les infections microbiennes, bactériennes et fongiques tels que les crèmes et les lotions contre les mycoses superficielles.

En phase volatile, l'HE de *C. citratus* se présente comme étant un agent antifongique fiable contre la levure *C. albicans* et les champignons mycéliens, dont elle a inhibé la croissance de toutes ces souches fongiques à des faibles doses. Le pouvoir fongicide de la phase volatile de cette HE *in vitro* est laissé présager pour d'éventuelles applications dans le domaine de la désinfection atmosphérique hospitalière. L'HE de *C. citratus* présente une très bonne efficacité contre les bactéries à Gram positif. Tandis que cette fraction volatile n'a pas vraiment montré un effet remarquable pour les souches bactériennes à Gram négatif. De ce fait, l'inhibition de la croissance a varié en fonction de l'espèce microbienne et de la concentration de l'huile essentielle testée donc une relation « dose-dépendante ».

Au final, l'objectif de notre travail a été atteint puisque nous avons contribué à la valorisation de la fraction aromatique de la citronnelle *C. citratus*, comme source alternative des produits chimiques synthétiques pour le traitement des différentes infections microbiennes. En revanche, l'image positive que véhiculent les produits naturels ne devra pas occulter son aspect toxicologique. Comme perspectives et en continuité à ce travail, il serait intéressant de déterminer les concentrations minimales inhibitrices de l'huile essentielle de *C. citratus* et d'utiliser cette HE dans les préparations pharmaceutiques, ainsi d'étudier le pouvoir toxicologique de cette huile afin de pouvoir passer à partir des études *in vitro* aux études *in vivo*, ou même de tester son activité en synergie avec les antibiotiques de référence.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

## A

- Abbas S., El-Saeid H., 2012. Effets de certains régulateurs de croissance sur le rendement en huile, la croissance et le contenu hormonal de la citronnelle (citrates de *Cymbopogon*). *Botanica Serbica*, 36, 97-101.
- Abe S., Maruyama N., Hayama K., Ishibashi H., Inoue S., Oshima H., Yamaguchi H., 2003. Suppression of tumornecrosis factor-alpha-induced neutrophil adherence responses by essential oils. *Med Inflamm*, Vol. 44, p 285-291.
- Adukwu E., Bowles M., Edwards J., Bone V., 2016. Antimicrobial activity, cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil and pure citral. *Applied microbiology and biotechnology*, 100(22), 9619-9627.
- Aftab K., Ali M., Aijaz P., Beena N., Gulzar H., Sheikh K., 2011. Determination of Different Trace and Essential Element in Lemon Grass Samples by X-Ray Fluorescence Spectroscopy Technique. *Int Food Res J* ; 18 : 265-270.
- Akande I., Samuel T., Agbazue U., Olowolagba B., 2011. Comparative proximate analysis of ethanolic and water extracts of *Cymbopogon citratus* (Lemon grass) and four tea brands. *Plant Sciences Research* 3, 29–35.
- Akhila A., 2010. Essential Oil-Bearing Grasses: The Genus *Cymbopogon*. Broca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, 2010. P 1-6, 69-71.
- Almeida R., Akisue G., Cardoso L., Junqueira J., Jorge A., 2013. Antimicrobial activity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. on *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus mutans* and *Candida spp.* *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas, v.15, n.4, p.474-482.
- Alsogayer A., 2018. Effets du sélénium organique, des pro-biotiques et des pré-biotiques sur la croissance, la biochimie sanguine et les caractéristiques de la carcasse des lapins en croissance pendant les saisons d'été et d'hiver. Springer.
- Amiot J., 2005. *Thymus vulgaris*, un cas de polymorphisme chimique pour comprendre l'écologie évolutive des composés secondaires. Thèse de Doctorat, Université Montpellier, ENSA. P 56
- Angiosperm Phylogeny Website. Version 12, July 2016. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>
- Avila J., Martinazzo A., dos Santos F., Teodoro C., Portz A., 2016. Essential oil production of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under organic compost containing sewage sludge. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 20(9), 811-816.
- Avoseh O., Oyedej O., Rungqu P., Nkeh-Chungag B., Oyedeji A., 2015. *Cymbopogon* Species, Ethnopharmacology, Phytochemistry and the Pharmacological Importance. *Molecules* 20, 7438–7453.

## B

- Balakrishnan B., Paramasivam S., Arulkumar A., 2014. Évaluation de la plante de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) extraite dans différents solvants pour son activité antioxydante et antibactérienne contre les agents pathogènes humains. *Journal Asie-Pacifique des maladies tropicales*, 4, 134 – 139.
- Bansod S., Rai M., 2008. Antifungal activity of essential oils from Indian medicinal plants against human pathogenic *Aspergillus fumigatus* and *A. niger*. *World J. Med. Sci.* 3, 81–88.
- Bassolé I., Lamien-Meda A., Bayala B., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils alone and in combination. *Phyto-medicine* 18(12), 1070-1074.
- Baydala L., 2010. Société canadienne de pédiatrie, comité de la santé des Premières nations, des Inuits et des Métis, L'abus de substances volatiles, v.15(7). P 449-450.
- Beech D., 1990. The effect of carrier and rate of nitrogen application on the growth and oil production of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) in the Ord Irrigation Area, Western Australia. *Austr. J. Exp. Agric.* 30, P 243–250.

- Berteza C., Tesio M., Agostino G.D., Buffa G., Camusso W., Bossi S., Maffei M., 2003. The C4 biochemical pathway and the anatomy of lemon grass (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf). Cultivated in temperate climates. Plant Biosyst. 137, 175–184.
- Berteza C., Maffei M., 2010. The genus *Cymbopogon*: botany including anatomy, physiology, biochemistry, and molecular biology. Akhila A. (Ed.), Essential Oil Bearing Grasses: The Genus *Cymbopogon* CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 1-24
- Boubrat S., Baassad N., 2007. Détermination in vitro du pouvoir antibactérien des huiles essentielles d'eucalyptus, myrte, clous de girofle et sarriette, et leur application à la conservation de la viande. Mémoire d'ingénieur en biologie ; page : 35.
- Boudjebir K., 2017. Evaluation de l'activité antimicrobienne de deux huiles essentielles *Rosmarinus Officinalis* et *Cymbopogon citratus* en perspective de leurs utilisations comme conservateur de denrée alimentaire. Projet de fin d'étude, Université Saad Dahleb Blida. Faculté des sciences de la nature et de la vie, P 36-40.
- Boukhatem M., Kameli A., Ferhat M., Saidi F., Mekarnia M., 2013. Rose geranium essential oil as a source of new and safe anti-inflammatory drugs. Libyan J Med. 2013, 8, 22520
- Boukhatem M., Kameli A., Ferhat M., Saidi F., Tayebi K., 2014. The food preservative potential of essential oils: is lemongrass the answer? J Verbr Lebensm, 9, 1321.
- Boukhatem M., Ferhat A., Kameli A., 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature, Revue Agrobiologia. 9, 2, P 1653.
- Bousbia N., Contribution théorique et méthodologique à l'élaboration d'un environnement de FOAD (Formation ouverte et à distance). Thèse de magister en Informatique, INI Algérie 2005.
- Boutamani M., 2013. Etude de la variation du rendement et de la composition chimique du *Curcuma longa* et *Myristica fragrans* en fonction du temps et de la technique utilisée. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger. [En ligne]. [Consulté en Juin 2018].
- Bruneton J. 2005. Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris
- Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, photochimie. Plantes médicinales. Edition Technique et documentation, 3ème Edition Lavoisier, Paris, Vol 1, 1120.
- Burt S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. Int. J. Food Microbiol. 94: 223-253.
- Busatta c., Vidal R., Poplowski A., Mossi A., Dariva C., Rodriguez M., Corazza M., Vladimir O., Cansian R., 2008. Application of *Origanum majorana* essential oil as an antimicrobial agent in sousage. Food Microbiology, 25, 207-211.

## C

- Carson C., Mee B., Riley T., 2002. Mechanism of action *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 46(6), 1914-1920
- Chabert G., 2013. Myrtacées et aromathérapie, thèse, Faculté de pharmacie de Grenoble, Université Joseph Fourier. P 5
- Chauhan N., Malik A., Sharma S., Dhiman R., 2016. Potentiel larvicide des huiles essentielles contre *Musca domestica* et *Anopheles stephensi*. Recherche en parasitologie, 115, 2223–2231.
- Cheel J., Theoduloz C., Rodríguez J., Schmeda-Hirschmann G., 2005. Free radical scavengers and antioxidants from Lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf). Journal of agricultural and food chemistry, 53(7), 2511-2517.
- Cicolella. A., 2008. Les composés organiques volatils (COV) : définition, classification et propriétés. Revue Des Maladies Respiratoires, 25(2), 155–163. P 156 doi:10.1016/s0761-8425(08)71513-4
- Cimanga K., Apers S., Bruyne T., Miert S., Hermans N., Totté J., Pieters L., Vlietinck A., Kambu K., Tona L., 2002. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo J. J Essential Oil Res, 14(5), 382-387.



- Costa, C., Bidinotto L., Takahira K., Salvadori D., Barbisan L., 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 Chem. Toxicol, 49, 2268–2272.
- Costello E., Lauber C., Hamady M., Fierer N., Gordon J., Knight R., 2009. Bacterial community variation in human body habitats across space and time. Science, 326(5960): 1694–1697.

## D

- Dadoun M., Rahmani A., 2019. Infections urinaires au CHU Frantz Fanon de Blida, aspect épidémiologiques et bactériologiques. Thèse doctorat, université Saad Dahleb Blida 1. Faculté de pharmacie. P 54-62.
- De Billerbeck V., Roques C., Bessiere J., Fonvieille J., Dargent R., 2001. Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson essential oil on the growth and morphogenesis of *Aspergillus niger*. Can. J. Micro. 47, 9–17.
- De Oliveira TL, Soares R De A, Piccoli RH (2013) A Weibull model to describe antimicrobial kinetics of oregano and lemongrass essential oils against *Salmonella enteritidis* in ground beef during refrigerated storage. Meat Science 93: 645–51
- Desai A., Parikh J., 2015. Extraction of essential oil from leaves of lemongrass using microwave radiation: optimization, comparative, kinetic, and biological studies. ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 3(3), 421 - 431.
- De Silva, B.C.J., Jung, W.-G., Hossain, S., Wimalasena, S.H.M.P., Pathirana, H.N.K.S. & Heo, G.-J. 2017. Antimicrobial property of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against pathogenic bacteria isolated from pet turtles. Laboratory animal research, 33(2), 84-91.
- Di Pasqua R., Hoskins N., Betts G., Mauriello G., 2006. Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media J. J Agric Food Chem, 54(7): 2745-2749.
- Dong-hui Y., Zhi L., Jian-Rong S., 2009. Comparison of main lactobacillus species between healthy women and women with bacterial vaginosis. Chin. Med. J.
- Dorman H., Deans S., 2000. Antimicrobial agents from plants. Antibacterial activity of plant volatile oils. J Appl Microbiol, 88(2), 308-16.
- Dorosso S., 2002. Composition chimique des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone soudanaise du Burkina Faso : valorisation. Université Ouagadougou. P 61.
- Dutertre J., 2011. Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste. Thèse doctorat d'état, Univ. Bordeaux 2-Victor Segalen U.F.R des sciences médicales, France, P 33.

## E

- Ekpenyong C., 2014. Phytochemical constituents, therapeutic applications and toxicological profile of *Cymbopogon citratus* (DC) leaf extract. Journal of pharmacognosy and phytochemistry, P 31.
- El Salabi A., Walsh T., Chouchani C., 2013. Extended spectrum  $\beta$ -lactamases, carbapenemases and mobile genetic elements responsible for antibiotics resistance in Gram-negative bacteria. Critical Reviews in Microbiology, 39(2), 113-122.
- Ewansiha J., Garba S., Mawak J., Oyewole O., 2012. Antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* (lemon grass) and its phytochemical properties. Front. Sci. 2, 214–220.

## F

- Fernandes S., Tonato D., Mazutti M., Abreu B., Cabrera D., Dijoca C., Prentice-Hernandez, C., Salas- Mellado M., 2019. Yield and quality of Chia oil extracted via different methods. Journal of Food Engineering, 262, 200-208

- Fouché J., Marquet A., Hambuckers A., 2000. Les Plantes Médicinales, de la plante au médicament Observatoire du Monde des Plantes Sart-Tilman. P 86.

### G

- Guici El Kouacheur K, BoucettaF., 2017. Essence aromatique de citronnelle (*cymbopogoncitratu*s) potentiel application comme conservateur nutraceutique. Projet de fin d'étude, Université Saad dahleblida. Faculté des sciences de la nature et de la vie, P 40.
- Guignard J., 2000. Biochimie végétale. 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, Paris, P 177-185

### H

- Hamttat R., Kherchaoui K., 2021. Etude de l'activité antibactérienne d'un extrait d'une plante médicinale de la famille des lamiacées. Université Saad Dahleb Blida 1. Faculté des sciences de la nature et de la vie. P 29-33.
- Hanaa A., Sallam Y., El-Leithy A., Aly S., 2012. Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods. Ann. Agric. Sci. 57, 113–116
- Han X., Parker T., 2017. Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oil demonstrated anti-inflammatory effect in pre-inflamed human dermal fibroblasts. Biochimie Open 4, 107–111.
- Hilgert N., 2001. Plants used in home medicine in the Zenta River Basin, Northwest Argentina. J. Ethnopharmacol.1, 76.
- Humphrey A., 1973. The chromatography of the spice oils. Proceedings of the Conference on Spices, London. Tropical Products Institute, P 123–128.

### I

- Idrees M., Naeem M., Khan M., Aftab T., Tariq M., 2012. Alleviation of salt stress in lemon grass by salicylic acid. Protoplasma 249, 709–720.
- Inouye S., Takizawa T., Yamaguchi H., 2001. Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact, Antimicrobial Chemother, 47, P 565-573.

### J

- Jayasinha P., 2001. Lemon grass: a literature survey. Medicinal and Aromatic Plant Series No. 9. Industrial Technology Institute, Baudhaloka Mawatha, Colombo, Sri Lanka. Jeong, M., Park, P.B., Kim, D., Jang, Y.,
- Jeong H., Choi S., 2009. Essential oil prepared from *Cymbopogon citrates* exerted an antimicrobial activity against plant pathogenic and medical microorganisms. Mycobiology 37, 48–52.
- Josphat C., Isabel N., Jesca L., Anderson M., 2011. Chemical composition of *Cymbopogon citratus* essential oil and its effect on mycotoxigenic *Aspergillus* species. African Journal of Food Science Vol. 5(3), pp. 138-142.

### K

- Kaloustian J., Hadji-Minaglo F., 2012. La connaissance des huiles essentielles, qualité et aromathérapie. Paris. Edition Springer.
- Koba K., Sanda K., Raybaud C., Nenonene Y., Millet J., Chaumont J., 2004. Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. Africains vis-à-vis de germes pathogènes d'animaux de compagnie, 148, P 202-206.

- Kouame N., Kamagate M., Koffi C., Die-Kakou H., Yao N., Kakou A., 2015. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Ethnopharmacology, phytochemical, pharmacological activities and toxicology. *Phytothérapie* 13, P 1–9.

## L

- Lakhdar L., 2015. Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles Marocaines sur *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* : Etude in vitro. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V de Rabat. Sciences Odontologiques , P 43-45.
- Lawal O., Ogundajo A., Avoseh N., Ogunwande I., 2017. *Cymbopogon citratus*, Medicinal Spices and Vegetables from Africa, Victor Kuete, P 397-423
- Liakos I., D'aulilia F., Garzoni A., Bonferoni C., Scarpellini A., Brunetti V., Athanassiou A., 2016. Acétate de cellulose entièrement naturel – Nano-capsules antimicrobiennes d'huile essentielle de citronnelle. *Revue internationale de pharmacie*, 510 (2), 508 – 515.
- Linder H., Lehmann C.E., Archibald S., Osborne C.P., Richardson D.M., 2017. Global grass (Poaceae) success underpinned by traits facilitating colonization, persistence and habitat transformation. *Biological Reviews*, 93(2), P 1125–1144.
- Llor C., Bjerrum L., 2014. Antimicrobial resistance: risk associated with antibiotic over-use and initiatives to reduce the problem. *Therapeutic Advances in Drug Safety*, 5(6), 229-241
- Lopez P., Sanchez C., Batlle R., Nerin C., 2005. Solid- and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected food borne bacterial and fungal strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, P 6939–6946.

## M

- Mahn H., Hue D., Hieu N., Tuyen D., Tuyet O., 2020. L'activité larvicide des moustiques des huiles essentielles des espèces *Cymbopogon* et *Eucalyptus* au Vietnam. *Insectes*, 11, 128.
- Mayaud L., Carricajo A., Zhiri A., 2008. Comparison of bacteriostatic and bactericidal activity of 13 essential oils against strains with varying sensitivity to antibiotics. *Lett Appl Microbiol* 47, P 167–73.
- Merrien A., Carre P., Quinsac A., 2012. Des ressources oleagineuses variées potentiellement au service du développement de la chimie verte. DOSSIER LIPOCHIMIE. CETIOM, 270 Ave de la Pomme de Pin. 8 OCL Vol. 19, N°1, P 6.
- Merzougui I., Tadj H., 2012. Etude de l'effet antibactérien et antioxydant d'*Ammoides verticillata* de la région de Tlemcen. Mémoire Ingénieur, Technologie des Industries Agroalimentaires, Université Abou-Bakr Belkaid - Tlemcen.
- Miesan K., Mohamed S., 2001. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *J. Agric. Food Chem.* 49, P 3106–3112.
- Moore S., Debboun., Mustapha., Debboun M., Frances S., Strickman D., 2007. History of insect repellents. *Insect Repel. Princ. Methods Uses* 3–29

## N

- Naik M., Fomda B., Jaykumar E., Bhat J., 2010. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. Antibacterial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against some selected pathogenic bacteria, P 535-538.
- Nakahara K., Alzoreky N., Yoshihashi T., Nguyen H., Trakoontivakorn G., 2003. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella grass). *Japan Agricultural Research Quarterly* 37, P 249–252.
- Nambiar V., Matela H., 2012. Fonctions potentielles de la citronnelle (*Cymbopogon citratus*) dans la santé et la maladie. *Int J Pharmaceut Biol Arc* ; 3 : 1035-1043.
- Nanon A., Suksombat W., Beauchemin K., Yang W., 2014. Assessment of lemon grass oil supplementation in a dairy diet on in vitro ruminal fermentation characteristics using the rumen simulation technique. *Can. J. Anim. Sci.* 94, P 731–736.
- Negrelle R., Gomes E., 2007. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, Chemical Composition and Biological Activities. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, v.9, n.1, P.80-92.

- Nguefack J., Tamgue O., Lekagne J., Dongmo C., Dakole V., Lett H., Vismer P., Amvam Z., Nkangfack A., 2012. Synergistic action between fractions of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. Food Control, 23: 377-383.

### O

- Oladoji O., 2019. Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus* . a review. 6, 136.
- Ouakhzan B, 2011. Profil de résistance aux antibiotiques des principales entérobactéries isolées des infections urinaires au laboratoire de microbiologie de l'hôpital militaire d'instruction Mohamed V. Thèse de doctorat en pharmacie, Université Mohamed V. Faculté de médecine et de pharmacie Rabat, P 95.
- Oudjedi K., Manso S., Nerin C., Hassissen A., Zaidi F., 2019. New active antioxidant multilayer food packaging films containing Algerian Sage and Bay leaves extracts and their application for oxidative stability of fried potatoes. Food Control 98, P 216–226.
- Ouis N., 2015. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil. Thèse de doctorat, chimie organique, Université d'Oran 1. P 121
- Oyen L., Nguyen X., 1999. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Plant Resources of South-East Asia. No. 19: Essential Oil Plants. Prosea Foundation: Bogor Indonesia. 95-98.

### P

- Pelt J., 1980. Les drogues. Leur histoire, leurs effets, Ed. Doin.
- Pibiri M., 2005. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse de Doctorale. Ecole poly technique fédérale, EPFL. Lausanne (Suisse).
- Pouliot M., 2011. Relying on nature's pharmacy in rural BurkinaFaso: Empirical evidence of the determinants of traditional medicine consumption. Social Science & Medicine, 73(10), 1498-1507.
- Prasad A., Kumar D., Singh D., 1998. Effet de la sodicité du sol sur la croissance et la composition cationique du palma-rosa et de la citronnelle. Journal des herbes, des épices et des plantes médicinales ; 5 : 51-60.

### R

- Ralambondrainy M, 2017. Caractérisation chimique et biologique de trois huiles essentielles répulsives issues de la biodiversité régionale contre l'alphavirus du Ross River. Thèse de doctorat, Université de la Réunion. Chimie des substances naturelle.
- Ranjah M., 2019. Citronnelle : un ingrédient utile pour les aliments fonctionnels. Journal international des sciences alimentaires et connexes ; 4 : 11-19.
- Rao R., Jamir N., 1982. Ethnobotanical Studies in Nagaland. I. Medicinal Plants. Econ. Bot. 36, 176– 181.
- Ross I., 1999. *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. Medicinal Plants of the World: Volume 1 Chemical Constituents, Traditional and Modern Medicinal Uses. Humana Press, Totowa, New Jersey: Humana Press. P 25.

### S

- Sanago R., 2006. Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Développement, Environnement et Santé. 10ème école d'été de l'IEPF et SIFEE du 06 au 10 juin 2006, P 53.
- Shah G., Shri R., Panchal V., Sharma N., Singh B., Mann A., 2011. Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, *stapf* (Lemon grass). J. Adv. Pharm. Technol. Res. 2, 3–8.
- Sheziyna S., Anisah N., Saleh I., Syamsa R., 2020. Activité acaricide des huiles essentielles de *Citrus hystrix* (Rutaceae) et *Cymbopogon citratus* (Poaceae) sur la tique du

bétail *Rhipicephalus* (Boophilus ) larves *microplus* (Acari : Ixodidae). *Biomédecine tropicale*, 37, 433–442.

- Silva-Angulo A., 2015. Comparative study of the effects of citral on the growth and injury of *listeria innocua* and *listeria monocytogenes* cells, *PLoS ONE*, vol. 10(2).
- Singh P, Shukla R, Kumar A, *et al.*, 2010 Effect of citrus *reticulata* and *cymbopogon citratus* essential oils on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production on *Asparagus racemosus*. *Mycopathologia* 170: 195–202
- Singh M., Nagar N., Upadhyay A., Chandel B., 2012. Effet du potassium et du zinc sur le rendement, la composition minérale et la qualité de la citronnelle en condition saline. *Annales de Plant and Soil Research* ; 14 : 101-104.
- Skaria B., Joy P., Mathew G., Mathew S., Joseph A., 2012. Lemongrass. In K.V. Peter (Ed.), *Handbook of Herbs and Spices*, vol. 2, 2nd edition, Woodhead Publ. LTD, Abington Hall Abington, Cambridge CB1 6AH, Cambs, England, vol. 228, Pp. 348-370.
- Soares M., Vinha A., Barreira S., Coutinho F., 2013. *Cymbopogon citratus* EO antimicrobial activity against multi-drug resistant Gram-positive strains and non- *Candida albicans*-species. Méndez-Vilas, A. (Ed.), *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education* Formatex Research Center, pp. 1081–1086

## T

- Tarkang P., Agbor G., Tsabang N., 2012. Effect of long-term oral administration of the aqueous and ethanol leaf extract of *Cymbopogon citratus* (DC. Ex Ness) Stapf.[J]. *Annals BiolRes*, V 3 (12), P 5561-5570.
- Teoh E., 2015. *Secondary Metabolites of Plants, Medicinal Orchids of Asia*, Springer International Publishing Switzerland 2016. P 59.
- Thangam, R., Sathuvan, M., Poongodi, A., Suresh, V., Pazhanichamy, K., Sivasubramanian, S., Kannan, S., 2014. Activation of intrinsic apoptotic signaling pathway in cancer cells by *Cymbopogon citratus* polysaccharide fractions. *Carbohydr. Polym.* 107, P 138–150.
- Toumi M., Benkhalifa A., 2018. Valorisation et développement des plantes aromatiques et médicinales en Algérie. Congrès national sur les ressources phylogénétique : Evaluation, Valorisation et Conservation. INRA 2018. P 24.
- Tremblay Y., Hathroubi S., Jacques M., 2014. Les biofilms bactériens : leur importance en santé animale et en santé publique, *association canadienne des médecines vétérinaires*. v.78(2), 110-111.
- Tullio V., Nostro A., Mandras N., Dugo P., Banche G., Cannatelli M.A., Cuffini A.M., Alonzo V., Carlone N., 2007. Antifungal activity of essential oils against filamentous fungi determined by broth microdilution and vapour contact methods. *Journal of Applied Microbiology* 102, P 1544–1550.
- Tyagi A., et Malik A., 2010. Liquid and vapour-phase antifungal activities of selected essential oils against *Candida albicans*: microscopic observations and chemical characterization of *Cymbopogon citratus*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10(1), 65.

## V

- Verreck J.; (2007). Journées portes ouvertes à l'ISI de Gembloux (Belgique) de 12 à 15 fév 2007.
- Vidanarachchi J., Mikkelsen L., Sims I., Iji P., Choct M., 2005. *Recent Adv. Anim. Nutr. Aust.* 15 131–44 [2] Hashemi S R and Davoodi H 2011 *Vet. Res. Commun.* 35, 169–80.

## W

- Wannissorn B., Jarikasem S., Siriwangchai T., Thubthimthed S., 2005. Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia* 76, 233–236.
- Wichtl M., Anton R., 2003. *Plantes thérapeutiques, Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*, 2ème édition, Ed. TEC & DOC, 2003.

- Woolhouse M., Waugh C., Perry M., Nair H., 2016. Global disease burden due to antibiotic resistance state of the evidence. *Journal of global health*, 6(1), 010306-010306.
- Wu H., Li J., Jia Y., Xiao Z., Li P., Xie Y., Zhang A., Liu R., Ren Z., Zhao M., Zeng Ch., Li Ch., 2019. Essential oil extracted from *Cymbopogon citronella* leaves by supercritical carbon dioxide: antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, art. 8192439.

### Y

- Yala J., Mabika R., Camara B., Souza A., Lepengue A., Seydou T., Koné D., M'batchi B., 2016. In vitro antibacterial activity of *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus citriodora*, *Lippia multiflora*, *Melaleuca quinquenervia* essential oils and Neco® on extended spectrum  $\beta$ -lactamases producing or non-producing bacterial strains. *Journal of Medicinal Plants Research, Academic journal*. Vol. 10(43), pp. 796-80.

### Z

- Zhiri A., 2006. Aromathérapie un peu d'histoire. *Natura news, Science, nutrition, prévention et santé*. P 2.
- Zouari S., Ayadi I., Fakhfakh N., Jdir H., Aloui L., Kossentini M., Rebai A., and Zouari N., 2014. Essential oil variation in wild populations of *Artemisia saharae* (Asteraceae) from Tunisia: chemical composition, antibacterial and antioxidant properties. *Bot. Studies*, 55: 76.

# **ANNEXES**

**Annexe 01 : Matériel non biologique**

<b>Équipements</b>	<b>Instruments</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bain marie</li> <li>• Balance de précision</li> <li>• Bec Bunsen</li> <li>• Étuve réglée à 37 °C</li> <li>• Incubateur</li> <li>• Réfrigérateur</li> <li>• Microscope optique</li> <li>• Hotte</li> <li>• Agitateur magnétique</li> <li>• Étuve 25-27 °C</li> <li>• Densitomètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anse de platine</li> <li>• Micropipette volume 100 µl, 250 µl</li> <li>• Pince métallique</li> <li>• Portoir de tubes</li> <li>• Éprouvettes</li> <li>• Bêchers</li> <li>• Micro-seringue</li> </ul>
<b>Milieux de culture</b>	<b>Consommables</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milieux usuels de base : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gélose nutritive</li> <li>❖ Gélose Mueller-Hinton.</li> </ul> </li> <li>• Milieux sélectifs non enrichies : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gélose Hektoen</li> </ul> </li> <li>• Milieux enrichies : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Gélose au sang frais</li> <li>❖ Gélose au sang cuit</li> </ul> </li> <li>• Milieu PDA (Potato Dextrose Agar)</li> <li>• Milieu Sabouraud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boîtes de pétri</li> <li>• Compresses stériles</li> <li>• Ecouvillons</li> <li>• Lames porte objet</li> <li>• Lamelles</li> <li>• Pipettes Pasteur</li> <li>• Pots stériles pour les prélèvements</li> <li>• Tubes en verre</li> <li>• Tubes à essai stériles</li> </ul>
<b>Réactifs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disques imprégnés d'antibiotiques</li> <li>• Huile à immersion</li> </ul>	



## I.1. Appareillages



**Etuve**



**Autoclave**



**Microscope optique**



**Balance de précision**



**Agitateur magnétique**

## I.2. Réactifs



### Composés de milieu PDA

## I.3. Préparation du milieu PDA

Le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) est un milieu favorable à la croissance des champignons phyto-pathogènes. Ce milieu a été préparé à partir des pommes de terre. L'infusion de pomme de terre se prépare en faisant bouillir dans l'eau 200 g de pommes de terre tranchées (lavées mais non pelées) pendant 30 minutes à 1h jusqu'au ramollissement, puis en filtrant le bouillon obtenu à travers un coton à fromage. Nous avons dilués ensuite en ajoutant de l'eau distillée pour un volume final d'un litre, puis nous avons ajoutés 20 g de glucose et 12g d'agar-agar en poudre avant une stérilisation par autoclave pendant 20 minutes.

## Annexe 02 : Les tableaux

### II.1. Tableaux de lecture des antibiogrammes

#### II.1.1. Tableau de lecture de l'antibiogramme de *Klebsiella pneumoniae*

1.3.11. *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 (NCTC 13368)  
producteur de BLSE, SHV-18

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible / interprétation	Limites acceptables
Aztréonam			30	R	9-17
Céfotaxime			5	I ou R	12-18
Cefpodoxime	-		10	R	9-16
Ceftazidime			10	I ou R	6-12
Ceftazidime-avibactam <sup>3</sup>	0,5-1	0,25-2	10-4	21	18-24
Ceftolozane-tazobactam <sup>1,2</sup>	1	0,5-2	30/10	21	17-25
Ceftriaxone			30	I ou R	16-22
Pipéracilline-tazobactam <sup>1,2</sup>	16	8-32	30-6	17	14-20

## II.1.2. Tableau de lecture de l'antibiogramme d'*Escherichia coli*

1.3.7. *Escherichia coli* ATCC 25922 (NCTC 12241 ; CIP 76.24)

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Acide nalidixique	2	1-4	30	25	22-28
Amikacine	1-2	0,5-4	30	22-23	19-26
Amoxicilline	4	2-8	20	21	18-24
Amoxicilline-acide clavulanique <sup>1,4</sup>	4	2-8	20/10	21	18-24
Ampicilline	4	2-8	10	18-19	15-22
Ampicilline-sulbactam <sup>2,4</sup>	2	1-4	10/10	21-22	19-24
Aztréonam	0,125	0,06-0,25	30	32	28-36
Céfadroxil	-	-	30	17	14-20
Céfalaxine	8	4-16	30	18	15-21
Céfépime	0,03-0,06	0,016-0,125	30	34	31-37
Céfixime	0,5	0,25-1	5	23	20-26
Céfotaxime	0,06	0,03-0,125	5	28	25-31
Céfoxitine	4	2-8	30	26	23-29
Cefpodoxime	0,5	0,25-1	10	25-26	23-28
Ceftaroline	0,06	0,03-0,125	5	27	24-30
Ceftazidime	0,125-0,25	0,06-0,5	10	26	23-29
Ceftazidime-avibactam <sup>2,4</sup>	0,125-0,25	0,06-0,5	10-4	27	24-30
Ceftibutene	0,25	0,125-0,5	30	31	27-35
Ceftobiprole	0,06	0,03-0,125	5	28	25-31
Ceftolozane-tazobactam <sup>3,4,5</sup>	0,25	0,125-0,5	30/10	28	24-32
Ceftriaxone	0,06	0,03-0,125	30	32	29-35
Céfuroxime	4	2-8	30	23	20-26
Chloramphénicol	4	2-8	30	24	21-27
Ciprofloxacine	0,008	0,004-0,016	5	33	29-37
Colistine <sup>7</sup>	0,5-1	0,25-2	-	-	-
Doripénème	0,03	0,016-0,06	10	31	27-35
Ertapénème	0,008	0,004-0,016	10	32-33	29-36
Fosfomycine <sup>8</sup>	1	0,5-2	200	30	26-34
Gentamicine	0,5	0,25-1	10	22-23	19-26
Imipénème	0,125	0,06-0,25	10	29	26-32
Lévofloxacine	0,016-0,03	0,008-0,06	5	33	29-37
Méccillinam <sup>9</sup>	0,06-0,125	0,03-0,25	10	27	24-30
Méropénème	0,016-0,03	0,008-0,06	10	31-32	28-35
Moxifloxacine	0,016-0,03	0,008-0,06	5	31-32	28-35
Nétimicine	-	50,5-1	10	21	18-24
Nitrofurane	8	4-16	100	20	17-23
Nitroxoline	-	-	30	21	18-24
Norfloxacine	0,06	0,03-0,125	10	31-32	28-35
Ofloxacine	0,03-0,06	0,016-0,125	5	31	29-33
Péfloxacine	-	-	5	29	26-32
Pipéracilline	2	1-4	30	24	21-27
Pipéracilline-tazobactam <sup>3,4,5</sup>	2	1-4	30/6	24	21-27
Ticarcline	8	4-16	75	27	24-30

## II.1.3. Tableau de lecture de l'antibiogramme de *Staphylococcus aureus*

1.3.1. *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 (NCTC 12973 ; CIP 103429)  
(Souche faiblement productrice de bêta-lactamase)

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Acide fusidique	0,125	0,06-0,25	10	29	26-32
Amikacine	2	1-4	30	21	18-24
Ampicilline	-	-	2	18	15-21
Amoxicilline-acide clavulanique <sup>1,2</sup>	Note <sup>1,2</sup>	Note <sup>1,2</sup>	2 / 1	22	19-25
Azithromycine	1	0,5-2	-	-	-
Céfoxitine	2	1-4	30	27	24-30
Ceftaroline	0,25	0,125-0,5	5	27	24-30
Ceftobiprole	0,25-0,5	0,125-1	5	25	22-28
Chloramphénicol	4-8	2-16	30	24	20-28
Ciprofloxacine	0,25	0,125-0,5	5	24	21-27
Clarithromycine	0,25	0,125-0,5	-	-	-
Clindamycine	0,125	0,06-0,25	2	26	23-29
Dalbavancine	0,06	0,03-0,125	-	-	-
Daptomycine	0,25-0,5	0,125-1	-	-	-
Doxycycline	0,25	0,125-0,5	-	-	-

## II.1.4. Tableau de lecture de l'antibiogramme de *Pseudomonas aeruginosa*

### 1.3.8. *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (NCTC 12903 ; CIP 76110)

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Amikacine	2	1-4	30	22	18-26
Aztréonam	4	2-8	30	26	23-29
Céfépime	1-2	0,5-4	30	28	25-31
Ceftazidime	2	1-4	10	24	21-27
Ceftazidime-avibactam <sup>3,5</sup>	1-2	0,5-4	10-4	24	21-27
Ceftolozane-tazobactam <sup>1,3,4</sup>	0,5	0,25-1	30/10	28	25-31
Ciprofloxacine	0,5	0,25-1	5	29	25-33
Colistine <sup>8</sup>	1-2	0,5-4	-	-	-
Doripénème	0,25	0,125-0,5	10	31-32	28-35
Fosfomycine	4	2-8	-	-	-
Gentamicine	1	0,5-2	10	20	17-23
Imipénème	2	1-4	10	24	20-28
Lévofloxacine	1-2	0,5-4	5	22-23	19-26
Méropénème	0,5	0,25-1	10	30	27-33
Netilmicine	2	0,5-8	10	18	15-21
Pipéracilline	2-4	1-8	-	-	-
Pipéracilline-tazobactam <sup>1,3,4</sup>	2-4	1-8	30/6	26	23-29
Ticarilline	16	8-32	-	-	-
Ticarilline-acide clavulanique <sup>2,4</sup>	16	8-32	75/10	24	20-28
Tobramycine	0,5	0,25-1	10	23	20-26

## II.1.5. Tableau de lecture de l'antibiogramme d'*Enterococcus faecalis*

### 1.3.3. *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 (NCTC 12697 ; CIP 103214)

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Ampicilline	1	0,5-2	2	18	15-21
Ciprofloxacine	0,5-1	0,25-2	5	22	19-25
Gentamicine	8	4-16	30 <sup>1</sup>	15	12-18
Imipénème	1	0,5-2	10	27	24-30
Lévofloxacine	0,5-1	0,25-2	5	22	19-25
Linézolide	2	1-4	10	22	19-25
Nitrofurantoïne	8	4-16	100	21	18-24
Norfloxacine	4	2-8	10	19	16-22
Quinupristine dalfopriline	4	2-8	15	14	11-17
Streptomycine	-	-	300 <sup>1</sup>	17	14-20
Teicoplanine	0,5	0,25-1	30	18	15-21
Tigécycline <sup>2</sup>	0,06	0,03-0,125	15	23	20-26
Triméthoprime	0,25	0,125-0,5	5	28	24-32
Timéthoprime-sulfaméthoxazole	≤0,5/9,5	-	1,25/23,75	30	26-34
Vancomycine	2	1-4	5	13	10-16

II.1.6. Tableau de lecture de l'antibiogramme d'*Acinetobacter baumannii*

Fluoroquinolones	Concentrations critiques (mg/L)		Charge du disque ( $\mu$ g)	Diamètres critiques (mm)	
	S $\leq$	R $>$		S $\geq$	R $<$
La résistance aux fluoroquinolones est croisée entre les différentes molécules mais s					
Ciprofloxacine	0,06	1	5	50	21
Lévofloxacine	0,5	1	5	23	20

Aminosides	Concentrations critiques (mg/L)		Charge du disque ( $\mu$ g)	Diamètres critiques (mm)	
	S $\leq$	R $>$		S $\geq$	R $<$
Les concentrations critiques des aminosides sont basées sur une administration en d					
Amikacine	8	16	30	19	17
Gentamicine	4	4	10	17	17
Nétilmicine	4	4	10	16	16
Tobramycine	4	4	10	17	17

Tétracyclines	Concentrations critiques (mg/L)		Charge du disque ( $\mu$ g)	Diamètres critiques (mm)	
	S $\leq$	R $>$		S $\geq$	R $<$
Les souches sensibles à la tétracycline sont sensibles à la doxycycline et à la minocycline. peuvent être sensibles à la doxycycline ou à la minocycline.					
Tétracycline	4	8	30	15	12
Doxycycline	4	8	30	13	10
Minocycline	4	8	30	16	13

## Annexe 03 : Fiche d'enquête

HOPITAL DES URGENCES MEDICO-CHIRURGICALES SALIM ZEMIRLI - EL-HARRACH

LABORATOIRE CENTRAL  
UNITE DE MICROBIOLOGIE

Date du prélèvement : .....

N° du prélèvement : .....

Nom : ..... Prénom : .....

Age : ..... Sexe : .....

Origine : ..... Service : .....

Date d'hospitalisation : .....

Signes cliniques : .....

Grossesse :  OUI  NON

Sonde :  OUI  NON

Traitement antibiotique reçu dans les 15 jours précédents : .....

Nature du prélèvement :

Urines

Hémoculture

LCR

Prélèvement de gorge

Prélèvement distal protégé

Cathéter

Prélèvement vaginal

Sperme

Coproculture

Prélèvement de pus (préciser l'origine du pus) : .....

Autres : .....

Le Médecin,