

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**Faculté des Sciences
Département de Sciences de la nature et de la vie**

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de MASTER

Filière : sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Intitulé :

**Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de quelques
Légumineuses endémiques et alimentaires**

Présenté Par :

- BEN HAMROUCHE ASMA
- BOUCHALLA MERIEME
- LOUAHEM YOUSRA
- LASMI FATEN

Membre de Jury :

- *Professeur MEZEDJRI LYAMINE (Président) Université 20 aout Skikda
- *Docteur ZADRI FETHIA (Examineur) Université 20 aout Skikda
- *Docteur SAKHRAOUI NORA (Promoteur) Université 20 aout Skikda

Année universitaire 2023/2024

{بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ}

وَأَنْ تَيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى
وَأَنْ سَعِيَّهُ سَوْفَ يُرَى

سورة النجم 39-40

{صدق الله العظيم}

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de l'encadrement de Dr. Sakhraoui Nora, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur scientifique et ses orientations et conseils durant notre préparation de ce mémoire.

Notre remerciement s'adresse à Dr. Machia L pour son aide pratique nous lui donnons tous merci et amour.

Notre remerciement s'adresse également à toute l'équipe du laboratoire de la microbiologie et la biochimie veuillez accepter nos remerciements les plus sincères, et les responsables du laboratoire de la microbiologie et de la biochimie, clinique Abu Al Qassim.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leur charges académiques et professionnelles.

Dédicace

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا على البدء والختام.
" وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ " يونس (10)

Aujourd'hui, j'ai embrassé une grande gloire, le rêve n'était pas à portée de main et la route n'était pas facile, mais ... je suis arrivé.

Avec tout mon amour, je dédie le fruit de ma réussite et de mon diplôme...

*A mon grand moi qui a supporté toutes les embûches et qui a terminé malgré les difficultés
A celle que Dieu a mise au ciel sous ses pieds, la personne la plus chère à mon âme, mon premier soutien... celle qui m'a donné la vie... à celle qui m'a touché avec son cœur avant ses mains et qui a soulagé mon adversité avec ses prières... Celle qui a tant donné... Sans rien demander en retour... Au cœur tendre et à la bougie qui a été pour moi dans les nuits sombres
Le secret de ma force et de ma réussite*

"Ma mère "

*Je te dis tout simplement que tu es la perle qui orne ma vie et au - delà et que ma réussite est la tienne
A celui qui a décoré mon nom des plus beaux titres*

"Mon père "

A celui qui m'a tenu la main et m'a soutenu avec amour dans mes moments de faiblesse... Ils m'ont inculqué la détermination et la confiance... Ma côte stable et la sécurité de mon cœur.

"Mes frères Mohammed, Kholoud "

*A mon très chère amie "Hourhene " le personne qui a marqué
é sa présence dans ma vie, qui a toujours était présente et bienveillante, celle qui m'a offert ce dont j'avais besoin sans rien importer.*

Foustra



Dédicace

Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et le miséricordieux qui m'a aidé et ma donnée la force, le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail comme j'avais souhaité

Je dédie ce travail

A l'être les plus chères dans ma vie L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et les personnes la plus digne de mon estime mes parents, *أخوتي عتابا* pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien je dis merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui aucune dédicace ne pourra exprimer ma grande admiration pour vous

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années

A mes chères sœurs *Amari Hiba, Mouna* et mon admirable jumeaux *تاكوتاكوتا*

Le grand respect et les plus beaux sentiments à mes chères grandes mères

A mes chers oncles, mes chères tentes

A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom *LAOUMI*

A mes amies *فولوسورا, لوسما, ميريتم* que j'ai vécu avec elles des moments crackés dans ma mémoire au cours de mon cursus à l'université

Faten



المخلص

كان الهدف من هذا العمل هو دراسة نشاط المستخلص المائي، الذي تم الحصول عليه عن طريق الإستخلاص بالغلي ، من ست نباتات من عائلة البقوليات، ثلاثة منها مستوطنة قطعت في منطقة سكيكدة (*G. ferox*, *G. tricuspidata*, *G. numidica*) وثلاثة ذات أهمية غذائية وطبية (*Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum*, *Vicia*) (subsp. *numidica*) على ثالث سلالات بكتيرية مسببة للأمراض (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas*) باستخدام طريقة الإنتشار الجاري وطريقة التخفيف السائل. (*aeruginosa*)

أظهرت النتائج أن المستخلصات المائية بتركيز معين لها نشاط مثبط معتدل. كانت *Staphylococcus aureus* حساسة للمستخلصات الستة التي تم اختبارها، حيث تراوحت أقطار التثبيط من 7 مم إلى 15 مم. من ناحية أخرى، كانت بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* مقاومة لمستخلصات جميع النباتات المستخدمة، باستثناء مستخلص نبات *Vicia faba*، حيث كانت حساسة له بقطر تثبيط يبلغ 10 مم. ومع ذلك، أظهرت *Escherichia coli* نمو دون أي منطقة تثبيط حول الأقراص ، مما يشير إلى مقاومة كبيرة لجميع المستخلصات المائية . استُخدمت طريقة التخفيف الصلب (CMI) لتحديد تركيزات مثبطة دنيا للمكورات *S. aureus* التي تتراوح بين 0.09 و 0.0009 ملغم/مل ، وتركيز مثبط أدنى يساوي 0.009 ملغم/مل للمكورات *P. aeruginosa* بينما أظهرت *E. coli* مقاومة عالية لجميع التركيزات المختبرة.

وبالتالي يمكن استخدام مغلي الأجزاء الهوائية من هذه النباتات الستة وتخفيفاتها بشكل فعال ضد الإلتهابات التي تسببها

المكورات *S. aureus*

الكلمات المفتاحية: النشاط المضاد للبكتيريا، المستخلص المائي، مغلي، البقوليات ، *Genista* ، *Ceratonia* ، *Trigonella* ، *Vicia* ،منطقة التثبيط.

Résumé

Le présent travail a pour objet l'étude de l'activité de l'extrait aqueux, obtenu par décoction, de six plantes de la famille des Fabaceae dont trois endémiques récoltées dans la région de Skikda (*Genista numidica* subsp. *numidica*, *G. ferox* et *G. tricuspidata*), et trois à intérêt alimentaire et médicinal (*Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* et *Vicia faba*), sur trois souches bactériennes pathogènes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*) à l'aide de la méthode de diffusion en milieu gélosé et la méthode de dilution en milieu liquide.

Les résultats obtenus, démontrent que les extraits aqueux à une certaine concentration possèdent une activité inhibitrice modérée. *Staphylococcus aureus* est sensible vis-à-vis des six extraits testés avec des diamètres d'inhibition variant entre 7mm et 15mm. Alors que, *Pseudomonas aeruginosa* est résistante aux extraits de toutes les plantes utilisées, à l'exception de l'extrait de *Vicia faba* envers lequel elle a été sensible avec un diamètre d'inhibition de 10mm. Cependant, *Escherichia coli* a montré une croissance sans aucune zone d'inhibition autour des disques, indiquant une résistance significative envers les six extraits aqueux.

La méthode de dilution en milieu solide a permis de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) pour *S. aureus* (comprise entre 0.09 et 0.0009 mg/ml), et pour *P. aeruginosa* (égale à 0.009 mg/ml), alors que *E. coli* a montré une résistance élevée à toutes les concentrations testées.

La décoction des parties aériennes de ces six plantes et ses dilutions peuvent donc être utilisées avec efficacité contre les infections causées par *S. aureus*.

Mots clés : activité antibactérienne, extrait aqueux, décoction, Fabaceae, *Genista*, *Ceratonia*, *Trigonella*, *Vicia*, zone d'inhibition.

Abstract

The aim of the present work is to study the activity of the aqueous extract, obtained by decoction, of six plants of the Fabaceae family, three of which are endemic, harvested in the Skikda region (*Genista numidica* subsp. *numidica*, *G. ferox* and *G. tricuspidata*), and three of food and medicinal interest (*Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* and *Vicia faba*), on three pathogenic bacterial strains (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*) using the agar diffusion method and the liquid dilution method.

The results show that aqueous extracts at a certain concentration have moderate inhibitory activity. *Staphylococcus aureus* was sensitive to all six extracts tested, with inhibition diameters ranging from 7mm to 15mm. *Pseudomonas aeruginosa*, on the other hand, was resistant to extracts from all the plants used, except for *Vicia faba* extract, to which it was sensitive with an inhibition diameter of 10mm. However, *Escherichia coli* showed growth without any zone of inhibition around the discs, indicating significant resistance to all six aqueous extracts.

The solid-state dilution method enabled us to determine minimum inhibitory concentrations (MICs) for *S. aureus* (of between 0.09 and 0.0009 mg/ml), and for *P. aeruginosa* (equal to 0.009 mg/ml), while *E. coli* showed high resistance to all the concentrations tested.

The decoction of the aerial parts of these six plants and its dilutions can therefore be used effectively against infections caused by *S. aureus*.

Key words: antibacterial activity, aqueous extract, decoction, Fabaceae, *Genista*, *Ceratonia*, *Trigonella*, *Vicia*, zone of inhibition.

Table des abréviations

ATCC : American Type Culture Collection.

MH : Muller Hinton

g : Gramme.

ml : Millilitre.

min : Minute.

mm : millimètre.

h : heure.

C° : Degré Celsius.

nm : Nanomètre.

DO : Densité Optique.

µl : Microlitre.

mg : Milligramme.

CMI : Concentration Minimale Inhibitrice.

CMB : Concentration Minimale Bactéricide.

R : résistante.

Table des figures

Figure 01 :	Carte géographique de la répartition de la famille des Fabacées.....	09
Figure 02 :	<i>Genista numidica</i> Spach à El Hadaeik.....	11
Figure 03 :	<i>Genista ferox</i> (Poir) Dum. Cours au Djebel Filfila.....	12
Figure 04 :	<i>Genista tricuspidata</i> Desf. à Ramdan Djamel	13
Figure 05 :	Feuilles et graines de <i>Vicia faba</i>	14
Figure 06 :	Graines de <i>Trigonella foenum-graecum</i>	15
Figure 07 :	Feuilles et fruits de <i>Ceratonia siliqua</i>	16
Figure 08 :	Lieu d'expérimentation ou les extraits aqueux des six espèces de légumineuses testées ont été obtenus	18
Figure 09 :	Lieu de l'évaluation de l'activité antibactérienne des six espèces des légumineuses.....	19
Figure 10 :	El Hadaiek, station de cueillette de <i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	19
Figure 11 :	Filfila, station de cueillette de <i>Genista ferox</i>	20
Figure 12 :	Ramdan Djamel, station de cueillette de <i>Genista tricuspidata</i>	20
Figure 13 :	Préparation des extraits végétaux.....	23
Figure 14 :	Préparation des dilutions pour les six espèces de légumineuses	24
Figure 15 :	Réactivation des souches bactériennes étudiées	24
Figure 16 :	Les suspensions bactériennes de <i>E. coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25
Figure 17 :	Préparation et stérilisation des disques d'aromatogramme.....	26
Figure 18 :	L'aromatogramme	27
Figure 19 :	Préparation de série de dilution de la CMI.....	28
Figure 20 :	Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB).....	29
Figure 21 :	Activité antibactérienne de l'extrait obtenu par décoction de <i>Genista tricuspidata</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	31
Figure 22 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista tricuspidata</i> sur <i>Escherichia coli</i> ..	31

Figure 23 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista tricuspidata</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	32
Figure 24 :	Activité antibactérienne de l'extrait de <i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	33
Figure 25 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i> sur <i>E. coli</i>	33
Figure 26 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	34
Figure 27 :	Activité antibactérienne de l'extrait de <i>Genista ferox</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	34
Figure 28 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista ferox</i> sur <i>E. Coli</i>	35
Figure 29 :	Activité négative de l'extrait de <i>Genista ferox</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	35
Figure 30 :	Activité antibactérienne de l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	36
Figure 31 :	Activité négative de l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> sur <i>Escherichia coli</i>	36
Figure 32 :	Activité négative de l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	37
Figure 33 :	Activité antibactérienne de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	37
Figure 34 :	Activité négative de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> sur <i>Escherichia coli</i>	38
Figure 35 :	Activité négative de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	38
Figure 36 :	Activité antibactérienne de l'extrait de <i>Vicia faba</i> sur <i>Staphylococcus aureus</i>	39
Figure 37 :	Activité négative de l'extrait de <i>Vicia faba</i> sur <i>E. Coli</i>	39
Figure 38 :	Activité négative de l'extrait de <i>Vicia faba</i> sur <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40
Figure 39 :	Schéma comparatif de l'activité antibactérienne des six extraits sur les trois souches bactériennes	43
Figure 40 :	Détermination des CMI des extraits vis-à-vis les germes sensibles (<i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>).....	44
Figure 41 :	Détermination des CMB de <i>Genista tricuspidata</i> (a), <i>G. numidica</i> subsp. <i>numidica</i> (b), <i>G. ferox</i> (c), <i>Vicia faba</i> (d), <i>Ceratonia siliqua</i> (e), <i>Trigonella foenum-graecum</i> (f) vis-à-vis du germe sensible <i>Staphylococcus aureus</i>	45
Figure 42 :	Détermination de la CMB de <i>Vicia faba</i> vis à vis du germe sensible <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	46

Table des tableaux

Tableau 01	Matériel de laboratoire utilisée dans cette étude	22
Tableau 02	Propriétés organoleptiques des extraits des six espèces de la famille des légumineuses.....	30
Tableau 03	les diamètres des zones d'inhibitions de croissance de <i>Staphylococcus aureus</i> enregistrés pour les six extraits testés.....	41
Tableau 04	les diamètres des zones d'inhibitions de croissance de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> enregistrés pour les six extraits testés.....	42
Tableau 05	Détermination des CMI des six extraits vis-à-vis des germes sensibles (<i>Staphylococcus aureus</i> et <i>Pseudomonas aeruginosa</i>).....	50

Résumés

Table des abréviations

Table des figures

Table des tableaux

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
1. Les plantes Médicinales et la phytothérapie.....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. L'utilisation des plantes médicinales (= la phytothérapie)	3
1.2.1. Historique.....	3
1.2.2. Définition de la phytothérapie.....	4
1.2.3. Préparation des plantes médicinales.....	4
1.2.4. Effets thérapeutiques des plantes médicinales.....	5
1.3. Principaux groupes de composés antimicrobiens.....	6
2. Généralité sur les plantes utilisées dans cette étude.....	8
2.1. La famille des Fabaceae.....	8
2.1.1. Position systématique de la famille des Fabaceae.....	9
2.1.2. Répartition géographique.....	9
2.2. Le Genre <i>Genista</i>	10
2.2.1. Description botanique.....	10
2.2.2. Distribution.....	10
2.2.3. Principaux métabolites secondaires du genre <i>Genista</i>	10
2.2.4. Usage thérapeutique.....	11
2.2.5. Description des trois espèces endémiques de <i>Genista</i> utilisées dans cette étude	11
2.2.5.1. <i>Genista numidica</i>	11
2.2.5.2. <i>Genista Ferox</i>	12
2.2.5.3. <i>Genista tricuspidata</i>	13
2.2.6. Description des trois espèces alimentaires et médicales utilisées dans cette étude.....	14
2.2.6.1. <i>Vicia faba</i>	14
2.2.6.2. <i>Trigonella foenum –graecum L.</i>	15
2.2.6.3. <i>Ceratonia siliqua</i>	16
Chapitre II: Matériel et méthodes	
1. Matériel.....	18
1.1. Matériel végétal.....	19
1.2. Matériel biologique.....	21
1.3. Matériel de laboratoire	21
2. Méthodes	22

2.1.	Préparation des extraits végétaux.....	22
2.1.1.	Repiquage des souches bactériennes.....	24
2.2.	Méthode de diffusion	25
2.2.1.	Le principe de la méthode de disques.....	25
2.2.2.	Préparation des suspensions bactériennes	25
2.2.3.	Préparation des disques d'aromatogramme.....	26
2.2.4.	Test de l'activité antibactérienne	26
2.3.	Détermination des concentrations minimales inhibitrices	27
2.4.	Détermination des concentrations minimales bactéricides.....	28

Chapitre III: Résultats et discussion

1.	Résultats.....	30
1.1.	Propriétés organoleptiques des extraits	30
1.2.	Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits	30
1.2.1.	Activité de <i>Genista tricuspidata</i>	31
1.2.2.	Activité de <i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	32
1.2.3.	Activité de <i>Genista ferox</i>	34
1.2.4.	Activité de <i>Ceratonia siliqua</i>	35
1.2.5.	Activité de <i>Trigonella foenum-graecum</i>	37
1.2.6.	Activité de <i>Vicia faba</i>	38
1.3.	Concentration minimale inhibitrice	44
1.4.	Concentration minimale bactéricide	45
2.	Discussion	47
	Conclusion et perspectives.....	50
	Références bibliographiques.....	51

Annexe

Introduction

Introduction

Lorsque la thérapie à la pénicilline a été pratiquée pour la première fois, on croyait que la bataille contre les agents pathogènes avait été gagnée. D'autres antibiotiques ont été découverts ou créés par la suite et l'efficacité remarquable de ces substances s'est accompagnée de leur usage massif et d'une surconsommation conduisant à l'émergence des micro-organismes résistants (**Hamza, 1993 ; Ben et al., 2005**).

La résistance aux antibiotiques est devenue un problème de santé publique d'amplitude croissante, notamment avec l'accroissement des maladies infectieuses de plus en plus difficiles à traiter. Cette résistance augmente à un rythme alarmant, particulièrement à la suite de l'apparition de multirésistances touchant les bactéries à Gram négatif et positif. Par conséquent, la découverte et le développement d'agents antimicrobiens ou de stratégies d'introduction de lutte efficace contre cette antibiorésistance sont devenus d'une extrême importance (**Landoulsi, 2016**).

En conséquence, l'utilisation des plantes médicinales ou des préparations à base des plantes connaît un succès croissant. Ainsi, d'après les estimations, 80% de la population mondiale dépend principalement de la médecine traditionnelle (**Jean & Jiri, 1983 ; OMS, 2012**). Elle joue un rôle croissant dans la santé humaine. Environ 25% des médicaments d'ordonnances couramment utilisés proviennent de plantes médicinales traditionnellement utilisées (**Chaouche et al., 2015**).

L'Algérie, par sa position géographique, est pourvue d'une large gamme d'étages bioclimatiques induisant une biodiversité immense en espèces végétales. En effet, notre pays est caractérisé par une diversité florale, estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles. Ces espèces sont pour la plupart des cas des plantes spontanées avec un nombre non négligeable (15%) d'espèces endémiques. Ceci donne à la pharmacopée traditionnelle algérienne une richesse inestimable (**Berreghioua, 2016 ; Bouzina et al., 2018**).

Parmi les différents procédés utilisés, on compte l'extraction par macération (extraction à l'éthanol), l'extraction par décoction et l'extraction par infusion. L'extraction par décoction ou infusion est un procédé largement utilisé traditionnellement par le peuple algérien pour la préparation des boissons les plus appréciées comme le thé ou préparation traditionnelle à base de plantes médicinales.

C'est pour cela que nous nous sommes intéressés dans cette étude à l'évaluation de l'activité antibactérienne de six plantes de la famille des légumineuses, dont trois endémiques et trois à intérêt alimentaire et médicinal. Les espèces endémiques appartiennent au genre *Genista*, il s'agit de *G. numidica* Spach subsp. *numidica*, considérée selon **EuroMed PlantBase (2023)** comme une endémique algérienne stricte, *G. ferox* (Poir.) Dum. Cours, considérée comme une endémique partagée entre l'Algérie, la Tunisie et la Sardaigne, et *G. tricuspidata* Desf., considérée comme une endémique Maroco-Algéro-Tunisienne. Les trois espèces à intérêt alimentaire et médicinal sont *Ceratonia siliqua* L., *Trigonella foenum-graecum* L. et *Vicia faba* L., dans le but de les utiliser comme alternative contre les infections bactériennes. Notre travail sera organisé comme suit :

- La première partie est relative à l'étude bibliographique qui inclut les plantes médicinales et la phytothérapie, et des généralités sur les six plantes utilisées ;
- La deuxième partie représente la partie expérimentale où nous présentons les techniques utilisées et toutes les démarches ayant été suivies pour arriver aux buts préalablement tracés ;
- Dans la troisième partie, les résultats obtenus sont rapportés et discutés à la lumière de la littérature disponible. Enfin, le travail est clôturé par une conclusion et des perspectives qui traitent les futures investigations pouvant être menées sur les six plantes.

Chapitre I
Synthèse bibliographique

1. Les plantes médicinales et la phytothérapie

1.1. Définition

Les plantes sont dites médicinales, lorsqu'un de leurs organes possède des activités pharmacologiques, pouvant conduire à des emplois thérapeutiques. On n'utilise généralement qu'une partie de la plante (les racines, les feuilles, les fleurs, les graines.), la plus riche en principe actif. Fraîche ou desséchée cette partie est appelée drogue végétale ou tout simplement drogue (**Bruneton, 1999**).

1.2. L'utilisation des plantes médicinales (= la phytothérapie)

1.2.1. Historique

Il y a quatre mille ans on écrivait déjà sur la phytothérapie, puisque des archéologues ont découvert des recueils prouvant qu'à cette époque on utilisait les plantes à des fins médicales. On sait que les peuples anciens tels que les Grecs, les Romains, les Égyptiens se servaient des plantes pour se soigner. Les croisés revenant de leurs périples en terre sainte ramenaient des herbes inconnues dans nos contrées. Les moines qui avaient une bonne connaissance des plantes, en pratiquaient la culture avec succès. Dans leurs jardins bien abrités et bien clôturés, ils créèrent les premières consultations.

On ne tarda pas à échanger des plantes entre régions et même entre pays, cela déboucha également sur des échanges de recettes. Le grand roi Charlemagne conseilla et même encouragea les échanges de plantes entre les couvents (**Daudon & Reveillard, 1985**).

Actuellement, l'industrie pharmaceutique a pris conscience des limites et du coût de la chimie de synthèse, beaucoup de molécules artificielles ainsi obtenues ont un faible taux d'efficacité et présentent cependant de plus en plus d'effets secondaires. C'est pour cela qu'elle se tourne elle aussi vers la nature et a entrepris une vaste étude sur le terrain pour répertorier les plantes les plus prometteuses. De toute façon, plus de 60% des molécules exploitées aujourd'hui par l'industrie sont de près ou de loin originaires du monde végétal (**Saussine & Candau, 1999**).

1.2.2. Définition de la phytothérapie

Le mot phytothérapie provient de deux mots grecs qui signifient essentiellement « soigner avec les plantes ».

C'est un traitement ou prévention des maladies par l'usage de certaines parties de plantes médicinales telles que les racines, les tiges ou les feuilles. Elle fait partie des médecines parallèles ou des médecines douces (**Zeghad, 2009**).

1.2.3. Préparation des plantes médicinales

Les plantes médicinales peuvent être préparées de différentes façons, ci-dessous les plus importantes préparations.

- **Infusion**

L'infusion est le mode de préparation qui s'applique aux organes délicats de la plante (feuilles, sommités fleuries et fleurs). Ce mode de préparation préserve les principes actifs de la plante. Cette forme de préparation est la plus utilisée par les patients, elle est employée avec des plantes fraîches mais généralement avec les sèches. L'infusion peut être préparée en versant de l'eau bouillante sur la plante dans un récipient fermé. Après 10 à 15 mn, l'infusion est obtenue après un simple filtrage de la solution (**Bensekrane, 2015**).

- **Décoction**

Pour les organes durs et compacts (bois, écorces, tiges et racines) qui ne délivrent leurs principes actifs que sous l'action prolongée de la chaleur, la décoction est le mode de préparation bénéfique afin d'extraire une quantité maximale de principes actifs.

Ce mode de préparation diffère du précédent par le fait que la préparation est maintenue en ébullition pendant quelques temps, la plante est mise dans de l'eau froide portée à ébullition (**Bensekrane, 2015**).

- **Macération**

Dans cette méthode de préparation, la plante est trempée dans de l'eau froide, de l'alcool ou de l'huile. Le temps de macération varie de quelques heures à quelques jours, tout dépend de la plante et du principe actif à extraire. La macération est une préparation liquide à froid, elle est utilisée pour garder les principes actifs des plantes médicinales intacts. Elle est

recommandée pour les principes actifs délicats et sensibles à des températures élevées.

1.2.4. Effets thérapeutiques des plantes médicinales

Les plantes médicinales possèdent plusieurs effets thérapeutiques, ce qui a encouragé leur utilisation à travers les temps. Parmi ces effets nous pouvons citer à titre d'exemple :

- Effet analgésique

L'activité analgésique *in vivo* ainsi que l'évaluation de la toxicité aiguë de l'extrait aqueux de *G. saharae* ont été étudiés et ont donné de bons résultats qui justifient l'utilisation de l'espèce dans la médecine traditionnelle algérienne (**Guettaf, 2016**).

- Effet antiulcéreux

Évalué par l'extrait éthanolique de *Genista ferox*, qui contient les tanins qui peuvent empêcher le développement de l'ulcère dû à leur précipitation et les effets vasoconstricteurs. Leur action astringente contribue à précipiter des protéines sur le site de l'ulcère, de manière à former une couche imperméable sur la doublure qui empêche la sécrétion intestinale et protège la muqueuse sous-jacente des toxines et d'autres irritants (**Panda & Khambat, 2014**).

- Effet cytotoxique

Les résultats de l'étude réalisée par Rigano et al (2009), ont montré que les extraits méthanoliques de *Genista tinctoria* et *Genista sessilifolia* inhibent la croissance des cellules de mélanome humain M14 (**Rigano et al., 2009**).

- Effet anti-hémolytique

A été aussi réalisé et montré que *G. tricuspidata* Desf a une activité inhibitrice importante contre l'hémolyse provoquée par H₂O₂ (puissant oxydant provoquant la perturbation de la structure membranaire cellulaire). Les résultats obtenus montrent que les taux d'hémolyse sont directement proportionnels à l'augmentation des concentrations des extraits (**Ati, 2018**).

- Effet anti-hyperglycémiant

Genista tenera est une plante utilisée pour sa propriété anti-hyperglycémiant dans la

médecine traditionnelle. L'extrait butanolique de cette plante a fait l'objet d'une investigation biologique menée par Amélia P. Rauter et ses collaborateurs en 2009 (**Rauter *et al.*, 2009**).

- **Effet antimicrobien**

Cet effet se traduit par la capacité des préparations à bases de plantes de supprimer une gamme très large des agents pathogènes microbiens, notamment fongiques et bactériens, qui sont principalement dues aux composés du métabolisme secondaire de la plante. Des remèdes traditionnels à base de plantes ont été longtemps employés sans savoir à quoi étaient dues leurs actions bénéfiques (**Parekh & Chanda, 2007**).

1.3. Principaux groupes de composés antimicrobiens

- **Les acides phénoliques**

Les phénols simples et les acides phénoliques possèdent des activités antivirale, antibactérienne et antifongique (**Brantner *et al.*, 1996**). En général, l'effet antimicrobien des dérivés d'acides phénoliques augmente avec la longueur croissante de la chaîne alkyle et le nombre de groupements hydroxyle (**Cowan, 1999**).

Le catéchol et le pyrogallol sont tous les deux des phénols hydroxylés, toxiques pour les microorganismes. Le catéchol, a deux groupes OH, et le pyrogallol en a trois. Le site et le nombre de groupes hydroxyles sur le groupe phénol sont censés être liés à leur toxicité relative vis-à-vis des micro-organismes, une hydroxylation accrue entraîne une toxicité accrue (**Cowan, 1999**). En outre, certains auteurs ont constaté que plus fortement les phénols sont oxydés, plus ils seraient inhibiteurs.

- **Les flavonoïdes**

Comme ils sont connus pour être synthétisés par les plantes en réponse à une infection microbienne, il ne devrait pas être surprenant de constater *in vitro*, qu'ils soient des substances antimicrobiennes efficaces contre un large éventail de microorganismes (**Cowan, 1999**).

Leur activité antibactérienne est probablement due à leur capacité à complexer les protéines extracellulaires et solubles et avec les parois cellulaires bactériennes.

- **Les tanins**

Plusieurs études ont décrit les propriétés antibactériennes des tanins. (**Chung & Wei, 2001**), ont trouvé que l'acide tannique a inhibé la croissance des bactéries des aliments et des

bactéries intestinales humaines, ainsi que différentes levures incluant *Saccharomyces cerevisiae*.

Les différents mécanismes proposés jusqu'ici pour expliquer l'activité antimicrobienne comprennent l'inhibition des enzymes microbiennes extracellulaires, la privation des substrats nécessaires à la croissance microbienne ou l'action directe sur le métabolisme microbien par inhibition de la phosphorylation oxydative. Selon (**Scalbert, 1991**), un autre mécanisme impliquant la privation en fer est proposé. De nombreux microorganismes peuvent surmonter les défenses de la plante à base de tanins. Ils peuvent détoxifier les tanins par la synthèse de polymères en les complexant, ou par la synthèse des sidérophores.

L'activité antivirale des tanins est due à la fixation des molécules des tanins à l'enveloppe protéique du virus ou la membrane de la cellule hôte et par conséquent l'inhibition de l'adsorption et la pénétration virale. Cependant, dans certains cas la fixation cause seulement des changements mineurs à la surface virale, la pénétration reste, mais l'enlèvement de l'enveloppe virale est inhibé. Plusieurs types de virus sont inactivés par les tanins, le virus herpès simplex (HSV-1, HSV-2) est inhibé par les tanins hydrolysables et les tanins condensés galloylés de plusieurs extraits des plantes (**De Bruyne et al., 1999**).

- **Les quinones**

Les quinones sont ubiquitaires et possèdent généralement des propriétés antimicrobiennes. Leurs principales cibles dans la cellule microbienne sont les adhésines, les polypeptides et les enzymes membranaires. **Kazmi et al. (1997)** décrivent une anthraquinone de *Cassia italica*, un arbre pakistanais, bactériostatique pour *Bacillus anthracis*, *Corynebacterium pseudodiphthericum* et *Pseudomonas aeruginosa*, et bactéricide pour *Pseudomonas pseudomallei*. **Aljabre et al. (2005)**, ont décrit le thymoquinone isolé de l'extrait de *Nigella sativa* comme responsable des propriétés antidermatophytiques de cette plante vis-à-vis de *Trichophyton mentagrophytes*, *Epidermophyton floccum* et *Microsporum canis*. L'hypericine, une autre anthraquinone, isolée de *Hypericum perforatum*, possède également des propriétés antifongiques (**Cowan, 1999**).

- **Les coumarines**

Les coumarines possèdent des propriétés physiologiques et antimicrobiennes. La warfarine est une coumarine utilisée comme anticoagulant qui posséderait également des propriétés antivirales (**Cowan, 1999**). **Nitiema et al. (2012)**, montrent que les coumarines ont une

importante activité antibactérienne contre *Escherichia coli* et *Enterobacter aerogenes*.

Le principe général de cette méthode est relativement simple, la culture bactérienne ou microbienne estensemencée à la surface d'une gélose et d'un milieu de culture adéquat. Des disques préimprégnés d'une dose connue d'antibiotique, d'huile essentielle ou de n'importe quelle autre substance ou préparation végétale, sont déposés à la surface de la gélose ou du milieu de culture. La substance utilisée diffuse à partir du disque en créant un gradient de concentration. La détermination du diamètre de la zone d'inhibition permet une estimation de la concentration minimale inhibitrice. Les caractères de sensibilité ou de résistance de la souche bactérienne ou microbienne en seront déduits (**Benhiba, 2021**).

2. Généralité sur les plantes utilisées dans cette étude

Les plantes sélectionnées pour la réalisation des tests antibactériens appartiennent à la famille des Fabaceae.

2.1. La famille des Fabaceae

La grande famille des Fabaceae s'appelle aussi famille des Légumineuses puisque leurs fruits se nomment gousses ou légumes. Elles constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 730 genres et 19400 espèces, réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical (**Wojciechowski et al., 2004**). Les formes arborescentes de cette famille prédominent dans les pays chauds, alors que les formes herbacées se trouvent dans les régions tempérées (**Dupont et al., 2007**).

La prédilection des plantes de cette famille pour les habitats arides ou semiarides est reliée à leur métabolisme dépendant de l'azote, qui est considéré comme une adaptation aux variations climatiques et imprévisibles de l'habitat. La fixation de l'azote via la symbiose légumineuses- *Rhizobium* permet aux plantes de cette famille d'obtenir des taux élevés en azote ammoniacal au niveau de leurs racines en fonction de la demande de leur métabolisme (**Wojciechowski et al., 2004**).

Cette famille est composée de variétés horticoles, dont beaucoup d'espèces sont récoltées dans un but alimentaire, tant pour l'alimentation humaine (haricot, pois, fève, soja) qu'animale (trèfle, luzerne, sainfoin). Elle est utilisée pour ses huiles (arachide, soja), ses

fibres et bois comme combustible, ainsi que son utilisation en médecine (spartéine extraite du genêt à balais, réglisse) ou en chimie (Wojciechowski *et al.*, 2004).

2.1.1. Position systématique de la famille des Fabaceae

Selon l'Angiosperm Phylogeny Group III (APG, 2009), les Fabaceae peuvent être réparties en 4 sous-familles : les Bauhinoïdes, les Caesalpinoïdeae, les Mimosoïdeae et les Papilionoïdeae ou Faboïdeae. Cette dernière constitue la plus grande sous-famille des Fabaceae avec 28 tribus, 478 genres et environ 13800 espèces dont 97% parmi les espèces testées sont nodulées (De Faria *et al.*, 1989). Les membres des Faboïdeae sont principalement des herbacées.

2.1.2. Répartition géographique

La famille des Fabaceae est particulièrement concentrée dans les régions subtropicales et tempérées chaudes (**Figure 1**) comme l'Afrique du Sud ou sur le pourtour méditerranéen. Les régions tropicales abritent essentiellement des espèces ligneuses, tandis que les régions tempérées regorgent d'espèces herbacées (Djeghim, 2016). Parmi les 700 genres des légumineuses, il existe environ 53 genres et 337 espèces en Algérie (Maire, 1987).

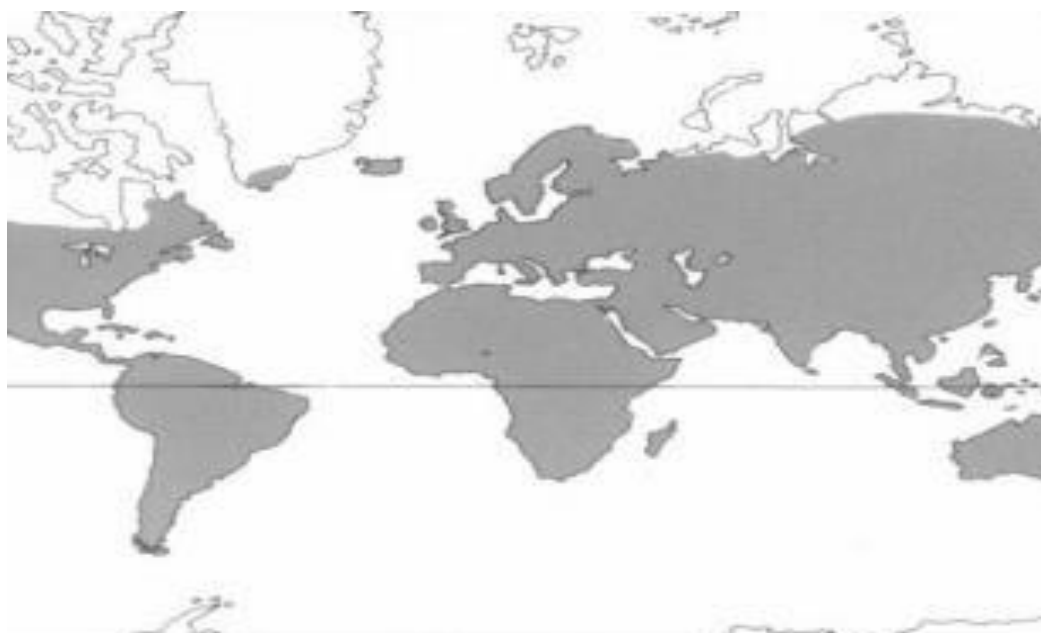


Figure 01 : Carte géographique de la répartition de la famille des Fabacées (Heywood, 1996).

2.2. Le genre *Genista*

Genista a été décrit en premier lieu par Linné en 1753. Il appartient à la sous-famille des Papilionoidées et à la tribu des Genistées (**Ibrahim & Khalifa, 2000**)

Le nom de ce genre semble dériver de l'ancien mot gaulois Gen, qui signifie arbuste. Le genre *Genista* est composé d'une centaine d'espèces, principalement réparties en Méditerranée en Asie de l'Ouest (**Noccioli et al., 2011**). Il existe actuellement 25 espèces et sous-espèces en Algérie, dont 11 endémiques (**Judd et al., 2002**) et constitue de ce fait un des genres les plus riches en espèces endémiques dans notre pays.

2.2.1. Description botanique

Selon (**Quezel & Santa, 1962**) ; le genre *Genista* a un calice à 5 segments, les deux supérieurs libres ou soudés ; les trois inférieurs formant une lèvre à 3 dents profondes rarement. Le calice campanulé à 5 dents subégales ; corolle oblongue, droite ou presque bigibbeuse latéralement étendard étroit, avec 10 étamines monadelphes en tube non fendu, 5 longues et 5 courts stigmatoblique gousse déhiscence, variable, arbrisseaux épineux ou parfois aphyllés et junciformes, feuilles avec 1-3 folioles stipulées ou non graines non arillées.

2.2.2. Distribution

Le genre *Genista* compte environ 150 espèces réparties en Europe et en région méditerranéenne. En Afrique du Nord on rencontre ce genre en Algérie, Tunisie et en Libye. En Algérie 16 espèces dont 11 endémiques. Il pousse dans les régions Nord et Sud et au grand Sahara. (**Ati, 2010**).

2.2.3. Principaux métabolites secondaires du genre *Genista*

Selon les recherches de la littérature sur les espèces *Genista*, elles sont autorisées à contenir divers types de métabolites secondaires multiples, les principales substances sont les alcaloïdes (**Kacem et al., 2014**), les isoflavones (**Pistelli et al., 2001 ; Erdemoylu et al., 2009**) et les flavonoïdes (**Rice et al., 1995 ; Mekkiou et al., 2005 ; Boumaza et al., 2011 ; Kerkatou et al., 2012**) et substances biologiquement actives.

2.2.4. Usage thérapeutique

La grande diversité ainsi que le taux élevé des composés biologiquement actifs enregistré dans le genre *Genista* est à la base de la présence de plusieurs activités biologique, entre autres l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antimicrobienne et anti-hémolytique. Les résultats obtenus par de nombreuses études ont confirmé l'utilisation des plantes contenants dans ce genre en médecine traditionnelle, et les rendent très importantes économiquement et largement utilisées en phytothérapie (Bouden & Guerraiche, 2020).

2.2.5. Description des trois espèces endémiques de *Genista* utilisées dans cette étude

2.2.5.1. *Genista numidica* Spach

C'est un arbrisseau ou un arbuste de 0,6-2,5 m de hauteur, dressé, buissonnant, vert, à rameaux cylindriques, dressés, pubescents-soyeux dans la jeunesse, puis glabrescents (Figure 2), feuillés. Tiges à feuilles persistantes, les inférieures trifoliolées à folioles longues de 8-12 mm (Quezel & Santa, 1962).



**Figure 02: *Genista numidica* subsp. *numidica* Spach à El Hadaeik
(photo pers., 2024)**

La répartition géographique de cette espèce endémique algérienne, est rare dans les Sahels littoraux oranais mais, assez commun en Numidie et dans l'atlas Tellien algérois. D'après la carte réalisée par (Ati, 2018), *Genista numidica* se situe entre 0-500 m d'altitude et ceinture lachaine montagneuse depuis El Kala jusqu'à Béjaia.

2.2.5.2. *Genista ferox* (Poir) Dum. Cours

La fleur est caractérisée par un calice presque glabre, caduc, se coupant circulairement au-dessus de la base. Folioles ovales de 3-6 mm de large. Arbuste de 1-3m, vert gai. Vieux rameaux transformés en énormes épines très vulnérables (Figure 3). Feuilles stipulées, avec des stipules transformées en petits piquants. Cette espèce préfère les forêts côtières et intérieures (Bouabdallah & Slimani, 2022).



Figure 03 : *Genista ferox* (poir) au Djebel Filfila (photo pers., 2024)

Cette plante se trouve rarement dans le sous-secteur des Sahels littoraux ; Dahra, Beni Zehoual, Medjaher. (Quézel & santa, 1962). *Genista ferox* possède d'importantes actions diurétiques,

anti-goutte et rhumatismales. Elle est également utilisée pour le traitement de certaines tumeurs (Sebaihi *et al.*, 2018). Les feuilles fraîches sont aussi utilisées par cataplasme contre la jaunisse et la migraine (Bouayyadi *et al.*, 2015).

2.2.5.3. *Genista tricuspidata* Desf.

C'est un arbrisseau épineux, buissonnant et très rameux de 0,3-1,2 m de hauteur. Les rameaux florifères verts sont plus ou moins allongés et effilés, feuillés, grêles pubescentes puis glabres. Les épines trifurquées ou simples, robustes, divariquées vertes de 1-4,5 cm de long. Les feuilles sont toutes unifoliolées, vertes et sub-sessiles, les folioles sont lancéolées entières et aiguës vêtues sur les deux faces de poils apprimés de 7-15 mm de long (**Figure 4**).

L'inflorescence est en grappes terminales multiflores de 1,5-25 cm de long, l'axe de la grappe est inerme et non prolongé en rameau feuillé, plus ou moins poilu. Les fleurs sont d'un jaune d'or verdissant souvent par dessiccation. Le calice est bilabié, glabre et jaune verdâtre de 4,5-6 mm de long. L'étendard est glabre à peu pubescent sur le dos, ovale ou ovale-oblong, aigu et un peu émarginé au sommet de 8-10 mm de long. Les ailes sont oblongues-cultriformes, obtuses et égalant à peu près l'étendard. La carène dépassant beaucoup les ailes et l'étendard, elle est oblongue, obtuse et étroite de 10-13 mm de long. Son nom commun "Guendoul" et "Chebrak" espèces polymorphe, représentant donc quelques variations morphologiques.



Figure 04 : *Genista tricuspidata* Desf. à Ramdan Djamel (photo pers., 2024)

Cette espèce est une endémique de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie ; on la rencontre dans les forêts et broussailles des plaines et des basses et moyennes montagnes ; dans les régions bien arrosées et semi arides. Elle fait partie de la végétation des pelouses à thérophytes et les forêts de chênes sempervirents (subéraies) (Ati, 2018).

2.2.6. Description des trois espèces alimentaires et médicales utilisées dans cette étude

2.2.6.1 *Vicia faba* L.

La fève est une plante herbacée annuelle présentant une tige simple, dressé, creuse et de la section quadrangulaire, pouvant se dresser à plus d'un mètre de hauteur. Les feuilles, alternes de couleur vert ou grisâtre, pennées, composées, constituées par plusieurs folioles larges et ovales (Figure 05) (Chaux & Floury, 1994). Selon Maoui *et al.* (1990), la fève possède des inflorescences en grappes de 4 à 5 fleurs en moyenne. Les fleurs sont de couleur blanche ou faiblement violacée (Chaux et Floury, 1994). Les fruits sont des gousses pendantes noircissant à la maturité. (Laumonier, 1979). Les graines sont charnues, vertes et tendres à l'état immature. À complète maturité, elles développent un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Chaux & Floury, 1994).



Figure 05 : Feuilles et graines de *Vicia faba* (photo pers., 2024)

Selon l'étude de Guen & Duc (1996), les centres de diversification des espèces de *Vicia* sont situés au Proche-Orient et au Moyen-Orient.

La fève aurait été cultivée dès la fin du néolithique, elle a constitué durant toute l'antiquité et le moyen âge, une base alimentaire importante jusqu'au développement du haricot et de la

pomme de terre (Hullé *et al.*, 1999).

Les graines de fèves ont des effets réducteurs de lipides chez les humains et les rats. Les protéines isolées des grines ont fait ressortir une activité antioxydante. L'agglutinine, une lectine extraite des fruits de fèves, peut ralentir la progression du cancer du côlon (Cherief *et al.*, 2018).

2.2.6.2. *Trigonella foenum –graecum* L.

C'est une plante herbacé annuelle de 50cm de haut, à tige dressée. Elle porte des feuilles longuement pétiolées, alternes, composées à trois folioles ovales et dentées gris-vertes de 20-25mm de longueur. Les fleurs sont axillaires, isolées ou par deux, jaune pâle, à étendard violetclair à la base et de forme triangulaire (d'où le nom trigonelle). Le fruit est une gousse allongée ; arquée pouvant atteindre 20 cm de long, renferment 10 à 20 graines dures de couleur fauve (Figure 06). Celles –ci sont polyédriques, aplaties, irrégulièrement arrondies, ridées, épaisses, très coriaces divisées en deux segments inégaux par un sillon oblique et plat et une huile essentielle. L'odeur particulière est due aux nombreux constituant volatile (sesquiterpènes, alcanes, lactones) et à la stolone (3-hydroxy –4 ,5-diméthyl –2(5H) –furanone) (Ghedira *et al.*, 2010).



Figure 06 : Graines de *Trigonella foenum-graecum* (photo pers., 2024)

Le fenugrec est originaire d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient et d'Inde, puis il est abondamment présent autour de bassin méditerranéen (Sheicklar *et al.*, 2013).

Les extraites méthanolique et aqueux des graines de fenugrec ont montré une activité

antibactérienne contre des bactéries Gram positifs et négatifs notamment vis-à-vis de *Escherichia coli*, *S. marcescens*, *Bacillus cereus* et *P. aeruginosa* (Oueslati *et al.*, 2015).

2.2.6.3. *Ceratonia siliqua* L.

Le caroubier est un arbre ou arbuste, de 7 à 20 m de haut, doté d'une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge de maturité et un bois très dur de couleur rougeâtre. La longueur de ses feuilles peut aller de 10 à 20 cm, persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (Rejeb *et al.*, 1991 ; Batlle *et al.*, 1997 ; Ait Chitt *et al.*, 2007). Cet arbre dispose d'un réseau racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003). Les fleurs sont verdâtres, d'une longueur de 6 à 16 mm, spiralée et réunie en un grand nombre formant des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (Batlle *et al.*, 1997). Le fruit est une gousse brune noirâtre (Figure 07).



Figure 07 : Feuilles et fruits de *Ceratonia siliqua* (photo pers., 2024)

Selon **Hillcoat *et al.* (1980)**, le caroubier s'étend dans la nature, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Palestine, le sud de la Jordanie, Égypte, Arabie, Tunisie et Libye avant d'atteindre la méditerranée occidentale.

La caroube peut être prise comme complément alimentaire pour traiter les troubles intestinaux. Celle-ci contient ce que l'on appelle les tanins qui sont des antidiarrhéiques très efficaces. Sa prise est indiquée lors des irritations des intestins, de l'acidité gastrique et des vomissements. Ce produit ne contient pas de gluten ni de caféine, elle n'agit pas seulement au niveau des appareils digestifs mais est un complément alimentaire nécessaire pour lutter contre la perte de mémoire (**Makris & Kefalas, 2004**).

CHAPITRE II
Matériel et méthodes

1. Matériel

Le travail expérimental a été effectué au niveau de deux sites d'accueil pendant 25 jours allant de 14 avril 2024 jusqu'au 07 Mai 2024.

Les différentes manipulations permettant l'obtention de l'extrait aqueux des six espèces de la famille des Légumineuses, à savoir *Genista numidica*, *G. ferox*, *G. tricuspidata*, *Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* et *Vicia faba* ont été effectuées au laboratoire de la microbiologie et de la biochimie, au niveau du hall technologique, Université de 20 août 1955, Skikda (**Figure 08**).



Figure 08 : Lieu d'expérimentation où les extraits aqueux des six espèces de Légumineuses testées ont été obtenus

Le repiquage des souches bactériennes et l'évaluation de l'activité antibactérienne des différents extraits aqueux ont été réalisés au niveau du laboratoire de microbiologie à l'hôpital les frères Saad Guermech (EPH) Skikda (**Figure 09**).



Figure 09 : Lieu de l'évaluation de l'activité antibactérienne des six espèces de Légumineuses

1.1. Matériel végétal

a. Echantillonnage

Les espèces endémiques *Genista numidica*, *Genista ferox* et *Genista tricuspidata*, utilisées dans cette étude ont été cueillis sur terrain. Chaque espèce a été cueilli d'une station différente dans la région de Skikda. Le matériel végétal cueilli est représenté par les parties aériennes (tiges, feuilles et fleurs). Les espèces alimentaires et médicinales cependant, ont été achetées au niveau du marché de la ville de Skikda. Les graines et les gousses sèches de *Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* et *Vicia faba* ont été récupérées.

- ***Genista numidica*** a été récoltée dans la région d'El Hadaeik (wilaya de Skikda, nord-est d'Algérie), 36°50'39"N 6°53'54"E, durant le mois de février 2024 (**Figure 10**).

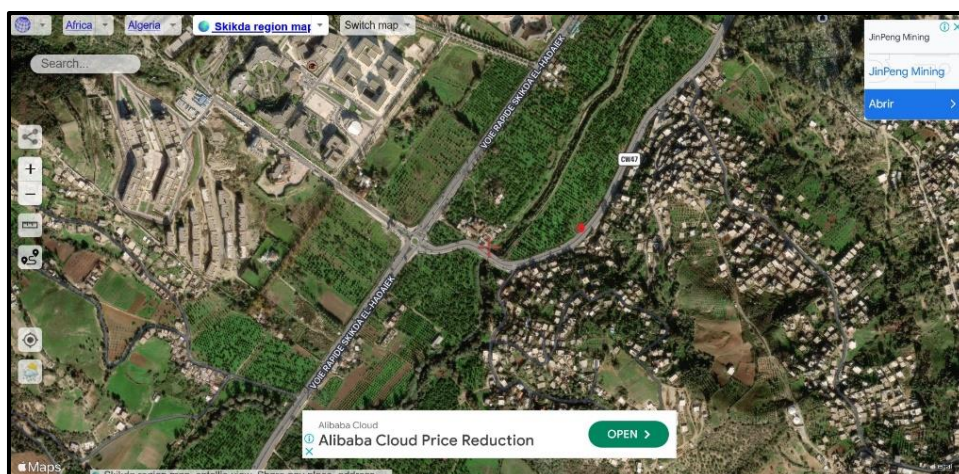


Figure 10 : El Hadaeik, station de cueillette de *Genista numidica* (Google Maps, 2024)

- *Genista ferox* a été récoltée dans la région de Filfila (wilaya de Skikda, nord-est d'Algérie), $36^{\circ}53'33''\text{N}$ $7^{\circ}04'08''\text{E}$, durant le mois de février 2024 (**Figure 11**).

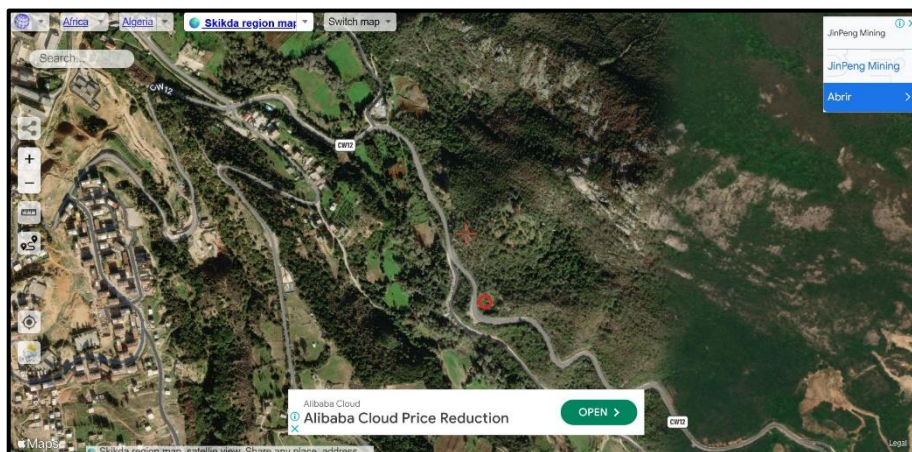


Figure 11 : Filfila, station de cueillette de *Genista ferox* (Google Maps, 2024)

- *Genista tricuspidata* a été récoltée de la région de Ramdan Djamel (wilaya de Skikda, nord-est d'Algérie), $36^{\circ}45'18''\text{N}$ $6^{\circ}54'33''\text{E}$, durant le mois de février 2024 (**Figure 12**).

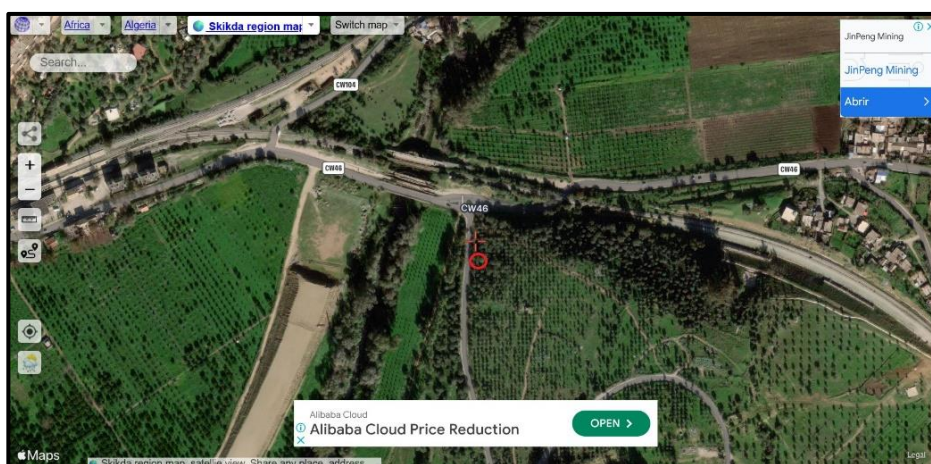


Figure 12 : Ramdan Djamel, station de cueillette de *Genista tricuspidata* (Google Maps, 2024)

b. Séchage

Les tiges et les feuilles des trois espèces endémiques du genre *Genista* ont été séchées à l'ombre à température ambiante. Après séchage, elles ont été conservées dans des bocaux de verre propres à l'abri de la lumière et l'humidité dans un endroit aéré, pendant 20 jours.

1.2. Matériel biologique

a. Souches bactériennes utilisées

Afin d'évaluer l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux des six espèces de légumineuses, les tests ont été effectués sur trois espèces bactériennes.

- Des bactéries à Gram négatif : *Escherichia coli* ATCC 25922, et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853.
- Une bactérie à Gram positif : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

Le choix de ses souches est basé sur :

- Fréquentes en pathologie humaine.
- Souvent responsables d'infections.
- Disponibles.
- Constituent un problème majeur de santé publique, et par leur résistance naturelle à divers agents antimicrobiens.

Ces souches nous ont été fournies par les responsables du laboratoire de la microbiologie et de la biochimie, clinique Abu Al Qassim de Skikda.

b. Milieux de culture

Pour tester l'activité antibactériennes des six espèces sélectionnées pour cette étude, nous avons utilisé des milieux de culture variés, à savoir :

- Chapman
- Hekton
- MH.

1.3. Matériel de laboratoire

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé un matériel varié (**Tableau 1**).

Tableau 01 : Matériel de laboratoire utilisé dans cette étude

Appareillage	Verrerie	Autre matériel
Bec bunsen Bain marie Filtre à membrane Autoclave Balance de précision Spectrophotomètre Réfrigérateur Plaque chauffante Etuve Flux laminaire vertical avec hotte filtrante	Becher Erlenmeyer Flacons Entonnoir Tubees à essai	Anse de platine Pipette pasteur Boîtes de pétri Micro-plaques Ecouvillons stériles Pince Disques stériles Portoirs Perforateur de papier Seringue Etiquettes Marquere indélébile

2. Méthodes

2.1. Préparation des extraits végétaux

Les extraits végétaux ont été préparés selon le principe de décoction (**Figure 13**).

10 g des parties aériennes (Tiges, feuilles et fleurs) de *Genista numidica*, *G. ferox* et *G. tricuspidata* ont été déposés dans 110 ml d'eau distillée froide, le tout est mis sur une plaque chauffée puis laisser pendant 15 à 30 minutes jusqu'à ébullition. La solution obtenue est par la suite filtrée à l'aide du filtre à membrane (**Djahoudi & Bouzabata, 2011**).

Pour les extraits de *Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* et *Vicia faba*, la même méthode a été suivie, avec des différences dans le type du matériel végétal utilisé. Pour *C. siliqua* les gousses avec leurs graines ont été utilisées, alors que pour *T. foenum-graecum* et *V. faba*, uniquement les graines sèches ont été utilisées.

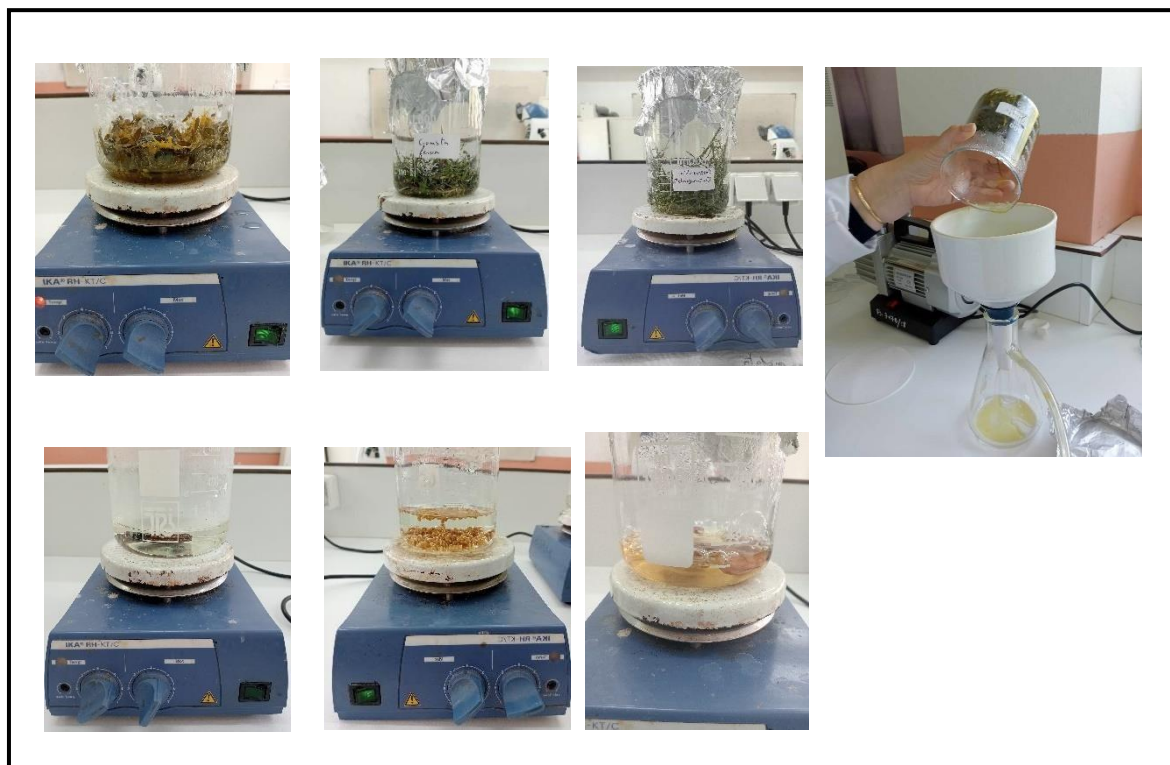


Figure 13 : préparation des extraits végétaux

- **Préparation des dilutions (méthode de dilution décimal)**

La dilution décimale se fait à partir d'une solution mère (l'extrait végétal, **Figure 14**).

- Le premier tube contient une quantité de l'extrait.
- Le deuxième tube contient 9ml d'eau distillée stérile, puis à l'aide d'une seringue de 5ml ; on prélève 1ml de l'extrait (du premier tube), et on l'introduit dans ce tube.
- Le troisième tube contient 9ml d'eau distillée stérile auquel on ajoute 1ml de solution prélevée à partir du 2^{ème} tube.
- Le quatrième tube contient 9ml d'eau distillée stérile auquel on ajoute 1ml de solution prélevée à partir du 2^{ème} tube.



Figure 14 : Préparation des dilutions pour les six espèces de légumineuses

2.1.1. Repiquage des souches bactériennes

Les souches bactériennes à tester ont été repiquées par la méthode de stries dans des boîtes de Pétri (4mm d'épaisseur) sur milieu solide Hektoen pour les bactéries à gram négatif, et milieu Chapman pour les grams positifs puis incubées pendant 24 heure à 37°C (**Figure 15**).

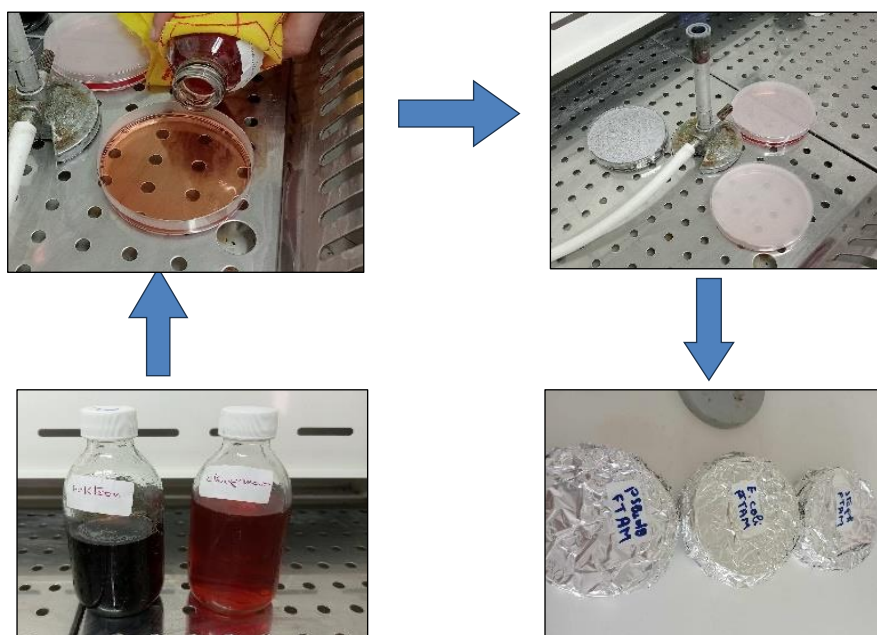


Figure 15 : Réactivation des souches bactériennes étudiées

2.2. Méthode de diffusion

2.2.1. Le principe de la méthode des disques

La méthode de diffusion des disques est généralement employée comme une analyse préliminaire pour étudier l'activité antibactérienne ensuite viennent des méthodes plus détaillées. Dans cette méthode, les paramètres tels que le volume placé sur les disques de papier, l'épaisseur de la couche de gélose ou encore la quantité et la nature du dissolvant employé, varient considérablement entre les études (**Manou *et al.*, 1998 ; Burt, 2004**).

L'activité antibactérienne de nos extraits est estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition (mm) autour des disques contenant l'extrait à tester contre les germes pathogènes après 24 h heures d'incubation à une température adéquate de 37°C. Les valeurs indiquées sont les moyennes de trois mesures de chaque concentration (si trois répétitions ont été pratiquées pour chaque souche et chaque concentration).

2.2.2. Préparation des suspensions bactériennes

Après 24 heures d'incubation des souches bactériennes, racler à l'aide d'une pipette pasteur, quelques colonies bien isolées et identiques (3 à 5 colonies). Par la suite, elles sont mises en suspension dans 5 ml d'eau physiologique stérile (**Figure 16**), il faut homogénéiser et laisser 30min. finalement, il faut passer à la spectrophotométrie à une longueur d'onde de 625nm c'est-à-dire d'une DO de 0.08 à 0.1.

La concentration des différentes suspensions a été ajustée à 10^8 cellule/ml correspondant à 0,5Mc Farland (**Bonnet *et al.*, 20**



Figure 16 : les suspensions bactériennes de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*

2.2.3. Préparation des disques d'aromatogramme

A partir du papier Wattman, des disques de 6 mm de diamètre ont été découpés, mis dans un flacon (**Figure 17**), puis stérilisés dans un autoclave pendant 2h (**Khadri, 2009**).

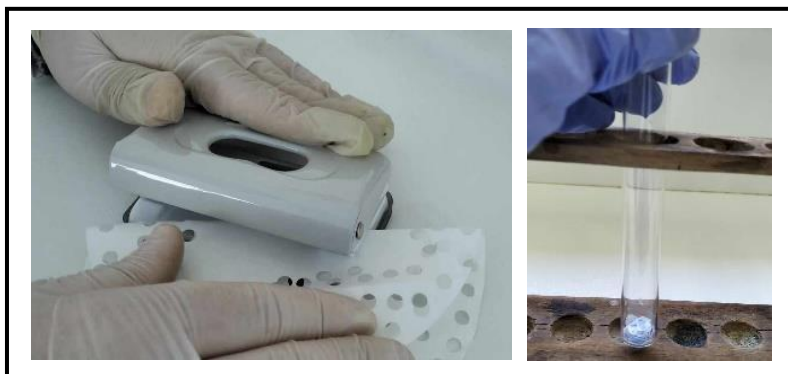


Figure 17 : Préparation et stérilisation des disques d'aromatogramme

2.2.4. Test de l'activité antibactérienne

- ✓ Le milieu Mueller-Hinton est fondu à 90°C a été mis dans un bain Marie et refroidi, ensuite il a été coulé en boîte de Pétri à une épaisseur de 4mm.
- ✓ Après la solidification, la surface de la gélose estensemencée par la méthode d'inondation
- ✓ Laisser les boîtes bien séchées pendant 15 minutes, puis aspirer le reste de l'inoculum à l'aide d'une pipette pasteur.
- ✓ Déposer à l'aide d'une pince stérile, sur la surface de la gélose, les disques (4 disques par boîte) : 1 imprégné d'extrait végétal non dilué, et 1 imprégné d'eau distillée stérile utilisé comme témoin, et 2 imprégnés d'extrait végétal à différentes dilutions.
- ✓ Les boîtes gélosées ainsi préparées sont maintenues à 4°C durant 20mn, afin de permettre la pré-diffusion et avant que les bactéries ne commencent à se multiplier. Ensuite, elles sont incubées à 37°C pendant 24 heures (**Figure 18**).

L'expérience est répétée six fois pour chaque extrait et pour chaque espèce bactérienne.

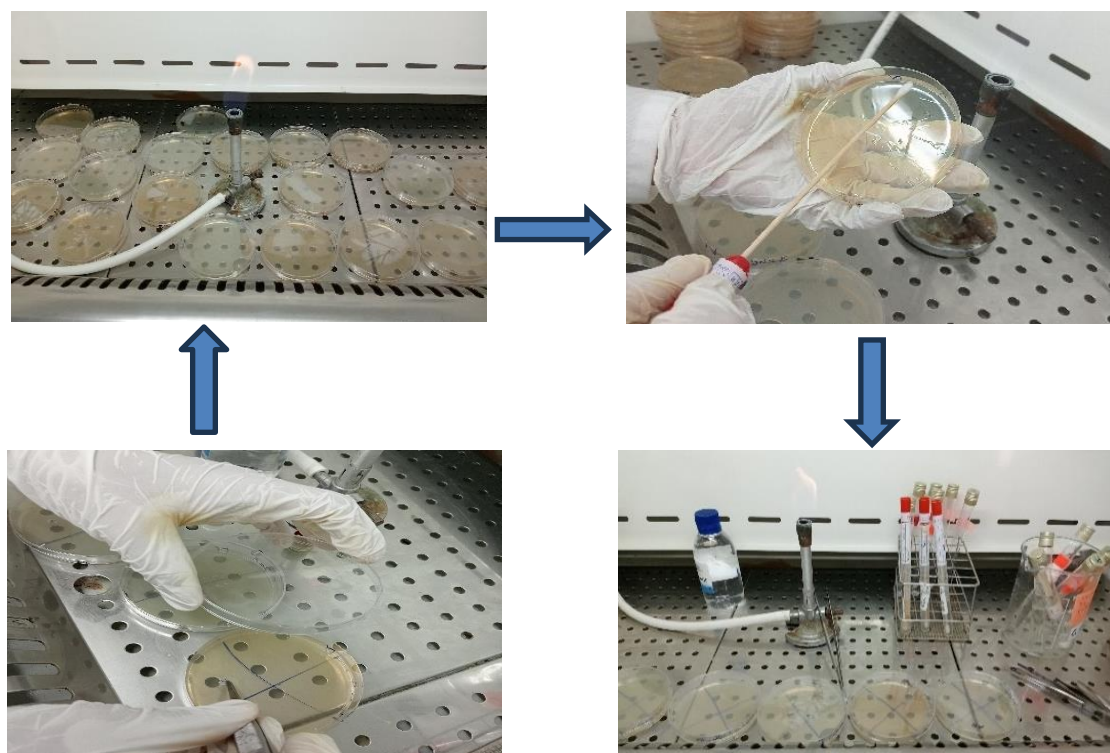


Figure 18 : L'aromatogramme

2.3. Détermination des concentrations minimales inhibitrices

Dans des microplaques à 96 puits, 100 μ l Mueller-Hinton ont été déposés dans tous les puits de la microplaque. Cent microlitres de la solution mère d'extrait ont été déposés dans le premier puit. Après mélange, 100 μ l du mélange ont été prélevés et dilués dans le puits suivant et ainsi de suite, de sorte à obtenir une gamme de concentration de notre extrait allant de 10mg/ml à

0.020 mg/ml. Par la suite, 50 μ l de la suspension bactérienne ont été ajoutés dans chaque puits (**Figure 19**).

Les microplaques couvertes avec du papier para film et placées à l'étuve à 37C ° pendant 18 heures (**Ganfon et al., 2019**).

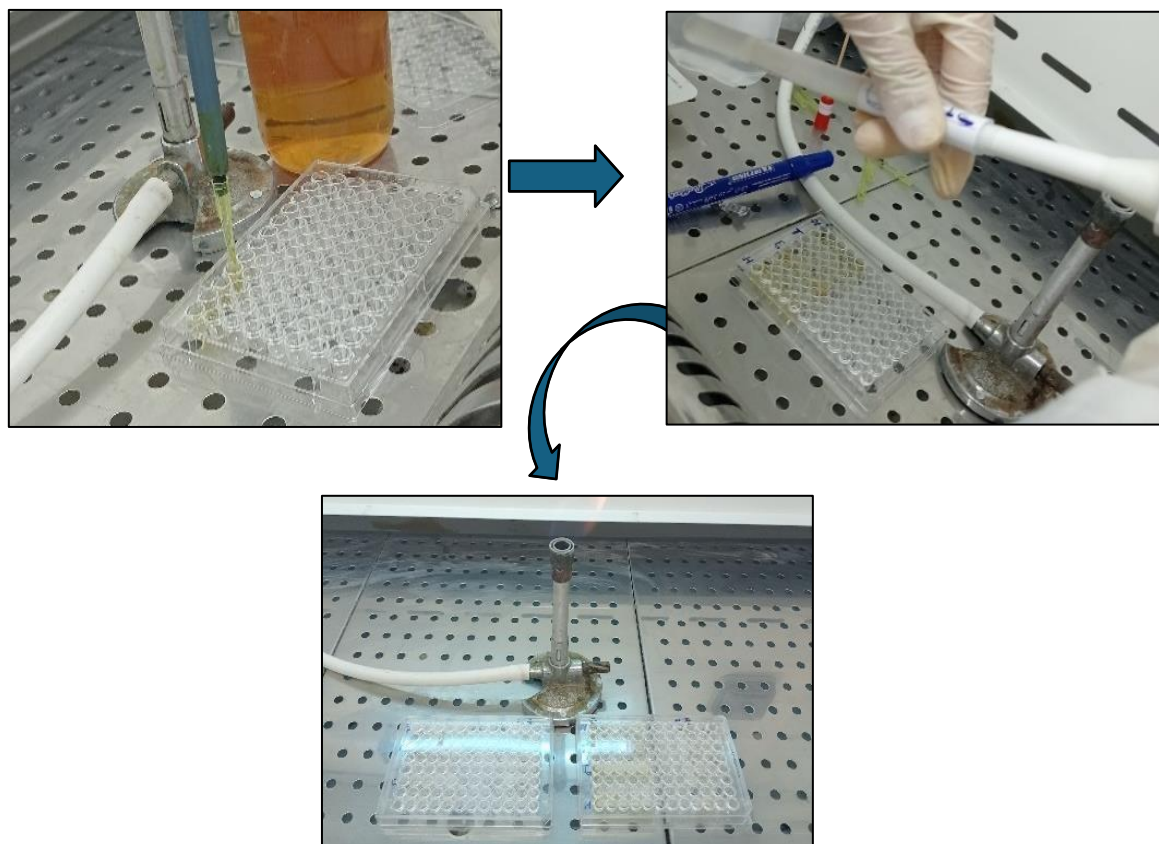


Figure 19 : Préparation de série de dilutions de la CMI

2.4. Détermination des concentrations minimales bactéricides

La concentration minimale bactéricide a été déterminée par ensemencement des contenus de tous les puits (**Figure 20**) après la détermination de la CMI sur milieu gélosé sélectif (Chapman, Hekteon) et incubés à 37 C° pendant 18 à 24 heures (**Ganfon *et al.*, 2019**).

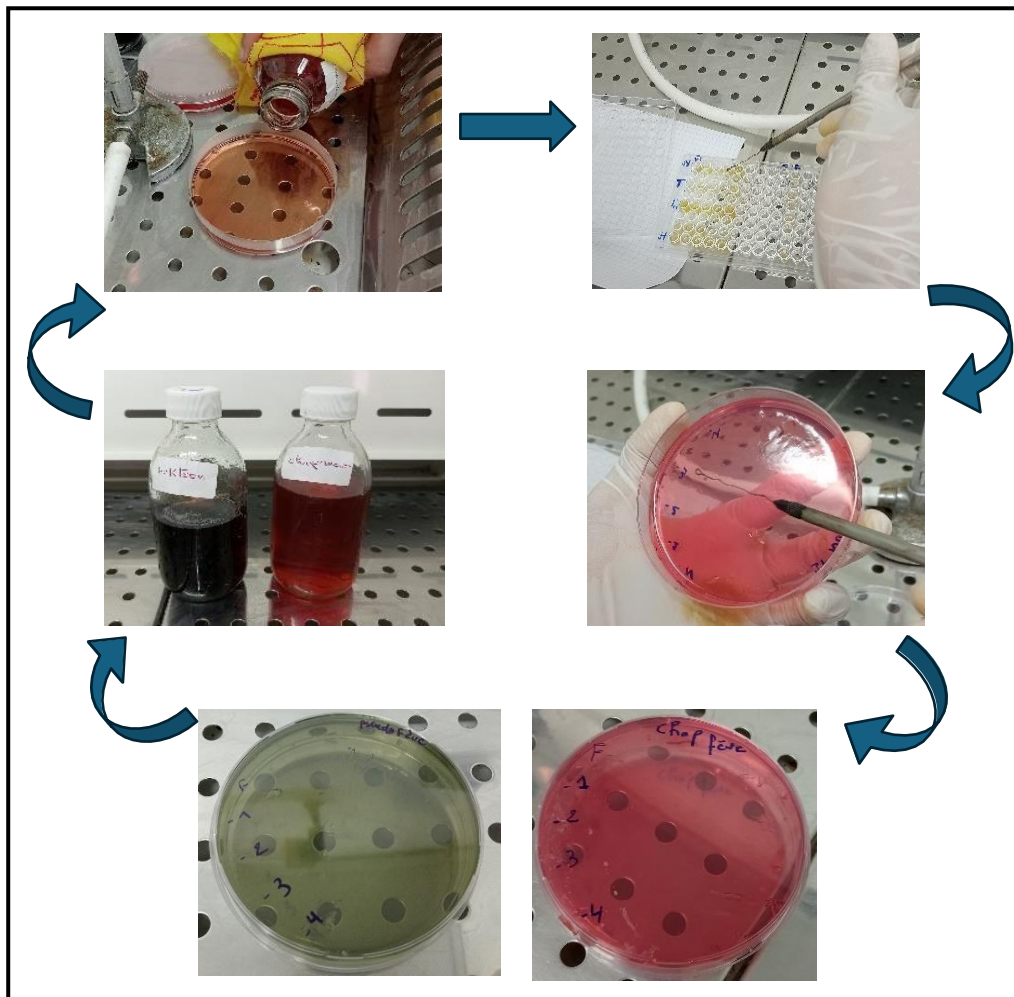


Figure 20 : Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB)

CHAPITRE III
Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1. Propriétés organoleptiques des extraits

Les propriétés organoleptiques des extraits des plantes testées sont présentées dans le **tableau02** ci-dessous.

Tableau 02 : Propriétés organoleptiques des extraits des six espèces de la famille des légumineuses

Espèce végétales	Aspet	Couleur	Odeur
<i>Genista tricuspidata</i>	Fluide	Jaune vert	Fraiche
<i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	Fluide	Jaune olivier	Forte
<i>Genista ferox</i>	Fluide	Jaune olivier	Fraiche
<i>Vicia faba</i>	Fluide	Bronze	Fraiche
<i>Ceratonia siliqua</i>	Fluide	Blanchâtre	Forte
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Fluide	Jaune pale	Forte

1.2. Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits

Lors de cette étude, nous avons testé l'effet antibactérienne des extraits aqueux de quelques légumineuses endémiques et alimentaires vis-à-vis de trois souches bactériennes appartenant à des espèces différentes. Pour cela, nous avons utilisé la méthode de diffusion en disques sur milieu solide (aromatogramme).

1.2.1. Activité de *Genista tricuspidata*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

Les résultats ci-dessous (**Figure 21**) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*.

- L'extrait pur a donné un diamètre de 12 mm
- La dilution 10^{-2} a donné une zone d'inhibition de 15mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 8 mm



Figure 21 : Activité antibactérienne de l'extrait obtenu par décoction de *Genista tricuspidata* sur *Staphylococcus aureus*.

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 22**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur



Figure 22 : Activité négative de l'extrait de *Genista tricuspidata* sur *Escherichia coli*.

Escherichia coli.

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

Selon la **figure 23**, l'extrait de *Genista tricuspidata* n'a aucun effet bactéricide sur la souche *Pseudomonas aeruginosa* pour toutes les concentrations testées.



Figure 23 : Activité négative de l'extrait de *Genista tricuspidata* sur *Pseudomonas aeruginosa*.

1.2.2. Activité du *Genista numidica* subsp. *numidica*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

Les résultats ci-dessous (**Figure 24**) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*.

- L'extrait pur a donné un diamètre de 15 mm
- La dilution 10^{-1} a donné une zone d'inhibition de 11mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 13 mm

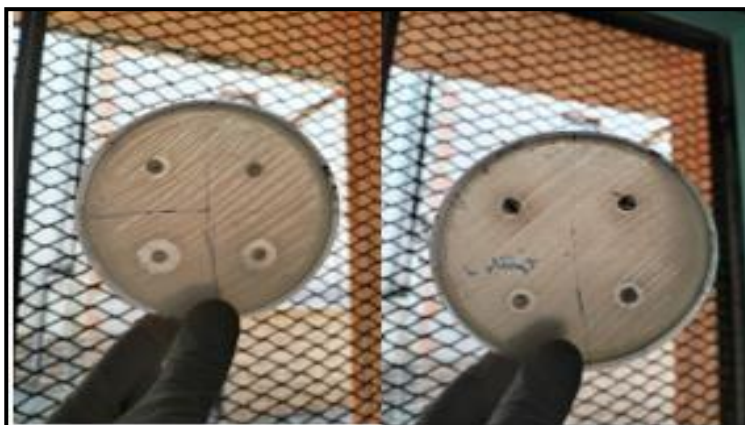


Figure 24 : Activité antibactérienne de l'extrait de *Genista numidica* subsp. *numidica* sur *Staphylococcus aureus*.

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 25**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur *Escherichia coli*.

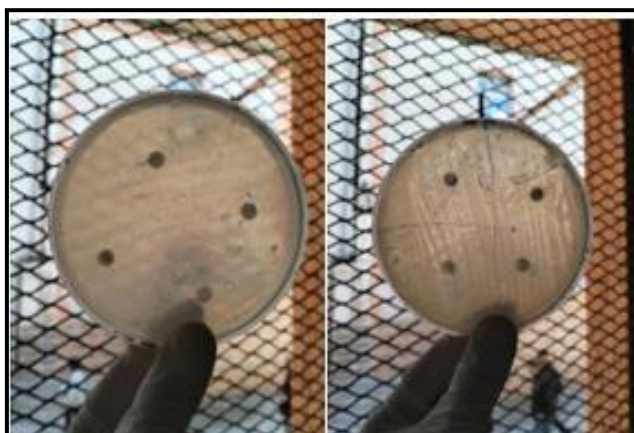


Figure 25 : Activité négative de l'extrait de *Genista numidica* subsp. *numidica* sur *Escherichia coli*.

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

Selon la **figure 26**, l'extrait de *Genista numidica* subsp. *numidica* n'a aucun effet bactéricide sur la souche *Pseudomonas aeruginosa* pour toutes les concentrations testées.

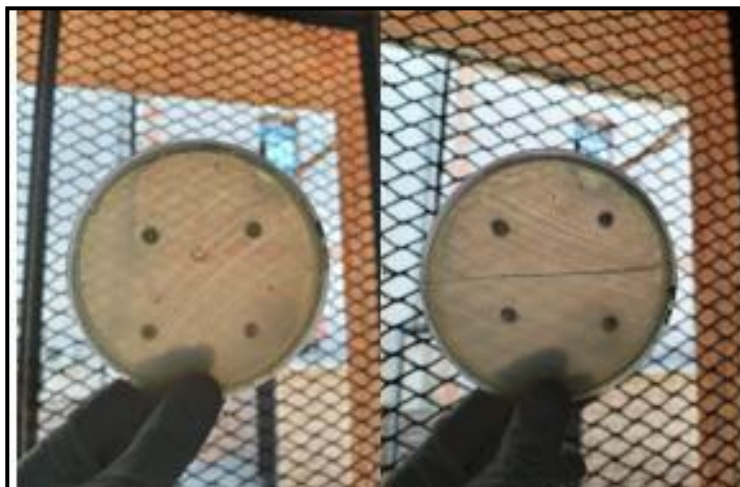


Figure 26 : Activité négative de l'extrait de *Genista numidica* subsp. *numidica* sur *Pseudomonas aeruginosa*.

1.2.3. Activité de *Genista ferox*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

Les résultats ci-dessous (Figure 27) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*

- L'extrait pur a donné un diamètre de 15 mm
- La dilution 10^{-2} a donné une zone d'inhibition de 13mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 7mm

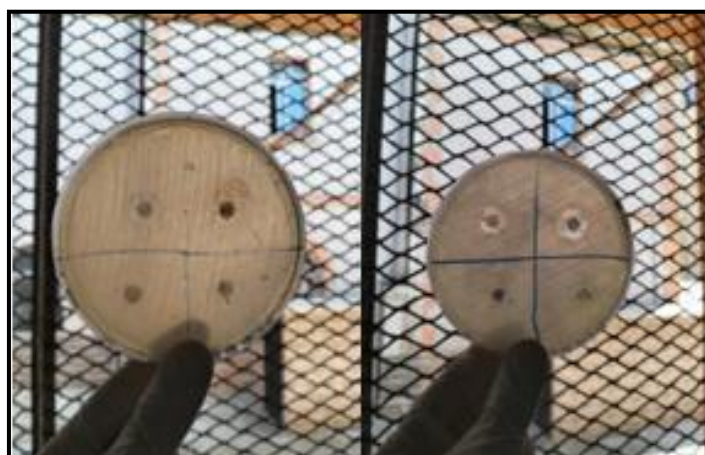


Figure 27 : Activité antibactérienne de l'extrait de *Genista ferox* sur *Staphylococcus aureus*.

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 28**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur *Escherichia coli*.



Figure 28 : Activité négative de l'extrait de *Genista ferox* sur *Escherichia coli*

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

Selon la **figure 29**, l'extrait de *Genista ferox* n'a aucun effet bactéricide sur la souche *Pseudomonas aeruginosa* et ce pour toutes les concentrations testées.



Figure 29 : Activité négative de l'extrait de *Genista ferox* sur *Pseudomonas aeruginosa*

1.2.4. Activité de *Ceratonia siliqua*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

Les résultats ci-dessous (**Figure 30**) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*.

RESULTATS ET DISCUSSION

- L'extrait pur a donné un diamètre de 13mm.
- La dilution 10^{-1} a donné une zone d'inhibition de 13mm
- La dilution 10^{-2} a donné une zone d'inhibition de 9 mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 12 mm

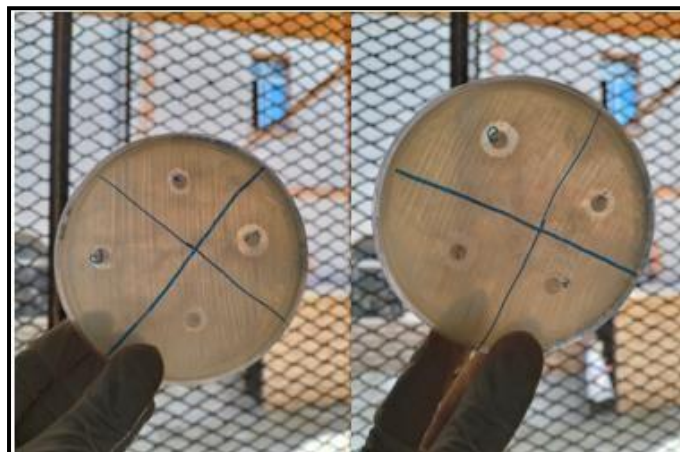


Figure 30 : Activité antibactérienne de l'extrait de *Ceratonia siliqua* sur *Staphylococcus aureus*.

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 31**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur *Escherichia coli*.



Figure 31 : Activité négative de l'extrait de *Ceratonia siliqua* sur *Escherichia coli*

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

Selon la **figure 32**, l'extrait de *Ceratonia siliqua* n'a aucun effet bactéricide sur cette souche bactérienne et ce pour toutes les concentrations testées.

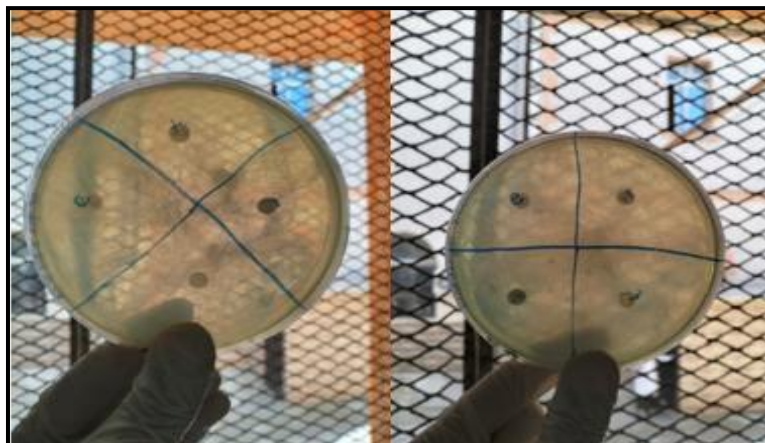


Figure 32 : Activité négative de l'extrait de *Ceratonia siliqua* sur *Pseudomonas aeruginosa*

1.2.5. Activité de *Trigonella foenum-graecum*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

Les résultats ci-dessous (**Figure 33**) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*.

- L'extrait pure a donné un diamètre de 8mm.
- La dilution 10^{-1} a donné une zone d'inhibition de 11mm
- La dilution 10^{-2} a donné une zone d'inhibition de 12 mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 7mm

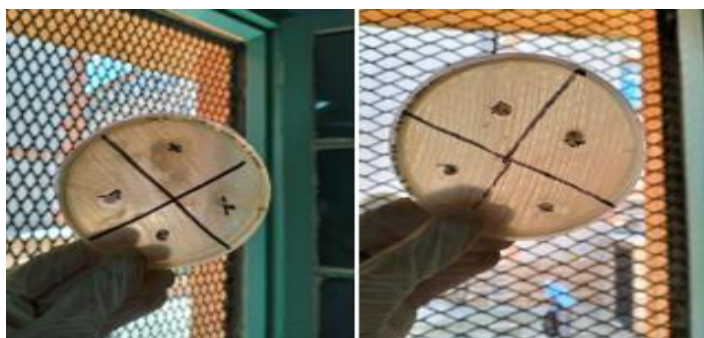


Figure 33 : Activité antibactérienne de l'extrait *Trigonella foenum-graecum* sur *Staphylococcus aureus*

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 34**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur *Escherichia coli*.



Figure 34 : Activité négative de l'extrait de *Trigonella foenum-graecum* sur *Escherichia coli*

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

Selon la **figure 35**, l'extrait de *Trigonella foenum-graecum* n'a aucun effet bactéricide sur cette souche bactérienne et ce pour toutes les concentrations testées.

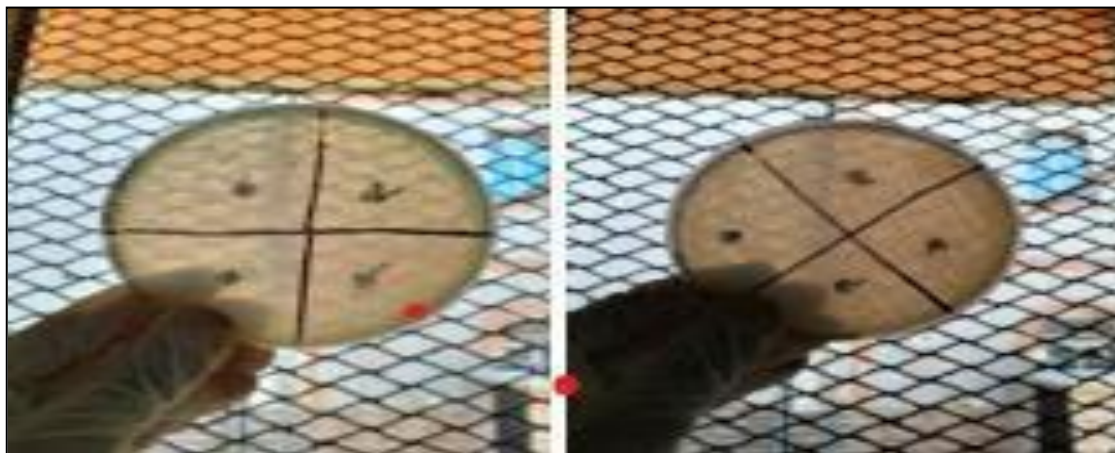


Figure 35 : Activité négative de l'extrait de *Trigonella foenum-graecum* sur *Pseudomonas aeruginosa*

1.2.6. Activité de *Vicia faba*

a. Sur *Staphylococcus aureus*

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats ci-dessous (**Figure 36**) montrent l'activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus*.

- L'extrait pur a donné un diamètre de 14mm.
- La dilution 10^{-1} a donné une zone d'inhibition de 7mm
- La dilution 10^{-4} a donné une zone d'inhibition de 10 mm



Figure 36 : activité antibactérienne de l'extrait de *Vicia faba* sur *Staphylococcus aureus*

b. Sur *Escherichia coli*

Les résultats ci-dessous (**Figure 37**) montrent l'absence d'une activité inhibitrice sur *Escherichia coli*.



Figure 37 : Activité négative de l'extrait de *Vicia faba* sur *Escherichia coli*

c. Sur *Pseudomonas aeruginosa*

L'extrait mère (=obtenu lors de la décoction) de *Vicia faba* a donné un diamètre de 9mm présenté dans la **figure 38**. Les dilutions cependant n'ont donné aucun résultat positif.

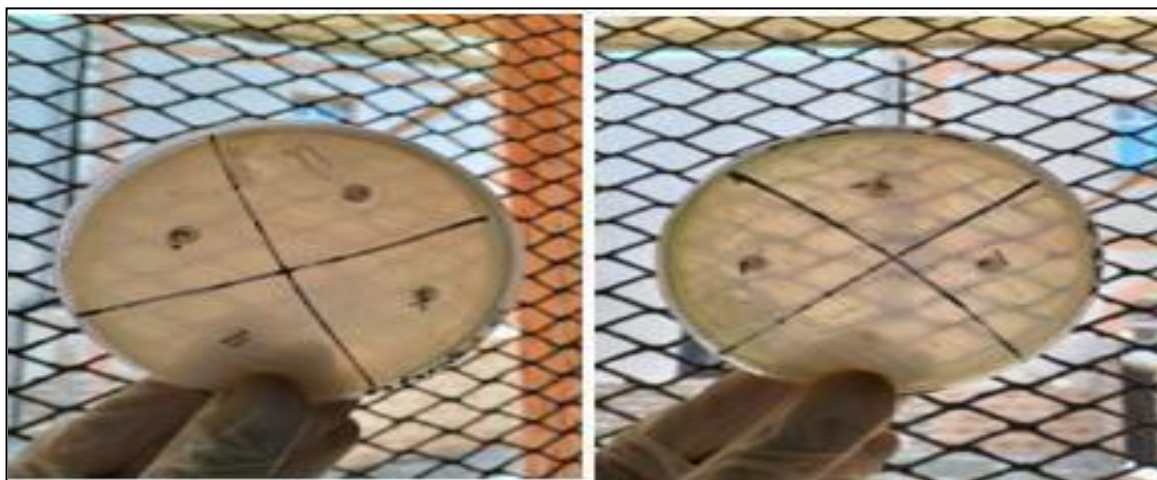


Figure 38 : Activité positive de l'extrait de *Vicia faba* sur *Pseudomonas aeruginosa*

Les halos d'inhibitions enregistrés dans notre étude varient entre 0mm et 15mm, en fonction des souches testées et des dilutions employées.

D'après la classification de **Raynaud (1999)** in **Manaa & Mechaty (2009)** en rapport avec les spectres des activités antibactériennes, les bactéries testées dans n'importe quelle étude sont classées comme suit :

- Germes résistants : halo 0 mm (-)
- Germes sensibles : halo 0-2 mm (+)
- Germes assez sensibles : halo de 2-3 mm (++)
- Germes très sensibles : halo plus de 3 mm (+++)

L'activité antibactérienne des extraits testées dans notre étude et la classification des souches bactériennes utilisées sont résumées dans les **tableaux 03 et 04**.

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 03 : Les diamètres des zones d'inhibitions de croissance de *Staphylococcus aureus* enregistrés pour les six extraits testés.

	Extrait	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	Témoin (Eau distillé)
<i>Genista tricuspidata</i>	12 mm = Germe très sensible (+++)	R	15 mm = Germe très sensible (+++)	R	8 mm = Germe très sensible (+++)	/
<i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	15 mm = Germe très sensible (+++)	11 mm = Germe très sensible (+++)	R	R	13 mm = Germe très sensible (+++)	/
<i>Genista ferox</i>	15 mm = Germe très sensible (+++)	R	13 mm = Germe très sensible (+++)	R	7 mm = Germe très sensible (+++)	/
<i>Vicia faba</i>	14 mm = Germe très sensible (+++)	5 mm = Germe très sensible (+++)	R	R	10 mm = Germe très sensible (+++)	/
<i>Ceratonia siliqua</i>	13 mm = Germe très sensible (+++)	13 mm = Germe très sensible (+++)	9 mm = Germe très sensible (+++)	R	12 mm = Germe très sensible (+++)	/
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	8 mm = Germe très sensible (+++)	11 mm = Germe très sensible (+++)	12 mm = Germe très sensible (+++)	R	7 mm = Germe très sensible (+++)	/

RESULTATS ET DISCUSSION

Notons ici que le tableau récapitulatif de l'activité des extraits végétaux obtenus par décoction, sur *Escherichia coli* n'a pas été dressé car ces derniers n'ont donné aucune activité positive et ce pour tous les extraits et toutes les dilutions.

Tableau 04 : Les diamètres des zones d'inhibitions de croissance de *Pseudomonas aeruginosa* enregistrés pour les six extraits testés.

	Extrait	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	Témoin (Eau distillé)
<i>Genista tricuspidata</i>	R	R	R	R	R	/
<i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	R	R	R	R	R	/
<i>Genista ferox</i>	R	R	R	R	R	/
<i>Vicia faba</i>	10 mm = Germe très sensible (+++)	R	R	R	R	/
<i>Ceratonia siliqua</i>	R	R	R	R	R	/
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	R	R	R	R	R	/

La comparaison entre l'activité antibactérienne des six extraits testés est démontrée dans la **figure 39**.

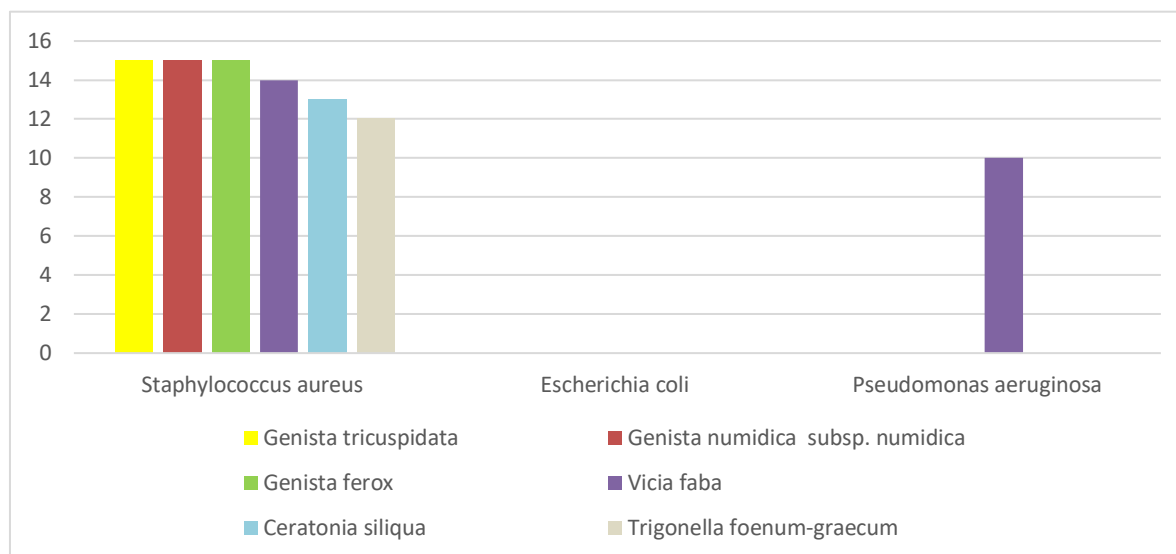


Figure 39 : Schéma comparatif de l'activité antibactérienne des six extraits sur les trois souches bactériennes.

À partir des résultats obtenus de l'activité antibactérienne, il apparaît que *Staphylococcus aureus* est sensible vis-à-vis des six extraits testés avec des diamètres d'inhibition variant entre 7mm et 15mm.

Alors que, la souche de *Pseudomonas aeruginosa* est résistante à *Genista tricuspidata*, *G. numidica* subsp. *numidica*, *G. ferox*, *Ceratonia siliqua* et *Trigonella foenum-graecum*. Mais elle a été un germe très sensible vis-à-vis de l'extrait aqueux de *Vicia faba* avec un diamètre d'inhibition de 10mm.

Cependant, *Escherichia coli* a montré une croissance sans aucune inhibition autour des disques, indiquant une résistance significative envers tous les extraits aqueux utilisés.

Le témoin (=eau distillée), quant à lui, n'a montré aucune activité antibactérienne contre les trois souches étudiées, ce qui confirme que l'effet observé est dû à l'ajout de l'extrait aqueux.

1.3. Concentration minimale inhibitrice

Les résultats obtenus de l'aromatogramme ont été confirmés quantitativement par la technique de la concentration minimale inhibitrice (CMI) (**Figure 40 et Tableau 05**).

D'après **Ganfon *et al.* (2019)** La CMI d'un extrait vis-à-vis d'une souche bactérienne donnée est la plus petite des concentrations qui a une activité antibactérienne positive, autrement dit, elle ne donne aucune croissance visible de la bactérie à l'œil nue.



Figure 40 : Détermination des CMI des extraits vis-à-vis les germes sensibles (*Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*)

Tableau 05 : Détermination des CMI des six extraits vis-à-vis des germes sensibles (*Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*)

Espèce végétale	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
	CMI de l'extrait mère	CMI de dilution	CMI de l'extrait mère	CMI de dilution
<i>Genista tricuspidata</i>	0.09 mg/ml	10 ⁻² mg/ml	/	/
<i>Genista numidica</i> subsp. <i>numidica</i>	0.09 mg/ml	10 ⁻² mg/ml	/	/
<i>Genista ferox</i>	0.09 mg/ml	10 ⁻² mg/ml	/	/
<i>Vicia faba</i>	0.009 mg/ml	10 ⁻⁴ mg/ml	0.009 mg/ml	10 ⁻³ mg/ml
<i>Ceratonia siliqua</i>	0.009 mg/ml	10 ⁻³ mg/ml	/	/
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	0.09 mg/ml	10 ⁻² mg/ml	/	/

1.4. Concentration minimale bactéricide

D'après Ganfon *et al.* (2019) La CMB c'est La plus faible concentration de l'extrait qui n'a laissé survivre aucune bactérie. La CMB des extraits est représentée dans les figures 41 et 42.

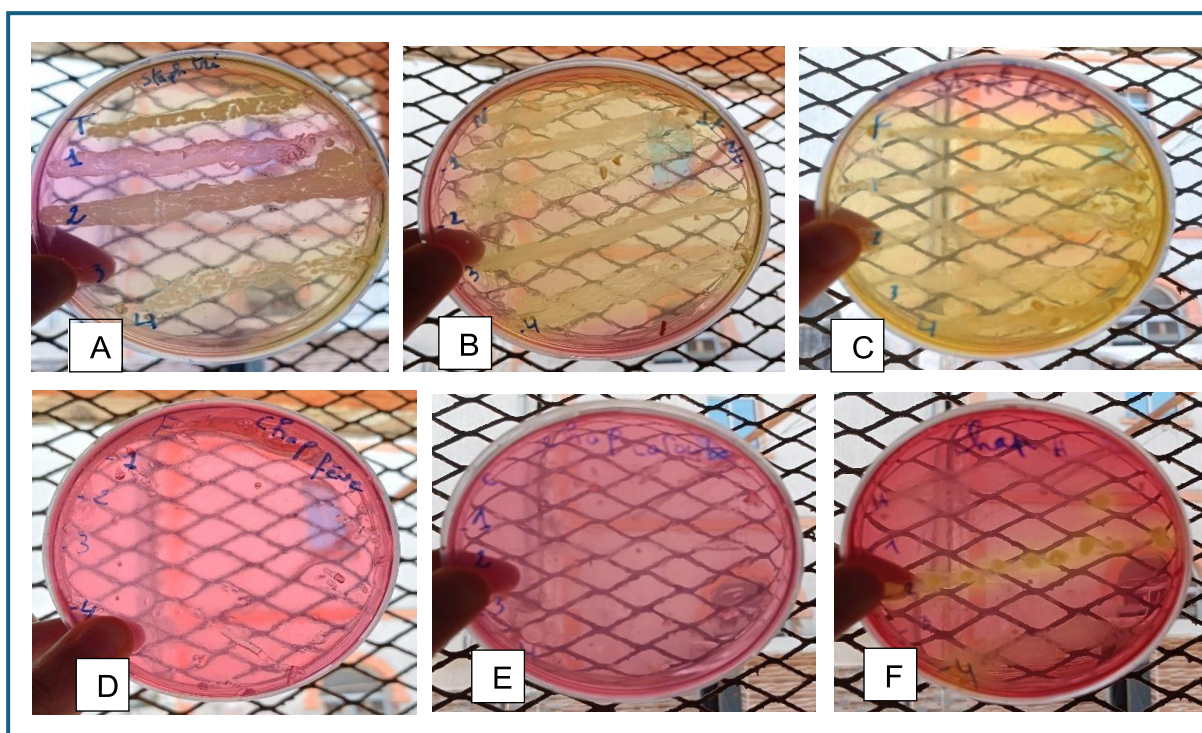


Figure 41 : Détermination des CMB de *Genista tricuspidata* (a), *G. numidica* subsp. *numidica* (b), *G. ferox* (c), *Vicia faba* (d), *Ceratonia siliqua* (e), *Trigonella foenum-graecum* (f) vis-à-vis du germe sensible *Staphylococcus aureus*

RESULTATS ET DISCUSSION

D'après les résultats obtenus, une croissance de la souche bactérienne a été observée, ce qui indique que les extraits de *Genista tricuspidata*, *G. numidica* subsp. *numidica*, *G. ferox*, *Trigonella foenum-graecum* déterminent une action bactériostatique vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*.

En revanche, *Vicia faba* et *Ceratonia siliqua* montrent une action bactéricide envers *Staphylococcus aureus*, révélée par l'absence de toute croissance de la souche bactérienne

D'après la **figure 42**, ci-dessous, la souche bactérienne *Pseudomonas aeruginosa* se développe dans le milieu de culture, ce qui indique que l'extrait aqueux obtenu par décoction de *Vicia faba* a une action bactériostatique vis-à-vis de cette souche.

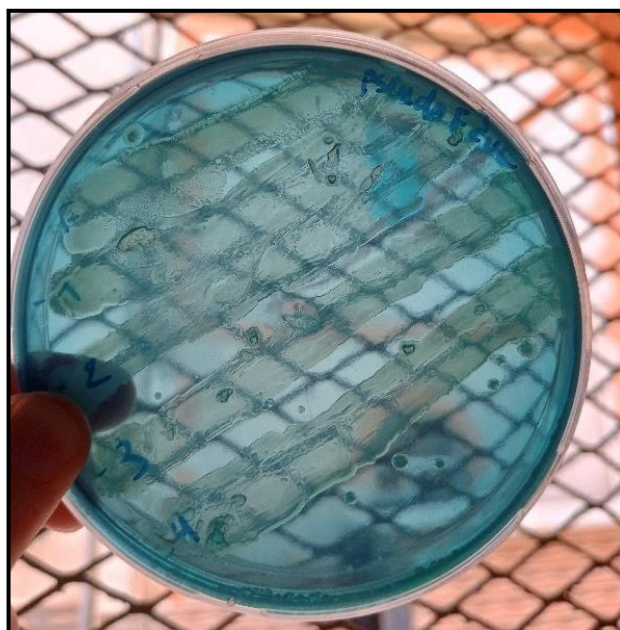


Figure 42 : Détermination de la CMB de *Vicia faba*, vis-à-vis du germe sensible *Pseudomonas aeruginosa*

2. Discussion

Cette étude a permis de mettre en évidence l'activité antibactérienne et l'efficacité variable de l'extrait aqueux (obtenu par décoction) de six plantes de la famille des Légumineuses, dont trois endémiques et trois à intérêt alimentaire et médicinal.

La décoction des trois espèces du genre *Genista* a donné une activité inhibitrice contre la souche bactérienne *Staphylococcus aureus* avec un diamètre variant entre 7 et 15 mm. Cependant, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa* ont montré une résistance significative envers les trois espèces du genre en question.

Ces résultats se rapprochent de ceux de **Ati (2018)** qui a démontré que les extraits aqueux de *Genista numidica* subsp. *numidica* et *G. tricuspidata* présentent une activité antibactérienne significative contre toutes les souches bactériennes testées (*Escherichia coli*, *Staphylococcus ATTC*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Proteus sp.*, *Pseudomonas sp.* et *Acinetobacter sp.*). Cependant, pour *G. ferox*, nos résultats sont différents de ceux de **Ati (2018)** qui a trouvé que l'extrait aqueux de cette espèce (obtenu toujours par décoction) est inefficace sur toutes les souches bactériennes testées : *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* positive, *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* négative, *Klebsiella oscytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella sp.* et *Escherichia coli* sauf *Salmonella shegilla* sur laquelle l'extrait aqueux a eu un effet très modéré avec un diamètre d'inhibition égale à 9mm.

Cette différence, entre nos résultats et ceux de **Ati (2018)** par rapport à l'activité de *G. ferox*, pourrait être dû à la présence d'une différence dans la composition chimique de la plante, elle-même dû à la différence de la localisation géographique des stations de cueillette et la différence des facteurs environnementaux auxquels les stations et la plante sont soumises. Notons ici, que **Ati (2018)** a cueilli ces plantes endémiques du genre *Genista*, dans la région du Cap de garde située dans la wilaya de Annaba. Certaines études ont montré que les facteurs environnementaux ont une grande influence sur la composition phytochimique des plantes, notamment le sol (teneur en humus et pH), la température de l'air et les précipitations et que cette composition change avec le changement de ces facteurs (voir **Fejér et al., 2018**).

L'activité antibactérienne de *Genista numidica* subsp. *numidica* est la plus efficace par rapport aux deux autres espèces du genre avec un diamètre variant entre 11 et 15 mm. Cette espèce pourrait donc être utilisée dans la pharmacopée traditionnelle puisqu'elle est très commune dans nos milieux naturels à partir du côté jusqu'aux zones plus internes en

comparaison avec les deux autres espèces du genre qui sont beaucoup moins communes et leur obtention serait donc moins facile.

D'un autre côté, la décoction de *Trigonella foenum-graecum*, *Ceratonia siliqua* et *Vicia faba* adonné une activité inhibitrice contre la souche de *S. aureus* avec un diamètre variant entre 7 et 14 mm. Contrairement à *E. coli* qui présente une résistance aux extraits aqueux de manière générale. En revanche, *P. aeruginosa* se montre également résistante à la majorité des extraits sauf à celui de *Vicia faba*.

Les résultats obtenus pour *T. foenum-graecum* donnent appuis à ceux obtenus par **Ben Aïssi (2018)** ayant rapporté que l'extrait aqueux de cette espèce exerce un effet antibactérien très fort sur *S. aureus* avec une zone d'inhibition compris entre 25 à 29.5 mm, mais aucun effet sur *E. coli*. Selon l'étude de **Ben seghir et al. (2020)**, *P. aeruginosa* est la bactérie la plus résistante qui a été légèrement inhibée par les extraits méthanolique et aqueux de l'espèce en question.

Cependant, nos résultats pour *C. siliqua* sont différents de ceux de **Benaïssa & Boukhari (2018)** qui ont signalés que L'infusé de *C. siliqua* ne possède aucune activité antibactérienne vis-à-vis des 3 souches bactérienne de référence : *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 29213, *L. monocytogenes* ATCC 13932.

Les études de **Peyvast & Khorsandi (2007)** sur l'activité antimicrobiennes des extraits éthanolique, méthanolique, et aqueux obtenus à partir de diverses parties de *V. faba*, y compris les graines, les gousses, les feuilles et les fleurs, ont donné des résultats très prometteurs en ce qui concerne leur effet sur *E. coli* et *S. aureus*. Ces résultats se rapprochent de ceux que nous avons obtenus pour *S. aureus* sur laquelle la plante a eu une activité significative, mais différent de ceux obtenus pour *E. coli*. Cependant, *V. faba* est l'unique espèce parmi toutes les Légumineuses testées, qui a eu une activité positive sur *P. aeruginosa*. L'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de cette espèce a été effectivement confirmée par quelques études dont certaines ont recommandé de l'utiliser comme traitement antibactérien après la réalisation des tests de toxicité (voir **Peyvast & Khorsandi, 2007**).

Selon **Zhang & Lewis (1997)**, l'isolement des deux nouveaux peptides antimicrobiens nommés Fabatine de la famille g-thionine à partir de l'extrait acide de la féverole ont montré une activité antimicrobienne contre les bactéries Gram positives et Gram négatives, c'est-à-dire *P. aeruginosa*, et *E. coli*.

RESULTATS ET DISCUSSION

Parmi ces trois espèces à intérêt alimentaire et médicinal, l'extrait aqueux de *C. siliqua* a donné l'effet le plus efficace en comparaison avec les deux autres espèces.

A partir des résultats obtenus, nous recommandons donc l'utilisation de la décoction de ces espèces pour le traitement de certaines infections d'origine bactérienne, notamment celles causées par *S. aureus*. Ces espèces sont déjà consommées dans la vie quotidienne des Algériens, qui profitent de leurs bienfaits pour préserver la santé.

De façon générale, d'après le tableau 3, on constate que, indépendamment de la nature de l'extrait et de sa concentration, la souche de *S. aureus* (ATCC 25923) à Gram positif est plus sensible que les autres souches bactériennes testées. Les souches à Gram négatif, *E. coli* (ATCC25922) et *P. aeruginosa* (ATCC 27853), sont les plus résistantes ; cela est lié à la nature de leurs membranes externes qui forment une barrière imperméable à la plupart des agents biocides (Faucher, 2002 ; Elhidar, 2019).

En comparant notre résultat obtenu avec l'antibiogramme des souches utilisés on dit que : la limite acceptable de diamètre d'inhibition du *S. aureus* par la pénicilline G est compris entre 12-18 mm, et leur diamètre cible est 15 mm, notre extrait pure du *G. tricuspidata* donne un diamètre d'inhibition de 12 mm alors que leur dilution de 10^{-2} était 15 mm, en résultant que ce dernier a un effet égal à la pénicilline G, les mêmes résultats obtenus avec l'extrait pure de même que *G. tricuspidata*, *G. numidica* subsp. *numidica* et *G. ferox* donnent un effet d'inhibition contre *S. aureus* pareil que l'antibiotique Ampicilline avec un diamètre acceptable de 18-24mm.

Conclusion et
Perspectives

Conclusion

Cette étude s'intéresse à l'évaluation de l'activité de l'extrait aqueux, obtenu par décoction, de six plantes de la famille des Fabaceae dont trois endémiques (*Genista numidica* subsp. *numidica*, *G. ferox* et *G. tricuspidata*), et trois à intérêt alimentaire et médicinal (*Ceratonia siliqua*, *Trigonella foenum-graecum* et *Vicia faba*), sur trois souches bactériennes pathogènes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*).

L'activité antibactérienne par la méthode de diffusion en milieu solide a permis de révéler que :

- Les extraits des six espèces végétales testées ont un effet positif sur la bactérie *S. aureus* ;
- L'extrait de *Vicia faba* est le seul à avoir un effet positif sur *P. aeruginosa* ;
- Aucune espèce n'a donné un effet positif sur *E. coli*.

La méthode de dilution en milieu solide a permis de déterminer les concentrations minimales inhibitrices (CMI) pour *Staphylococcus aureus* (comprise entre 0.09 et 0.0009 mg/ml), et pour *Pseudomonas aeruginosa* (égale à 0.009 mg/ml), alors que *Escherichia coli* a montré une résistance élevée à toutes les concentrations testées.

A partir de ces résultats, nous pouvons conclure que :

- Il est évident d'utiliser la décoction des parties aériennes de ces six plantes et ses dilutions pour traiter les infections causées par *Staphylococcus aureus* ;
- L'extraction de molécules bioactives à partir de ces plantes médicinales peuvent être exploitées dans le domaine industriel pour produire des médicaments à base de ces molécules.

Cependant, il est possible de réaliser dans l'avenir d'autres études relatives à cet axe de recherche, nous recommandons donc de :

- Faire des tests *in vivo*, pour voir l'effet de ces espèces végétales,
- Elargir et diversifier la gamme des microorganismes testés (inclure des champignons et des bactéries pathogènes et phytopathogènes) ;
- Isoler et caractériser les principes actifs de ces espèces, et évaluer d'autres activités biologiques telles que : les propriétés anti-tumorales et anti-inflammatoires ;
- Faire les tests de cytotoxicité des extraits aqueux étudiés, notamment ceux des espèces endémiques.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- Aafi A (1996) Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). *Centre Nationale de la recherche Forestiere, Rabat (Maroc)* : 10.
- Ait Chitt M, Belmir M, Lazrak A (2007) Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA MAPM/DERD* 153 : 1-4
- Aljabre SH, Randhawa M, Akhtar N, Alakloby O, Alqurashi A, Aldossary A (2005) Antidermatophyte activity of ether extract of *Nigella sativa* and its active principle thymoquinone. *Journal Ethnopharmacology* 101(1-3):116–119.
- Ati S (2018) Etude biologique et phytochimique de trois genêts endémiques en Algérie : « *Genista numidica* Spach, *Genista ferox* Poiret & *Genista tricuspidata* Des ». Thèse de doctorat, université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Batlle I (1997) Carob tree: *Ceratonia siliqua* L.-Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Bioversity International, Rome. Italy.
- Ben Romdhane F, Bouguerra CH, Sahnou O, Loussaief CH, Kacem B, Mastouri M, Tabka-Stambouli R, Chakroun M, Bouzouaia (2005) Les bactéries multi résistantes isolées chez les malades hospitalisés dans un service de maladies infectieuses. *Tin Infectiol* 1(4) : p12-15
- Benhiba A (2021) L'impact génétique sur L'antibiogramme. Thèse de master, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.
- Bensekrane B (2015) Evaluation de l'action des plantes médicinales sur la cristallisation des phosphates : intérêt pour la phytothérapie. Thèse de doctorat, université Djillali liabes, Sidi Bel Abbes, Algérie.
- Berreghioua, A (2016) Investigation phytochimique sur des extraits bioactifs de deux Brassicaceae médicinales du sud algérien : *Moricandia arvensis* et *Zilla macroptera*. Thèse de doctorat. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie
- Bonnet R, Caron F, Cavallo J, Chardon H, Chidiac C, Courvalin P, Drugeon H, Dubreuil L, Jarlier V, Jehl F (2013) Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie. *Recommandations* 19: 133–142.
- Bouayyadi L, El Hafian M, Zidane L (2015) Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale dans la région du Gharb, Maroc. *Journal of Applied Bioscience* 93 : 760-8769

- Boumaza O, Mekkiou R, Seghiri R, Benayache S, Garcia V.P, Bermejo J (2011). Secondary metabolites from chloroform extract of *Genistatricuspidata*. *Chemistry of Natural Compounds* 47(2): 277-289.
- Bouzina A, Bechlem K, Berredjem H, Belhani B, Becheker I, Lebreton J, Le Borgne M,
- Bouaziz Z, Marminon C, Berredjem M (2018) Synthesis, Spectroscopic Characterization, and In Vitro Antibacterial Evaluation of Novel Functionalized Sulfamidocarbonyloxyphosphonates. *National library of medicine*23(7) :1682
- Brantner A, Males Z, Pepeljnjak S, Antolic A (1996) Antimicrobial activity of *Paliurus spinachristi* Mill (Christ's thorn). *Journal of Ethnopharmacology* 52(2): 119-12.
- Bruneton J (1999). *Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*, 4eme édition. Edition médicales internationales, Paris, France.
- Chaouche TM, Haddouchi F, Atik-Bekara, Ksouri R., Azzi R., Boucherit Z, Tefiani Ch, Larbat R (2015) Antioxidant, haemolytic activities and HPLCDAD-ESI-MSn characterization of phenolic compounds from root bark of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*. *Industrial. crops and products* 64: 182-187.
- Chaux C, Foury C (1994) *Légumineuses potagères, légumes fruits*. Lavoisier. Maoui R, Say B, El Hadj B,
- Cherief A, Bouhalili M (2018) Effet de stress salin sur les paramètres morpho-physiologique, et biochimiques chez la fève *Vicia faba* L. Mémoire de fin d'étude, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Mostaganem, Algérie
- Chung K, Wei C (2001). Are tannins a double-edged sword in biology and health? *Trends in Food Science and Technology* 9(4) : 168-175.
- Cowan M (1999) Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564 - 582.
- Daudon M, Reveillard R.J (1985) calculs urinaires. *Fiche pratique biol* 3 : 21-27.
- De Bruyne T, Pieters L, Deelstra H, Vlietinck A (1999) Condensed vegetable tannins. Biodiversity in structure and biological activities. *Biochemical Systematics and Ecology* 27(4): 445- 459.
- De Faria S, Lewis G, Sprent J, Sutherland J (1989) Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *New phytologist* 111(4): 607-619.
- Djeghim H (2016) Etude phytochimique et biologique d'une plante médicinale Algérienne du Genre *Genista* (Fabaceae). Thèse de master, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie.
- Dupont F, Guignard J (2007) *Abrégé de Botanique*.14ème édition, Editions Masson

Paris, France.

- Erdemoylu N, Ozkan S, Duran A, Yoson F (2009). GC-MS analysis antimicrobial activity of alkaloid extract from *Genistavuralii*. *Pharmaceutical Biology* 47(1): 81-85.
- Fejér J, Gruřová D, Eliařová A, Kron I, De Feo V (2018) Influence of environmental factors on content and composition of essential oil from common juniper ripe berry cones (*Juniperus communis*). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 152 (6): 1227-1235.
- Frikh A, Girard C (1990) La culture de la fève en Tunisie. *Ed. INRAT, ONH, AGROPOL.et ITCF.* Laumonier R (1979) Cultures légumières et maraichères, Tome III. Ed. JB BAILLIERE : 276p. Hullé M (1999) Les pucerons des plantes maraichères: cycles biologiques et activités de vol. Editions Quae.
- Ganfon H, Houvohehou J, Assanhou, A, Bankole H, Gbennou, J (2019) Activité antibactérienne de l'extrait éthanolique et des fractions de *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill Et Perr (Combretaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13(2) : 643-651.
- Gharnit N, Mtili N, Ennabili A, Ennabili A (2001) Social characterization and exploitation of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from Mokrisset and Bab Taza (NW of Morocco). *Sci. Lett* 3 (2): 1-10.
- Ghedira K, Goetz P, Le Jeune R (2010) Fenugrec : *Trigonella fœnum-græcum* L. (Fabaceae ex. Leguminosae). *Phytothérapie* 8 (3) : 180-184.
- Guettaf S (2016) Recherche d'activités biologiques des plantes endémique du sahara algérienne ; *Genista sahara* Coss et Dur. et *ononis angustissima* Lam (fabaceae). Mémoire de magister, école normale supérieure Koba Alger, Algérie.
- Hamza T (1993) Introduction à la biologie moderne. Berti Edition.
- Hillcoat D, Lewis G, Verdcourt B (1980) A new species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew Bulletin* 35: 261-271.
- Ibrahim Z, Khalifa A (2000). Bulletin of pharmaceutical sciences, 46. Assiut university.
- Jean V & Jiri S (1983) Plantes médicinales, 250 illustrations en couleur. Larousse, Paris, p 319.
- Judd W, Campbell C, Kellogg E, Stevens P (2002) Botanique systématique : une perspective phylogénique. Bruxelles : De Boeck Université.
- Kazmi M, Malik A, Hameed S, Akhtar N, Noor Ali S (1997). An anthraquinone derivative from *Cassia italica*. *Phytochemistry* 36(3): 761-763.
- Kerkatou M, Menad A, Sarri D, Leon F, Brouard I, Bouldjedji R, Chalard P, Benayache

- F (2012). Secondary metabolites from *Genista aspalathoides* Lamk ssp. *aspalathoides* M. *Der Pharmacia Lettre* 5(5): 285-289.
- Khadri S (2009) Evaluation of antibacterial activity of garlic (*Allium sativum* L.) Essential oil of the Algerian East against different strains of *Pseudomonas aeruginosa*. Mémoire de master, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
 - Landoulsi A (2016) Etude Chimiotaxonomique Et Activités Biologiques Des Métabolites Secondaires Des Plantes Du Genre *Eryngium*. These en cotutelle L'université De Lille 2 Et L'université De Tunis El Manar, France.
 - Maire R, Quezel P (1987) Flore de l'Afrique du Nord, Dicotyls, 1. Paul le chevalier, Paris, France.
 - Makris D-P, P Kefalas (2004) Carob Pod as source of polyphenolic Antioxidants, Food
 - Manaa I, Mechat I (2009) *Ptychotis verticillata*, enquête ethnobotanique caractérisation chimique et intérêt thérapeutique. Mémoire de diplôme de pharmacien d'état, Université D'Annaba, Algérie.
 - Manou I, Bouillard L, Devleeschouwer M-J, Barel A-O (1998) Evaluation of the preservative properties of *Thymus vulgaris* essential oil in topically applied formulations under a challenge test. *Journal of applied microbiology* 84 (3) : 368-376.
 - Med bouabdallah I, Slimani R (2022) Les plantes endémiques médicinales en Algérie. Mémoire de Master : Université Frères Mentouri, Constantine, Algérie.
 - Mekkiou R, Touahar H, Marie-Geneviève, Dijoux-Franca, Anne-Marie Mariotte, Benayache S, Benayache F (2005). A New Isoflavone from *Genista saharae* (Fabaceae). *Biochemical Systematics and Ecology* 33(6): 635.
 - Méridionales. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.
 - Nitiema L, Savadogo A, Simpore J, Dianou D, Traore A (2012) In vitro Antimicrobial Activity of Some Phenolic Compounds (Coumarin and Quercetin) against Gastroenteritis Bacterial Strains. *International Journal of Microbiological Research* 3(3) : 183-187.
 - Noccioli c, Meini L, Cecilia Loi M, Potenza D, Pistelli L (2011) A new pterin isoflavone derivative from *Genista pichisermoliana*. *phytochem. Lett* 4(3) :342.
 - Organisation mondiale de la Santé (2012) Médecine traditionnelle, des textes anciens aux nouveaux médicaments. <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/8/12-020812/fr/> (accédée à 16/03/2024).
 - Oueslati H-A, Ghédira K (2015) Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trigonella foenum-graecum*. *Phytothérapie* 13 (4) : 234-238.

- Panda V, Khambat P (2014) Antiulcer activity of *Garcinia india* fruit rind (kokum berry) in rats. *Biomedicine & Aging pathology* 4 (4): 309-316
- Parekh J, Chanda S (2007) In vitro antimicrobial activity of *Trapa natans* L. Fruit rind extracted in different solvents. *African Journal of Biotechnology* 6(6): 766-770.
- Pistelli L, Bertoli A, Giachi I, Morrelli, Roubioli P, Bicchi C (2001). Quinolizidine alkaloids from *Genista aegyptioides*. *Biochem.Sys. Biochemical Systematics and Ecology* 9: 137-141.
- Quezel P, Santa S (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.
- Rauter A, Martins A, Lopes R, Ferreira J, Serralheiro L, Araújo ME, Borges C, Justino J, Silva F, Goulart M, Thomas-Oates J, Rodrigues J, Edwards E, Noronha J, Pinto R, Mota-Filipe H (2009). Bioactivity studies and chemical profile of the antidiabetic plant *Genista tenera*. *Journal of Ethnopharmacology* 122 (2) :384–393.
- Rejeb MN, Laffray D, Louguet P (1991) Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L) en Tunisie. In : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe d'Etude de l'Arbre. Paris. 417- 426.
- Rice E.C.A, Miller N.J, Bolwell P.G, Bramley P.M, Pridham J.B (1995). The relative antioxidant activities of plant derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* 22: 375-383. [46] Bouden O, Guerraiche Y (2020) Etude des activités biologiques d'une plante medicinale. Mémoire de master, université Abd Elhafid Boussouf Mila, Algerie
- Rigano D, Cardile V, Formisano C, Maldinic M, Piacente S, Bevilacqua J, Russo A, Senatore F (2009) *Genista sessilifolia* and *Genista tinctoria* L, inhibit UV light and nitric oxide-induced DNA damage and human melanoma cell growth. *ChemicoBiological Interactions* 18 : 211-219.
- Saussine C, Candau C (1999) Les fragments résiduels après lithotritie extra-corporelle (LEC). *Progrès en Urologie* 9 : 43–5
- Scalbert A (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry* 30(12) : 3875-3883
- Sebaihi S, Atmani D, Debbache N, Nana F, Evain E, Kirsch G, Tabart Kevers C, Atmani D (2018) Phytochemical composition, antioxidant, and anti-proliferative properties. *European Journal of Integrative Medicine*
- Sheikhlar A (2013) *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugreek) as a medicinal herb in animals' growth and health. *Science International* 1 (6) : 194–198.
- Szymura T, Kassa H, Swacha G, Szymura M, Zajac A, Kacki Z (2023) Spatial patterns of

vascular plant species richness in poland a data set. *Scientific data* 10(1):542.

- Technol. Biotechnol. 42(2): 105-108.
- Toubal O, Djahoudi A, Bouzabata A (2011) Preliminary studies and antimicrobial evaluation of the aerial parts of *Genista numidica* ssp. *Numidica*. *Journal of Life Sciences* 5(11): 954–959.
- Wojciechowski M, Lavin M, Sanderson M (2004) A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported subclades within the family. *American journal of botany* 91(11): 1846-1862.
- Zeghad N (2009) Etude du contenu polyphénolique de 2 plantes médicinales d'intérêt économique *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis* et évaluation de leur activité antibactérienne. Thèse de magister, Université Mentouri Constantine, Algérie.

Annexe

L'antibiogramme d'*Escherichia coli* ATCC 25922

NCTC 12241, CIP 76.24, DSM 1103, CCUG 17620, CECT 434. Souche sauvage.

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Acide nalidixique	2	1-4	30	25	22-28
Amikacine	1-2	0,5-4	30	22-23	19-26
Amoxicilline	4	2-8	20	21	18-24 ¹
Amoxicilline-acide clavulanique ^{2,3}	4	2-8	20-10	21	18-24 ¹
Ampicilline	4	2-8	10	18-19	15-22 ¹
Ampicilline-sulbactam ^{2,4}	2	1-4	10-10	21-22	19-24 ¹
Azithromycine	-	-	15	17	14-20 ⁵
Aztréonam	0,125	0,06-0,25	30	32	28-36
Céfadroxil	-	-	30	17	14-20
Céfalexine	8	4-16	30	18	15-21
Céfazoline	2	1-4	30	24	21-27
Céfépime	0,03-0,06	0,016-0,125	30	34	31-37
Céfidérol ⁶	0,125-0,25	0,06-0,5	30	27	24-30
Céfixime	0,5	0,25-1	5	23	20-26
Céfotaxime	0,06	0,03-0,125	5	28	25-31
Céfoxitine	4	2-8	30	26	23-29
Cefpodoxime	0,5	0,25-1	10	25-26	23-28
Ceftaroline	0,06	0,03-0,125	5	27	24-30
Ceftazidime	0,125-0,25	0,06-0,5	10	26	23-29
Ceftazidime-avibactam ^{2,7}	0,125-0,25	0,06-0,5	10-4	27	24-30
Ceftibutène	0,25	0,125-0,5	30	31	27-35
Ceftobiprole	0,06	0,03-0,125	5	28	25-31
Ceftolozane-tazobactam ^{2,8}	0,25	0,125-0,5	30-10	28	24-32
Ceftriaxone	0,06	0,03-0,125	30	32	29-35
Céfuroxime	4	2-8	30	23	20-26
Chloramphénicol	4	2-8	30	24	21-27
Ciprofloxacine	0,008	0,004-0,016	5	33	29-37
Colistine ⁹	0,5-1	0,25-2	-	-	-
Délafloxacine	0,016	0,008-0,03	EP	EP	EP
Doripénème	0,03	0,016-0,06	10	31	27-35
Eravacycline	0,06	0,03-0,125	20	21	18-24
Ertapénème	0,008	0,004-0,016	10	32-33	29-36
Fosfomycine ¹⁰	1	0,5-2	200 ¹¹	30	26-34 ¹²

L'antibiogramme de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 :

NCTC 12903, CIP 76.110, DSM 1117, CCUG 17619, CECT 108. Souche sauvage.

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Amikacine	2	1-4	30	23	20-26
Aztréonam	4	2-8	30	26	23-29
Céfépime	1-2	0,5-4	30	28	25-31
Céfiderocol ¹	0,125-0,25	0,06-0,5	30	26	23-29
Ceftazidime	2	1-4	10	24	21-27
Ceftazidime-avibactam ^{2,3}	1-2	0,5-4	10-4	24	21-27
Ceftolozane-tazobactam ^{2,4}	0,5	0,25-1	30-10	28	25-31
Ciprofloxacine	0,25-0,5	0,125-1	5	29	25-33
Colistine ⁵	1-2	0,5-4	-	-	-
Doripénème	0,25	0,125-0,5	10	31-32	28-35
Fosfomycine ⁶	4	2-8	-	-	-
Gentamicine	1	0,5-2	10	20	17-23
Imipénème	2	1-4	10	24	20-28
Imipénème-relebactam ^{2,7}	0,5	0,25-1	10-25	28-29	26-31
Lévofloxacine	1-2	0,5-4	5	22-23	19-26
Méropénème	0,25-0,5	0,125-1	10	30	27-33
Méropénème-vaborbactam ^{2,8}	0,25-0,5	0,125-1	20-10	32	29-35
Nétilmicine	2	0,5-8	10	18	15-21
Pipéracilline	2-4	1-8	-	-	-
Pipéracilline-tazobactam ^{2,4}	2-4	1-8	30-6	26	23-29
Ticarcilline	16	8-32	-	-	-
Ticarcilline-acide clavulanique ^{2,9}	16	8-32	75-10	24	20-28
Tobramycine	0,5	0,25-1	10	23	20-26

L'antibiogramme de *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 :

NCTC 12973, CIP 103429, DSM 2569, CCUG 15915, CECT 794. Souche faiblement productrice de β -lactamase.

Antibiotiques	CMI (mg/L)		Charge du disque	Diamètres d'inhibition (mm)	
	Cible	Limites acceptables		Cible	Limites acceptables
Acide fusidique	0,125	0,06-0,25	10	29	26-32
Amikacine	2	1-4	30	21	18-24
Ampicilline	-	-	2	18	15-21
Amoxicilline-acide clavulanique	Note ^{1,2}	Note ^{1,2}	2-1	22	19-25
Azithromycine	1	0,5-2	-	-	-
Céfoxitine	2	1-4	30	27	24-30
Ceftaroline	0,25	0,125-0,5	5	27	24-30
Ceftobiprole	0,25-0,5	0,125-1	5	25	22-28
Chloramphénicol	4-8	2-16	30	24	20-28
Ciprofloxacine	0,25	0,125-0,5	5	24	21-27
Clarithromycine	0,25	0,125-0,5	-	-	-
Clindamycine	0,125	0,06-0,25	2	26	23-29
Dalbavancine ³	0,06	0,03-0,125	-	-	-
Daptomycine ⁴	0,25-0,5	0,125-1	-	-	-
Délafloxacine	0,002-0,004	0,001-0,008	EP	EP	EP
Doxycycline	0,25	0,125-0,5	-	-	-
Eravacycline	0,03-0,06	0,016-0,125	20	23	20-26
Erythromycine	0,5	0,25-1	15	26	23-29
Fosfomycine ⁵	1-2	0,5-4	-	-	-
Gentamicine	0,25-0,5	0,125-1	10	22	19-25
Léfamuline	0,125	0,06-0,25	5	26	23-29
Lévofloxacine	0,125-0,25	0,06-0,5	5	26	23-29
Linézolide	2	1-4	10	24	21-27
Minocycline	0,125-0,25	0,06-0,5	30	26	23-29
Moxifloxacine	0,03-0,06	0,016-0,125	5	28	25-31
Mupirocine	0,125	0,06-0,25	200	34	31-37
Néomycine	-	-	10	19	16-22
Nétilmicine	≤ 0,25	-	10	23	20-26
Nitrofurantoïne	16	8-32	100	20	17-23
Norfloxacine	1	0,5-2	10	21	18-24
Ofloxacine	0,25-0,5	0,125-1	5	24	21-27
Oritavancine ³	0,03-0,06	0,016-0,125	-	-	-
Oxacilline	Note ⁶	Note ⁶	1	22	19-25
Pénicilline G	0,5-1	0,25-2	1 unité	15	12-18
Quinupristine-dalfopristine	0,5	0,25-1	15	24	21-27
Rifampicine	0,008	0,004-0,016	5	33	30-36
Tédizolide	0,25-0,5	0,125-1	2	22	19-25
Téicoplanine	0,5	0,25-1	-	-	-
Télavancine ³	0,06	0,03-0,125	-	-	-
Télithromycine	0,125	0,06-0,25	15	EP	EP
Tétracycline	0,25-0,5	0,125-1	30	27	23-31
Tigécycline ⁷	0,06-0,125	0,03-0,25	15	22	19-25
Tobramycine	0,25-0,5	0,125-1	10	23	20-26
Triméthoprime	2	1-4	5	25	22-28
Triméthoprime-sulfaméthoxazole ⁸	≤ 0,5	-	1,25-23,75	29	26-32
Vancomycine	1	0,5-2	-	-	-