

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

كلية العلوم الطبيعية والحياة وعلوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et
de la Vie et des Sciences de Terre

Département : Sciences biologiques



جامعة الجيلالي بونعاما خميس مليانة

Université Djilali Bounaama Khemis
Miliana

القسم : علوم بيولوجية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Science biologique

Spécialité : Microbiologie appliquée

THEME

**Etude phytochimique et l'activité antimicrobienne des
extraits de *Plectranthus amboinicus***

Réalisé par :

FERSAOUI Yousra

HADJ DJILANI Hiba Wissal

Soutenu le 30/06/2024 devant le jury composé de :

Présidente	Mme BENOAKLIL. F	MCB	U. Khemis Miliana
Promotrice	Mme DELHOUM. H	MCA	U. Khemis Miliana
Examinatrice	Mme HALFAOUI.Z	MAB	U. Khemis Miliana

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

D'abord, nous exprimons nos remerciements avec gratitude envers Dieu le tout-puissant pour toutes les bénédictions qu'il nous a accordées et pour la force, le courage et la patience qu'il nous a donné pour réaliser ce modeste travail, grâce à sa générosité, nous sommes arrivées là où nous sommes aujourd'hui malgré tous les obstacles et les expériences que nous avons affrontés dans la vie et qu'on a transformé en leçons utiles pour un avenir meilleur.

Nous remercions avec un grand respect notre chère promotrice Mme DELHOUM pour ses efforts déployés avec nous pendant la période de préparation de mémoire de fin d'études, sa disponibilité, sa professionnalité, ses conseils, et ses orientations qui nous ont énormément servi pour arriver à ce jour. Comme nous lui souhaitons le bonheur et la réussite dans son cheminement professionnel et dans sa vie.

Nos remerciements les plus sincères pour tous les membres de jury Mme BENOUKLIL, Mme HALFAOUI, qui ont accepté d'évaluer notre travail, nous espérons qu'il leur plaira.

Nous remercions également nos professeurs pour leurs efforts pour nous assurer une formation aussi complétée. Ainsi que le personnel des laboratoires de l'Université Djilali Bounâama et les laboratoires privés qui nous ont beaucoup aidé à réaliser ce projet notamment Mme Mabrek Fatiha

Notre remerciement a tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui n'ont épargné aucun effort pour me soutenir et m'encourager depuis ma naissance jusqu'à ce jour.

A mon cher frère Abderrahmane qui n'a jamais cessé de m'épauler

A mes chers grands parents

A l'âme de mon grand-père paternel Ahmed

A toute ma famille, oncles, tantes, cousins et cousines.

A tous mes chères amies, avec qui j'ai partagé les moments les plus durs, les plus précieux, et les plus joyeux, tout au long de notre parcours.

A toute personne ayant une touche dans ce que je suis aujourd'hui je cite Mr.Dahmane Ahmed, mon 1^{er} enseignant

A ma chère copine et collègue Yousra, merci ma chère pour ta sympathie, Aide, encouragement et compréhension.

HIBA WISSAL

Dédicace

À mes chers parents,

Ça tient énormément à cœur de vous dire Merci, bien que ce simple mot n'égale jamais tout ce que vous avez fait pour moi, aucune dédicace ne saurait exprimer l'Amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Vos prières ont été pour moi un grand soutien tout au long de mes études. Que Dieu vous apporte santé, bonheur et longue vie.

Je le dédis également ;

À mes frères Slimane, Mohammed et ma sœur Amina

A mes très chers ;

Asmaa, Ahlem, Serine, Zahra.

Je mentionne particulièrement mon amie Wissal pour avoir été à mes côtés dans tous les bons et mauvais jours, et je la remercie pour les beaux souvenirs que nous avons passés ensemble.

A tous mes amis et mes collègues qui m'ont toujours encouragé,

A qui je souhaite plus de succès.

Et A tous ceux que j'aime.

Une mention spéciale à nos frères de Gaza et de Palestine. Vous ne quittez pas nos esprits, au pays des libres et des martyrs, je prie Dieu de vous accorder une victoire proche et de nous donner l'opportunité de visiter Al-Aqsa. À tous ceux qui ont perdu un être cher, j'espère que vous le rencontrerez au paradis.

YOUSRA

Résumé :

Plectranthus amboinicus ou aussi connu par le nom *Coleus amboinicus* est une plante verte juteuse qui appartient à la famille de *Lamiacées*. Cette plante est utilisée dans plusieurs domaines, elle présente aussi une efficacité contre plusieurs agents pathogènes et une capacité à traiter plusieurs maladies grâce aux constituants phytochimiques qu'elle contient. Dans ce contexte ce travail présente une étude phytochimique et une évaluation de la capacité antimicrobienne des extraits éthanoliques obtenus à partir des feuilles de *Plectranthus amboinicus* par macération. Le rendement d'extraction égale à 19,23%.

L'étude phytochimique de cette plante a montré la présence de plusieurs métabolites secondaire telles que : les flavonoïdes, les phénols, les tanins et les terpénoïdes.

Le test antibiogramme a montré la sensibilité et la résistance des bactéries utilisé dans cette étude contre certains antibiotiques tels que : oxacilline, acide fusidique ... etc.

L'activité antimicrobienne d'extrait éthanolique de *Plectranthus amboinicus* a été testée contre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Staphylococcus aureus*.

Les résultats obtenus concernant l'activité antimicrobienne d'extrait éthanolique, on démontre que *Staphylococcus aureus* a une activité antimicrobienne contre l'extrait éthanolique avec zones d'inhibitions (17.8 mm : 15.8 mm : 14 mm : 12.5 mm)

Les mots-clés : Activité antimicrobienne, extrait éthanolique, *Plectranthus amboinicus*, screening phytochimique.

Abstract

Plectranthus amboinicus or also known by the name *Coleus amboinicus* is a juicy green plant that belongs to the family of *Lamiacea*. This plant used in several fields, and it also has an effectiveness against several pathogens and a capacity to treat several diseases because of the phytochemical constituents it contains. In this context, this work presents a phytochemical study and an evaluation of the antimicrobial capacity of ethanolic extracts obtained from the leaves of *Plectranthus amboinicus* by maceration. The extraction yield equals 19.23%.

The phytochemical study of this plant showed the presence of several secondary metabolites such as: flavonoids, phenols, tannins and terpenoids.

The antibiogram test showed the sensitivity and resistance of the bacteria used in this study against certain antibiotics such as: Oxacillin, Fusidic acid ... etc.

Antimicrobial activity of ethanolic extract of *Plectranthus amboinicus* was tested against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*.

The results obtained concerning the antimicrobial activity of ethanolic extract, demonstrated that *Staphylococcus aureus* have an antimicrobial activity against ethanolic extract, with an inhibition zone (17.8 mm: 15.8 mm: 14 mm: 12.5 mm)

Keywords: Antimicrobial activity, ethanolic extract, *Plectranthus amboinicus*, phytochemical screening.

الملخص

Plectranthus amboinicus او كما يعرف أيضا باسم *Coleus amboinicus* هي نبتة خضراء عصارية تنتمي إلى عائلة *Lamiacées*, تستخدم هذه النبتة في عدة مجالات، كما ان لها أيضا فعالية ضد عدة عوامل ممرضة كما تمتلك القدرة على علاج عدة أمراض بفضل المكونات الكيميائية النباتية التي تحتويها. في هذا السياق. يقدم هذا العمل دراسة فيتوكيميائية وتقييما للقدرة المضادة للميكروبات للمستخلصات الايثانولية المحصل عليها من أوراق *Plectranthus amboinicus* بطريقة النقع. عائد الاستخراج يساوي 19.23 %

أظهرت الدراسة الفيتوكيميائية وجود العديد من المركبات الثانوية مثل الفلافونويد والفينولات والعفص والتربينويد.

أظهر اختبار المضادات الحيوية حساسية ومقاومة البكتيريا المستخدمة في هذه الدراسة ضد مضادات حيوية معينة مثل الأوكساسيلين، حمض الفوسيديك... وما إلى ذلك.

تم اختبار النشاط المضاد للميكروبات للمستخلص الإيثانولي لنبتة *Plectranthus amboinicus* ضد كل من *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Staphylococcus aureus*

النتائج التي تم الحصول عليها فيما يتعلق بالنشاط المضاد للميكروبات للمستخلص الإيثانولي، تثبت أن *Staphylococcus aureus* لها نشاط مضاد للميكروبات ضد المستخلص الإيثانولي حيث منطقة التثبيط تساوي (17.8 مم : 15.8 مم : 14 مم : 12.5 مم)

الكلمات المفتاحية: نشاط مضادات الميكروبات، مستخلص إيثانولي، *Plectranthus amboinicus*، التحليل الفيتو كيميائي.

Liste des figures.....	N° de page
Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Google maps,2024)	31
Figure 2 : La plante <i>Plectranthus amboinicus</i> avant le séchage.....	31
Figure 3 : La plante <i>Plectranthus amboinicus</i> après le séchage.....	31
Figure 4 : Poudre de <i>Plectranthus amboinicus</i>	33
Figure 5 : Solution <i>Plectranthus amboinicus</i> +éthanol avant agitation.....	33
Figure 6 : Solution <i>Plectranthus amboinicus</i> +éthanol après 5 jours d'agitation.....	33
Figure 7 : Filtration de solution.....	33
Figure 8 : Résidu de filtration	33
Figure 9 : Évaporation de solution par évaporateur rotatif.....	33
Figure 10 : L'extrait sur évaporateur rotatif	33
Figure11 : L'extrait obtenu +éthanol récupéré.....	33
Figure 12 : Préparation des différentes dilutions de solutions expérimentales.....	37
Figure 13 : Antibiogramme de <i>E.coli</i>	40
Figure 14 : Antibiogramme de <i>Staphylococcus aureus</i>	40
Figure 15 : Antibiogramme de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40

Liste des tableaux.....	N° de page
Tableau 1 : La dénomination <i>Plectranthus amboinicus</i> dans différent pays de monde	7
Tableau 2. : Évaluation organoleptique des feuilles, des parties de tige et de racine de <i>plectranthus amboinicus</i>	9
Tableau 3 : Les composé phytochimique volatile de <i>plectranthus amboinicus</i> et la partie végétale.....	10
Tableau 4 : Les composé phytochimique non-volatile de <i>plectranthus amboinicus</i> et la partie végétale	14
Tableau 5 : Composition nutritionnelle de la bourrache indienne crue par 100 grammes	18
Tableau 6 : Les propriétés pharmacologiques de <i>plectranthus amboinicus</i>	20
Tableau 7 : Matériels biologique microbien	32
Tableau 8 : Le rendement d'extrait	39
Tableau 9 : Diamètres des zones d'inhibition en (mm) de la solution mère et des dilutions.....	39
Tableau10 : Résultats de screening phytochimique.....	39
Tableau 11 : Antibiogramme des bactéries contre certain antibiotique	41
Tableau 12 : Matériel non biologique	53
Tableau 13: Liste des antibiotiques utilisée	54

Listes des abréviations

cm : Centimètre

mm : millimètre

pH : potentiel d'hydrogène

°C : Degré Celsius

P. amboinicus : *Plectranthus amboinicus*

g : Gramme

mg : Milligramme

µg : Microgramme

mL : Millilitre

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

DPPH : 2,2-Diphényl 1-picrylhydrazyle

LPS : Lipopolysaccharides

iNOS : Inducible nitric oxide synthase

COX-2 : cyclooxygenase2

NF-κB : Nuclear factor-κB

HeLa : Henrietta Lacks

HSV1 : herpès simplex-1

VIH : Le virus de l'immunodéficience humaine

VSV : le virus stomatite vésiculaire

µL : microlitre

kg : kilogramme

PCL : polycaprolactone

CCl4 : Le tétrachlorométhane

PEPA : extraits d'éther de pétrole

CEPA : extrait chloroformique de *Plectranthus amboinicus*

EEPA : extrait aqueux de *Plectranthus amboinicus*

AEPA : extrait alcoolique de *Plectranthus amboinicus*

K+ : Les ions potassium

CRP : La protéine C réactive

activitéanti-RA :Activité anti arthritiques

ADN : acide désoxyribonucléique

PAEO :*Plectranthus amboinicus* essentiel oil

Milieu GN : gélose nutritive

Gélose MH : Gélose Muller Hinton

D : Diamètre

E coli : *Escherichia coli*

NaOH : L'hydroxyde de sodium

H2SO4 : acide sulfurique

MCF : McFarland

SM : solution mère

\bar{X} : la moyenne

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Partie I : Rappels bibliographiques

Chapitre I : la description de *Plectranthus amboinicus*5

1. Définition de la plante6
2. La dénomination de *Plectranthus amboinicus*6
3. L'origine et la distribution de *Plectranthus amboinicus*7
4. La description botanique de *Plectranthus amboinicus*.....7
 - 4.1 La classification de *Plectranthus amboinicus*.....7
5. . Description morphologique8
 - 5.1. L'appareil végétatif8
 - 5.2. L'appareil reproductrice8
6. Cultivation de *Plectranthus amboinicus*9
7. La composition chimique de *Plectranthus amboinicus*9
8. L'utilisation principale de *Plectranthus amboinicus*16
 - 8.1. L'utilisation traditionnelle de *Plectranthus amboinicus*.....16
 - 8.2. Utilisations actuelles de *Plectranthus amboinicus*17
 - 8.2.1. Utilisation en alimentation.....17
 - 8.2.2. Utilisation en agricole19
 - 8.2.3. Utilisation en cosmétique19
 - 8.2.4. Utilisation en médecine19
 - 8.2.5. Utilisation pharmaceutique20
9. . Les propriétés pharmacologiques de *Plectranthus amboinicus*.....20
10. L'effet indésirable de *Plectranthus amboinicus*21

Chapitre II : les activités biologiques de *Plectranthus amboinicus*22

1. Activité antimicrobienne23
 - 1.1. Activité antibactérienne23
 - 1.2. Activité antivirale23
 - 1.3. Activité antifongique23
2. Activité anti-inflammatoire24
3. Activité anti-oxydant24
4. Activité anti-cancéreuse25

5. Activité antidiabétique.....	25
6. Activité anti-ulcérogène	26
7. Activité de cicatrisation des plaies	26
8. Assistance respiratoire	27
9. L'activité hépatoprotectrice	27
10. Activité anxiolytique	27
11. Activité analgésique	28
12. Effets antiarthritiques	28
13. Activité antiépileptique	29

Partie II : Matériel et méthodes

Matériel et méthodes	30
1. L'objectif de l'étude	31
2. Matériels :.....	31
2.1. Matériel végétale et identification :	31
2.2. Matériels biologique microbien	32
2.3. Matériel non-biologique	32
3. Les méthodes :	32
3.1. Les Méthodes de préparation de l'extrait de <i>Plectranthus amboinicus</i>	32
3.1.1. Séchage.....	32
3.1.2. Macération	32
3.1.3. Évaporation.....	32
3.2. le rendement d'extraction	33
3.3. Détermination du taux d'humidité.....	34
3.4. Screening phytochimique	34
3.4.1. Test d'alcaloïdes	34
3.4.2. Détection des sucres réducteurs	34
3.4.3. Détection des flavonoïdes	34
3.4.4. Détection des phénols	34
3.4.5. Le test des tannins	35
3.4.6. Le test de Saponine	35
3.4.7. Le test des phytostérols	35

3.4.8. Le test des terpénoïdes	35
3.4.9. Le test des triterpinoïdes :	35
3.5. L'activité antibiogramme des bactéries.....	35
3.6. Détermination de l'activité antimicrobienne des extraits étudié.....	35

Partie III : Résultats et discussion

Résultats et discussion	38
1. Résultats	39
1.1. Le rendement d'extrait éthanolique de <i>Plectranthus amboinicus</i>	39
1.2. Screening phytochimique :	39
1.4. Activité antibiogramme	39
1.3. Activité Aromatogramme :	41
2. Discussion :	41
Conclusion :	44
Références bibliographiques :	46
Annexes	52

Introduction générale

Introduction

Depuis l'antiquité, l'homme cherchait des remèdes dans la nature comme secours pour leur maladie. **(Petrovska et al.,2012)**. L'utilisation des plantes pour soigner les maladies cela est connu sous le nom de la phytothérapie, ce terme grec est composé de mot phyton qui signifie (plante) et therapeia (traitement). **(Moatti et al., 1990)**.

Les plantes médicinales représentent la forme la plus ancienne de médicament, utilisée depuis des milliers d'années par plusieurs pays du monde **(Marrelli et al.,2021)**. Ces plantes contiennent une ou des substances qui peuvent être utilisées à des fins thérapeutiques. **(Sofowora et al.,2010)**. Les métabolites secondaires de ces plantes sont classés en composés phénoliques, alcaloïdes, saponines, terpènes, lipides, et glucides selon leurs structures chimiques, ils sont connus qu'ils ont divers effets biologiques **(Hussein et al.,2019)**

La résistance microbienne aux agents thérapeutiques est un problème qui menace la santé publique, Ce qui a poussé les scientifiques à chercher d'autres moyens pour éliminer ce problème. Comme l'utilisation des plantes médicinales **(dos Santos Silva et al., 2020)**. Dont l'ère moderne de la médecine a augmenté la demande pour le développement de nouveaux composés bioactifs d'origine végétale et l'étude de leurs propriétés antimicrobiennes inhérentes. Et l'industrie pharmaceutique a commencé à intégrer l'utilisation de ces composés phytochimiques dans ses recherches grâce à leurs propriétés inhibitrices contre divers agents pathogènes et leurs rôles du renforcement de l'immunité **(Sawant et al., 2023)**

L'activité antimicrobienne des extraits des plantes médicinales et les huiles essentiels a été observée au cours des années, parmi les espèces qui possédé un potentiel antimicrobien : le *Plectranthus amboinicus* **(dos Santos Silva et al., 2020)**

Plectranthus amboinicus ou bourrache indienne est une plante médicinale la plus importante dans la famille des lamiacées. Est une plante vivace aromatique charnue et succulente connu pour sa saveur et son odeur d'origan distinctes **(Akinbo et al., 2018)**. Elle provient d'Indonésie et elle est largement cultivée en Afrique tropicale, en Asie et en Australie. **(Ślusarczyk et al.,2021)**

Les recherches antérieures sur la plante médicinale *Plectranthus amboinicus* ont montré sa capacité dans le traitement d'une large gamme de maladie. Ainsi qu'elle présente différents propriétés biologiques grâce aux composés phytochimiques qu'elle contient.

L'objectif de notre travail est d'identifier les composés phytochimiques présents dans l'extrait des feuilles de la plante médicinale *Plectranthus amboinicus* et l'étude de leur activité antimicrobienne sur certaines souches des bactéries pathogènes

Ce travail est devisé en 3 parties

- La première partie est consacrée à l'étude bibliographiques, elle regroupe des généralités, la description botanique, la composition chimiques et différent usage de *Plectranthus amboinicus* ainsi les activités biologiques qu'elle possède.
- Cette partie contient 2 chapitres :
 - La description de *Plectranthus amboinicus*

- Les activités biologiques de la plante *Plectranthus amboinicus*

- La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale, cette partie montre le matériel utilisé et les techniques suivies dans notre étude.
- La troisième partie est consacré pour les résultats de ce travail, et la discussion des résultats.
- Ce travail a été complété avec une conclusion générale.

Rappel bibliographique

Chapitre 1 : la description de *Plectranthus amboinicus* :

1. Définition de la plante

Plectranthus amboinicus est une plante juteuse qui se caractérise par ses feuilles vertes, succulentes, en forme de cœur aux bords dentelé. Elle peut atteindre environ 50 cm de haut avec des tiges horizontales jusqu'à 180 cm de long. Elle possède une odeur et une saveur distinctives d'origan qui en font un excellent ingrédient à des fins culinaires. (Ashaari *et al.*, 2020). Les feuilles de cette plante fraîchement consommée sont utilisées pour traiter différentes maladies on cite quelques un : la toux, les maux d'estomac, les maux de tête, les infections cutanées, l'asthme et les affections urinaires (Erny *et al.*, 2014).

Les extraits obtenus à partir des feuilles de cette plantes surtout l'huiles essentiel possèdent plusieurs activités biologiques (Erny *et al.*, 2014).

Le nom de *Plectranthus amboinicus* vient du mot grec "plectron" qui signifie "éperon" et "anthos", qui fait référence aux fleurs en forme d'éperon. (Satheesh *et al.*, 2022). L'espèce de cette plante a été nommée '*amboinicus*' d'après l'île d'Ambon (situé dans Îles Moluques) (Ślusarczyk *et al.*, 2021).

Plectranthus amboinicus appartient à la famille des *Lamiacées* (Punet Kumar *et al.*, 2020). Qui comprend de nombreuses plantes médicinales importantes. Cette famille comprend 236 genres et entre 6 900 et 7 200 espèces. Dont les genres les plus abondants sont : *Salvia* (900 espèces), *Scutellaria* (360), *Stachys* (300), *plectranthus* (300), *heptis* (280), *Teucrium*(250), *Vitex* (250), *thymus* (220) et *Nepeta* (200) (Karpiński *et al.* ,2020).

Les plantes appartenant à cette famille comme le *Plectranthus amboinicus* sont riches en huiles essentielles qui sont d'une grande valeur en médecine naturelle, pharmacie, cosmétologie et aromathérapie (Karpiński *et al.*, 2020). Elles sont distribuées largement dans le monde et sont facile à cultiver. Et grâce à leur propriétés aromatique et épicées elles sont considérées comme une partie importante des industries pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. (Bekut *et al.* ,2018).

Les plantes de cette famille sont des herbacées où les parties les plus utilisés de ces plantes sont les feuilles et l'herba (les parties supérieures de la plante). Les formes traditionnelles pour l'utilisation de ces plantes sont l'infusion ou le sirop, la teinture, le gargarisme, les gouttes ou aussi par frottement ou inhalation. (Bekut *et al.* ,2018).

2. La dénomination de *Plectranthus amboinicus*

Le *Plectranthus amboinicus* est connue aussi par plusieurs noms on cite quelques-uns :

Origan cubain, de thym espagnol, d'Origan Brujo (Porto Rico), de bourrache indienne, de thym mexicain ou de menthe mexicaine (Punet Kumar *et al.* ,2020). Ou même aussi Thym français, menthe indienne, menthe à soupe et ainsi de suite (Janakiraman *et al.* ,2023).

Les noms couramment utilisés de *Plectranthus amboinicus*, à travers le monde, sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Dénomination du *Plectranthus amboinicus* dans différents pays de monde (Arumugam *et al.*, 2016).

Pays	Le nom courant
Barbade	Pauvre porcelaine, thym à large feuille
Cambodge	Sak dam ray
Chine	Da shou xiang
Cuba	orégano;orégano de Cartagena
Fidji	Rhaivoki, Sage
Allemagne	Jamaikathymian
Guyane	Thick leaf thyme, broad leaf thyme
Inde	Indian Borage, PashanBhedi, Karpooravalli, Patharchur
Indonésie	Torbangun, Daun Kutjing
Malaisie	Daun bangun-bangun, Pokokbangun-bangun
Philippines	Latai, Suganda, Oregano
Porto Rico	Puerto Rican oregano brujo, Cuban oregano
Afrique du Sud	Sup mint, French thyme, Indian mint
Thaïlande	Hom duan huusuea, Niamhuusuea
États-Unis	Indian Borage, Country borage, Spanish thyme, Mexican mint, French thyme, Indian mint
Viêt Nam	Can day la
Indes occidentales	Thym français, thym espagnol, thym à feuilles larges

3. L'origine et la distribution de *Plectranthus amboinicus*

L'origine de cette plante est l'Indonésie mais elle est cultivée largement en Afrique tropicale, en Asie et en Australie. Cette plante a été apparemment trouvée dans l'île d'Ambon (située dans les Îles Moluques) (Ślusarczyk *et al.*, 2021).

Cette plante s'est répandue aux Indes Orientales et en Afrique, et elle a été nationalisée par les Espagnols en Amérique latine où ils l'ont appelée "Origen de la Hoja Ancha" (Punet Kumar *et al.*, 2020).

4. La description botanique de *Plectranthus amboinicus*

Plectranthus amboinicus est une angiosperme, Dicotylédones (eudicots). Astéroïdes (Satheesh *et al.*, 2022).

4.1 classification de *Plectranthus amboinicus* : selon (Satheesh *et al.*, 2022).

Domaine : Eukaryota

Royaume : Plantae

Phylum : spermatophytes

Sub-phylum : angiospermes

Classe : Dicotyledons

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Plectranthus*

Espèce : *Plectranthus amboinicus* (Satheesh *et al.*, 2022).

5. Description morphologique

Plectranthus amboinicus est un arbuste succulent épaisse et charnue elle se caractérise par sa capacité à grimper et à ramper jusqu'à 1 mètre ou plus à l'état sauvage, aussi par sa forte odeur

5.1. L'appareil végétatif

- les tiges

Les tiges sont charnues avec une hauteur de 30 à 90 cm. (Roshan *et al.*, 2010), soit recouvertes de longs poils rigides, soit recouvertes de poils doux et courts. (Arumugam *et al.*, 2016)

- les feuilles

Les feuilles sont simples, ont une forme largement ovale à sub-orbiculaires avec une pointe effilée (ovale) et très épaisses. Ils sont épais, couverts de poils. La surface inférieure possédant nombreux poils glandulaires, donnant un aspect givré. (Arumugam *et al.*, 2016)

Le goût de cette feuille est agréablement aromatique avec une odeur agréable et rafraîchissante. (Arumugam *et al.*, 2016).

- les racines

Les racines sont cylindriques au tore, avec des bords tranchants à la base et un grand nombre de radicelles (Hullatti *et al.*, 2011).

5. 2. L'appareil reproductrice

- les fleurs

Les fleurs ont un calice (sépale) en forme de cloche et la gorge est lisse à l'intérieur avec deux lèvres. La lèvre supérieure étant ovale et mince, la lèvre inférieure ayant quatre dents étroites. La corolle (pétale) est violacée pâle et cinq fois plus longue que le calice, avec un tube court, une gorge gonflée et des lèvres courtes. (Arumugam *et al.*, 2016).

- Les fruits

Les noix de fruits sont lisses, de couleur brun pâle, de 0,7 mm de long et de 0,5 mm de large. (Arumugam *et al.*, 2016).

Le tableau ci-dessous montre l'évaluation organoleptique des feuilles, des parties de tige et de racine de *Plectranthus amboinicus*.

Tableu2. Évaluation organoleptique des feuilles, des parties de tige et de racine de *plectranthus amboinicus* (Hullatti *et al.* ,2011).

Paramètres	Feuille	Tige	Racine
Couleur	Vert clair	Vert à rose	Marron
Odeur	Très aromatique	Aromatique	Aromatique
Goût	Légèrement amer à âcre	Légèrement amer à âcre	Aromatique
Taille	6,5 cm de longueur et max. 6 cm de largeur	70 à 80 cm de longueur	Étendu jusqu'à 15 à 20 cm

6 . Cultivation de *plectranthus amboinicus*

Plectranthus amboinicus est une plante a croissance remarquable, elle se multiplie par bouturage de tiges, dont ce type de multiplication est idéal pour cette plante due à sa production peu fréquente de graines. Cette plante prospère dans des endroits très secs et partiellement ombragés tels que les zones tropicales et subtropicales qui sont caractérisées par des températures élevées tout au long de l'année. Elle est capable de s'adapter dans des climats plus froids lorsqu'elle est cultivée en pots ou à l'abri pendant l'hiver. Elle ne nécessite également qu'une quantité modeste d'eau pour sa croissance. Cette plante pousse parfaitement dans les sols riches en nutriments avec un pH neutre et une humidité élevée. (L'humidité excessive dans le sol provoque la pourriture des racines de cette plante).

Due à sa capacité de stocker suffisamment d'eau dans sa tissus succulents. Elle peut faire face à une déshydratation élevée, elle supporte également les chaleurs torrides, l'ensoleillement intense et même le fort ombre, malgré qu'elle prospère mieux à mi-ombre.

Cette plante est incapable de supporter une température inferieur de 10° c ou même inférieur à 0°C car cette dernière lui cause de la détresse. Grâce à ces qualités exceptionnelles elle devient un choix idéal pour la culture en intérieur. Il existe peu d'information sur les pratiques commerciales pour la culture et la récolte de cette plante. (SHUSHMA SINGH LAXMI *et al.*, 2023).

7. La composition chimique de *Plectranthus amboinicus*

Les littératures et les études qui ont été menées afin de connaître les composants phytochimiques de *Plectranthus amboinicus* ont montré qu'il existe de nombreuses classes de composé phytochimiques y compris 76 composés volatils et 30 composés non volatils tels que des monoterpénoïdes, des diterpénoïdes, des triterpénoïdes, des sesquiterpénoïdes, des composés phénoliques, des flavonoïdes et des esters. (Arumugam *et al.* ,2016).

Le profil chimique et le schéma d'accumulation des constituants bioactifs dans différentes parties de la plante et leur teneur en huiles essentielles varient en fonction de divers paramètres, tels que les caractéristiques géographiques, le climat et les différentes étapes de la collecte de matériel végétal. (Arumugam *et al.*, 2016).

Les tableaux suivants montrent les composé phytochimique volatile et non-volatile de cette plante et dans quelle partie de la plante ils sont présent :

Tableau3. Les composé phytochimique volatile de *plectranthus amboinicus* et la partie végétale. (Arumugam *et al.*, 2016).

Les composé phytochimique volatile		
Le nom de composé	Formule	Parties de la plante
A) <u>Hydrocarbures</u> <u>monoterpéniques</u>		
1- δ -3-Carène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
2- <i>p</i> -Cymène	C ₁₀ H ₁₄	Pièces aériennes, Feuilles
3- Limonène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
4- β -Myrcène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
5- Ocimène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
6- α -Phellandrène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
7- β -Phellandrène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
8- α -Pinène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
9- β -Pinène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
10- Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
11- α -Terpinène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
12- γ -Terpinène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
13- α -terpinolène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles
14- α -Thujène	C ₁₀ H ₁₆	Feuilles

B) <u>Monoterpènes</u> <u>Oxygénés</u>		
1- Camphre	$C_{10}H_{16}O$	Feuilles
2- Carvacrol	$C_{10}H_{14}O$	Parties aériennes, Feuilles Fleurs
3- Carvone	$C_{10}H_{14}O$	Feuilles
4- 1,8-Cinéole	$C_{10}H_{18}O$	Feuilles
5- Eugénol	$C_{10}H_{12}O_2$	Feuilles
6- Géraniol	$C_{10}H_{18}O$	Feuilles
7- Linalol	$C_{10}H_{18}O$	Feuilles
8- Carvacrol de méthyle	$C_{11}H_{16}O$	Feuilles
9- Méthyleugénol	$C_{11}H_{14}O_2$	Feuilles
10- α -terpinéol	$C_{10}H_{18}O$	Feuilles
11- Terpinène-4-ol	$C_{10}H_{18}O$	Feuilles
12- Thymol	$C_{10}H_{14}O$	Pièces aériennes, Feuilles
13- Éther méthylique de thymol	$C_{11}H_{16}O$	Feuilles
C) <u>Hydrocarbures</u> <u>sesquiterpéniques</u>		
1- α -Amorphène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
2- Aromadendrène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
3- trans- α -Bergamotène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles, Parties aériennes, Fleurs
4- trans- β -Bergamotène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles

5- γ -cadinene	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
6- δ -cadinene	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
7- α -Calacorene	$C_{15}H_{20}$	Pièces aériennes
8- <i>cis-calamène</i>	$C_{15}H_{22}$	Feuilles
9- β -caryophyllène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles, Fleurs
10- γ -caryophyllène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
11- α -Copaene	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
12- α -Cubebène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles, Pièces aériennes
13- (E,Z)- α -Farnésène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
14- Germacrène D	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
15- γ -Gurjunene	$C_{15}H_{24}$	Pièces aériennes
16- Humulène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles, Pièces aériennes
17- α -Muuroène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
18- Patchoulène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
19- β -Sélinène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
20- β -Sesquiphellandrène	$C_{15}H_{24}$	Feuilles
D) Sesquiterpènes oxygénés		
1- Oxyde de caryophyllène	$C_{15}H_{24}O$	Feuilles, Pièces aériennes
2- β -Cedrene époxyde	$C_{15}H_{24}O$	Pièces aériennes
3- β -Copaen-4- α -ol	$C_{15}H_{24}O$	Pièces aériennes

4- 1-Épi-cubénol	$C_{15}H_{26}O$	Pièces aériennes
5- β -Eudesmol	$C_{15}H_{26}O$	Pièces aériennes
6- β -Eudesmol	$C_{15}H_{26}O$	Feuilles
7- β -oxyde d'himachalène	$C_{15}H_{24}O$	Pièces aériennes
8- Oxyde d'humulène	$C_{15}H_{24}O$	Feuilles
9- Le spathuléol	$C_{15}H_{24}O$	Feuilles
E) <u>Autres (Terpènes, phénylpropanoïdes, esters, acides gras, alcools, aldéhydes)</u>		
1- 1,2-benzènediol 4-(1,1 diméthyléthyle)	$C_{10}H_{14}O_2$	Feuilles
2- Chavicol	$C_9H_{10}O$	Feuilles
3- Méthyl chavicol	$C_{10}H_{12}O$	Pièces aériennes
4- α -Corocalene	$C_{15}H_{20}$	Pièces aériennes
5- Dihydrocarveol	$C_{10}H_{18}O$	Pièces aériennes
6- Durohydroquinone	$C_{10}H_{14}O_2$	Feuilles
7- 1,4 Eicosadiène	$C_{20}H_{38}$	Feuilles
8- Salicylate d'éthyle	$C_9H_{10}O_3$	Feuilles
9- (Z)-1,3-hexadiène	C_6H_{10}	Feuilles
10- (Z)-3-Hexen-1-ol	$C_6H_{12}O$	Feuilles
11- Octanoate de méthyle	$C_9H_{18}O_2$	Pièces aériennes
12- 1-octen-3-ol	$C_8H_{16}O$	Feuilles

13- Acide oléique	$C_{18}H_{34}O_2$	Feuilles
14- Tiglate de 2-phényl-éthyle	$C_{13}H_{16}O_2$	Pièces aériennes
15- Phytol	$C_{20}H_{40}O$	Feuilles
16- Squalène	$C_{30}H_{50}$	Feuilles
17- Canal de Tétrade	$C_{14}H_{28}O$	Pièces aériennes
18- 3,7,11,15-Tétraméthyl-2-hexadécène-1-ol	$C_{20}H_{40}O$	Feuilles
19- Acétate de thymol	$C_{12}H_{16}O_2$	Feuilles
20- Hydrate de trans-sabinène	$C_{12}H_{20}O_2$	Pièces aériennes
21- Undécanal	$C_{11}H_{22}O$	Pièces aériennes

Tableau .4 Les composé phytochimique non-volatile de *plectranthus amboinicus* et la partie végétale. (Arumugam *et al.*, 2016).

Les composé phytochimique non-volatile		
Le nom de composé	La formule	Partie de plantes
A) <u>Acides phénoliques</u>		
1- Acide caféique	$C_9H_8O_4$	Feuilles, tiges, racines (extraits de méthanol)
2- Acide gallique	$C_7H_6O_5$	Tiges (extrait de méthanol)
3- Acide p-coumarique	$C_9H_8O_3$	Feuilles, tiges, racines (fractions de méthanol et d'acétate d'éthyle)

4- Acide rosmarinique	$C_{18}H_{16}O_8$	Feuilles, tiges, racines (fractions de méthanol et d'acétate d'éthyle)
5- Acide salvianolique A	$C_{26}H_{22}O_{10}$ $C_{36}H_{32}O_{16}$	Parties aériennes (Extraits d'eau) Parties aériennes (Extrait d'eau)
6- Acide shimobashirique		
B) <u>Flavonoïdes</u>		
1- Chrysoériol	$C_{16}H_{12}O_6$	Feuilles, tiges, racines (Extrait de chloroforme ; Fraction d'acétate d'éthyle)
2- Cirsimaritine	$C_{17}H_{14}O_6$	Feuilles (extrait de chloroforme)
3- Ériodictyol	$C_{15}H_{12}O_6$	Feuilles, tiges, racines (Fraction d'acétate d'éthyle)
4- Lutéoline	$C_{15}H_{10}O_6$	Feuilles, tiges, racines (Fraction d'acétate d'éthyle)
5- Rutine	$C_{27}H_{30}O_{16}$	Tiges (extrait de méthanol)
6- Salvigénine	$C_{18}H_{16}O_6$	Feuilles (extrait de chloroforme)
7- Thymoquinone	$C_{10}H_{12}O_2$	Parties aériennes (Extrait d'eau)
8- Quercétine	$C_{15}H_{10}O_7$	Feuilles, tiges, racines

9- 5,4'-dihydroxy-6,7-diméthoxy flavone	$C_{17}H_{14}O_6$	(Fraction d'acétate d'éthyle) Feuilles, tiges, racines (fractions d'acétate d'éthyle)
10- 5,4'-dihydroxy-3,7-diméthoxy flavone	$C_{17}H_{14}O_6$	Feuilles, tiges, racines (fractions d'acétate d'éthyle)
11- 5-O-méthyl-lutéoline	$C_{16}H_{12}O_6$	Feuilles, tiges, racines (fractions d'acétate d'éthyle)
	$C_{15}H_{12}O_7$	Feuilles, tiges, racines (fractions d'acétate d'éthyle)
	$C_{15}H_{10}O_5$	Feuilles, tiges, racines (fractions d'acétate d'éthyle)
12- 3,5,7,3',4'-Pentahydroxy flavanone		
13- 4',5,7-Trihydroxy Flavone (apigénine)		

Les compositions phytochimiques et les concentrations des composés bioactifs peuvent varier en raison des changements des conditions géographiques, du climat, du sol, de l'humidité, du pH et des méthodes d'extraction (Sawant *et al.* ,2023).

8. L'utilisation principale de *Plectranthus amboinicus*

8.1. L'utilisation traditionnelle de *Plectranthus amboinicus*

En raison de sa vaste biodiversité, l'Inde n'est connue que depuis des lustres pour son utilisation intensive de plantes médicinales dans les traitements traditionnels, où il existe un besoin d'agents d'origine naturelle avec peu d'effets secondaires pour remplacer les traitements chimiques. L'une de ces plantes médicinales pour les maladies chroniques est le *plectranthus amboinicus*, qui est largement utilisé traditionnellement. (Roshan *et al.* ,2010).

P. amboinicus a été utilisé comme médecine traditionnelle pour lutter contre l'activité bactérienne pathogène. À Cuba, une décoction de feuilles a été administrée à des patients souffrant de toux chronique ou de tuberculose. L'extrait d'eau chaude de feuilles de *P. amboinicus* inhibe la croissance des agents pathogènes *Escherichia coli* et *Salmonella typhi* tout en stimulant la croissance de *Lactobacillus plantarum*. Dans l'est de Cuba, l'huile essentielle des parties aériennes de *P. amboinicus* est utilisée pour traiter l'asthme. Une décoction ou un jus à base de feuilles et d'autres herbes est également pris par voie orale pour contrôler l'asthme. Il est suggéré qu'une boisson ou un bain de jus/décoction de *P. amboinicus* puisse être un bon traitement contre la grippe, la toux, la bronchite et les problèmes de gorge. *P. amboinicus* est un remède populaire contre l'indigestion, et la diarrhée, et un carminatif en Inde et en Afrique. En Inde, les feuilles de *P. amboinicus* sont consommées avec du lait, du yaourt ou toute autre source de probiotiques lors de diarrhées causées par des agents pathogènes. Les feuilles sont connues pour avoir un effet prébiotique sur la bactérie probiotique *Lactobacillus plantarum*. Ils utilisent les composants végétaux des feuilles en produisant les enzymes métaboliques nécessaires *P. amboinicus* obtenu à partir des feuilles récoltées comme boisson pour traiter la constipation en Indonésie et en Malaisie. L'application d'une pâte préparée avec *P. amboinicus* a montré une capacité améliorée de cicatrisation des plaies par immun stimulation chez des morilles géantes malades.

En Inde, le jus de feuilles est utilisé pour traiter les allergies cutanées. Il est également utilisé pour traiter les brûlures dans les régions asiatiques. En Indonésie, *P. amboinicus* est utilisé comme aliment traditionnel dans une soupe pour stimuler la lactation pendant environ un mois après la naissance. (Arumugam *et al.* ,2016).

La saveur prononcée et les feuilles très aromatiques sont utilisées comme additif alimentaire dans la viande et la volaille. Côté cuisine, les feuilles sont hachées et transformées en boules de farine qui sont ensuite frites dans l'huile. (Nurafifah *et al.* ,2018).

Il peut être utilisé en aromathérapie pour détendre et calmer les nerfs, ce qui aide à soulager le stress et à calmer les nerfs.

8.2. Utilisations actuelles de *Plectranthus amboinicus*

L'extraction biologique du thym jamaïcain (*Plectranthus amboinicus*) a montré des teneurs élevées en métabolites primaires et secondaires, notamment des glucides, des protéines, des flavonoïdes, des composés phénoliques et des terpénoïdes. Ces dernières années, de nombreuses études ont été menées sur les caroténoïdes totaux et les composés phénoliques totaux et sur leur pertinence pour la santé et le bien-être humains, y compris leurs propriétés antimicrobiennes. (Zhang *et al.* ,2017) Cela a amené la plante à susciter l'intérêt des chercheurs et des scientifiques pour son utilisation dans de nombreux domaines modernes, notamment.

8.2.1. Utilisation en alimentation

Les herbes comme ont été largement utilisée en cuisine en raison de son goût délicieux et de la richesse des bienfaits pour la santé qui lui sont attribués, et elle peut être une bonne source

de composés nutritionnels qui contribuent à améliorer le goût et à prolonger la durée de conservation des produits alimentaires.

Elle peut également être utilisée en cuisine pour rehausser la saveur et l'arôme des aliments ou pour assaisonner les aliments et masquer les odeurs telles que la viande ou le poisson lors de la cuisson. Les feuilles peuvent également être consommées crues. (Arumugam *et al.*, 2016)

Le tableau suivant montre la Composition nutritionnelle de la bourrache indienne crue par 100 grammes :

Tableau 5. Composition nutritionnelle de la bourrache indienne crue par 100 grammes (Satheesh *et al.*, 2022)

Composants nutritionnels	Quantité (pour 100 g)
Analyse immédiate	
Cendres (g)	1.43
Humidité (g)	93
Énergie (kcal)	211
Glucides (g)	3.05
Protéines (g)	1.79
Lipides (g)	0.69
Fibre (g) Fibre insoluble Fibre soluble	45.38
Minéraux	
Calcium (mg)	93
Fer (mg)	3.3
Magnésium (mg)	51.68
Phosphore (mg)	52.8
Potassium (mg)	469.6
Sodium (mg)	79,6
Zinc (mg)	0,20
Cuivre (mg)	0.13
Manganèse (mg)	0.34
Sélénium (mg)	0.89
Vitamines	
Vitamine A (UI)	4200
Vitamine C (mg)	35,05
Vitamine B1 (mg)	0,05
Vitamine B2 (mg)	0,15
Vitamine B3 (mg)	0,9
Vitamine B5 (mg)	0,04
Vitamine B6 (mg)	0.08
Vitamine B9 (µg)	13.49
Autres composés	
Phénols	9,62±0,83% (base humide)
Flavonoïdes	4,21±0,39% (base humide)

Alcaloïdes	4,3±0,74% (base humide)
Saponines	2,09±0,33% (base humide)

8.2.2. Utilisation en agricole

L'huile essentiel de *Plectranthus amboinicus* possède des propriétés insecticides contre plusieurs types d'insectes telles que le bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*) les larves de moustiques (*Aedes aegypti* et *Anophele sgambiae*), Les termites (*Odontotermes obesus*) , Tribolium rouge de la farine(*Tribolium castaneum*) .(Leesombun *et al.* ,2022)

L'huile essentiel de *Plectranthus amboinicus* contient deux monoterpènes phénoliques majeurs, à savoir le carvacrol et le thymol, qui présentent une activité insecticide (Leesombun *et al.* ,2022)

Plusieurs études ont montré que le carvacrol, le thymol et le bêta-caryophyllène sont des insecticides potentiels. Le carvacrol et le thymol exercent une activité insecticide contre les œufs et les larves de *Culex pipiens*, *Pochazia shantungensis* nymphes, *Cimex lectularius* et le *Mahanarva spectabilis*,, tandis que le bêta-caryophyllène (groupe sesquiterpène) présente une toxicité contre *Megoura japonica* , et *Plutella xylostella* (Leesombun *et al.* ,2022).

L'huile essentielle de *P. amboinicus* affecte directement les systèmes nerveux et reproducteur des insectes cibles Ce qui le rend utile en agriculture (Leesombun *et al.* ,2022)

Selon (Wanna *et al.* ,2019) l'huile essentielle de *P. amboinicus* pourrait être utilisée comme alternative pour la protection des grains contre les insectes des produits stockés.

8.2.3. Utilisation en cosmétique

Cette plante est capable de traiter plusieurs problèmes de la peau comme le psoriasis et l'eczéma, elle est aussi utilisée en cas de morsures et piqûres d'insectes, grâce à la présence des composés phyto-chimiques qui possède un anti-inflammatoire qui sont capables de réduire l'enflure et les rougeurs dans un temps très court. Elle est utilisée aussi pour éliminer les irritations et les démangeaisons. (Punet Kumar *et al.* ,2020).

Aussi Les feuilles sont également frottées sur les poils et le corps après le bain. Ils peuvent également être frottés sur le corps pour le protéger contre les insectes. Les huiles essentielles de ces plantes ont des propriétés médicinales. Les feuilles et les tiges contiennent de l'huile essentielle qui est utilisée dans la crème pour la peau et utilisée commercialement pour préparer des cosmétiques. (Punet Kumar *et al.* , 2020).

8.2.4. Utilisation en médecine

Plectranthus amboinicus présente une activité anthelminthique, elle est utilisée dans le traitement de maladies célèbres telles que la céphalée, l'otalgie, l'anorexie, la dyspepsie, les ballonnements, les coliques, la diarrhée, le choléra, les gencives, les convulsions, l'asthme, la toux, la bronchite chronique, les calculs rénaux, les calculs vésiculaires, le hoquet, Strangurie, hépatopathie, fièvre et paludisme, les fissures aux coins de la bouche. (Punet Kumar *et al.*,2020)

8.2.5. Utilisation pharmaceutique

Selon plusieurs études, les feuilles, la tige, les racines et les tubercules de *Plectranthus amboinicus* comme les autres espèces de *Plectranthus* est été utilisé pour le traitement des maladies et douleurs. (Barbosa *et al.*, 2023)

9. Les propriétés pharmacologiques de *Plectranthus amboinicus*

Plectranthus amboinicus est connu par leur activité pharmacologique due au fait qu'il contient de plusieurs composés biologiques.

Elle possède plusieurs activités biologiques on cite : activité antimicrobien, anti-inflammatoire, anti-tumora, antiépileptique, anti-larvicide, antioxydant et propriété analgésique, anticancérigène, antioxydant, activité rhumatismale, antifongique,

Et elle traite un grand nombre de maladies comme : le rhume, l'asthme, la constipation, maux de tête, toux, diarrhée et affections cutanées. Les maladies respiratoire, cardiovasculaire, oral, maladies cutanées, digestives et urinaires, la céphalée, l'otalgie, l'anorexie, la dyspepsie, ballonnements, coliques, diarrhée, choléra, gencives, convulsions, asthme, toux, bronchite chronique, calculs rénaux, calculs vésiculaires, hoquet, strangurie, hépatopathie, fièvre et paludisme. (Satheesh *et al.*, 2022)

Chaque partie de cette plante possède une activité biologique :

Tableau 6. Les propriétés pharmacologiques de *Plectranthus amboinicus* (Satheesh *et al.*, 2022)

Partie De Plante Utilisée	Activité Pharmacologique
Huile essentielle de feuille	Activité antifongique, activité antivirale
Extrait de feuille	Activité antibactérienne, Propriétés lactogènes, Activité antivirale d'allergie cutanée, Anticancéreux et activité contre les maladies respiratoires
Partie aérienne	Activité anti-inflammatoire
Extrait aqueux de racine	Trouble cardiovasculaire, Activité antioxydante et antiépileptique
Pâte de feuilles	Brûlures
Tige	Activité analgésique

Selon (Punet Kumar *et al.*, 2020) *Plectranthus amboinicus* peut être utilisé comme un agent antidiabétique grâce à sa capacité de réduire la glycémie. *Plectranthus amboinicus* aide à traiter de nombreux problèmes de peau tels que l'eczéma, le psoriasis et même les piqûres et piqûres d'insectes il est considéré un agent anti-inflammatoire qui minimise les rougeurs et l'enflure, ainsi que les démangeaisons et l'inflammation, selon (Satheesh *et al.*, 2022) Indien bourrage est un diurétique il aide à se débarrasser les constituants toxiques du corps humain et aide ainsi à maintenir la fonction des voies urinaires. Des études menées sur l'extrait éthanolique de cette plante ont montré qu'elle avait une activité anticancéreuse. Dont selon (Hasibuan *et al.*, 2019) les

nanoparticules de *P. amboinicus* de l'extrait éthanolique ont un effet antiprolifératif sur les cellules cancéreuses du sein T47D

L'activité anticancéreuse de cette plante induisant l'apoptose dans le cancer du poumon humain aussi. Les études aussi ont également montré que *Plectranthus amboinicus* a un effet prometteur en tant qu'agent chimio thérapeutique pour le cancer du côlon et est en outre utilisé dans la prévention du cancer du côlon. Les composés phytochimique comme l'acide gallique dans cette plante diminue la prolifération des cellules cancéreuses, et la quercétine et ses équivalents se sont révélés anticancéreux. La quercétine et ses glucosides, tels que la rutine, ont de puissantes propriétés antiplaquettaires, anticancéreuses et antibactériennes. L'existence de ces biomolécules a permis à *P. amboinicus* d'être utilisé comme ingrédient alimentaire fonctionnel puissant et nutraceutique. (Satheesh *et al.* ,2022)

10. L'effet indésirable de *Plectranthus amboinicus*

Cette plante ne montre aucun effet indésirable lorsqu'elle est utilisée. Certaines personnes souffrent d'une sensation de brûlure de la langue et de l'œsophage après l'ingestion du jus de la feuille. (Punet Kumar *et al.* 2020)

Chapitre2 :
Les activités biologiques de
Plectranthus amboinicus

1. Activité antimicrobienne

L'huile essentielle de *Plectranthus amboinicus* a montré une activité antimicrobienne significative. Il est fortement suggéré que l'activité antimicrobienne puisse être due à la présence de composés monoterpénoïdes majeurs, le carvacrol et le camphre. (Erny *et al* ,2014)

L'extrait de *P. amboinicus*, de l'extrait brut à l'huile essentielle, contient d'innombrables constituants biologiques du fait de sa diversité chimique. Les composés phytochimiques végétaux possèdent une activité antimicrobienne contre un large éventail de bactéries, levures et moisissures, mais varient en quantité et en qualité en fonction des constituants bioactifs. Sa large gamme de produits chimiques contenant des composés phytochimiques tels que des terpènes, des alcools, des acétones, des phénols, des acides, des aldéhydes et des esters est souvent utilisée comme composants dans l'industrie pharmaceutique. (Arumugam *et al.* ,2016)

1.1. Activity antibactérienne

A utilisé l'extrait éthanolique et à l'eau chaude des feuilles de *P. amboinicus* et a montré qu'il avait des propriétés antibactériennes contre les organismes Gram positifs et Gram négatifs. De plus, l'extrait hydroalcoolique (AOH) des feuilles avait une activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline. (Praveena *et al.* ,2012)

Les meilleurs effets antibactériens ont été mis en évidence pour l'extrait de *P. amboinicus*, avec des valeurs de concentration minimale inhibitrice (CMI) atteignant jusqu'à 16 µg/ml contre les souches Gram-positives, en particulier contre le *S. aureus* multirésistant. Cette classe de bactéries est plus susceptible à la pénétration car sa paroi cellulaire ne possède pas de membrane supplémentaire comme celles à Gram négatif. (Rodrigues *et al.* ,2021). Sur la base des résultats des recherches effectuées (Singarimbun *et al.* ,2022) il Peut être conclu que l'extrait n-hexanoïque des feuilles de *P. amboinicus* a un potentiel antibactérien provoquant la diarrhée (*Escherichia coli* et *Salmonella typhi*) avec une catégorie forte (10-20

1.2. Activité antivirale

Une fraction riche en flavonoïdes du *Plectranthus amboinicus* a montré une activité antivirale montrant un potentiel d'utilisation comme agent antiviral. (Gomes *et al.* ,2022)

Des extraits de *P. amboinicus* ont été testés et auraient une activité antivirale contre le virus de l'herpès simplex-1 (HSV1) et une activité d'inhibition anti-VIH. En outre, l'extrait éthanolique de *P. amboinicus* aurait une activité antivirale sélective sur les lignées cellulaires Vero à une concentration minimale inhibitrice de 0,1 mg/mL lorsqu'il a été testé contre les virus HSV1 et de la stomatite vésiculaire (VSV). (Arumugam *et al.* ,2016)

1.3. Activité antifongique

L'huile essentielle de bourrache indienne (*P. amboinicus*) a été étudiée contre les organismes fongiques, en mettant l'accent sur son effet sur la souche d'ochratoxine, *A. ochraceus*, et pour identifier ses constituants chimiques, qui pourraient être utilisés comme substitut au fongicide pour partiellement ou inhibe complètement la croissance des champignons et des

mycotoxines. (Murthy *et al.*, 2009). Dans une étude menée sur différentes souches de *Candida* utilisant de l'huile de *Plectranthus amboinicus*, différents résultats ont été montrés pour la concentration minimale correspondant à l'inhibition, alors que les souche (*C.albicans*, *C.guilliermondii*, *C.krusei* et *C.parapsilosis*) montrait un valeur de (CMI = 40 µl/ml), la souche *C.tropicalis* (CMI=80µl/ml) et la souche *C.stellatoidea* résistance à ce huile. Concernant les résultats, l'huile essentielle de *P. amboinicus* présente la capacité d'interférer sur l'efficacité anti-*Candida* de certains antifongiques utilisés en clinique. Cependant, cette interférence dépendait de la souche de *Candida* et de l'antifongique testé. (Oliveira *et al.*, 2007) L'un des composants antifongiques de l'huile de *Plectranthus amboinicus* est le carvacrol. Ces hydrocarbures constituent une partie importante de l'huile essentielle et sont des composés non polaires, c'est-à-dire hydrophobes, ce qui leur permet de pénétrer dans les lipides présents dans la membrane cellulaire et les mitochondries. Les rend perméables et provoque une fuite du contenu cellulaire, y compris l'inactivation de l'agent pathogène. (Antonio *et al.*, 2023) L'activité antifongique de l'huile volatile a été étudiée contre divers champignons par un test de sensibilité à la diffusion dans un puits d'agar. En cela, la croissance d'*Aspergillus ochraceus*, d'*Aspergillus niger* et de *Penicillium sp.* a été inhibé respectivement de 60 %, 64 % et 60 % avec 10 µL d'huile volatile (Murali *et al.*, 2021).

2. Activité anti-inflammatoire

Cette étude (Puspitarini *et al.*, 2023) a montré que les composés bioactifs de *Plectranthus amboinicus* sont principalement des flavonoïdes et des groupes phénoliques. Ces composés peuvent être associés à l'activité anti-inflammatoire de la plante grâce à leur capacité à agir comme piègeurs de radicaux DPPH et comme inhibiteurs d'oxyde nitrique dans les cellules RAW 264.7 stimulées par le LPS.

Dans cette étude (Chiu *et al.*, 2012) le *Plectranthus amboinicus* a clairement montré ses activités analgésiques et anti-inflammatoires. Les mécanismes par lesquels *Plectranthus amboinicus* exerce son effet analgésique et anti-inflammatoire sont corrélés à l'inhibition de l'expression d'iNOS et de COX-2 via l'inactivation de NF-κB, ce qui sert de justification possible à l'utilisation de *Plectranthus amboinicus*. En médecine traditionnelle pour l'anti-inflammation.

3. Activité anti-oxydante

Les extraits éthanoliques et aqueux de *Plectranthus amboinicus* avaient une activité antioxydante significative. L'extrait éthanolique était plus puissant que l'extrait aqueux. (Roshan *et al.*, 2010).

L'huile essentielle de *Plectranthus amboinicus* a été largement utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement de l'anxiété, du déficit de mémoire et du cancer grâce à sa forte activité antioxydante et ses propriétés antibactériennes. Dans cette étude (Nguyen *et al.*, 2020) (26). Ils ont mesuré la teneur totale en polyphénols, en flavonoïdes et l'activité antioxydante des feuilles de *Plectranthus amboinicus*. Les résultats ont montré la présence de phénols et de flavonoïdes d'extrait d'éthanol en poids sec dans les feuilles de *Plectranthus amboinicus*. L'extrait d'éthanol (IC50 = 48,23 µg/ml) a montré une puissante activité antioxydante. Les extraits de *Plectranthus amboinicus* dans cette recherche ont montré

différents degrés d'activité antioxydante. Le résultat de la présente étude (**Hasibuan et al., 2019**) a montré que l'extrait d'acétate d'éthyle, qui contient la plus grande quantité de composés phénoliques, présentait la plus grande activité antioxydante par la méthode au β -carotène. Alors que l'extrait éthanolique a présenté la plus grande activité antioxydante selon la méthode DPPH. Différentes méthodes utilisées pour mesurer l'activité antioxydante avec divers mécanismes peuvent conduire à des observations différentes. Le solvant d'extraction a affecté de manière significative le rendement et l'activité antioxydante des extraits de *Plectranthus amboinicus*.

4. Activité anti-cancéreuse

La recherche de nouvelles options de traitement et la découverte de nouveaux médicaments deviennent un effort sans fin. La phytothérapie ou phytothérapie offre un excellent champ d'exploration pour explorer davantage d'espèces végétales aux propriétés anticancéreuses. (**Nachiammai et al., 2023**). L'une de ces plantes médicinales est *Plectranthus amboinicus* La propriété cytotoxique in vitro de l'extrait brut de feuilles a été testée contre HeLa et a montré que les extraits de n-hexane, d'acétate d'éthyle et d'éthanol avaient un effet cytotoxique sur les cellules HeLa, ainsi qu'un effet cytotoxique sur les lignées cellulaires MCF7. Les études précédentes avaient montré que les extraits de n-hexane et d'acétate d'éthyle présentaient un fort effet cytotoxique sur les cellules cancéreuses du sein T47D. (**Hasibuan et al., 2019**) et une activité cytotoxique contre cancer colorectal (HT-29) les extraits aqueux de *Plectranthus amboinicus* sont produit un effet antitumoral sous forme d'ascite du carcinome Ehrlichia, et l'extrait à l'éthanol a montré une activité anticancer du poumon contre les lignées cellulaires A549. Et aussi sur cette étude, sept photocomposés anticancéreux, à savoir le carvacrol, le thymol, l'alpha pinène, le limonène, la vanilline, le cinéole et l'acide syringique, ont été identifiés à partir de l'extrait méthanoïque de feuilles de *P. amboinicus* (Lour.) Spreng par analyse GC-MS. (**Sindhu et al., 2022**).

5. Activité antidiabétique

Les effets antidiabétiques et anti hyperglycémiques de l'extrait éthanolique de *Plectranthus amboinicus* ont été étudiés chez des rats normaux et des rats diabétiques induits par l'alloxane. Le diabète a été induit. L'extrait éthanolique de *Plectranthus amboinicus* a présenté un effet hypoglycémique chez des rats normaux et a réduit de manière significative les niveaux maximaux de glucose après 120 minutes de charge de glucose. Chez les rats diabétiques induits par l'alloxane, le traitement oral quotidien avec l'extrait éthanolique de *P. amboinicus* a montré une réduction significative de la glycémie. En outre, l'administration de l'extrait éthanolique de *P. amboinicus* pendant 15 jours a diminué de manière significative la teneur sérique en cholestérol total et en triglycérides. (**Punet Kumar et al., 2020**). Dans des études antérieures sur *Plectranthus amboinicus*, il a été suggéré que les effets antidiabétiques significatifs chez le rat pourraient être dus à l'action individuelle ou synergique des flavonoïdes et d'autres phyto-constituants bioactifs présents dans *Plectranthus*. (**Mukhtar et al ; 2019**).

Grâce à des expériences menées sur des souris pour déterminer son activité diurétique, les extraits d'éther de pétrole (**PEPA**), de chloroforme (**CEPA**), éthanolique (**EEPA**) et aqueux

(AEPA) de *Plectranthus amboinicus* ont été soumis à des investigations phytochimiques qualitatives préliminaires plus approfondis, les résultats de la recherche ont montré une activité diurétique significative chez les souris ayant reçu l'extrait éthanolique et l'extrait aqueux par rapport aux souris normales (Patel *et al.*, 2010).

L'extrait alcoolique, la fraction acétate d'éthyle et l'extrait aqueux des feuilles de *Plectranthus amboinicus* qui ont été utilisés sur des animaux détenus pour des expériences ont montré la plus forte augmentation du volume d'urine par rapport au médicament MODURETIC après 24 heures. En ce qui concerne le taux d'électrolytes sériques, la plupart des extraits testés ont montré une diminution significative du taux de sodium sérique par rapport au médicament MODURETIC. Cependant, aucun effet significatif n'a été observé sur le niveau de K⁺. Selon les résultats obtenus, la fraction acétate d'éthyle des feuilles de *Plectranthus amboinicus* est le meilleur choix comme diurétique avec un bon équilibre électrolytique. (El-hawary *et al.*, 2012).

6. Activité anti-ulcérogène

L'administration de divers extraits de *Plectranthus amboinicus* (Lour) a montré une activité anti-ulcéreuse significative chez des rats ligaturés au pylore à une dose de 200 mg/kg/p.o, comparable au médicament standard ranitidine (30 mg/kg/p.o). Il a donc été scientifiquement prouvé que ces extraits possèdent suffisamment de potentiel en tant qu'agent anti-ulcérogène. (Devi *et al.* ;2010).

7. Activité de cicatrisation des plaies

L'application d'une pâte préparée à partir de *Plectranthus amboinicus* a montré une capacité améliorée de cicatrisation des plaies par stimulation immunitaire chez des guillemots géants malades. Il a été démontré que l'utilisation d'une suspension poly herbes préparée à partir de *P. amboinicus* présente de bonnes propriétés cicatrisantes chez les souris de laboratoire. De plus, l'extrait éthanolique de *P. amboinicus* a réduit la surface de la plaie jusqu'à 76,6 % chez les souris diabétiques induite par le glutamate monosodique. Il a été observé que l'extrait de plante favorisait la cicatrisation des plaies en augmentant la contraction de la plaie, en améliorant le dépôt de collagène et en réduisant la période d'épithélialisation de la plaie. (Arumugam *et al.* ,2016).

En outre, l'analyse d'amarrage a confirmé que les composés phytochimiques présents dans l'extrait de feuilles de *Plectranthus amboinicus* ont des propriétés cicatrisantes et ont montré un meilleur score de liaison et une interaction efficace avec la protéine cible. À partir des résultats de l'amarrage, il a été constaté que les ligands sélectionnés présentaient une énergie de liaison minimale et une affinité accrue avec la protéine cible. Il a également été observé que l'interaction avec les résidus d'acides aminés des sites actifs pourrait être responsable de l'activité de cicatrisation des plaies. Sur la base des résultats, nous pouvons conclure que les composés phytochimiques présents dans l'extrait méthanoïque de *Plectranthus amboinicus* peuvent être utilisés pour des applications de cicatrisation des plaies. Dans la présente étude, les excellents composés bioactifs de l'échafaudage nanofibreux PCL chargé de *Plectranthus amboinicus* ont amélioré la biocompatibilité des cellules cutanées des kératinocytes HaCaT en raison de leur effet antibactérien plus élevé et de leur environnement humide. Par conséquent,

tous les résultats ont démontré que PCL+P. L'échafaudage nanofibreux électrophile d'*amboinicus* est un matériau prometteur pour les applications de cicatrisation des plaies cutanées (**Rathinavel et al. ,2023**)

8. Assistance respiratoire

Chez *Plectranthus amboinicus*, les huiles volatiles comme le carvacrol et le thymol ont joué un rôle essentiel dans ses propriétés pharmacologiques dans le système respiratoire. (**Murali et al. ,2021**). Plusieurs conditions médicales sont traitées à l'aide d'une décoction. Les feuilles de *plectranthus amboinicus*, notamment les affections respiratoires, notamment la bronchite, les maux de gorge et la congestion. Cette plante peut être incluse dans un régime alimentaire régulier pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures, qui affectent principalement la toux, la sinusite, les maux de gorge, la pharyngite et l'inflammation pulmonaire. La bourrache agit comme un puissant expectorant, éliminant les mucosités et le mucus du système respiratoire, ce qui en fait un traitement particulièrement efficace contre l'asthme, la coqueluche, la congestion thoracique, les maux de gorge et d'autres affections respiratoire(**.Fasal et al. ,2023**).

9. L'activité hépatoprotectrice

Les feuilles de *Plectranthus amboinicus* sont traditionnellement utilisées comme hépatoprotecteurs. L'activité hépatoprotectrice de la plante *P. amboinicus* contre l'hépatotoxicité induite par le CCl₄ chez le rat a été évalué. La présente étude a révélé que parmi les deux extraits testés, l'extrait éthanolique de feuille de *P. amboinicus*. Il possède un effet hépatoprotecteur plus important, qui peut être attribué à l'action individuelle ou combinée des phytoconstituants qu'il contient. (**Patel et al. ,2011**).

Le traitement avec *P. amboinicus* a modulé les changements produits par la toxicité du LPS en diminuant de manière significative ces activités enzymatiques hépatiques. De plus, des altérations des constituants sériques dérivés du rein ont été observées chez les rats traités au LPS. Ces altérations ont été inversées par le traitement avec *P. amboinicus*, entraînant une diminution des taux élevés d'urée et de créatinine, comme observé dans les groupes de co-traitement d'extrait par rapport au LPS. -rats traités. Cela implique que *P. amboinicus* combat non seulement les cytokines pro-inflammatoires et l'infiltration des macrophages, mais améliore également les fonctions hépatiques et rénales. (**Akinbo et al. ,2018**).

10. Activité anxiolytique

Dans une étude menée sur des rats après avoir été placés dans une pièce sombre. Les études sur l'activité anxiolytique de l'extrait aqueux et alcoolique de feuilles de *Plectranthus amboinicus*. L'étude suggère également que l'activité neurologique pourrait être due à la présence de flavonoïdes. Dans une autre étude, l'activité anxiolytique a été évaluée par un modèle de labyrinthe surélevé, un modèle clair et sombre et un panneau perforé. En outre, l'évaluation de l'activité anxiolytique à l'aide d'un test en champ ouvert donne un résultat positif et la plante contenant des alcaloïdes et des saponines possède une activité anxiolytique. Tous ces éléments suggèrent que la plante *Plectranthus amboinicus* possède une activité anxiolytique potentielle. (**Unnimaya et al. ,2022**).

Le bêta-caryophyllène chez *Plectranthus amboinicus* connu pour aider à soulager l'anxiété et la douleur. (Guro *et al.*, 2022). Le troisième traitement le plus important contre la peur est le *Plectranthus amboinicus* (l'espèce est largement utilisée dans les régions tropicales et en dehors de la Dominique). Certaines personnes préparent une décoction en faisant bouillir le thé pendant quelques minutes, tandis que d'autres préparent une infusion en l'infusant. Pendant plusieurs minutes. Les villageois disent que l'on peut ressentir immédiatement les effets apaisants du « thé de brousse » de *Plectranthus amboinicus*. Une tasse de thé peut suffire à guérir une personne d'une crise de peur aiguë. Une personne souffrant de frayeur chronique en prend une tasse par jour ou quelques tasses par semaine. (Quinlan *et al.*, 2010).

11. Activité analgésique

Le *Plectranthus amboinicus* présente une activité analgésique efficace (Punet Kumar *et al.*, 2020). Des souris albinos pesant 25 à 30 g de poids corporel ont été utilisées pour l'étude de toxicité et pour l'effet analgésique. Tous les extraits testés ont présenté une analgésie aux doses testées. L'extrait alcoolique et la fraction acétate d'éthyle des feuilles ont montré l'activité analgésique la plus élevée avec une puissance de 90,33 % et 80,65 %, respectivement, par rapport à l'indométacine. (El-hawary *et al.*, 2012). Nous rapportons ici de nouvelles connaissances sur les fonctions et les mécanismes possibles du PA, y compris sa capacité analgésique démontrée par deux méthodes de test analgésiques différentes : la réponse aux contorsions induites par l'acide acétique et le test au formol. Les résultats ont montré que le *plectranthus amboinicus* inhibait considérablement les contorsions induites par l'acide acétique. Souris. Et la réponse à la douleur en phase tardive, et non neurogène (phase précoce) douleur, provoquée par l'injection intra plantaire de formol. De tels résultats suggèrent que *Plectranthus amboinicus* possédait une activité analgésique remarquable. (Chiu *et al.*, 2012). Cette étude (Barbosa *et al.*, 2023). A montré que les extraits alcooliques, hydroalcooliques et aqueux présentaient également des effets analgésiques en diminuant le pourcentage de contorsions abdominales chez la souris, l'extrait alcoolique présentant les effets les plus significatifs

12. Effets antiarthritiques

Sur cette étude *Plectranthus amboinicus* montré la capacité de traiter l'arthrite induite par le collagène chez le rat. La réduction de la CRP était également pertinente pour inhiber l'arthritique progressivement. Ces résultats étaient positivement cohérents avec les résultats des examens histologiques, ce qui a réduit la lésion de l'inflammation et l'érosion osseuse à la forte dose de *plectranthus amboinicus* et groupes d'indométacine. Le *Plectranthus amboinicus* aurait pu provoquer leur activité anti-RA avec un mode d'action pharmacologique différents en médicaments anti-inflammatoires non stéroïdiens.

(Chang *et al.*, 2010). Étude de la recherche (Barbosa *et al.*, 2023). De constituants de l'extrait aqueux et hexane de *Plectranthus amboinicus* et prépare des analogues avec un potentiel thérapeutique pour traiter la polyarthrite rhumatoïde. Ils ont montré que le 2- (3,4-dihydroxybenzylidényl) -3- (3,4-hydroxyphényl) -4-hydroxy-acide dioïque, l'acide shimobashyrique, l'acide salvianolique et l'acide rosmarinique ont inhibé la liaison du facteur de transcription ap-1 à sa séquence d'ADN consensuelle. Cette étude (Barbosa *et al.*, 2023)

montre que les constituants des espèces de *P. amboinicus* et de leurs analogues peuvent affecter de manière significative l'arthrite, une maladie chronique progressive.

13. Activité antiépileptique

Le contrôle des crises est l'objectif thérapeutique majeur de la prise en charge de l'épilepsie. Les produits naturels utilisés dans les plantes médicinales traditionnelles peuvent constituer une source importante pour la recherche de nouveaux composés antiépileptiques. (**Kumari et al. ,2012**).

Diverses littératures ont rapporté l'utilisation de *Plectranthus amboinicus* dans le traitement des troubles nerveux, notamment l'épilepsie et les convulsions. À Cuba, il est utilisé comme médicament anticonvulsif et antiépileptique (**Arumugam et al. ,2016**). Les extraits de feuilles, de tiges et de racines de *C. amboinicus* ont montré une réduction significative des différentes phases des crises d'épilepsie par rapport à la phénytoïne standard de référence (25 mg/kg de poids corporel). Il y a également eu une réduction significative du temps nécessaire au réflexe de redressement (récupération). Dans le groupe traité par l'extrait. Dans le deuxième groupe d'animaux, qui ont été traités avec les extraits 60 minutes avant l'induction des convulsions par la méthode MES, ont présenté un effet anticonvulsivant très significatif. Ils ont également prédit que la présence d'alcaloïdes, de flavonoïdes et de saponines dans ces extraits pourrait être responsable de cette activité. (**Bhattacharjee et al. ,2013**).

Matériel et méthodes

1. L'objectif de l'étude

Ce travail consiste à évaluer l'effet antimicrobien d'extrait de plante *Plectranthus amboinicus* sur des germes pathogènes (*Escherichia Coli*, *Pseudomonas aerogenosa*, *Staphylococcus aureus*) en vue de comprendre le type d'action inhibitrice que peuvent exercer les principaux composés bioactifs de *Plectranthus amboinicus* par usage d'éthanol comme solvants d'extraction. Cette présente étude a été réalisée au laboratoire de Biochimie, et au laboratoire de physiologie animal et laboratoire pathogènes de la Faculté de SNV de l'Université Djilali Bounaama Khemis Miliana.

2. Matériels

2.1. Matériel végétale et identification

Les feuilles du *P.amboinicus* ont été fraîchement récoltés au mois de février 2024 dans la région de Boufarik. la wilaya de Blida.

L'identification botanique a été faite sur la base échantillon de la plante au Département des Sciences Agronomiques (Faculté des Sciences de la vie et de la nature de l'Université Djilali Bounaama) par Mr Karahcen

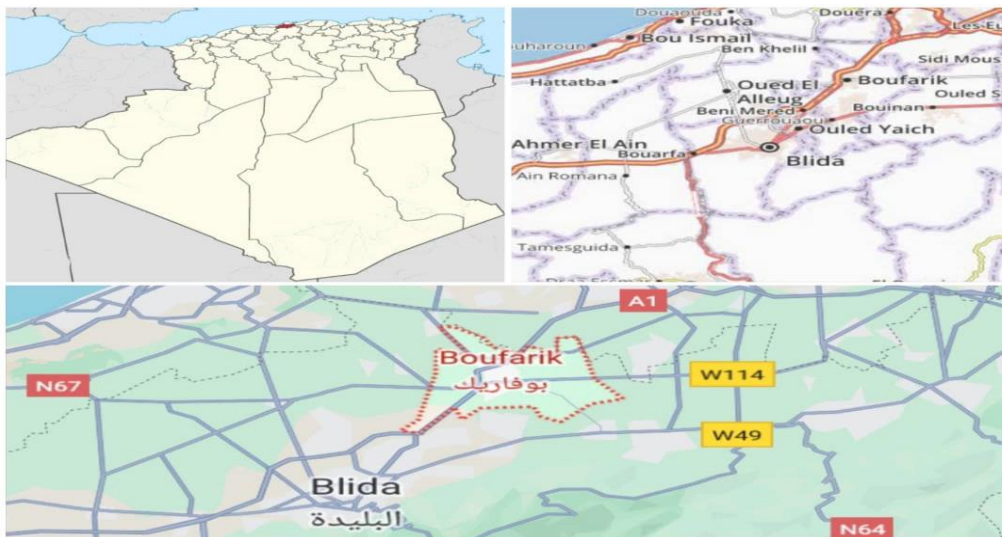


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (Google maps,2024)



Figure 2 : *Plectranthus amboinicus*
avant le séchage



Figure 3 : *Plectranthus amboinicus*
après le séchage

2.2. Matériels biologique microbien

L'activité antibactérienne des extraits étudiés a été testée sur trois souches de références *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*,

Tableau 7. Matériels biologique microbien

Bactéries	Type de bactéries	L'origine.
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)	Gram positif	Laboratoire d'analyse Zibouche (Ain Defla centre)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)	Gram négatif	
<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)	Gram négatif	

2.3. Matériel non-biologique :

Les matériaux utilisés sont : Evaporateur rotatif, mortier, balance ... (annexes)

3. Les méthodes :

3.1. Préparation de l'extrait de *Plectranthus amboinicus*

L'extraction de *Plectranthus amboinicus* a été faite selon la méthode de macération (Nazliniwaty *et al*, 2019) en utilisant l'éthanol comme solvant.

3.1.1. Séchage

- Le matériel végétal a été nettoyé de la poussière,
- La matière végétale a été ensuite séchée dans l'étuve à 45 °C pendant 2 semaine.
- Le concassage de la plante est suivi par le broyage jusqu'à obtention d'une poudre fine et ce dans le but de diminuer la taille de la matière végétale et d'augmenter ainsi la surface de contact solvant-échantillon.
- Poudre obtenue de *Plectranthus amboinicus* a été utilisé directement après le broyage.

3.1.2. Macération

- Peser la matière végétal (25.8 gramme) ;
- Mettre la matière végétale dans un erlenmeyer avec 260 ml d'éthanol
- Recouvre le mélange par un papier d'aluminium
- Mettre sur l'agitateur et laisser en macération pendant 5jrs ;ensuite filtrer sur un papier filtre Wattman (n°1) ;
- Récupérer le filtrat dans un flacon
- Répéter la procédure 3 fois sous vide a l'aide du papier

3.1.3. Évaporation

La solution obtenue a été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif, ou rotavapor qui permet d'éliminé le solvant sous vide. Le protocole d'évaporation est le suivant :

- Placer la solution dans le ballon d'évaporation ;
- Procéder à l'évaporation jusqu'à disparition complète du solvant (T: 80°C)
- Retirer le ballon du rotavapor et attendre qu'il soit froid
- Peser le ballon afin de calculer le rendement d'extraction
- Laisser l'extrait sur réfrigérateur jusqu'à l'utilisation.

Remarque. La plante restante dans le papier filtre a été placée dans de l'éthanol et mise à nouveau en rotation dans un agitateur magnétique pendant 5 jours puis le rota-vapeur, pour obtenir la plus grande quantité d'extrait.



Figure 4 : Poudre de *Plectranthus amboinicus*



Figure 5: Solution *Plectranthus*+éthanol avant agitation

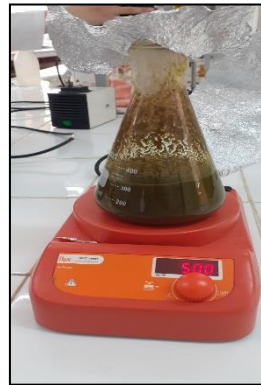


Figure 6: Solution *Plectranthus*+éthanol après 5 jours d'agitation



Figure 7: Filtration de solution



Figure 8 : le résidu de filtration

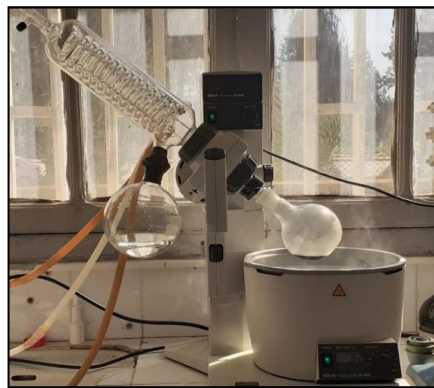


Figure 9 : évaporation de solution par rota-vapeur



Figure 10 : l'extrait sur le rota-vapeur



Figure 11 : l'extrait obtenu +éthanol récupéré

3.2. le rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel sec du départ, il est déterminé par la relation suivante. (Djahra *et al.*,2014)

$$R\% = (PEB / PMV) \times 100$$

R% : rendement en pourcentage.

PEB : poids de l'extrait brut (g).

PMV : poids de matière végétale(g).

3.3. Détermination du taux d'humidité

Nous avons Pesé 800 grammes des feuilles de *P. amboinicus* fraîche, après séchage le poids de 266 gramme

$$TH\% = (P\alpha - P\beta) / P\alpha \times 100$$

TH% : Taux d'humidité exprimé en pourcentage.

P α : poids de l'échantillon « plante fraîche »

P β : poids de l'échantillon « plante sèche »

3.4. Screening phytochimique

*Test d'alcaloïdes

Le test de Wagner : dans un tube, ajouter 300 μ l d'eau distillée + 30 μ l d'extrait, l'extrait a été traité avec le réactif de test de Wagner (1,27 g d'iode et 2 g d'iodure de potassium dans 100 ml d'eau). La formation d'un précipité brun/rougeâtre indique la présence d'alcaloïdes. (Tyagi *et al.*, 2017).

*Détection des sucres réducteurs

Le test de Fehling : Dans un tube, ajouter 500 μ l de Fehling A + 500 μ l de Fehling B + 30 μ l d'extrait + bouilli au bain-marie : la formation d'un précipité rouge indique la présence de sucres réducteurs. (Shaikh *et al.*, 2020)

*Détection des flavonoïdes

Le test au chlorure ferrique : Ajouter 300 μ l d'eau distillé et 30 μ l d'extrait + quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique à 10%. La formation d'un précipité vert indique la présence des flavonoïdes (Shaikh *et al.*, 2020).

*Détection des phénols

Le test de chlorure ferrique : Ajoutez 300 μ l d'eau, les extraits ont été traités avec 3 à 4 gouttes de solution de chlorure ferrique. La formation d'une couleur noir bleuâtre indique la présence de phénols. (Tyagi *et al.*, 2017).

***Le test des tannins**

Le test NaOH à 10 % : 100µl d'eau distillé +20µl d'extrait de plante + 100µl de NaOH 10% + bien secoué. La formation d'émulsion {Hydrolysable tannins} indique la présence de tannins. (Shaikh *et al.*, 2020).

***Le test de Saponine**

Le test de la mousse : 200µl d'eau + 30µl extrait et agité dans une éprouvette graduée pendant 10 minutes. Le développement d'une mousse stable suggère la présence de saponines. (Devmurari *et al.*, 2010).

***Le test des phytostérols**

Le test de Salkowski : 30 µl d'extrait + 300 µl d'eau + quelques gouttes de H₂SO₄ concentré (bien secoué et laissé au repos). La formation de couleur Rouge (dans la couche inférieure) indique la présence de Phytostérols (Shaikh *et al.*, 2020).

***Le test des terpénoïdes**

Le test de Salkowski : 200µL d'eau + gouttes de H₂SO₄ +100µl de chloroforme +50µl d'extrait Une solution de couleur grise indique la présence de terpénoïdes ((Shaikh *et al.*, 2020).

***le test des triterpinoïdes**

Le test de Salkowski : 200µl d'eau +gouttes de H₂SO₄+50µl d'extrait, une solution de couche jaune doré (au fond) (Shaikh *et al.*, 2020).

3.5. L'activité antibiogramme des bactéries

Écoulement de milieu Mueller Hinton sur les boîtes pétries et laissez bien sécher jusqu'à ce qu'il élimine les gouttes d'eau en excès, préparer une suspension bactérienne des isolats bactériens sélectionnés.(0,5 MCF) pour maintenir une densité cellulaire uniforme ,ensemencer les bactéries par écouillons sur les boîte (2 boîte pour chaque bactéries) Parce qu'il existe 12 antibiotique pour chaque bactérie toujours sur la zone stérile et Laisser agir 20 minutes jusqu'à ce que l'humidité de la surface sèche, placer les antibiotique (6 sur chaque boîte) à l'aide de pinces stériles ,incuber les boîte dans l'étuve a 37C° pendant 24h ,après incubation mesurer les diamètre des zone d'inhibition et comparé avec les norme. (Sanjee *et al.*, 2017).

- Les antibiotiques utilisé sont : Oxacilline, Nétilmicine , céfoxitine etc (Annexes 2)

3.6. Détermination de l'activité antimicrobienne des extraits étudiés

➤ Préparation des milieux de culture

La gélose Mueller Hinton stérile prête à l'usage est coulée dans des boîtes de pétris stériles de 90 mm de diamètre jusqu'à atteindre 4 mm d'épaisseur, répartie uniformément dans les boîtes.

➤ Milieu de Mueller Hinton (MH)

La gélose MH est considérée comme le meilleur milieu à utiliser pour les tests de sensibilité de routine des bactéries non exigeantes. (Hudzicki *et al.*, 2009). Il est spécifié dans le manuel d'analyse bactériologique de la FDA pour les tests alimentaires et les procédures couramment effectuées sur les bactéries aérobies et anaérobies facultatives. (Fernández-Mazarrasa *et al.*,

2009). Le but du test de sensibilité à la diffusion sur disque de Kirby-Bauer est de déterminer la sensibilité ou la résistance des agents pathogènes aérobie et bactéries anaérobies facultatives à divers composés antimicrobiens. L'organisme pathogène est cultivé sur gélose Mueller-Hinton en présence de divers disques de papier filtre imprégnés d'antimicrobiens. La présence ou l'absence de croissance autour des disques est une mesure indirecte de la capacité de ce composé à inhiber cet organisme. **(Hudzicki et al. ,2009).**

➤ **Activation de la souche bactérienne**

Ensemencement les bactéries pure de *staphylococcus aureus* ,*Escherichia coli* ,*pseudomonas aeruginosa* , sur 3 boite pétri contient le gélose nutritif pendant 24 heures à 37C°

➤ **Préparation de la culture bactérienne**

Les flacons contenant le milieu de Mueller Hinton sont fondés au bain-marie pour assurer une dissolution complète du milieu. Laissez-le refroidir un peu. Ensuite, on coule le milieu dans des boîtes de Petri vides et stérilisées, placées dans une zone stérile à côté d'un bec Bunsen de 4 cm d'épaisseur et on laisse sécher la gélose. Lorsqu'il est confirmé qu'elle est solide, les boîtes de Petri sont inversées pour éliminer les gouttelettes d'eau présentes dans la gélose Pour la préparation de la suspension bactérienne, dans un tube on met de l'eau distillée et à l'aide d'une anse de platine on prélève une ou deux colonies de bactéries présentes dans les boîtes de Pétri que l'on a incubées auparavant pour obtenir une suspension bactérienne de 0,5 McFarland. À l'aide d'un écouvillon, on frottait toute la surface de la gélose, et l'écouvillon était rechargé à chaque fois que plusieurs boîtes de Pétries étaient inoculées avec les souches testées.

Préparation des dilutions

La dilution de l'extrait est préparée avec de l'éthanol. Nous mettons d'abord 200 µl d'extrait dans un tube Eppendorf vide, On en prélève 100 µl et on le met dans un deuxième tube contenant 100 µl d'éthanol pour obtenir la dilution (1/2). Puis on en prélève de la même manière 100 µl de la solution éthanol/extrait et on le met dans un troisième tube contenant 100 µl d'éthanol et nous répétons le processus une quatrième fois pour obtenir 4 extracteurs comme indiqué sur la **Fig. 12**.

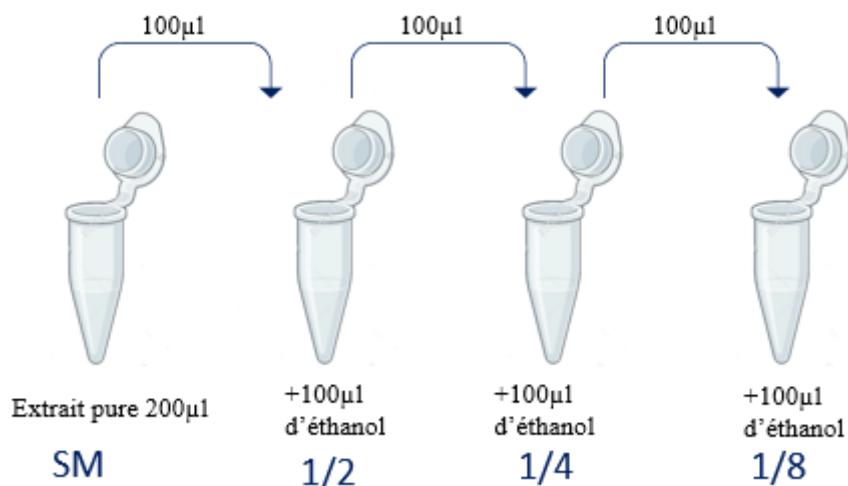


Figure 12: Préparation des différentes dilutions de solutions expérimentales

➤ **Préparation des diffusions des disques**

Des disques de papier Wattman ont été imprégnés de l'extrait et des dilutions que nous avons préparées, les disques sont déposés délicatement sur la surface de la gélose MH inoculée. Le disque appliqué ne doit pas être déplacé.

➤ **La conservation des boîtes de pétri**

Les boîtes de pétri sont fermées avec du papier para-film avec les informations nécessaires, puis incubées à 37 °C pendant 24 heures.

➤ **Lecture des résultats**

L'effet de chaque extrait peut être constaté par l'apparition d'une zone circulaire transparente autour du disque correspondant à l'absence de croissance (zone d'inhibition). Plus la zone est grande, plus la force de l'effet de l'extrait est visible. L'inhibition est mesurée à l'aide d'un pied de Coulisse ou une règle.

La capacité antibactérienne est classée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition bactérienne, qui est classée en 5 sections (**Boulaghmen et al., 2018**).

- Très fortement inhibitrice : $D \geq 30$ mm
- Fortement inhibitrice : diamètre entre 21 et 29 mm
- Modérément inhibitrice diamètre entre 16 et 21 mm
- Légèrement inhibitrice diamètre entre 11 et 15 mm
- Peu ou pas d'inhibition lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est ≤ 10 mm (**Boulaghmen et al., 2018**).

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Le rendement d'extrait éthanolique de *Plectranthus amboinicus*

Le tableau 10 présente les résultats obtenus pour le rendement de l'extrait éthanolique de *Plectranthus amboinicus*

Tableau 8. Le rendement d'extrait

Le poids de plante PA avant séchage	Le poids de plante PA après séchage	Le poids de l'extrait brut	Le rendement en pourcentage.
800g	26g	5ml	19,23%

1.2. Screening phytochimique

Tableau 9. Résultat de Screening phytochimique

Le phytochimique	Résultat
D'alcaloïdes	-
Sucres réducteurs	-
Flavonoïdes	+
Phénols	+
Tannins	+
Saponine	-
Phytostérols	-
Terpénoïde	+
triterpinoïdes	-

1.3. Activité antibiogramme

Tableau 10 : Antibiogramme des bactéries contre certain antibiotique

Antibiotique	La famille	<i>E coli</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			<i>Staphylococcus aureus</i>		
		- (R)	R ≤2	S 2 ≥	- (R)	R /	S /	20mm (S)	R /	S /
Oxacilline	Bêta lactamines	- (R)	R ≤2	S 2 ≥	- (R)	R /	S /	20mm (S)	R /	S /
Nétilmicine	Aminosides	16mm (S)	/	/	21mm (S)	≤12	≥15	23mm (S)	/	/
céfoxitine	Bêta lactamines	20mm (S)	≤1 4	≥18	28mm (S)	/	/	29mm (S)	≤21	≥22
Fusidique	Fusidanines	- (R)	/	/	6mm (R)	/	/	38mm (S)	<24	≥24

Ticarciline	Bêta lactamines	- (R)	/	/	- (R)	≤15	≥24	30mm (S)	/	/
Ticarciline+ clavulamique	Bêta lactamines	20mm (R)	/	/	23mm (R)	≤15	≥24	37mm (S)	/	/
pipéracilline	Bêta lactamines	25mm (S)	/	/	30mm (S)	≤14	≥21	11mm (R)	/	/

R : résistance **S** : sensible



Figure 13 : Antibiogramme de *E. coli*



Figure 14. Antibiogramme de *Staphylococcus aureus*



Figure 15 : Antibiogramme de *Pseudomonas aeruginosa*

1.4. Activité Aromatogramme :

Tableau 11 : diamètres des zones d'inhibition en (mm) de la solution mère et des dilutions

Les microorganismes	Extrait de <i>Plectranthus amboinicus</i>			
	SM	1/2	1/4	1/8
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)	17,8±0,765	15,8 ±0,29	14±1	12,5±1,32
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853)	9,6±1,52	9±1	-	-
<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)	11,6 ±1,52	8,3±1,15	6 ,5±0,81	3,3±0,57

2. Discussion

De nombreuses plantes, traditionnellement utilisées pour combattre diverses maladies, présentent des propriétés antimicrobiennes avérées. (El Astal *et al.*, 2005). Comme *Plectranthus amboinicus*.

L'efficacité de l'extraction dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature des composants phytochimiques, la méthode d'extraction, la taille des particules de l'échantillon, le temps d'extraction, la température, le pH, le rapport soluté/solvant, la polarité du solvant et le type de solvant. Une utilisation appropriée du système de solvants est cruciale afin de récupérer des rendements d'extrait plus élevés, des polyphénols et certains autres composés bioactifs de l'échantillon. (Swamy *et al.* , 2017).

De nombreux facteurs environnementaux, notamment le moment de la récolte, influencent la production de composés bioactifs et de minéraux dans les plantes. Les spécimens végétaux de la même espèce collectés à différentes saisons ou à des moments de récolte différents peuvent présenter des différences significatives dans leurs propriétés phytochimiques et pharmacologiques, afin de garantir une production et une production élevées, accumulation de composés bioactifs souhaités, il est nécessaire de déterminer la saison de récolte optimale pour différentes parties de la plante. Par exemple, la biosynthèse des flavonoïdes et des composés phénoliques est étroitement liée au stade de développement de la plante et est fortement influencée par divers facteurs environnementaux et développementaux facteurs. (Ghimire *et al.* , 2021).

Les extraits alcooliques ont une activité antimicrobienne plus élevée, il y a deux probabilités, soit cela est dû aux propriétés des composants biologiques actifs (alcaloïdes, flavonoïdes, terpénoïdes, tanins, etc.), qui peuvent être augmentées en présence d'éthanol, soit la plus grande capacité d'extraction de l'éthanol qui aurait pu produire un plus grand nombre de constituants actifs responsables de l'activité antibactérienne. (Rai *et al.*, 2020)

L'utilisation de l'éthanol comme solvant a contribué à l'extraction de nombreux composés biologiquement actifs pour obtenir l'extrait de *Plectranthus amboinicus* éthanolique, qui peut être utilisé dans de nombreuses analyses biologiques et biochimiques, est un solvant

organique protique avec une valeur d'indice de polarité de 5,2 et est un solvant sans danger pour la consommation humaine en tant que solvant pour les substances naturelles à des fins alimentaires et médicinales naturelles (**Hikmawanti et al., 2021**)

L'extraction des feuilles séchées de *Plectranthus amboinicus* a été réalisée par macération à froid avec de l'éthanol ce qui est considéré comme une méthode facile qui peut être utilisée, que ce soit dans le domaine de la recherche scientifique ou à l'extérieur pour obtenir un extrait dans un court temps à faible coût. Les tests phytochimiques préliminaires ont révélé la présence de divers phytoconstituants tels que des flavonoïdes, des tanins, des composés phénoliques et des terpénoïdes. (**Patel et al., 2010**).

Certains facteurs peuvent affecter la zone d'inhibition sur un aromagramme, tels que la concentration de l'extrait, le volume de la solution placée dans les disques, la densité de la suspension bactérienne, la température de diffusion avant incubation, l'épaisseur du milieu gélosé, et la température de l'étuve. (**Eloff et al., 2019**). *Plectranthus amboinicus* a des activités antimicrobiennes contre *E. coli* (11,6; 8,3; 6,5; 3,3) *Staphylococcus aureus* (17,8 ;15,8 ;14 ;12,5) et *Pseudomonas aeruginosa* (9,6 ; 9) à différentes concentrations. En raison de l'apparition d'une zone d'inhibition autour du disque contenant l'extrait. Mais selon les critères de capacité antibactérienne après mesure du diamètre de la zone d'inhibition, on peut dire que l'extrait pur (SM) a conduit à l'inhibition de toutes les bactéries, tandis que la dilution 1/2, 1/4 et 1/8 a conduit à l'inhibition de *Staphylococcus* uniquement, malgré la présence d'une zone d'inhibition à *E. coli* et *Pseudomonas*. Il est important de noter que si cet extrait présente une activité inhibitrice significativement plus élevée contre *Staphylococcus* par rapport aux autres bactéries, cela ne signifie pas nécessairement qu'il soit capable de les inhiber de manière tout aussi efficace.

L'activité antibactérienne de divers composés tels que les phénols, les flavonoïdes et les terpénoïdes présents dans la plante est due à plusieurs mécanismes, dont la désintégration de la paroi cellulaire et la dégradation du matériel génétique. Ces extraits sont susceptibles de provoquer une fuite des composants cellulaires et une dégradation de la paroi cellulaire bactérienne. (**Kumar Gupta et al., 2016**).

Les composés non volatils des feuilles de *Plectranthus amboinicus*, dont principalement le composé phénolique, ont une activité antibactérienne contre les bactéries à Gram positif telles que *Staphylococcus aureus*. (**Nazliniwaty et al., 2019**). Également dans cette étude (**Gurgel et al., 2009**), l'extrait de feuilles de *Plectranthus amboinicus* a montré un résultat très puissant en tant qu'antibactérien contre *Staphylococcus aureus*, en raison des composés flavonoïdes contenus dans l'extrait.

La membrane externe des bactéries à Gram négatif est la principale cause de résistance à un large éventail d'antibiotiques. La plupart des antibiotiques doivent traverser la membrane externe pour atteindre leurs cibles. Tout changement dans la membrane externe provoqué par des bactéries à Gram négatif, tel qu'une modification des propriétés hydrophobes ou des mutations des purines et d'autres facteurs, peut créer une résistance. Les bactéries Gram-positives ne disposent pas de cette couche importante, ce qui rend les bactéries Gram-négatives plus résistantes aux antibiotiques que les bactéries Gram-positives. (**Breijyeh et al., 2020**) La différence de profil de sensibilité entre *P. aeruginosa* et *S. aureus* pourrait être

due aux différences dans la structure moléculaire de la paroi cellulaire observées chez les bactéries Gram-négatives et Gram-positives. Les bactéries à Gram positif telles que *S. aureus* sont plus faciles à pénétrer grâce à leur membrane monocouche et sont donc plus sensibles aux agents antimicrobiens ; Cependant, les espèces bactériennes à Gram négatif telles que *Pseudomonas* et *Escherichia coli* possèdent, en plus de la paroi cellulaire, une couche externe de lipopolysaccharides, ce qui les rend plus résistantes aux antibiotiques. Ceci explique l'effet significatif de l'extrait sur les staphylocoques en affectant la capacité de pénétrer dans la paroi cellulaire cible avec des composés bioactifs qui inhibent la croissance bactérienne. (**Sawant *et al.*, 2023**).

Conclusion

Conclusion

Plectranthus amboinicus est une plante qui possède diverses propriétés qui peuvent être bénéfiques dans plusieurs domaines.

L'objectif de cette étude a été atteint grâce aux résultats obtenus, notamment l'activité antibactérienne contre *Streptococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

L'étude a démontré l'efficacité de l'extraction par macération en obtenant une quantité importante de l'extrait, qui, après des tests, a montré qu'il est riche en composés biologiquement actifs que possède la plante, notamment (flavonoïde, phénols, tannins, terpénoïde).

L'activité antibiotique a également été obtenue contre les bactéries utilisées, notamment oxacillin, Nétilmicine, Céfoxitine, Fusidique, etc., qui ont montré une sensibilité ou une résistance aux bactéries, car *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* avaient un nombre similaire de résistance à différents antibiotiques, contrairement à *Staphylococcus aureus*, qui était sensible à la plupart des antibiotiques à l'exception de la pipéracilline .

On peut dire que cette plante a un grand potentiel dans divers domaines si elle est exploitée de la meilleure façon et si elle est diffusée à l'intérieur et à l'extérieur de la communauté scientifique pour faire prendre conscience de l'incroyable potentiel que contient la nature pour être une alternative naturelle et saine contre produits manufacturés chimiques nocifs.

Les références bibliographiques

- 1- Petrovska, B. B. (2012). Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosyreviews*, 6(11), 1.
- 2- Moatti, R. (1990). La phytothérapie. *Revue des Deux Mondes*, 80-89.
- 3- Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Editions.
- 4- Hussein, R. A., & El-Anssary, A. A. (2019). Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal medicine*, 1(3), 11-30.
- 5- Dos Santos Silva, J. M., da Silva Almeida, J. R. G., Alves, C. D. S. C., Nery, D. A., Damasceno, L. M. O., de Souza Araújo, C., ... & de Oliveira, A. P. (2020). Antimicrobial Activity from Species *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng, a Review. *European J Med Plants*, 31(18), 1-14.
- 6- Sawant, S., Baldwin, T. C., Metryka, O., & Rahman, A. (2023). Evaluation of the Effect of *Plectranthus amboinicus* L. Leaf Extracts on the Bacterial Antioxidant System and Cell Membrane Integrity of *Pseudomonas aeruginosa* PA01 and *Staphylococcus aureus* NCTC8325. *Pathogens*, 12(6), 853.
- 7- Akinbo, D. B., Onyeaghala, A. A., Emomidue, J. O., Ogbhemhe, S. O., & Okpoli, H. C. (2018). Phytochemical and anti-inflammatory activities of aqueous leaf extract of Indian borage (oregano) on rats induced with inflammation. *Cancer Biomarkers*, 22(2), 257-265.
- 8- Ślusarczyk, S., Cieślak, A., Yanza, Y. R., Szumacher-Strabel, M., Varadyova, Z., Stafiniak, M., ... & Matkowski, A. (2021). Phytochemical profile and antioxidant activities of *Coleus amboinicus* Lour. cultivated in Indonesia and Poland. *Molecules*, 26(10), 2915.
- 9- Ashaari, N. S., Ab. Rahim, M. H., Sabri, S., Lai, K. S., Song, A. A. L., Abdul Rahim, R., ... & Ong Abdullah, J. (2020). Functional characterization of a new terpene synthase from *Plectranthus amboinicus*. *PLoS One*, 15(7), e0235416.
- 10- Erny Sabrina, M. N., Razali, M., Mirfat, A. H. S., & Mohd Shukri, M. A. (2014). Antimicrobial activity and bioactive evaluation of *Plectranthus amboinicus* essential oil. *American Journal of Research Communication*, 2(12), 121-127.
- 11- Satheesh, V., Kaur, J., Jarial, S., Ghosh, P., Sharma, K., Patni, M., ... & Bhadariya, V. (2022). Indian borage: A comprehensive review on the nutritional profile and diverse pharmacological significance. *Pharma Innovation*, 11(6), 42-51.
- 12- Punet Kumar, S., & Kumar, N. (2020). *Plectranthus amboinicus*: A review on its pharmacological and pharmacognostical studies. *Am. J. Physiol. Biochem Pharmacol*, 10, 55-62.
- 13- Karpiński, T. M. (2020). Essential oils of Lamiaceae family plants as antifungals. *Biomolecules*, 10(1), 103.
- 14- Bekut, M., Brkić, S., Kladar, N., Dragović, G., Gavarić, N., & Božin, B. (2018). Potential of selected Lamiaceae plants in anti (retro) viral therapy. *Pharmacological research*, 133, 301-314.
- 15- Janakiraman, S. Purification and characterization of lectin from Indian borage leaves (*Plectranthus amboinicus*). *Asian J Biomed Pharmaceut Sci* 2023; 13 (100): 181 | *Asian J Biomed Pharmaceut Sci* 2023 Volume 13 Issue 100 Research Article <https://www.jbiopharm.com>.

- 16- Arumugam, G., Swamy, M. K., &Sinniah, U. R. (2016). Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng:botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional significance. *Molecules*, 21(4), 369.
- 17- Roshan, P., Naveen, M., Manjul, P. S., Gulzar, A., Anita, S., & Sudarshan, S. (2010). Plectranthus amboinicus (Lour) Spreng: an overview. *Pharm. Res*, 4, 1-15.
- 18- Hullatti, K. K., & Bhattacharjee, P. (2011). Pharmacognostical evaluation of different parts of Coleus amboinicuslour., Lamiaceae. *Pharmacognosy Journal*, 3(24), 39-44.
- 19- SHUSHMA SINGH LAXMI, ADITYA GUPTA, JAYANT KUMAR MAURYA. (2023) « plectranthusamboinicus, pharmacological activity, phytochemicals», International Journal of Novel Research and Development, Volume 8, Issue 12. Disponible sur : URL <https://www.ijnrd.org/papers/IJNRD2312329.pdf> (Consulté le :11/05/2024).
- 20- Nurafifah, F., Chuah, A. L., & MA, P. F. W. (2018). Drying of Plectranthus amboinicus (lour) spreng leaves by using oven dryer. *Engineering in agriculture, environment and food*, 11(4), 239-244.
- 21- Zhang, B., Wijesundara, N. M., Abbey, L., &Rupasinghe, H. V. (2017). Growing medium amendments effect on growth, secondary metabolites and anti-streptococcal activity of two species of Plectranthus. *Journal of AppliedResearch on Medicinal and Aromatic Plants*, 5, 53-59.
- 22- Leesombun, A., Sungpradit, S., Boonmasawai, S., Weluwanarak, T., Klinsrithong, S., Ruangsittichai, J., Ampawong, S., Masmethathip, R., &Changbunjong, T. (2022). Insecticidal Activity of *Plectranthus amboinicus* Essential Oil against the Stable Fly *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) and the Horse Fly *Tabanus megalops* (Diptera: Tabanidae). *Insects*, 13(3), 255.
- 23- Wanna, R., &Krasaetep, J. (2019). Chemical composition and insecticidal activity of Indian borage essential oil against maize weevil. *Geomate Journal*, 16(56), 59-64.
- 24- Barbosa, M. D. O., Wilairatana, P., Leite, G. M. D. L., Delmondes, G. D. A., Silva, L. Y. S. D., Júnior, S. C. A., ... &KerntopfMendonça, M. R. (2023). Plectranthus species with anti-inflammatory and analgesic potential: A systematic review on ethnobotanical and pharmacological findings. *Molecules*, 28(15), 5653.
- 25- Hasibuan, P. A. Z., &Sumaiyah, S. (2019). The anti-proliferative and pro-apoptotic properties of ethanol Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng. leaves ethanolic extract nanoparticles on T47D cell lines. *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*, 20(3), 897.
- 26- Praveena, B., & Pradeep S, N. (2012). Antioxidant and antibacterial activities in the leaf extracts of Indian borage (Plectranthusamboinicus). *Food and Nutrition Sciences*, 2012.
- 27- Rodrigues, F. F., Boligon, A. A., Menezes, I. R., Galvão-Rodrigues, F. F., Salazar, G. J., Nonato, C. F., ... & Barros, A. R. (2021). Hplc/dad, antibacterial and antioxidant activities of plectranthus species (lamiaceae) combined with the chemometric calculations. *Molecules*, 26(24), 7665.
- 28- Singarimbun, N. B., Zega, D. F., Simanjuntak, H. A., Purba, H., &Gurning, K. (2022). Phytochemicals of Extract N-Hexane Leaves Bangun-Bangun (PlectranthusAmboinicus)(Lour.) Spreng and Antibacterial Activity Causes Diarrhea. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 10(3), 17-20.

- 29- Puspitarini, S., Dwijayanti, D. R., Wicaksono, S. T., Lestari, N. D., Rahayu, R. P., & Widodo, N. (2023). Antioxidant Activity and Anti-inflammatory Effect of Indian Borage Against Lipopolysaccharide-Induced Inflammation in Murine Macrophage (RAW 264.7) Cell Line. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(12).
- 30- Chiu, Y. J., Huang, T. H., Chiu, C. S., Lu, T. C., Chen, Y. W., Peng, W. H., & Chen, C. Y. (2012). Analgesic and antiinflammatory activities of the aqueous extract from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. both in vitro and in vivo. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2012.
- 31- Sindhu, M. S., Poonkothai, M., & Thirumalaisamy, R. (2022). Phenolic and terpene compounds from *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Act as promising hepatic anticancer agents screened through in silico and in vitro approaches. *South African Journal of Botany*, 149, 145-159.
- 32- Mukhtar, M. H., Almalki, W. H., Ahmed, M., & Azmat, A. (2019). Anti-diabetic potential of *Plectranthus anuginosus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 18(10), 2095-2100.
- 33- Gomes, P. W. P., Martins, L., Gomes, E., Muribeca, A., Pamplona, S., Komesu, A., ... & Silva, M. (2022). Antiviral plants from Marajó Island, Brazilian Amazon: a narrative review. *Molecules*, 27(5), 1542.
- 34- Murthy, P. S., Ramalakshmi, K., & Srinivas, P. (2009). Fungitoxic activity of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) volatiles. *Food Chemistry*, 114(3), 1014-1018.
- 35- Oliveira, R. D. A. G. D., Lima, E. D. O., Souza, E. L. D., Vieira, W. L., Freire, K. R., Trajano, V. N., ... & Silva-Filho, R. N. (2007). Interference of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng essential oil on the anti-*Candida* activity of some clinically used antifungals. *Revista Brasileira de farmacognosia*, 17, 186-190.
- 36- Antonio-Gutiérrez, O., Alvízar-Martínez, J. A., Solano, R., Vásquez-López, A., Hernández-Valladolid, S. L., Lustre-Sánchez, H., ... & Lagunez-Rivera, L. (2023). Microwave-Assisted Hydrodistillation of Essential Oil from *Plectranthus amboinicus*: Evaluation of Its Antifungal Effect and Chemical Composition. *Life*, 13(2), 528.
- 37- Murali, Vandana & Palengara, Vivek. (2021). Parnayavani [*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.] -Pharmacological and Ethnomedicinal Uses -A Review. 10.21275/SR21831130543
- 38- Devi, M. R., Subramanian, N. S., Gupta, V. R. M., Prasad, B. G., & Reddy, C. M. (2010). Anti-gastric ulcer activity of *Plectranthus amboinicus* (Lour) in wistar albino rats. *J Chem Pharm Res*, 2(3), 374-380.
- 39- Rathinavel, S., Sugumar, M., Swaminathan, E., Kubendren, S., Samvasivan, K., & Sangeetha, D. (2023). Development of electrospun *Plectranthus amboinicus* loaded PCL polymeric nanofibrous scaffold for skin wound healing application: in-vitro and in-silico analysis. *Journal of Polymer Research*, 30(3), 110.
- 40- Fasal, P. P. (2023). Therapeutic potential of *Plectranthus amboinicus* (Lour) in respiratory disorders.
- 41- Patel, R. (2011). Hepatoprotective effects of *Plectranthus amboinicus* (Lour) Spreng against carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity. *Journal of Natural Pharmaceuticals*, 2(1), 28-35.

- 42- Unnimaya, P. S., AG, A. L., & Reshma, K. V. (2022). NEUROPHARMACOLOGICAL AND SUPPORTING ACTIVITIES BASED REVIEW OF PLECTRANTHUS AMBOINICUS (LOUR.) SPRENG.
- 43- Guro, H. M., Gandamato, A. P., Gaffur, O. M., Guimba, A. P., Ditucalan, H. K., Ali, H. M., ... & Bandera, A. D. (2022). P. amboinicus Under 22oC and Soil Conditions in Lanao del Sur, Philippines: Its Phytochemical Properties.
- 44- Quinlan, M. B. (2010). Ethnomedicine and ethnobotany of fright, a Caribbean culture-bound psychiatric syndrome. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6, 1-18.
- 45- El-hawary, S. S., El-sofany, R. H., Abdel-Monem, A. R., Ashour, R. S., & Sleem, A. A. (2012). Polyphenolics content and biological activity of Plectranthus amboinicus (Lour.) spreng growing in Egypt (Lamiaceae). *Pharmacognosy Journal*, 4(32), 45-54.
- 46- Chang, J. M., Cheng, C. M., Hung, L. M., Chung, Y. S., & Wu, R. Y. (2010). Potential use of Plectranthus amboinicus in the treatment of rheumatoid arthritis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 7, 115-120.
- 47- Kumari, B. P., Sujatha, D., Chand, C. G., Divya, K., Malleswari, I., & Ranganayakulu, D. (2012). Evaluation of antiepileptic activity and probable mechanism of action of Coleus amboinicus in MES and PTZ models. *J Pharm Res*, 5(3), 1587-1591.
- 48- Bhattacharjee, P., & Majumder, P. (2013). Investigation of phytochemicals and anti-convulsant activity of the plant Coleus amboinicus (lour.). *International Journal of Green Pharmacy (IJGP)*, 7(3)
- 49- Shaikh, J. R., & Patil, M. (2020). Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 603-608.
- 50- Laila, F., Fardiaz, D., Yuliana, N. D., Damanik, M. R. M., & Dewi, F. N. A. (2020). Phytochemical contents of Torbangun (Coleus amboinicus Lour) from fractionation of Pressurized Liquid Extraction. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(2).
- 51- Swamy, M. K., Arumugam, G., Kaur, R., Ghasemzadeh, A., Yusoff, M. M., & Sinniah, U. R. (2017). GC-MS based metabolite profiling, antioxidant and antimicrobial properties of different solvent extracts of Malaysian Plectranthus amboinicus leaves. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017.
- 52- Nazliniwaty, N., & Laila, L. (2019). Formulation and antibacterial activity of plectranthus amboinicus (Lour.) spreng leaves ethanolic extract as herbal mouthwash against halitosis caused bacteria. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 7(22), 3900
- 53- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American society for microbiology*, 15(1), 1-23.
- 54- Fernández-Mazarrasa, C., Mazarrasa, O., Calvo, J., del Arco, A., & Martínez-Martínez, L. (2009). High concentrations of manganese in Mueller-Hinton agar increase MICs of tigeicycline determined by Etest. *Journal of Clinical Microbiology*, 47(3), 827-829.
- 55- Boulaghmen Faiza, Chaouia Cherifa, Hazzit Mohamed, Nouas Mohamed Et Saidi Fairouz, (2018), Composition Chimique Et Activité Antimicrobiënne D'huile Essentielle Extraite De Thymus Guyonii De NoeD'afflou – Algérie, *Revue Agrobiologia* 8(1) : 853-862

- 56- Tyagi, T., & Agarwal, M. (2017). Phytochemical screening and GC-MS analysis of bioactive constituents in the ethanolic extract of *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) solms. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*, 6(1), 195-206.
- 57- Devmurari, V. P. (2010). Phytochemical screening study and antibacterial evaluation of *Symplocos racemosa* Roxb. *Archives of applied science research*, 2(1), 354-359.
- 58- El Astal, Z. Y., Ashour, A. E. R. A., & Kerrit, A. A. M. (2005). Antimicrobial activity of some medicinal plant extracts in Palestine. *Pak. J. Med. Sci*, 21(2), 187-193.
- 59- Hikmawanti, N. P. E., Fatmawati, S., & Asri, A. W. (2021, April). The effect of ethanol concentrations as the extraction solvent on antioxidant activity of Katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) leaves extracts. In *IOP conference series: Earth and environmental science* (Vol. 755, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- 60- Eloff, J. N. (2019). Avoiding pitfalls in determining antimicrobial activity of plant extracts and publishing the results. *BMC complementary and alternative medicine*, 19, 1-8.
- 61- Kumar Gupta, S., & Singh Negi, P. (2016). Antibacterial activity of Indian borage (*Plectranthus amboinicus* Benth) leaf extracts in food systems and against natural microflora in chicken meat. *Food technology and biotechnology*, 54(1), 90-96.
- 62- Gurgel, A. P. A. D., da SILVA, J. G., Grangeiro, A. R., Xavier, H. S., Oliveira, R. A., Pereira, M. S., & de SOUZA, I. A. (2009). Antibacterial effects of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) spreng (Lamiaceae) in methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Latin American Journal of Pharmacy*, 28(3), 460-464.
- 63- Breijyeh, Z., Jubeh, B., & Karaman, R. (2020). Resistance of gram-negative bacteria to current antibacterial agents and approaches to resolve it. *Molecules*, 25(6), 1340.
- 64- Ghimire, B. K., Seo, J. W., Kim, S. H., Ghimire, B., Lee, J. G., Yu, C. Y., & Chung, I. M. (2021). Influence of harvesting time on phenolic and mineral profiles and their association with the antioxidant and cytotoxic effects of *Atractylodes japonica* Koidz. *Agronomy*, 11(7), 1327

Annexes

Annexe 1

Matériel non biologique

Tableau 12 : Matériel non biologique

Matériel	Appareillages	Produits utilisé
<ul style="list-style-type: none">• Mortier en porcelaine• Erlenmeyer• Papier aluminium• Papier filtre• Spatule• Flacon opaque• Boite pétrie• Les disques• Ance de platine• Les tube• Eppendorf	<ul style="list-style-type: none">• Agitateur magnétique• Balance analytique• Rota vapeur• Bain marie• Plaque chauffante• Etuve• Bec bunsen	<ul style="list-style-type: none">• Milieu Mueller Hinton• Milieu GN• Éthanol• L'eau physiologique• Antibiotique

Annexe 2

Les antibiotiques utilisés :

Tableau 13 : la liste des antibiotiques utilisés

Antibiotique	Sigle	Charge du disque
Oxacilline	OX	1µg
Nétilimicine	N	30µg
Céfoxitine	Cx	30µg
Acide fusidique	FC	10µg
Ticarcilline +C	TTC)	85µg
Ticarciline	TIC	75µg
Pénicilline	PI	20µg