

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département de Biochimie -Microbiologie



Mémoire de fin du cycle

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

Thème

Valorisation de l'activité antibactérienne de cinq plantes locales

Réalisé par :

M^r Ahmed AISSAQUI

Devant les membres de jury composé de :

Promoteur :	D ^r I. Moualek	MCA	UMMTO
Co-promotrice :	M ^{me} N. BERROUANE	MAB	UMMTO
Président :	D ^r M S. Metahri	MCA	UMMTO
Examinatrice :	M ^{me} S. Yakoubi	MAB	UMMTO

Année Universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

J'exprime mes profonds remerciements à mon promoteur D^r MOUALEK Idir, Maitre de conférence classe A au Département des Sciences Biologiques de la Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques à l'UMMTO, pour avoir accepté à superviser mon travail du fin de cycle, ensuite pour son aide qu'il m'a apporté, pour sa patience, sa confiance, son encouragement et son œil critique, qui a été très précieux pour structurer le travail, améliorer la qualité de mon mémoire et d'enrichir mes connaissances, je le remercie vivement.

Mes reconnaissances vont également à M^{me} BERROUANE Naoual, Maitre Assistante classe B, au département biochimie-microbiologie de la faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques à l'UMMTO, pour avoir voulu co-encadrer ce travail, pour sa gentillesse, ses conseils, sa disponibilité, qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements et de mes profondes gratitude.

Mes vifs remerciements vont à D^r METAHRI Mohammed Said, Maitre de conférences classe A des Département des Sciences Biologiques de la faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques à l'UMMTO, pour l'honneur de présider ce jury.

Mes reconnaissances vont également à M^{me} YAKOUBI Saida, Maitre Assistante classe B au Département de chimie de la faculté des Sciences à l'UMMTO, de faire partie du jury.

J'exprime ma gratitude à tout le personnel du Laboratoire de traitement des eaux département des Sciences Agronomiques, à leur tête M^{me} ISSAD Fetta, M^{elle} BELMIHOUB Naima et M^{me} AISSAOUI Dyhia de m'avoir accueillie, aide et mis à ma disposition tout le matériel nécessaire afin de réaliser le plus clair de mon travail.

Mes remerciements particuliers vont à tous mes enseignants, qui se sont donnés à fond et sans calcul tout au long de mon cursus.

Dédicace

C'est avec un très grand honneur que je dédiais ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde.

À mes parents qui m'ont permis de continuer mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont appris de ne jamais baisser les bras.

À mes très chères sœurs, frères et neveux qui ont été toujours là, qui m'ont apporté tout leur soutien.

À mes chers amis qui ont ajouté du plaisir et du bonheur à ma vie.

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Ahmed...



Liste des abréviations

AMP : Ampicilline

AND : Acide désoxyribonucléique

ARN : Acide ribonucléique

ATCC : American type culture collection

BHIB : bouillon de couer-cervelle

C.Salviluis : cistussalvifoluis

DO : densité optique

E.Coli : Escherichia coli

F .C : folin ciocalteu

M.Communis : myrtus communis

M.H : mueller hinton

M.Officinalis : Melissa officinalis

mg EAG/gES : mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec

MR : rouge de méthyle

MS : Matière sèche pour l'extraction

Na₂CO₃ : carbonate de sodium

OFX : oflaxacin

p. odora : pulicaria odora

PLP : protéine de liaison des pénicillines

RPM : Rotation par minute

S.aureus : Staphylococcus aureus

S.Officinalis: salvia officinalis

TIAC : Toxi-infection alimentaires collectives

VP : voges-proskauer

Liste des figures

Figure 01	Structure acide hydroxy-benzoïque.	Page 04
Figure 02	Structure acide hydrocinnamique.	Page 05
Figure 03	Structure de base des principaux flavonoïdes.	Page 06
Figure 04	Structure des stilbènes Trans-resvératrol.	Page 08
Figure 05	Structure des coumarines benzo-2-pyrone.	Page 08
Figure 06	Structure d'un tanin hydrolysable.	Page 09
Figure 07	Structure d'un tanin condensés (procyanidine).	Page 10
Figure 08	Structure de Matarésinol.	Page 11
Figure 09	Plante et feuille <i>Melissa officinalis L.</i>	Page 12
Figure 10	Plante et feuille de <i>Salvia officinalis L.</i>	Page 14
Figure 11	Plante et feuille de <i>Pulicaria odora L.</i>	Page 16
Figure 12	Plante et feuille de <i>Cistus salviifolius L.</i>	Page 17
Figure 13	Plante et feuille de <i>Myrtus communis L.</i>	Page 20
Figure 14	Structure générale d'une cellule bactérienne.	Page 22
Figure 15	Image d'une colonie bactérienne <i>Escherichia coli.</i>	Page 24
Figure 16	Image d'une colonie bactérienne <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 26
Figure 17	Modes d'action des antibiotiques sur la cellule bactérienne.	Page 30
Figure 18	Zone d'échantillonnage AIT HESSANE, Tizi-Ouzou.	Page 33
Figure 19	Préparation de poudre à partir du matériel végétal.	Page 33
Figure 20	Extraction des polyphénols totaux.	Page 34
Figure 21	Schéma représentatif d'un protocole du dosage des polyphénols totaux.	Page 35
Figure 22	Isolement des souches bactériennes.	Page 36
Figure 23	Spectrophotomètre utilisé pour l'absorption des souches bactériennes.	Page 36

Liste des figures

Figure 24	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	Page 38
Figure 25	Différentes colorations des extraits.	Page 39
Figure 26	Histogramme comparatif de l'extraits <i>Salvia officinalis L.</i>	Page 40
Figure 27	Histogramme comparatif de l'extraits <i>Cistus Salviifolius L.</i>	Page 41
Figure 28	Histogramme comparatif de l'extraits <i>Myrtus communis L.</i>	Page 42
Figure 29	Histogramme comparatif de l'extraits <i>Melissa officinalis L.</i>	Page 43
Figure 30	Histogramme comparatif de l'extraits <i>Pulicaria odora L.</i>	Page 44
Figure 31	Effets de l'extrait <i>Salvia officinalis L.</i> sur <i>Escherichia coli.</i>	Page 47
Figure 32	Effets de l'extrait <i>Salvia officinalis L.</i> sur <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 47
Figure 33	Effets de l'extrait <i>Cistus salvifolius L.</i> sur <i>Escherichia coli.</i>	Page 49
Figure 34	Effets de l'extrait <i>Cistus salvifolius L.</i> sur <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 49
Figure 35	Effets de l'extrait <i>Myrtus communis L.</i> sur <i>Escherichia coli.</i>	Page 51
Figure 36	Effets de l'extrait <i>Myrtus communis L.</i> sur <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 51
Figure 37	Effets de l'extrait <i>Melissa officinalis L.</i> sur <i>Escherichia coli.</i>	Page 53
Figure 38	Effets de l'extrait <i>Melissa officinalis L.</i> sur <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 53
Figure 39	Effets de l'extrait <i>Pulicaria odora L.</i> sur <i>Escherichia coli.</i>	Page 55
Figure 40	Effets de l'extrait <i>Pulicaria odora L.</i> sur <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 55
Figure 41	Représentation graphique des Zones d'inhibition des différents extraits.	Page 56

Liste des tableaux

Tableau 01	Dérivés de l'acide benzoïque.	Page 05
Tableau 02	Dérivés de l'acide benzoïque.	Page 06
Tableau 03	Classification botanique <i>Melissa officinalis L.</i>	Page 13
Tableau 04	Classification botanique de <i>Salvia officinalis L.</i>	Page 14
Tableau 05	Classification botanique de <i>Pulicaria odora L.</i>	Page 16
Tableau 06	Classification botanique de <i>Cistus Salviifolius L.</i>	Page 18
Tableau 07	Métabolites secondaires de <i>Cistus salviifolius L.</i>	Page 18
Tableau 08	Classification botanique de <i>Myrtus communis L.</i>	Page 20
Tableau 09	Classification de l' <i>Escherichia coli.</i>	Page 24
Tableau 10	Classification de <i>Staphylococcus aureus.</i>	Page 26
Tableau 11	Classification biochimique des antibiotiques.	Page 29
Tableau 12	Résultats du dosage des polyphénols.	Page 39
Tableau 13	Résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de <i>Salvia officinalis L.</i>	Page 46
Tableau 14	Résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de <i>Cistus salvifolius L.</i>	Page 48
Tableau 15	Résultats des activités antibactérienne de l'extraits aqueux de <i>Myrtus communis L.</i>	Page 50
Tableau 16	Résultats de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de <i>Melissa officinalis L.</i>	Page 52
Tableau 17	Résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de <i>Pulicaria odora L.</i>	Page 54

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Aperçu sur les plantes médicinales et les métabolite secondaire

1. Présentation des plantes médicinales	3
2. Utilisation des plantes médicinales	3
3. Préparation et conservation des plantes	3
4. Composés phénoliques.....	4
4.1. Acides phénoliques	4
4.2. Acides hydroxy-benzoïque	4
4.3. Acides hydroxy-cinnamiques.....	5
4.4. Flavonoides	6
4.4.1. Flavonols.....	7
4.4.2. Flavones	7
4.4.3. Flavanones	7
4.4.4. Isoflavones	7
4.4.5. Flavan-3-ols	7
4.4.6. Anthocyanes.....	7
5. Stilbénes.....	8
6. Coumarines	8
7. Tannins.....	9
7.1. Tannins hydrolysables	9
7.2. Tannins condensés	9
8. Lignanes et lignines	10
9. Procédés d'extraction.....	11
9.1. Infusion	11
9.2. Décoction.....	11
9.3. Macération aqueuse	11

Chapitre II : Aperçu sur les plantes

1. <i>Melissa officinalis</i> L.	12
1.1. Description de la plante et classification	12
1.2. Composition chimique	13
2. <i>Silvia officinale</i> L.	13



Sommaire

2.1. Description botanique et classification	14
2.2. Composition chimique	15
3. <i>Pulicaria odora L.</i>	15
3.1. Description botanique et classification	16
3.2. Composition chimique	17
4. <i>Cistus salviifolius L.</i>	17
4.1. Description botanique et classification	18
4.2. Composition chimique	18
5. <i>Myrtus communis L.</i>	19
5.1. Description botanique et classification	20
5.2. Composition chimique	20
5.3.1. Composés volatils	20
5.3.2. Composés phénoliques.....	21
Chapitres III : Aperçu sur les bactéries et les antibiotiques	
1. Généralité sur les bactéries	22
1.1. Caractères généraux des bactéries	22
1.2. Morphologie de la cellule bactérienne.....	22
1.3 Bactéries non pathogènes.....	23
1.4. Bactéries pathogènes	23
1.5. <i>Escherichia coli</i>	24
1.5.1 Présentation et classification	24
1.5.2. Habitat.....	25
1.5.4 Caractères biochimique	25
1.5.5. Caractères morphologiques.....	25
1.5.6. Sensibilité et résistances d' <i>Escherichia coli</i>	25
1.6. <i>Staphylococcus aureus</i>	26
1.6.1. Présentation et classification	26
1.6.2. Habitat.....	27
1.6.4. Caractères biochimiques	27
1.6.5. Caractères morphologiques.....	27
1.6.6 Sensibilité et résistantes de <i>Staphylococcus aureus</i>	28
2. Généralité sur les antibiotiques	28

Sommaire

2.1. Définition	28
2.2. Classification des antibiotiques.....	28
2.3. Mode d'action des antibiotiques	29
2.3.1. Action sur la paroi bactérienne	29
2.3.2 Action sur la membrane cellulaire	30
2.3.3. Action sur l'ADN.....	30
2.3.4. Action sur les ribosomes bactériens.....	30
2.3.5. Transcription.....	30
2.3.6. Anti métabolite.....	30
3. Résistance aux antibiotiques	31
3.1. Cause de la résistance	31
3.2. Origine de la résistance.....	31
3.2.1. Résistance naturelle	31
3.2.2. Résistance acquise	31
3.3. Principaux mécanismes de résistance	32
3.3.1. Perméabilité limité à l'antibiotique.....	32
3.3.2. Production d'enzymes inactivant l'antibiotique	32
3.3.3. Résistance par transfert de gènes	32
3.3.4. Résistance par mutation chromosomique	32
3.3.5. Modification de la cible où absence de récepteur	32
Chapitre IV : Matériel et méthodes	
1. Matériel végétal	33
2. Matériels	34
2.1. Souches bactériennes	34
2.2. Milieux de culture	34
2.3. Préparation de l'extrait.....	34
3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux	35
4. Activité antibactérienne	36
Chapitre V : Résultats et discussions	
1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux	38
1.1. Dosage de <i>Salvia officinalis</i>	40
1.2. Dosage de <i>Cistus salviifolius L.</i>	41



Sommaire

1.3. Dosage de <i>Myrtus communis</i> L.	42
1.4. Dosage de <i>Melissa officinalis</i>	43
1.5. Dosage de <i>Pulicaria odora</i>	44
2. Activité antibactérienne	45
2.1. <i>Salvia officinalis</i>	46
2.1.1 Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de <i>Salvia officinalis</i>	46
2.1.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de <i>Salvia officinalis</i>	48
2.2. <i>Cistus salvifolius</i> L.	48
2.2.1. Activité bactérienne de l'extrait aqueux de <i>Cistus salvifolius</i>	48
2.2.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de <i>Cistus salvifolius</i>	50
2.3. <i>Myrtus communis</i> L.	50
2.3.1. Activité bactérienne de l'extrait aqueux de <i>Myrtus communis</i>	50
2.3.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de <i>Myrtus communis</i>	52
2.4. <i>Melissa officinalis</i>	52
2.4. Activité bactérienne de l'extrait aqueux de <i>Melissa officinalis</i>	52
2.4.1. Association des antibiotiques avec l'extrait de <i>Melissa officinalis</i>	54
2.5. <i>Pulicaria odora</i>	54
2.5.1. Activité bactérienne de l'extrait aqueux de <i>Pulicaria odora</i>	54
2.5.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de <i>Pulicaria odora</i>	56
3. Comparaison entre les différentes activités antibactériennes des extraits étudiés	56
Conclusion	58



Introduction générale

Les antibiotiques ont toujours été utilisés en priorité dans les cas des Toxi-infection alimentaires collectives (TIAC), ils sont utilisés dans la majorité des traitements des maladies bactériennes de l'homme et l'animal. Cependant, les bactéries sont susceptibles d'acquérir des capacités de résistance aux antibiotiques (Samoussa *et al.*, 2018).

L'augmentation de la résistance des bactéries aux antibiotiques est un problème mondial sérieux qui a orienté la recherche pour l'identification de nouvelles biomolécules avec une large activité antibactérienne (Bouyahya *et al.*, 2017). La résistance aux antibiotiques est devenue un problème majeur de santé publique en Algérie. En effet, ces dix dernières années, il a été constaté une importante augmentation de la résistance aux antibiotiques (Tani et Arlet, 2014).

À l'heure actuelle et depuis plusieurs années, un intérêt remarquable s'est dirigé vers l'étude des plantes médicinales dans différentes régions du monde en vue de valoriser la médecine traditionnelle (Muthu *et al.*, 2006).

Le monde des végétaux est plein de ressources d'où l'homme puis non seulement sa nourriture, mais aussi des substances aux vertus curatives qui lui procurent souvent soulagement et bienfait (Baba aïssa, 2018).

La plupart des espèces végétales contiennent des principes actifs qui peuvent aider l'homme à préserver sa santé et agir contre la douleur dont l'être est sensible et il ne peut faire face. Des travaux de recherche sur certaines plantes, ont montrés des effets antibactériens, antifongiques, et même antiviraux assez puissants (Adimi, 2018).

Depuis des milliers d'années, les êtres humains utilisaient diverses plantes trouvées dans leur environnement, dans le but de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels de métabolites secondaires (flavonoïdes, tanin, huiles essentielles, etc.) qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique avec un très large éventail d'activités biologiques. Actuellement, l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime environ 80 % des habitants de la planète ont recours aux médecins traditionnels à base de plante en tant que soins de santé primaire (Zeghad, 2009).

Dans le cadre de la valorisation des ressources de la médecine traditionnelle, l'objectif de notre travail en premier terme est l'étude des effets des cinq plantes locales à savoir *Melissa officinalis*, *Salvia officinale*, *Pulicaria odora*, *Cistus salviifolius* et *Myrtus*



Introduction générale

communis sur les activités antibactériennes voir *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, en deuxième terme est l'étude des effets d'interaction des Ampicillines et Oflaxacin comme antibiotiques avec les extraits de nos cinq plantes sur les activités antibactériennes étudiées.

1. Présentation des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes possédant une activité pharmacologique à usage thérapeutique. Cette activité est due à la présence d'un certain nombre de substances actives dont la plupart agissent sur l'organisme humain. Elles sont utilisées en pharmacie humaine et vétérinaire, en cosmétologie, ainsi que dans la préparation des boissons, soit nature, soit en préparations galéniques, soit encore sous forme de principes actifs pour l'obtention de médicaments (Naghibi *et al.*, 2005 ; Babulka, 2007).

2. Utilisation des plantes médicinales

Pendant longtemps, les plantes ont été utilisées uniquement en nature, sous forme de tisanes ou de poudres. Maintenant beaucoup sont présentées en gélules, mais il existe de nombreuses formes d'utilisation des plantes médicinales. Quelle que soit leur présentation, elles jouissent d'un regain d'intérêt largement suscité et entretenu par la publicité ainsi que par d'innombrables ouvrages de vulgarisation (Chabrier, 2010).

Les plantes sont utilisées aussi en mélange ; pour ces préparations, des règles de bonnes pratiques officinales ont été instaurées. De nombreux paramètres sont à respecter comme : le nombre de plantes, les associations possibles, la saveur, ou encore le goût qui devra être adapté au client. L'âge du patient et son état devront également être pris en compte (Chabrier, 2010).

3. Préparation et conservation des plantes médicinales

L'efficacité d'une plante dépend nécessairement de sa récolte au moment opportun et en place saine et de sa conservation dans un lieu sec, à l'abri de la poussière et de la lumière. Les plantes ou leur organisme feuilles, bourgeons, fleurs, fruits doivent être cueillis par temps sec et de préférence après le lever du soleil juste après l'évaporation de la rosée. La cueillette des feuilles se fait le moment propice, autrement dit, dès qu'elles auront atteint leur plein épanouissement. Pour un bon nombre d'entre elles, cela se situe entre le milieu de printemps et de début de l'été, et pour certaines, dont on cueille les sommités fleuries, qu'il convient de cueillir en pleine éclosion, lorsqu'elles resplendissent de tout leur éclat (par exemple les camomilles et les soucis de l'aubépine), quant aux fruits, il faudra attendre qu'ils soient bien murs pour les récolter sauf quelques exceptions, dont l'emploi est spécifié. Les racines et les écorces des arbres et des arbrisseaux ne devront être cueillis qu'à la fin du cycle de développement des parties aériennes, habituellement pendant l'automne sauf pour les résineux qui sont cueillie, au printemps (Baba aïssa, 2018).

4. Composés phénoliques

La désignation générale composés phénoliques concerne à la fois les mono phynols, très abondants chez les végétaux et les polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une ou plusieurs fonctions phénoliques (Macheix *et al.*, 2005).

Les classes de composés phénoliques comportent un grand nombre de structures différentes en fonction du nombre et de la position des groupements hydroxyles sur le squelette de base. Ces structures peuvent également être diversement substituées (glycosylées, estérifiées, acylées...).

4.1. Acides phénoliques

On distingue deux principales classes d'acide phénolique : les dérivés de l'acide benzoïque et les dérivés de l'acide cinnamique. La concentration de l'acide hydroxy-benzoïque est généralement très faible chez les végétaux comestibles. Ces dérivés sont assez rares dans l'alimentation humaine par contre ceux des acides hydroxy-cinnamiques sont très présents (Macheix *et al.*, 2005).

4.2. Acides hydroxybenzoïque

Les acides hydroxy-benzoïques présentent une structure en C6-C1, composée d'un noyau benzénique sur lequel vient s'attacher une chaîne aliphatique à un carbone (figure N° 01).

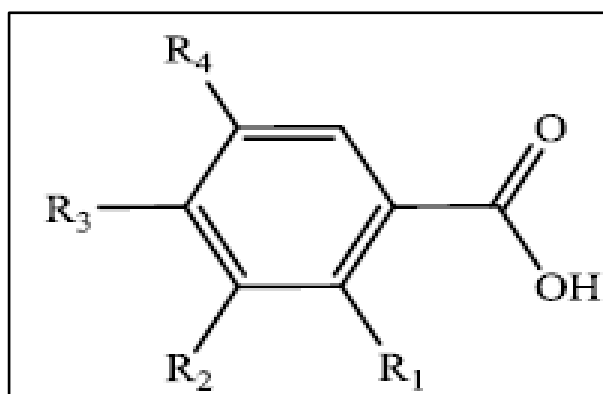


Figure N° 01 : Structure chimique des Acides hydroxy-benzoïque (Macheix *et al.*, 2005).
Ils sont généralement composés de : l'acide vanillique, l'acide syringique, l'acide gentisique et l'acide gallique (tableau N° 01) (Macheix *et al.*, 2005).

Tableau N° 01 : Dérivés de l'acide benzoïque formule générale (Muanda, 2010).

Composés	R1	R2	R3	R4
A.c benzoïque	H	H	H	H
A.c salicylique	OH	H	H	H
A.cp-hydroxy-benzoïque	H	H	OH	H
A.c gallique	H	OH	OH	OH
A.c protocatéchuique	H	OH	OH	H

4.3.Acides hydroxy-cinnamiques

L'acide hydroxy-cinnamique présente une structure en C6-C3 produit par une désamination de la phénylalanine catalysée par la phénylalanine ammonia-lyase. L'acide cinnamique et les acides hydroxycinnamiques sont aussi désignés sous le terme de phénylpropanoïdes. Leur squelette de base est un noyau benzénique avec une chaîne aliphatique à 3 carbones (figure N° 02) avec un ou plusieurs groupements hydroxyles, souvent estérifiés en ester d'alcool aliphatique (Macheix *et al.*, 2005).

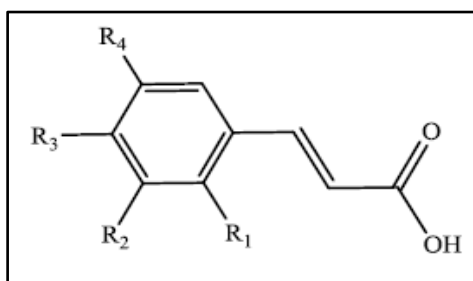


Figure N° 02 : structure Acides hydroxycinnamiques (Macheix *et al.*, 2005).

Les acides hydroxycinnamiques communs sont les acides caféique, p-coumarique, férulique et sinapique. Ils sont produits par des séries d'hydroxylation et de méthylation et ils s'accumulent souvent sous forme d'esters d'acide tartrique : acides coutarique, caftarique et fertarique, esters respectifs des acides p-coumarique, férulique et sinapique (tableau N° 02). Ces constituants sont surtout présents dans la pulpe de la baie de raisin.

Tableau N° 02 : Dérivés de l'acide cinnamique formule générale (Muanda, 2010).

composés	R1	R2	R3	R4
Ac. cinnamique	H	H	H	H
Ac. o-coumarique	H	H	H	H
Ac. m-coumarique	H	OH	H	H
Ac. p-coumarique	H	H	OH	H
Ac. caféique	H	OH	OH	H

4.4.Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le principal groupe de polyphénols, avec plus de 9000 composés différents et distribués de manière générale, dans toutes les plantes vasculaires. Leur squelette chimique commun possède 15 atomes de carbone formant une structure C6-C3-C6, soit deux noyaux aromatiques reliés par un pont de 3 carbones. Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils ont des rôles variés dans les plantes en tant que métabolites secondaires, étant impliqués dans les processus de défense contre les UV, la pigmentation, la stimulation des nodules de fixation de l'azote et la résistance aux maladies. Il existe plusieurs groupes de flavonoïdes, dont les principaux sont les flavones, les flavonols, les flavan-3-ols, les isoflavones, les flavanones et les anthocyanidines (figure N° 03) (Saffidine, 2015 ; Chira *et al.*, 2008).

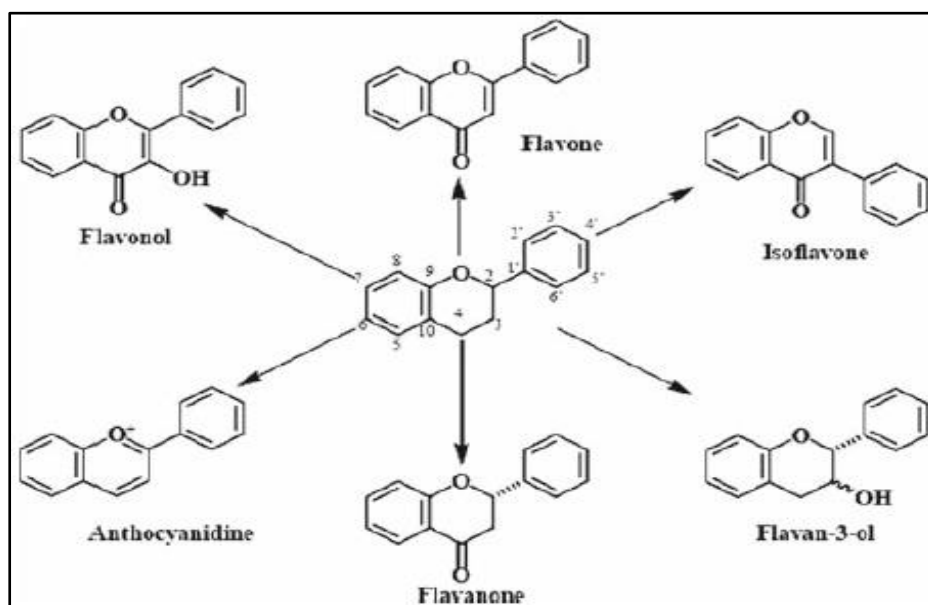


Figure N° 03 : Structures de base des principaux flavonoïdes (Chira *et al.*, 2008).

4.4.1. Flavonols

Les flavonols sont les constituants flavoniques les plus abondants des aliments. Les composés les plus représentatifs de cette famille sont le kaempferol et la quercétine. Ces dernières possèdent un très fort pouvoir antioxydant en raison de leur structure chimique favorable au piégeage des radicaux libres (Liu *et al.*, 2012).

4.4.2. Flavones

Les flavones sont abondantes chez les plantes supérieures sous les deux formes aglycones ou glycosylées. Certaines sont responsables de l'aspect blanc ou ivoire des fleurs, comme les roses et les œillets. Ils ont des activités physiologiques remarquables, notamment des propriétés antimicrobiennes et antivirales (Saffidine, 2015).

4.4.3. Flavanones

Les Flavanones ont une structure similaire à celle des flavones mais ne possèdent pas d'insaturation au niveau de l'hétérocycle. Les flavanones sont fréquemment rencontrés chez les Myrtacées (Saffidine, 2015), dans les tomates et la menthe sont présents en grandes quantités dans les agrumes (les principaux aglycones sont la naringénine dans le pamplemousse, l'héspéridine dans l'orange et l'ériodictyol dans le citron) (Saffidine, 2015).

4.4.4. Isoflavones

Les produits dérivés du soja sont la principale source d'isoflavones dans l'alimentation glycosylées ou non. On les rencontre aussi dans les légumineuses (Iwashina, 2000 ; Saffidine, 2015).

4.4.5. Flavan-3-ols

Les flavan-3-ols existent sous forme de monomères : l'unité la plus simple est la catéchine, ou polymérique appelés proanthocyanidines. La catéchine est présente dans de nombreux fruits : la pomme, le chocolat et le thé restent les principales sources de ce composé (Chira *et al.*, 2008).

4.4.6. Anthocyanes

Les anthocyanes sont des pigments naturels qui donnent les couleurs à de nombreuses plantes. Leur aptitude à se solubiliser facilement dans les milieux aqueux offre des possibilités très larges dans le domaine industriel. Ils sont responsables de la coloration (orange, rose, rouge, violet et bleue) de certaines fleurs (tulipe, rose, orchidée) et fruits (pomme, baies, raisin). Leurs génines (anthocyanidols) sont des dérivés du cation 2-phénylbenzopyrylium (cation flavylum). La propriété principale de ces composés réside

dans leur aptitude antioxydant de nombreuses études sur leurs activités biologiques en témoignent (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009).

5. Stilbènes

Les stilbènes sont des composés phénoliques naturels présents dans un nombre de familles de plantes. Bien que les polyphénols présentent une énorme diversité chimique, les stilbènes semblent constituer un groupe assez restreint de molécules dont le squelette C6-C2-C6 contient deux noyaux benzéniques reliés par un pont méthylène (figure N° 04).

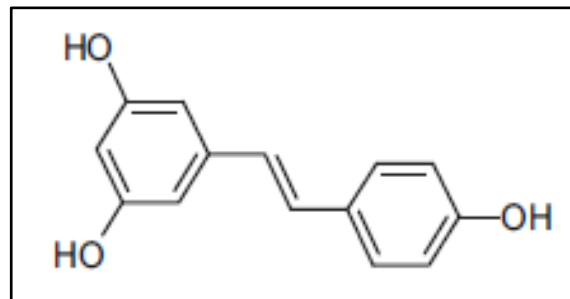


Figure N° 04 : Structure des stilbènes Trans-resvératrol (Muanda, 2010).

De nombreux rôles ont été attribués aux stilbènes, à savoir l'effet antimicrobiens, dissuasifs ou répulsifs dans les plantes, les protégeant contre les attaques des champignons, des bactéries, des nématodes ou herbivores, et plus récemment les stilbènes (en particulier le resvératrol et ses dérivés) ont été reconnus pour leurs effets de guérison et de prévention comme cardioprotecteur, antitumoral, neuroprotecteur et antioxydant (Jeandet *et al.*, 2010).

6. Coumarines

Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2-pyrone (figure N° 05).

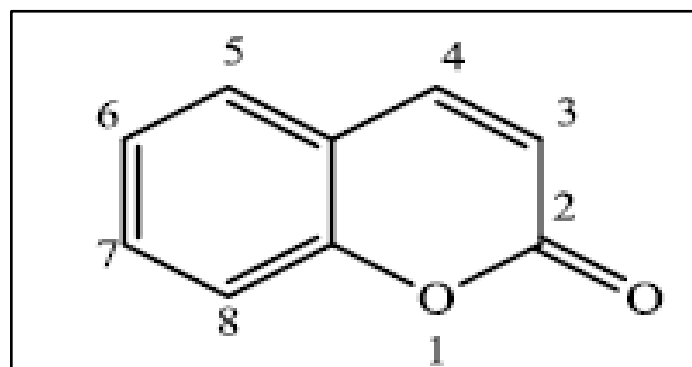


Figure N° 05 : Structure des coumarines benzo-2-pyrone (Muanda, 2010).

Ils ont été isolés pour la première fois en 1820 par Vogel dans le *Coumarouna odorata*. Aujourd'hui, près de 1000 composés coumariniques sont isolés dans plus de 800 espèces de plantes et dans les microorganismes. Dans les plantes, on les rencontre chez les Apiacées, les Astéracées, les Fabacées, les Rosacées, les Rubiacées, les Rutacées et les Solanacées (Muanda, 2010).

7. Tannins

Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. C'est des molécules fortement hydroxylées et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives (réduisant ainsi la digestibilité des aliments). Ils peuvent être liés à la cellulose et de nombreux éléments minéraux (Alkurd *et al.*, 2008). Exemple, on distingue :

7.1. Tannins hydrolysables

Sont formés par liaison de plusieurs acides galliques à un carbohydate (généralement le glucose) (figure N° 06) : on parle de gallotannins. Aussi des unités de galloyl peuvent être ajoutées par liaisons esters (généralement en position C 3) de l'acide gallique, et les unités d'acide gallique voisines s'accouplent formant les esters d'acide hexahydroxydiphénique (Muanda, 2010).

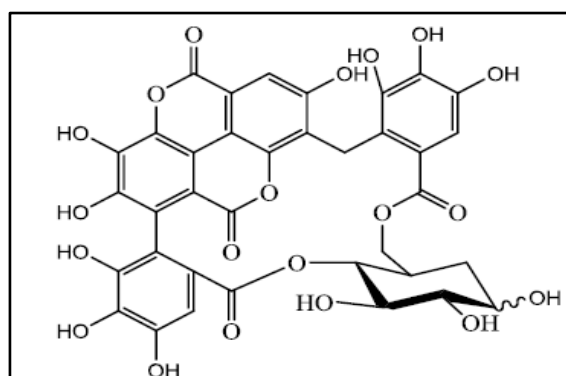


Figure N° 06 : Structure d'un tannin hydrolysable (Muanda, 2010).

7.2. Tannins condensés

Ce sont des proanthocyanidines (figure N° 07), C'est-à-dire, des composés polyphénoliques hétérogènes : dimères, oligomères ou polymères de flavanes, flavan-3-ols, 5-flavanols, 5-deoxy-3-flavanols et flavan-3,4-diols (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006). Ces composés sont formés par condensation des molécules de flavonoïdes entre elles. En effet, les tannins condensés ont tous comme précurseurs des flavonoïdes (C6-C3-C6) et diffèrent entre eux par le type de liaison, les monomères de flavonoïdes impliqués, la position stéréochimique

des carbones 2, 3 et 4, les hydroxylations et la présence ou non de substituants comme l'acide gallique (Muanda, 2010).

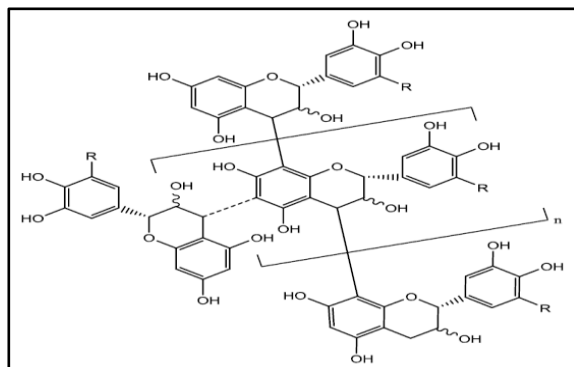


Figure N° 07 : Structure d'un tanin condensés (procyanidine) (Muanda, 2010).

8. Lignanes et lignines

Les monolignols sont les dérivés de l'acide cinnamique, ils servent de précurseurs pour les composés de types phénylpropanoïdes tels que les lignanes et les lignines.

Les lignanes répondent à une représentation structurale de type $(C_6-C_3)_2$; l'unité $(C_6 - C_3)$ est considérée comme un propylbenzène. Les plantes les élaborent par dimérisation oxydante de deux unités d'alcool coniférique. Quand cette dimérisation implique une liaison oxydante par les C- 8 des chaînes latérales propényles de deux unités d'alcool coniférique liées, formant la liaison (C_8-C_8) , les métabolites résultants portent le nom de lignane. Le terme néolignane est employé pour définir toutes les autres types de liaison. Lorsqu'il n'y pas de liaison directe $(C - C)$ entre les unités (C_6-C_3) mais liés par un atome d'oxygène d'éther, le composé est appelé oxynéolignane. Il existe d'autres types de lignanes tels que les sesquinéolignanes (ayant trois unités (C_6-C_3)) et les dinéolignanes (contenant quatre unités de (C_6-C_3)) (Stalikas, 2007). Les lignanes se trouvent essentiellement dans les graines d'oléagineux (Saffidine, 2015). Les lignanes matairesinol (figure N° 08), secoisolariciresinol et d'autres auraient été détectés dans le vin rouge obtenu à partir des raisins des vignes appartenant à la famille des Vitacées, mais le néolignames biphényles sont isolés de *Magnolia officinalis* et les oxynéolignanes, de *Bursera tonkinensis* de la famille des Burcéracées (Saffidine, 2015).

Les lignines constituent une classe importante de produits naturels dans le règne végétal et seraient formées par polymérisation oxydative de monolignols (monomères) qui sont les alcools p-coumarique, coniférique et sinapique (Saffidine, 2015 ; Jutiviboonsuk, 2005).

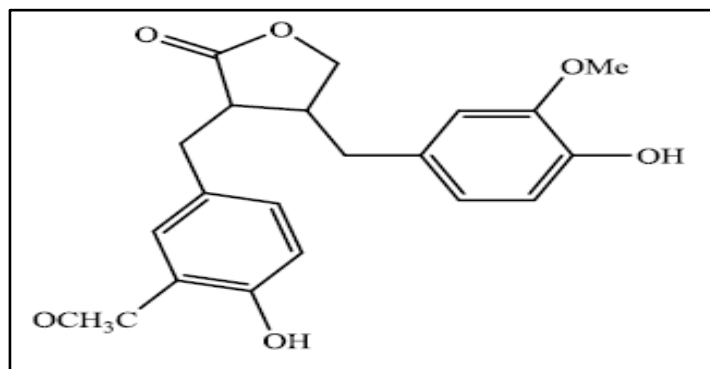


Figure N° 08 : structure de Matairensinol (Saffidine, 2015)

9. Procédés d'extraction

9.1. Infusion

Une prise d'essai de 10 g de poudre de chaque plante a été introduite dans un ballon contenant 100 mL d'eau distillée bouillante. L'ensemble a été maintenu pendant 30 minutes jusqu'au refroidissement. Après filtration, le filtrat a été concentré à l'évaporateur rotatif sous vide à 50 °C. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46 °C pendant 24 heures. Les essais ont été réalisés en triple. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé (Bohui *et al.*, 2019).

9.2. Décoction

Une prise d'essai de 10 g de poudre de chaque plante a été introduite dans un ballon contenant 100 mL d'eau distillée. L'ensemble a été maintenu en ébullition pendant 30 minutes. Après refroidissement et filtration, le filtrat a été concentré à l'évaporateur rotatif sous vide à 50 °C. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46 °C pendant 24 heures. Les essais ont été réalisés en triple. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé (Bohui *et al.*, 2019).

9.3. Macération aqueuse

Une prise d'essai de 10 g de poudre de chaque plante a été introduite dans un ballon contenant 100 mL d'eau distillée. L'ensemble a été maintenu sous agitation magnétique pendant 24 heures à température ambiante. Après filtration, le filtrat a été concentré à l'évaporateur rotatif sous vide à 50 °C. L'extrait a été ensuite mis à l'étuve à 46 °C pendant 24 heures. Les essais ont été réalisés en triple. Les poudres obtenues ont été pesées puis conservées dans un flacon stérile hermétiquement fermé (Bohui *et al.*, 2019).

1. *Melissa officinalis* L.

1.1. Description de la plante et classification

La mélisse est une plante vivace herbacée de 30 à 80 cm de hauteur, à port de menthe, à feuilles vert vif d'odeur citronnée (figure N° 09). La partie souterraine est constituée de tiges souterraines, rameuses, portant des racines et produisant des bourgeons adventifs qui permettent à la plante de se perpétuer et de se multiplier, La tige est dressée, quadrangulaire, caractère typique des Lamiaceae, plus ou moins velue, peu ramifiée à la base, elle le devient fortement dans les parties hautes à la floraison. Les rameaux de la partie supérieure portent des fleurs et sont bien développés, tandis qu'ils sont courts et non fleuris dans la partie inférieure (Alloun, 2019).

Les feuilles de la mélisse sont simples, opposées, ovales, quelquefois légèrement cordiformes, pétiolées, largement dentées en scie, à nervation réticulée, mesurant de 5 à 8 cm sur 4 à 5 cm. La face supérieure, de couleur vert vif foncé, est rugueuse au toucher car couverte de poils tecteurs fins et courts de couleur blanche (Alloun, 2019).

Les fleurs sont groupées par trois ou six en verticilles axillaires unilatéraux, espacés le long de la tige et insérés à l'aisselle des feuilles supérieures et centrales (Alloun, 2019).



Figure N° 09 : Plante et feuille *Melissa officinalis* L. (original)

Le tableau N° 03 représente la classification botanique de la *Melissa officinalis* L

Tableau N° 03 : Classification botanique *Melissa officinalis* L. (Alloun, 2019).

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachéobionta

Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Astéridées,
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	Melissa
Espèce	<i>Melissa officinalis L.</i>

1.2. Composition chimique

La plante de mélisse fraîche est composée de 0,2 % d'huile essentielle au maximum, l'huile essentielle de mélisse est constituée de : Aldéhydes terpéniques (citronellal et citral, un mélange de néral et de géranial) Alcools terpéniques (eugénol, géranol, citronellol, linalol) Sesquiterpènes (caryophylène) (Larousse des plantes médicinales, 2001).

Les autres composants de la mélisse sont (Alloun, 2019) :

- Acides phénols (acide rosmarinique, acide chlorogénique, acide caféique)
- Tri-terpènes (acide ursolique et oléanique, acide hydroxyoléanolique)
- Flavonoïdes (dérivés de la lutéoline et du quercétol)
- Coumarines
- Tanins (les dérivés hydroxycinnamique)
- Mucilages uroniques.

2. *Silvia officinale L.*

2.1. Description botanique et classification

Cette plante vivace à tige ligneuse à la base forme des rameaux quadrangulaires (figure N° 10) (Benkherara *et al.*, 2011) sont vert-blanchâtre, formant un buisson a une hauteur de 30 à 60 cm La tige : elle fait de 20 à 30 cm de long, de couleur gris verdâtre, finement pubescente à section quadrangulaire, émet de nombreux rameaux dressés, présentant des nœuds saillants sur lesquelles sont insérés les feuilles (Teuscher *et al.*, 2005).

La forme et la taille des feuilles sont fonction de leur position sur la tige. Pétiolées, lancéolées et assez grandes, elles sont sessiles, étroite, aiguës et plus petites lorsqu'elles sont au sommet. La face supérieure est gris-vert et finement granuleuse, la face inférieure est blanche

et pubescente (Rombi et Robert, 2007). Si on les frotte, elles dégagent l'odeur (Jakovljević *et al.*, 2019).

Les fleurs sont de couleur bleu violacée, Elle est d'environ 2 cm de long, à corolle bien Violet nettement bilabée à pédoncules courts, tubuleuse groupées par trois faux verticilles elles sont zygomorphes, leur calice est pubescent, persistant et ponctuée de glandes sécrétrices, en forme de clochettes ovales de 1 à 14 cm de long (Teuscher *et al.*, 2005).



Figure N° 10 : Plante et feuille *Salvia officinalis* L. (**original**)

Le tableau ci-dessous représente la classification botanique de *Salvia officinalis* L

Tableau N° 04 : Classification botanique de *Salvia officinalis* L. (Hans, 2007).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Salvia
Espèce	Salvia officinalis L.

2.2. Composition chimique

Les extraits de sauge sont riches en composés phénoliques (les coumarines, les flavonoïdes, les tanins) (Ghorbani et Esmailizadeh, 2017).

Salvia officinalis contient un grand nombre de molécules ayant des intérêts multiples à profit dans l'industrie alimentaire, en cosmétologie et en pharmacologie. Parmi ces composés, on retrouve :

- Flavonoïdes et Dérivés : Hesperidine, apigénine, hispiduline, cirsimarine, genkwanine, lutéoline et luteoline 7- glucoside. (Santos-Gomes *et al.*, 2002 ; Amin et Hamza, 2005)
- Les tannins : sont des molécules à poids moléculaire relativement élevé, ils possèdent deux sous-groupes : tannins hydrolysables et tannins condensés. Les premiers sont des esters d'acides galliques, les derniers sont des polymères de polyhydroxyflavone-3-ol monomères (aussi connus sous le nom de proanthocyanidine) (Sarmi et Cheymer, 2006).
- Une huile essentielle : constitue de composés doués de multiples vertus thérapeutiques. Exemple : camphre, cinéol et cétone monoterpéniques.
- En plus de ces composés, il existe dans cette plante des coumarines, des alcaloïdes, des acides phénoliques, et des terpènes (Sarmi et Cheymer, 2006).
- Acides Phénoliques : Acide gallique, acide 3-O-cafféoylquinique, acide 5-O-cafféoylquinique, acide caféique, acide rosmarinique, acide Salvia nolique et dérivée, melitrane A méthyl saugecoumarine, acide, tanshinone II A et acide oléanoliqueetc... (Santos-Gomes *et al.*, 2002 ; Amin et Hamza, 2005 ; Bailly *et al.*, 2005 ; Lima *et al.*, 2004).

3. *Pulicaria odora* L.

3.1. Description botanique et classification

C'est une plante herbacée vivace parfumée avec des fleurs jaunes (Bellakhdar, 1997). *Pulicaria odora* ou *Inula odora*. L est une plante vivace de 30-60 cm elle présente une tige dressée, simple, ou rameuse dans sa moitié supérieure (figure N° 11). La tige souterraine renflée en tubercules est couverte de feuilles écailleuses. Hémicryptophyte, elle est constituée de feuilles alternes de forme ovale oblongue denticulées, les inférieures atténuées en pétiole, persistant à la floraison, les caulinaires embarrassantes, mais sans oreillettes saillantes. Elle comporte de grands capitules (15-25mm) longuement pédonculés, solitaires au sommet de la tige et des rameaux, involucre à bractées velues, linéaires, acuminées ; toutes les fleurs jaunes celles en languette étalées, dépassant longuement le disque formé par les fleurs en tube, akènes blanchâtres, velus aigrette rousse dotée d'une couronne dentée de 10 à 12 poils 3 fois plus longs

que l'akène. La floraison de la plante a lieu au mois de juin à août ; polonisée par les insectes (ou autogame) ; dispersée par le vent (Rameau *et al.*, 2008 ; Roubaudi, 2011).



Figure N°11 : Plante et feuille de *Pulicaria odora* L. (original)

Le tableau ci-dessous représente la classification botanique de *Pulicaria odora* L.

Tableau N° 05 : Classification botanique de *Pulicaria odora* L. (Cronquist, 1981).

Règne	Plantae
Sous-règne	Trancheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Angiosperme
Sous-classe	Dicotylédone
Ordre	Asterales
Famille	Astéracée
Genre	<i>Pulicaria</i>
Espèce	<i>Pulicaria odora</i>

3.2. Composition chimique

Pulicaria odora est très riche en tanins, flavonoïdes, glucosides et coumarines riche en tannin gallique, saponosides et sennosides qui peuvent être à l'origine du potentiel bioactif élevé de cette plante, présence en faible quantité de quinones libres, quinones combinés et alcaloïdes

qui peuvent exercer l'effet biologique en synergie avec les composées précédant et l'absence totale des anthocyanes et leucoanthocyanes. *Pulicaria odora* à des huiles essentielles est très riche en thymol (47,83 %) et tymolisobutyrate (30 %), riche en Acide methylpropanoïque (4,46 %) et en carvacrol (2,78 %) (Fadwa *et al.*, 2005).

4. *Cistus salviifolius* L.

4.1. Description botanique et classification

Cistus salviifolius L, dont le nom commun est Ciste à feuilles de sauge, est un arbrisseau de 30 à 80 cm de hauteur, très ramifié, dont les jeunes rameaux sont couverts de poils étoilés, non visqueux (figure N° 12). Ses Feuilles sont simples, opposées brièvement pétiolées, oblongues à elliptiques, avec un limbe réticulé un peu rugueux sur la face supérieure ; ses fleurs sont blanches de 4-5 cm de diamètre, longuement pédonculées, avec 5 pétales et 5 sépales, largement lancéolés, en cœur à la base ; son fruit est en capsule pentagonale, tronquée au sommet, et ses graines presque lisses ou fortement réticulées ; sa floraison se fait en Mars-Juin (Sayah, 2020).



Figure N° 12 : Plante et feuille de *cistus salviifolius* L. (original)

Le genre *Cistus* fait partie de la famille de *Cistaceae* qui comprend environ 180 taxons d'arbustes, arbrisseaux, annuelles ou plantes vivaces (tableau N° 06) d'après El Alaoui-Faris *et al.* (2009).

Tableau N° 06 : Classification botanique de *Cistus Salviifolius* L. (Alaoui-Faris *et al* 2009).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta

Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Violales
Famille	Cistaceae
Genre	Cistus
Espèces	<i>Cistus Salviifolius L.</i>

4.2. Composition chimique

La majorité des études photochimiques effectuées sur un nombre important d'espèces du genre *Cistus* ont montré la richesse ainsi que la diversité structurale de ce genre en métabolites secondaires (tableau N° 07).

Tableau N° 07 : Métabolites secondaires de *Cistus salviifolius L.* (Sayah, 2020).

Alcaloïdes	-
Flavonoïdes	+++
Tanins	+++
Quinones libres	-
Anthraquinones	-
Saponosides	++
Terpénoïdes	+++

Les résultats sont exprimés selon :

(+++): Présent avec une importante quantité (+): Présent à l'état de traces

(++): Présent avec une quantité modérée (-): Absent

L'étude phytochimique réalisée par Danne et ses collaborateurs (1994) sur l'espèce *C. salviifolius* a permis l'isolement de plusieurs composés. L'extrait acétate d'éthyle de la fraction aqueuse acétonique des parties aériennes de *C. salviifolius* a été chromatographié sur séphadex LH-20, et après une série de purification sur colonne les composés isolés sont : des dérivés de

flav-3-ol , catechine, epicatechine, gallo catechine, epigallocatechine, epicatechine 3-O-gallate, gallo catechine 3-O-gallate, epigallocatechine 3-O-gallate , epigallocatechin3-Op-hydroxy benzoate, prodilphinidine epigallocatechine (4 β —8)-epigallocatechine, epigallocatechine 3-O-gallate-(4 β —8)-epigallocatechine, epigallocatechine-(4 β —8)- epigallocatechine-3-O- gallate , epigallocatechine-(4 β —6) epigallocatechine-3-O-gallate, et phloroglucinol glucosides :1-O- β -D-glucopyranosyl-3-O-methoxy-5-hydroxy benzene, 1-O- β -D-(6'O-galloyl) glucopyranosyl-3-methoxy-5-hydroxy-benzène.

5. *Myrtus communis*. L

5.1. Description botanique et classification

Myrtus communis L. (myrte commun) est un arbrisseau aromatique toujours vert mesurant de 1 à 3 mètres mais qui peut former un véritable arbre dans des conditions favorables de sol profond à humidité quasi-permanente (figure N° 13). C'est un arbrisseau à tige assez régulière, toujours vert, à écorce rousse, exhalant par toutes ses parties un parfum très frais, fort agréable et des plus estimés (Venturini, 2012 ; Bouzabata *et al.*, 2015 ; Hennia, 2016).

Les rameaux sont quadrangulaires à légère pubescence les deux premières années. Les feuilles sont opposées, très rapprochées, subsessiles, ovales-lancéolées aiguës, entières, coriaces, persistantes, glabres et luisantes (Venturini, 2012 ; Bouzabata *et al.*, 2015 ; Hennia, 2016).

La floraison peut débuter à partir de mai- juin et s'étale jusqu'en août. Les fleurs sont odorantes, solitaires, aux pétales d'un blanc éclatant ou taché de rose, jusqu'à 3 cm de diamètre, Le fruit est une baie ovoïde, de couleur noir-bleuâtre au sommet d'un pédoncule ténu, couronnée par le calice, quelquefois blanche de saveur âpre, résineuse et astringente. Les graines sont réniformes, luisantes, de couleur ivoire, et de saveur résineuse avec des irrégularités de formes et de tailles (Venturini, 2012 ; Bouzabata *et al.*, 2015 ; Hennia, 2016).



Figure N° 13 : Plante et feuille de *Myrtus communis* L. (original)

Le tableau N° 08 représente la classification botanique de *Myrtus communis* L.

Tableau N° 08 : Classification botanique de *Myrtus communis* L. (Hennia, 2016)

Règne	Plantae
Embranchement	Magnoliophyta
sous embranchement	Magnoliophytina
Sous classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Myrtus
Espèce	Myrtus communis L

5.2. Composition chimique

5.2.1. Composés volatils

La composition volatile des extraits alcooliques (éthanol) et des huiles essentielles de baies issues de dix stations réparties sur l'ensemble de la Sardaigne. En premier lieu, ils ont constaté que les profils chromatographiques obtenus après extraction et après hydro-distillation sont qualitativement similaires. Ensuite, en fonction de la localisation des échantillons, ils ont observé de fortes variations des abondances pour les composés majoritaires : limonène (3,7-44,5%), α -pinène (18,2-38,9%), 1,8-cinéole (5,8- 24,8%) et p-cymène (0,1-10,3%) (Tuberoso *et coll.*, 2010).

5.2.2. Composés phénoliques

La composition chimique d'extraits obtenus par macération de baies de Sardaigne dans trois solvants éthanol, eau et acétate d'éthyle. L'éthanol permet l'extraction d'une plus grande quantité de matière sèche (99,0 g/l), suivi par l'eau (86,3 g/l), puis par l'acétate d'éthyle (12,8 g/l). Au niveau des compositions phénoliques, trois familles de composés sont répertoriées : les acides phénoliques, les anthocyanes et les flavonoïdes. L'extrait à l'éthanol se compose de 2195,0 mg/l d'anthocyanes, de 1492,8 mg/l de flavonoïdes et de 352,2 mg/l d'acides phénoliques. L'extrait à l'acétate d'éthyle est dominé par les flavonoïdes (1389,0 mg/l) et les acides phénoliques (600,5 mg/l) alors que les anthocyanes sont faiblement représentés (36,4



Chapitre II : Aperçu sur les plantes

mg/l). Enfin, l'extrait à l'eau contient 195,9 mg/l d'acides phénoliques, 103,0 mg/l de flavonoïdes et 74,7 mg/l d'anthocyanes (Tuberoso *et coll.*, 2010).

1. Généralité sur les bactéries

1.1. Caractères généraux des bactéries

Les bactéries sont des êtres unicellulaires, très abondamment répandus dans le monde, certains saprophytes, d'autres pathogènes pour l'homme et les animaux. Leur taille, extrêmement petite, nécessite pour les observer l'utilisation du microscope. Elles n'en possèdent pas moins une structure assez complexe. Etres vivants, elle se nourrissent, respirent et se reproduisent (figure N° 14). On peut les obtenir en culture en culture, il en existe de très nombreuses variétés, qu'il a été possible de ranger dans une classification bactérienne (Zaidi *et al.*, 2021).

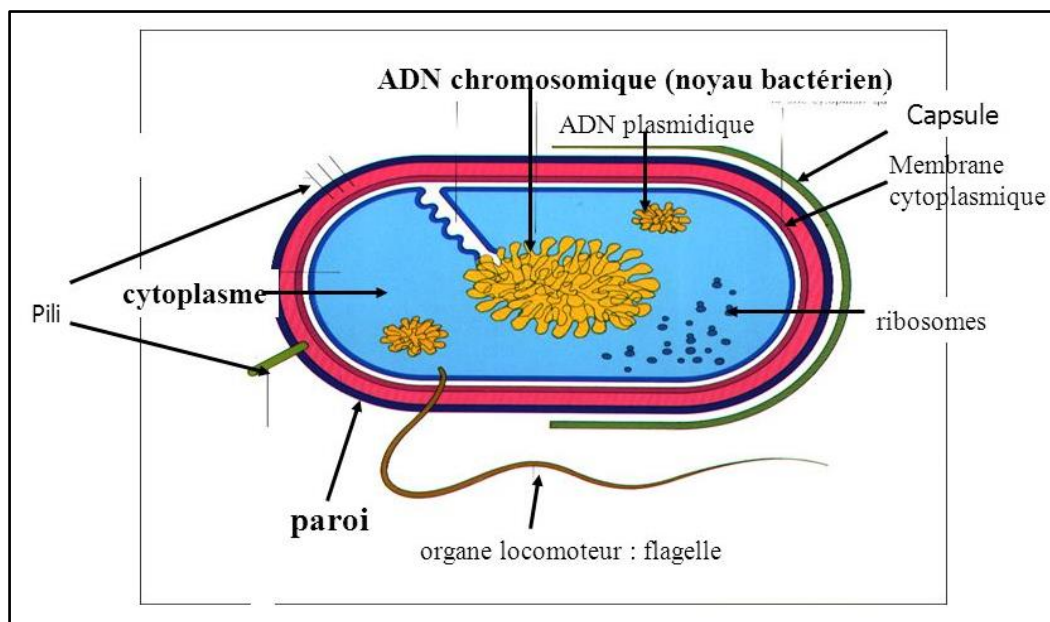


Figure N° 14 : Structure générale d'une cellule bactérienne (Anonyme 1).

1.2. Morphologie de la cellule bactérienne

Un des caractères essentiels des bactéries est leur taille extrêmement petite. Pour l'exprimer, on utilise une unité de longueur, le micromètre, désigné par le symbole (μm) qui représente la millième partie du millimètre (Zaidi *et al.*, 2021).

La taille des bactéries est comprise entre quelques dixièmes de micromètre pour les plus petites ($0,5 \mu\text{m}$ pour les *Brucella* par exemple), à quelques micromètres (3 ou 4). Certaines espèces peuvent même atteindre $10 \mu\text{m}$. L'aspect morphologique est très variable et, classiquement, on distingue trois aspects principaux (Zaidi *et al.*, 2021).

Certaines bactéries ont une forme arrondie, leur diamètre mesurant environ $1 \mu\text{m}$: ce sont les cocci ou microcoques. Elles peuvent se présenter comme des petites billes parfaitement

sphériques, ou avoir un aspect réniforme (en grain de café ou en haricot) comme les méningocoques et les gonocoques ; ou, enfin, avoir une forme oblongue, ou ovale, comme les pneumocoques. Les cocci peuvent être isolés ou, au contraire, groupés : soit deux par deux (on parle alors de diplocoques), quatre par quatre (ce sont des tétrades), en amas (comme les staphylocoques), ou enfin se disposer les uns derrière les autres, en chaînettes (streptocoques) (Zaidi et al., 2021).

D'autres bactéries sont plus allongées ; ce sont des bacilles. De nombreuses formes peuvent être observées : bacilles très fins ou bacilles épais, formes courtes ou longues. Bacilles à extrémités arrondies, effilées en fuseaux, à bouts carrés, renflées en massues. De même, le groupement de ces bactéries est aussi variable : bacilles isolés, groupés par paires (diplobacilles), en chaînettes (streptobacilles), accolés en palissades, rassemblés en paquets (Zaidi et al., 2021).

Enfin, certaines bactéries peuvent être incurvées en virgule, ce sont les vibrions, ou étirées-et sinueuses, ce sont les spirochètes (Zaidi *et al.*, 2021).

1.3. Bactéries non pathogènes

Quand on parle de bactéries, on évoque habituellement celle qui sont responsable des maladies infectieuses de l'homme (l'agent de la diphtérie, de la fièvre typhoïde, de la tuberculose), ou des animaux (le charbon, le choléra des poules, le rouget) on pense surtout aux germe pathogènes.

En réalité, ces bactéries ne représentent dans le monde que quelques dizaines d'espèces, alors que les bactéries non pathogènes comprennent des milliers de représentants. Le monde est en effet peuplé de bactéries, aussi bien dans la terre que dans l'eau ou dans l'air. Tous ces microbes, dépourvus du pouvoir de créer une maladie, vont jouer un rôle considérable sur terre (Zaidi *et al.*, 2021).

1.4. Bactéries pathogènes

Les bactéries dans nous venons précédemment de parler, espèces saprophyte, vivent dans la nature ils sont incapables de se développer dans un organisme vivant car elles y sont aussitôt détruites. Mais d'autres bactéries appeler pathogène, sont, à l'encontre, capable de présenter chez l'homme où chez des animaux et de provoquer des lésions et des désordres qui sont à l'origine de certaines maladies infectieuses. Il ne faut pas oublier en effet que de telles maladies peuvent être Dues, aussi, à l'action des virus (Zaidi *et al.*, 2021).

1.5. *Escherichia coli*

1.5.1. Présentation et classification

La bactérie *Escherichia coli* a été décrite par Theodor Escherich en 1919 comme étant un bâtonnet à Gram-négatif anaérobie facultatif et non-sporulant de la famille des Enterobacteriaceae (figure N° 15). Cette bactérie constitue une cause d'infection importante chez l'animal et l'humain (Bopp, 2003).



Figure N° 15 : Image d'une colonie bactérienne *Escherichia coli* (Anonyme 2).

Le tableau ci-dessous représente la classification bactérienne *Escherichia coli*

Tableau N° 09 : classification de l'*Escherichia coli* (Marchal, 2003).

Règne	Bactéria
Embranchement	Proteobacteria
Classe	Gamma Proteobacteria
Ordre	Enterobacteriales
Famille	Enterobacteriaceae
Genre	Escherichia
Espèce	<i>Escherichia coli</i>

1.5.2. Habitat

Les souches de *Escherichia coli* sont retrouvées dans le tractus gastro-intestinal de nombreux animaux à sang chaud, y compris les humains, où elles jouent généralement le rôle des bactéries commensales (Diallo, 2013).

Escherichia coli est un élément important de la flore intestinale des bébés humains (Ari et Sezonov, 2008). *Escherichia coli* est un germe commensal de la flore du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux (Marchal, 2003).

1.5.3. Caractères biochimiques

Escherichia coli est capable de réaliser une dégradation rapide du lactose. (Fritz *et al.*, 2008), avec oxydase négative, catalase positive, produit la vitamine B et K, réduit le nitrate en nitrite et fermente le glucose en galactose sans production de gaz (Abigail *et al.*, 2013).

1.5.4. Caractères morphologiques

Escherichia coli est une bactérie à Gram négatif et mobile avec une ciliature péritriche (Fritz *et al.*, 2008). Sa taille varie en fonction des conditions de croissance (entre 0,5 à 3 µm) avec des colonies blanches opaques de forme circulaire et de taille irrégulière. On note l'absence de la forme sporulée (Abigail *et al.*, 2013).

1.5.5. Sensibilité et résistantes d'*Escherichia coli*

La résistance de *E. coli* aux antibiotiques est de plus en plus marquée surtout la résistance à la famille des bêtalactamines. Le mécanisme de résistance des *E. coli* est complexe et fait appel à plusieurs mécanismes. Le principal mécanisme impliqué dans la résistance des bactéries à Gram négatif aux β-lactamines sont des enzymes tels que les β-lactamases à spectre étendu capable d'hydrolyser une variété importante d'antibiotiques comme les céphalosporines à large spectre, les monobactames, et les pénicillines (Meguenni, 2016).

La résistance aux bêtalactamines et céphalosporines requiert une importance particulière par son implication dans le domaine de santé publique. Des taux élevés de résistance d'*E. Coli* vis-à-vis de plusieurs antibactériens, avec une tendance à l'augmentation pour les molécules suivantes ; oxytétracycline, triméthoprimesulphamethoxazol, enrofloxacin et amoxicilline.

L'utilisation abusive et non contrôlée de ces antibiotiques pour la prévention et le traitement des maladies aviaires serait la principale cause de sélection de souches d'*E. Coli* résistantes.

1.6. *Staphylococcus aureus*

1.6.1. Présentation et classification

Les Staphylocoques sont des bactéries à cocci non sporulées, à Gram positif (Figure N° 16) qui tendent à se grouper en amas ayant la forme de grappes de raisin, catalase positive, oxydase négative et immobiles. Le Genre *Staphylococcus* présente 30 espèces et sous espèces, les principales sont *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* et *Staphylococcus saprophyticus* (Marchal, 2003).

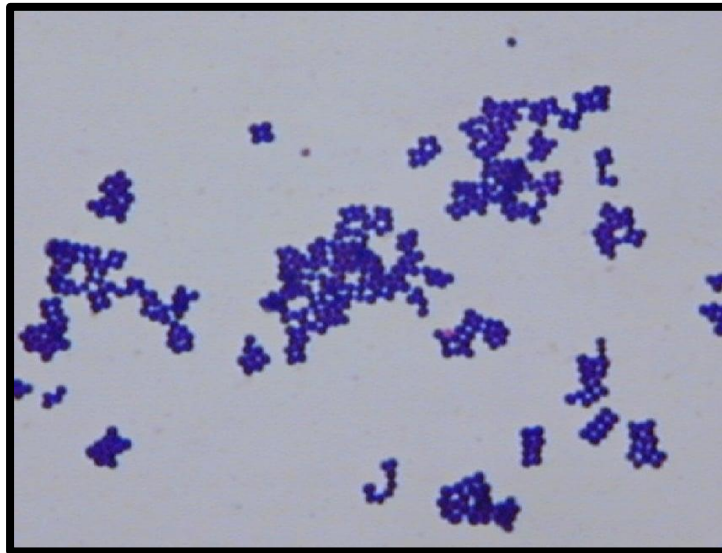


Figure N° 16 : Image d'une colonie bactérien *Staphylococcus aureus* (Anonyme 3).

La classification bactérienne des *Staphylococcus aureus* représentée dans le tableau N° 10

Tableau N° 10 : Classification de *Staphylococcus aureus* (Marchal, 2003).

Règne	Bactéria
Embranchement	Firmicutes
Classe Bacilli	Bacilli
Ordre Bacillales	Bacillales
Famille	Staphylococcaceae
Genre	Staphylococcus
Espèce	<i>Staphylococcus aureus</i>

1.6.2. Habitat

Les *staphylocoques* sont très répandus dans la nature, l'Homme représente une des niches écologiques les plus importantes pour ces germes. Il s'agit essentiellement de *S. aureus*, *S. epidermidis* qui vivent à l'état commensal ; sur la peau et les muqueuses et qui peuvent entraîner une dissémination chez l'Homme (Avril *et al.*, 2003).

Presque un tiers des hommes sont des porteurs sains qui abritent la bactérie dans des muqueuses (surtout les fosses nasales) et dans les régions cutanées humides (aisselle et périnée). Dans le milieu extérieur, cette bactérie peut se trouver longtemps dans l'environnement (Marchal, 2003).

1.6.3. Caractères biochimiques

Toutes les souches de *Staphylococcus aureus* ont un métabolisme aérobie prédominant et anaérobie facultatif, produisent une coagulase, une nucléase thermostable et une catalase mais pas d'oxydase (Ananthanarayan et Paniker, 2006).

Les *Staphylococcus aureus* sont : indole -, acétone +, uréase+, VP +, MR +, réduisant le téllurite de potassium et les nitrates en nitrites, et produisant de l'ammoniaque à partir de l'arginine (Fasquelle, 1974 ; Le Minor et Verron, 1990 ; Freney *et al.*, 1999).

La plupart des souches sont lipolytiques produisant une zone opaque lorsqu'elles sont cultivées dans des milieux contenant le jaune d'oeuf (Ananthanarayan et Paniker, 2006).

La paroi cellulaire des staphylocoques est résistante au lysozyme et sensible au lysostaphine, qui clive spécifiquement les ponts pentaglycine de *Staphylococcus* spp (Le Loire *et al.*, 2003).

1.6.4. Caractères morphologiques

A l'examen microscopique, les *Staphylococcus aureus* se présente sous l'aspect de cocci sphériques de 1µm de diamètre, à coloration de Gram positive, immobiles, non sporulés. La grande majorité des souches sont capsulées in vivo mais perdent progressivement leur capsule en culture, d'autres forment des colonies mucoïdes et sont entourées d'une pseudocapsule (Fauchere et Avril, 2002 ; Guiraud et Rosec, 2004).

Sur les cultures en milieu solide, ils se disposent en amas irréguliers polyédriques, évoquant l'aspect caractéristique de "grappes de raisin" (Ananthanarayan et Paniker, 2006). Alors qu'en milieu liquide, ils sont souvent isolés, en diplocoques, en tétrades ou en très courtes chaînettes (en générale de 3 à 5 éléments) (Le Loire *et al.*, 2003).

1.6.5. Sensibilité et résistantes de *Staphylococcus aureus*

La nourriture est un facteur important dans le transfert de la résistance aux antibiotiques (Pesavento *et al.*, 2007). Les souches de *Staphylococcus aureus* sont connues pour être fréquemment résistantes aux antimicrobiens à cause de leur capacité à produire une barrière exopolysaccharide d'un côté et de l'autre, leur localisation au sein des micro-abcès, qui limitent l'action des antibiotiques (Gundogun *et al.*, 2006).

Etant donné la fréquence de la résistance de *Staphylococcus aureus* aux Bêta-lactamines (ex : Pénicilline), aux Aminosides (ex : Gentamicine) et à certains Macrolides (ex : Erythromycine), notamment chez les souches hospitalières, le diagnostic sera toujours complété par la mesure de la sensibilité aux antibiotiques (antibiogramme) (Marchal, 2003).

Les souches communautaires sont généralement résistantes aux pénicillines G et A, mais sensibles aux Pénicillines M et aux Céphalosporines. Elles sont souvent sensibles aux Macrolides, aux Synergistines et aux Fluorquinolones (Dumitrescu *et al.*, 2007).

2. Généralité sur les antibiotiques

2.1. Définition

Les antibiotiques sont des substances produites par des champignons ou des bactéries, et qui sont capable de tuer les micro-organismes sensibles (effet bactéricide) ou d'inhiber leur croissance (effet bactériostatique). Ils s'opposent aux produits chimiques que sont les colorants, les antiseptiques et les sulfamides dont nous venons de parler. On compte aujourd'hui plus de deux mille sortes d'antibiotique, pour la plupart encore fabriqués à partir de micro-organismes. Certains antibiotiques semi-synthétiques correspondent à la modification chimique d'antibiotiques naturels. D'autres en fin sont produits synthétiquement. Depuis leur découverte, les antibiotiques ont radicalement modifié le pronostic des maladies bactériennes et permis de guérir des maladies mortelles, telles les endocardites bactériennes, la syphilis, les méningites tuberculeuses ou la peste (Dedet, 2007).

2.2. Classification des antibiotiques

La classification des antibiotiques n'est pas aisée, ils peuvent être regroupés selon leur nature, origine, mode d'action, spectre d'activité. A l'heure actuelle les antibiotiques sont regroupés selon leur nature biochimique (tableau N° 11).

Tableau N° 11 : Classification biochimique des antibiotiques (Joffin et Leyral, 2006).

Classe d'antibiotiques	Exemples
Aminosides	Streptomycine, kanamycine, Gentamicine
β -lactamines - Penicillines	Penicilline G, Ampicilline
β -lactamines-Cephems et Oxacephems	Cefalotine, Céfotaxime
β -lactamines- Monobactams	Aztréonam
Fosfomycine	Fosfomycine
Lincosamides	Clindamycine, Lincomycine
Macrolides	Erythromycine, spiramycine
Nitrofuranes	Nitrofurantoïne
Nitro-5- Imidazolés	Métronidazole
Phénicoles	Chloramphénicol thiamphénicol
Polypeptides	Bacitracine, colistine polymyxine
Quinolones	Acide naldixique
Sulfamides et sulfones	Sulfaméthoxazole triméthoprim
Streptogramines	Pristinamycine virginiamycine
Tetracyclines	Tétracycline minocycline
Vancomycines	Vancomycine

2.3. Mode d'action des antibiotiques

Les antibiotiques mettent en jeu des mécanismes d'action d'une grande diversité en relation avec la variété de leur structure chimique et la pluralité des germes contre lesquels ils peuvent être appliqués (Joffin et Leyral, 2006 ; Ferron, 1984).

2.3.1. Action sur la paroi bactérienne

L'antibiotique peut bloquer la synthèse de la paroi et la cellule bactérienne peut exploser sous l'effet de la pression osmotique interne (Joffin et Leyral, 2006).

2.3.2. Action sur la membrane cellulaire

L'antibiotique peut agir sur les lipides membranaires, il désorganise la bio-couche phospholipidique membranaire, ce qui entraîne les éléments hydrosolubles à l'extérieur de la cellule (Joffin et Leyral, 2006).

2.3.3. Action sur l'ADN

L'antibiotique peut se fixer sur les brins de l'hélice de l'ADN et empêcher la réplication en bloquant la progression de l'ADN polymérase (Joffin et Leyral, 2006).

2.3.4. Action sur les ribosomes bactériens

De nombreux antibiotiques utilisés en thérapeutique ont pour cible les ribosomes bactériens. L'antibiotique se fixe soit sur la petite ou la grosse sous-unité, ce qu'inhiberait la synthèse des protéines (Joffin et Leyral, 2006).

2.3.5. Transcription

L'ARN polymérase assure la transcription de l'ARNm nécessaire à la synthèse des protéines. Certains antibiotiques peuvent bloquer la transcription de l'ADN en se fixant sur l'ARN polymérase bactérienne (Joffin et Leyral, 2006).

2.3.6. Anti métabolite

Certains antibiotiques peuvent agir comme des agents anti-métabolites, ils bloquent le fonctionnement des voies métaboliques en inhibant par compétition l'utilisation de métabolites par des enzymes clés (Joffin et Leyral, 2006). La figure ci-dessous représente le modes d'action des antibiotiques sur la cellule bactérienne.

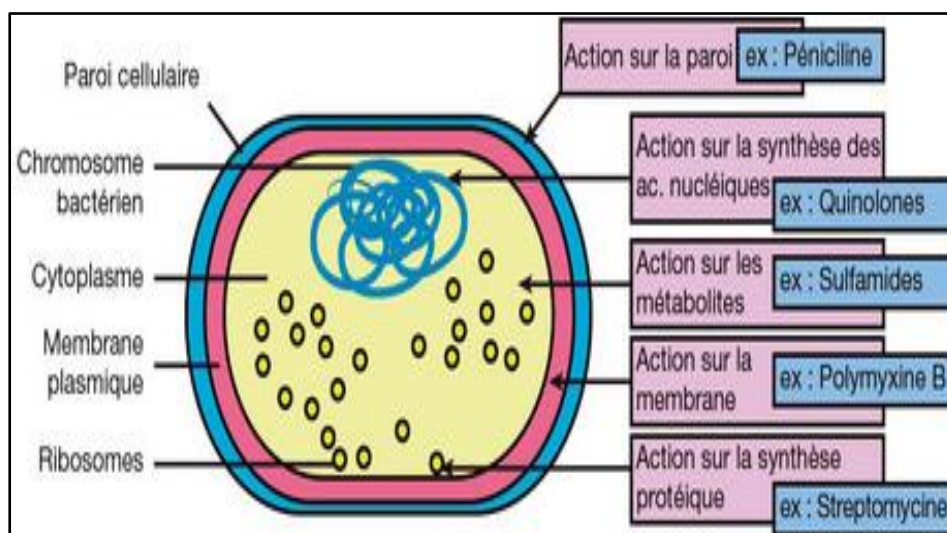


Figure N° 17 : Modes d'action des antibiotiques sur la cellule bactérienne (Anonyme 4).

3. Résistance aux antibiotiques

3.1. Causes de la résistance

Les antibiotiques sont une découverte thérapeutique importante en pratique médicale (Bouyahya *et al.*, 2017). Ils ont joué un rôle important dans le traitement des infections microbiennes. Ces molécules ont également permis de surmonter les complications dans certaines situations, notamment la transplantation d'organes. Avec le temps, les microbes ont développé certaines formes de résistances vis-à-vis de ces antibiotiques (Turner, 2011).

Ce phénomène de résistance est dû à plusieurs facteurs tels que l'utilisation suboptimale des antibiotiques au cours des traitements (Finland, 1979).

Son émergence est due également à l'hospitalisation prolongée, la longue durée des séjours et les comorbidités, le non-respect des pratiques hygiéniques et le transfert des malades entre les hôpitaux (Palumbi, 2001).

3.2. Origine de la résistance

La résistance bactérienne aux antibiotiques aurait deux origines essentielles, naturelle et acquise. La première est programmée au niveau du pool génomique alors que la seconde est développée en fonction des conditions métaboliques (Bouyahya *et al.*, 2017).

3.2.1. Résistance naturelle

C'est une résistance intrinsèque, commune à une population, due essentiellement à la présence de gènes spécifiques (Allen *et al.*, 2010). Elle se caractérise par des modifications structurales, dans le cas de la membrane externe des bactéries à Gram-, et métaboliques, dans le cas du bacille de la tuberculose insensible à un grand nombre d'antibiotiques en s'opposant à l'action des antibiotiques par le biais de son métabolisme original. Les gènes de résistance sont exprimés soit d'une manière constitutive ou bien induite en répondant à un signal enzymatique établi par la mise en œuvre d'un processus d'échappement vis-à-vis de l'antibiotique (Doyle *et al.*, 2006).

3.2.2. Résistance acquise

Elle est due à des modifications dans le profil d'expression génique via des mutations ponctuelles ou acquises. Grâce à ce processus, les bactéries partagent entre elles des informations génétiques, ce qui leur confère un très grand pouvoir d'adaptation aux milieux environnementaux qu'elles habitent (Springman *et al.*, 2009).

3.3. Principaux mécanismes de résistance

La résistance bactérienne aux antibiotiques est apparue rapidement après leurs introductions dans le traitement des maladies infectieuses, les principaux mécanismes élucidés à ce jour sont principalement (Joffin et Leyral, 2006 ; Senez, 1968).

3.3.1. Perméabilité limitée à l'antibiotique

Les bacilles à Gram négatif sont naturellement résistants, le plus souvent aux antibiotiques hydrophobes et/ou de masses moléculaires élevées, car ces antibiotiques ne peuvent traverser la membrane externe de la paroi (Joffin et Leyral, 2006).

3.3.2. Production d'enzymes inactivant l'antibiotique

Certaines bactéries produisent des enzymes comme β -lactamases, enzymes présentes dans l'espace péri-plasmique de la bactérie. Elles permettent la destruction de l'antibiotique avant qu'ils puissent atteindre leurs cibles (Joffin et Leyral, 2006).

3.3.3. Résistance par transfert de gènes

Elle est due à l'acquisition d'un plasmide ou d'un transposon codant pour des protéines conférant une résistance accrue à des familles d'antibiotiques, elle peut être transmissible entre bactéries d'espèces différentes (Joffin et Leyral, 2006).

3.3.4. Résistance par mutation chromosomique

Elle est due à des mutations qui se produisent au hasard sur le chromosome bactérien, la mutation chromosomique ne s'exerce que vis-à-vis d'un seul antibiotique et n'est en principe pas transférable d'une espèce bactérienne à l'autre (Joffin et Leyral, 2006).

3.3.5. Modification de la cible ou absence de récepteur

Modification des PLP (protéines liant les pénicillines) sont des enzymes qui catalysent l'étape finale de la biosynthèse du peptidoglycane et qui est la cible des β -lactamines. La fixation des β -lactamines aux PLP empêcherait la synthèse du peptidoglycane (Joffin et Leyral, 2006).

Le présent travail a pour but d'évaluer l'activité antibactérienne des polyphénols totaux obtenus à partir des extraits de feuilles et leurs interactions avec les antibiotiques. La partie expérimentale s'est déroulée durant la période de 3 mois allant du mois de Mars à Mai 2022. Les préparations des poudres et les tests antibactériens ont été réalisés au niveau du laboratoire de traitement des eaux G03 département des sciences agronomiques à UMMTO. Les dosages des polyphénols ont été réalisés au niveau de laboratoire de recherche biotechnologique et biochimie analytique département de BMC à UMMTO.

1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des feuilles de cinq plantes médicinales qui ont été collectées en avril 2022 dans la région d'Ihesnaouen (figure N° 18), la zone d'échantillonnage loin des habitations, des routes et de toute exploitation agricole.



Figure N° 18 : Zone d'échantillonnage village AIT HESSANE, Tizi-Ouzou (google map, 2022).

Les feuilles ont été triées et lavées à l'eau distillée, celles-ci sont séchées à température ambiante à l'abri de la lumière puis broyées en fine poudre et conservées à l'obscurité (voir la figure N° 19). Les plantes sont sélectionnées en tenant compte de leurs utilisations thérapeutiques dans la médecine traditionnelle kabyle.



Figure N° 19 : Préparation de poudre à partir du matériel végétal. (Personnel)

2. Matériels

2.1. Souches bactériennes

Bactérie gram négatif : *Escherichia coli* ATCC 25922 et Bactérie gram positif : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 obtenus au niveau du laboratoire de recherche biotechnologique et biochimie analytique. Le choix de ces souches est motivé par leur potentielle pathogènes et leur localisation sur l'homme et l'animal.

2.2. Milieux de culture

Les milieux de culture utilisés dans notre étude sont :

- Gélose Mueller Hinton : riche pour la réalisation de l'antibiogramme.
- Gélose Hektoen : milieu de culture sélectif adapté à la recherche des entérobactéries spécifiquement *Escherichia coli*.
- Gélose Chapman : milieu de culture sélectif adapté à la recherche et isolement des *Staphylocoques*.

Le choix de milieu de culture est basé sur les propriétés physiques et chimiques des différentes géloses disponibles.

2.3. Préparation des extraits

La préparation des extraits se fait en versant 20 g de feuilles en poudre dans un erlenmeyer, puis les macérer sous agitation à 100 rpm à température ambiante dans 200 ml d'eau distillée pendant 24 h. Le macérât est ensuite filtré une première fois par une passoire et une deuxième fois sur papier filtre afin d'éliminer le maximum de matière végétale jusqu'à obtention d'un liquide limpide et homogène. Le filtrat obtenu est séché dans des plateaux en verre puis le grattés avec une lame afin d'obtenir une poudre assez fine (figure N° 20).

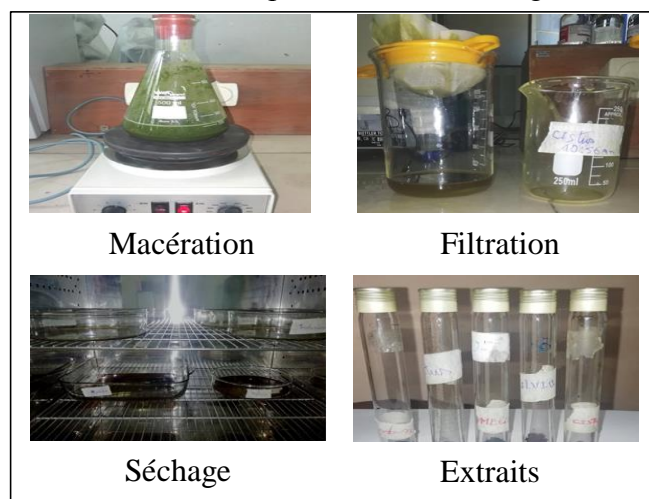


Figure N° 20 : Extraction des polyphénols totaux (Personnel)

3. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est effectué selon la méthode d'utilisation de réactif Folin Ciocalteu (Li *et al.*, 2008).

Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'Acid Phosphomolybdique. Ce dernier est réduit lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques contenus dans l'échantillon analysé (Moualek, 2018).

200 µl d'extrait dissout dans de l'eau distillée à la concentration de 40µg/ml sont mélangés à 1 ml du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au dixième) et 800 µl d'une solution de carbonate de sodium à 75 mg/ml. Le mélange est incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 45 minutes. L'absorbance est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à 760 nm et les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g) en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique réalisée aux concentrations allant de 10 à 100 µg/ml (figure N° 21).

Les solutions des extraits ainsi que la gamme d'étalonnage sont préparés le même jour dans les mêmes conditions opératoires.

Le blanc est préparé en mélangeant 200 µl d'eau distillée avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué au dixième) et 800 µl de solution de carbonate de sodium.

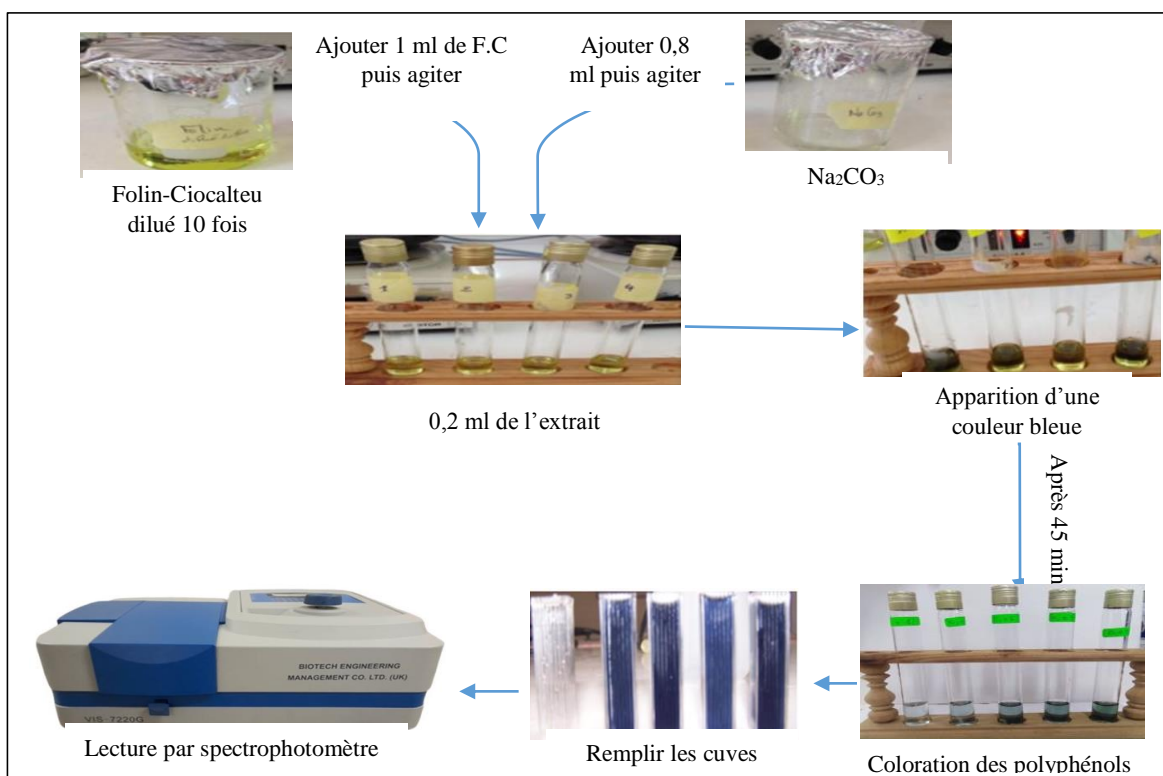


Figure N° 21 : Schéma représentatif de protocole du dosage des polyphénols totaux. (Personnel)

4. Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait aqueux des Cinq plantes est évaluée par la méthode de diffusion sur gélose décrite par Falleh *et al.* (2008) vis-à-vis de deux souches de références voir *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 et *Escherichia coli* ATCC 25922.

Les souches bactériennes sont préalablement revivifiées en milieu BHIB pendant 24 h à 37 °C, isolées en colonies par la méthode des stries sur milieu sélective (gélose hektoen pour *Escherichia coli* et gélose Chapman pour *Staphylococcus aureus*) puis ré incubées à 37 °C pendant 24 h (figure N° 22).

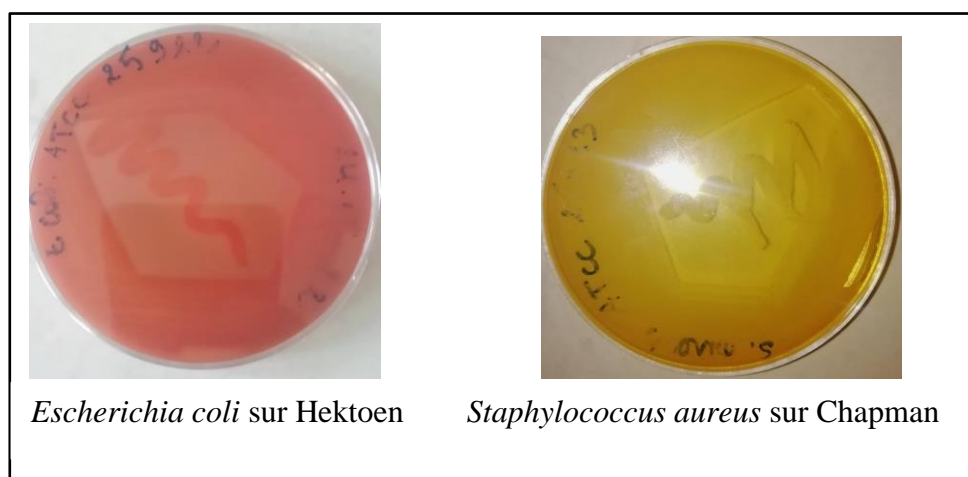


Figure N° 22 : Isolement des souches bactériennes (**Personnel**)

Une ou plusieurs colonies sont prélevées pour réaliser une suspension standardisée dans l'eau physiologique NaCl a 9,5 % avec un Do à 620 nm = 0,08 à 0,1 mesuré par le spectrophotomètre de la figure N° 23.



Figure N° 23 : Spectrophotomètre utilisé pour l'absorption des souches bactériennes.

De nouvelles boîtes sontensemencées à partir de cet inoculum par écouvillonnage. (**Personnel**)

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Les disques de papier Whatrnan n° 1 de 6 mm de diamètre, stériles, sont déposés à la surface du milieu Mueller Hinton puis chargés de 15 µl des extraits aqueux avec une concentration de 0,5 g/ml pour *Escherichia coli* et 0,2 g/ml pour *Staphylococcus aureus*.

Les disques des contrôles négatifs (imprégnés d'eau distillée) et des contrôles positifs (antibiotique de référence ofloxacine 10 µg/disque, ampicilline 10 µg/disque) sont placés à la surface de ces boîtes. Puis le tout est pré-incubé pendant 30 minutes sur la paillasse à température ambiante puis incubé à 37 °C pendant 24 h dans une étuve.

Les résultats correspondants aux diamètres des zones d'inhibition produites autour des Disques sont exprimés en millimètre.

1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux

Polyphénols sont des produits de métabolites secondaires qui sont trouvés dans plusieurs aliments et ont un effet bénéfique sur la santé humaine en protégeant contre différentes maladies tel que le diabète, les infections et le cancer suite à leurs effet antioxydant, anti-inflammatoire et anticancéreux (Bouteldja, 2020). La diversité des extraits des plantes *Melissa officinalis*, *Salvia officinale*, *Pulicaria odora*, *Cistus salviifolius* et *Myrtus communis* en métabolites secondaires se traduit par leur taux des polyphénols.

Chaque extrait brut obtenu par macération dans de l'eau distillée a subi une analyse quantitative par dosage spectrophotométrie de la teneur en polyphénols.

Les analyses quantitatives des polyphénols totaux, ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard (figure N° 24). Les résultats obtenus sont exprimés respectivement en équivalent acide gallique par microgramme d'extrait.

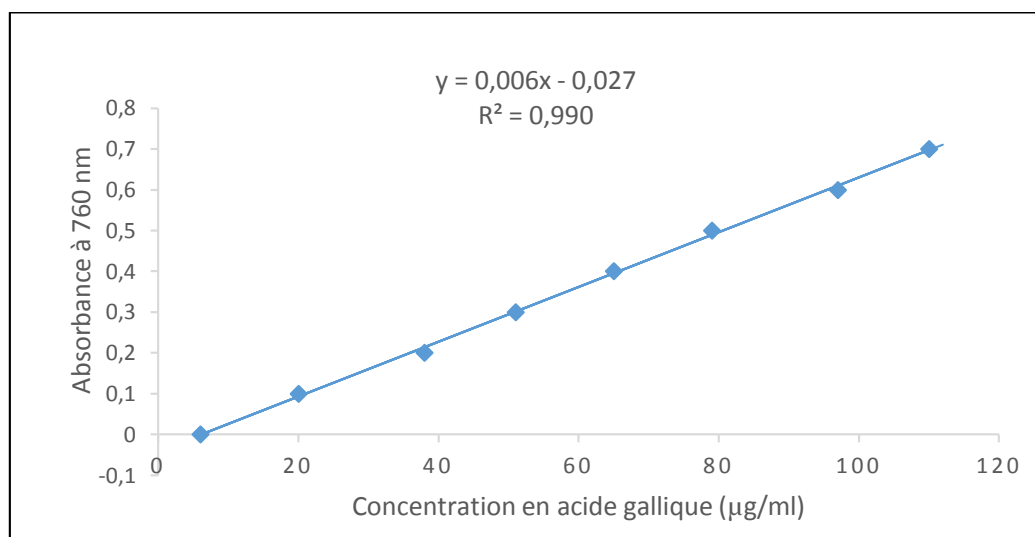


Figure N° 24 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Moualek, 2018).

La figure N° 25 représente la variation de l'intensité de la couleur dans les différents extraits.

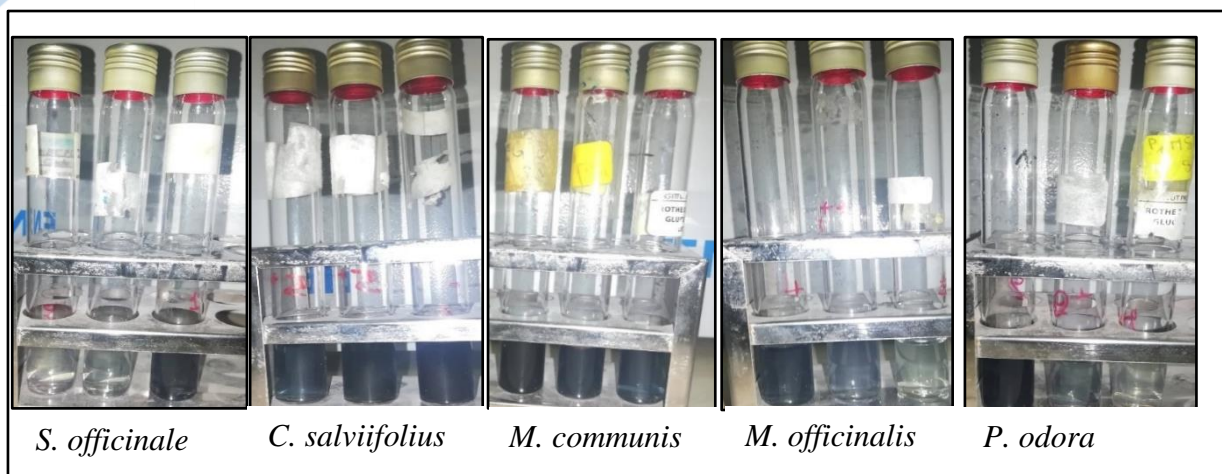


Figure N° 25 : Différentes colorations des extraits

Une différence de couleurs a été observé dans les extraits allant du plus claire pour les extraits de *Silvia officinale* et *Pulicaria odora* vers le plus foncé pour les extraits de *Cistus salviifolius* et *Melissa officinalis*. Nous remarquons aussi que l'intensité de la couleur est proportionnelle à la quantité de composés phénolique contenue dans les trois extraits de la même plante.

Le tableau ci-dessous représente les teneurs en polyphénols totaux des différentes fractions en mg EAG/g d'extrait. Les valeurs obtenus dans le tableau ont montré une variation de la teneur moyenne en polyphénols entre les cinq plantes étudiées. La concentration la plus élevée des polyphénols a été mesurée dans l'extrait *Myrtus communis* avec un taux de 316 mg EAG/g d'extrait, les extraits de *Cistus salviifolius* et de *Melissa* ont des teneurs respectivement de l'ordre de 266 et 103 mg EAG/g d'extrait. Les concentrations les plus faibles des polyphénols ont été mesurées dans les extraits de *Pulicaria odora* et de *Silvia officinale* avec des teneurs respectivement de l'ordre de 67 et 54 mg EAG/g d'extrait.

Tableau N° 12 : Résultats du dosage des polyphénols

Plante	Concentration mg EAG/g d'extrait
<i>Silvia officinale</i>	54
<i>Cistus salviifolius</i>	266
<i>Myrtus communis</i>	316
<i>Melissa officinalis</i>	103
<i>Pulicaria odora</i>	67

1.1. Dosage de *Salvia officinalis*

La teneur moyenne en polyphénols de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* est de 54 mg EAG/g d'extrait, notre concentration rentre dans les normes par rapport aux résultats obtenus dans les autres études (figure N° 26).

- L'étude menée par Kasrani et Mouhoub (2019) a une concentration inférieure à la nôtre où il a montré que l'extrait méthanolique avec une valeur de $30,378 \pm 0,0467$ mg EAG/g a une valeur plus importante que l'extrait aqueux avec une valeur de $19,896 \pm 0,1176$ mg EAG/g.
- L'étude menée par Amrioui et Noghag (2019) la concentration des polyphénols totaux de l'extrait éthanolique de *Salvia* par macération est égale $87,16 \pm 1,95$ mg EAG/g E supérieure à notre résultat.
- Dans une étude comparative menée par Bouteldja (2020) a montré une variation de concentration en polyphénols totaux on fonction du solvant utilisé. Ces résultats sont de $74,54 \pm 0,65$ mg EAG/g dans l'extrait éthanolique, $50,78 \pm 0,19$ mg EAG/g dans l'extrait méthanolique, $38,54 \pm 0,04$ mg EAG/g dans l'extrait aqueux.
- L'étude menée par Tamert *et al.* (2012) a marqué un taux de $42,708 \pm 2,945$ mg EAG/g d'extrait. Cette valeur reste inférieure à la nôtre.

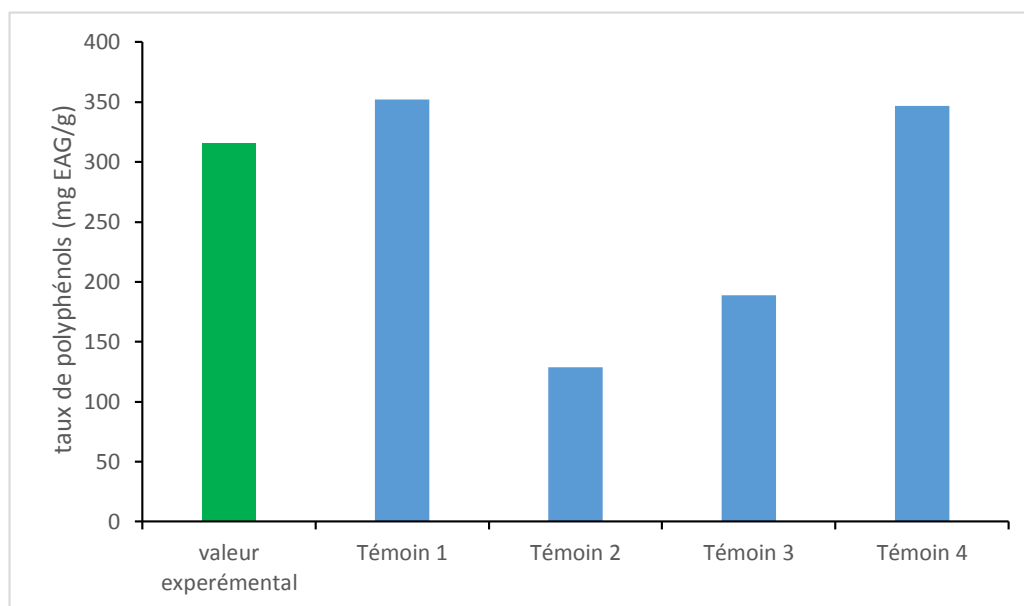


Figure N° 26 : Histogramme comparatif de l'extrait *Salvia officinalis* L.

1.2. Dosage de *Cistus Salviifolius L.*

La teneur moyenne en polyphénols de *Cistus Salviifolius L.* est de 266 mg EAG/g d'extrait, notre concentration est dans les normes par rapport à la littérature des composés phénoliques de *Cistus Salviifolius L.* (figure N° 27).

- L'étude menée par Sayah (2021) a marqué un taux de $408,43 \pm 1,09$ mg EAG/g d'extrait, ce résultat est relativement plus élevé à notre valeur
- L'étude menée par Kada (2018) montre que les extraits méthanolique de *Cistus Salviifolius L.* renferment la plus grande quantité de polyphénols totaux avec $414,70 \pm 0,01$ mg EAG/g par rapport au extrait aqueux qui renferme $291,48 \pm 0,08$ mg EAG/g.
- L'étude menée par Sultan *et al.* (2020) a marqué un taux relativement inferieur que celui dans notre étude avec une concentration 199 ± 2 mg EAG/g d'extrait.
- L'étude menée par Kammoun El Euch (2015) montre que les extrait méthanolique de *Cistus Salviifolius L.* à une concentration $286,99 \pm 2,96$ mg EAG/g d'extrait. Cette valeur est plus au moins à la nôtre.

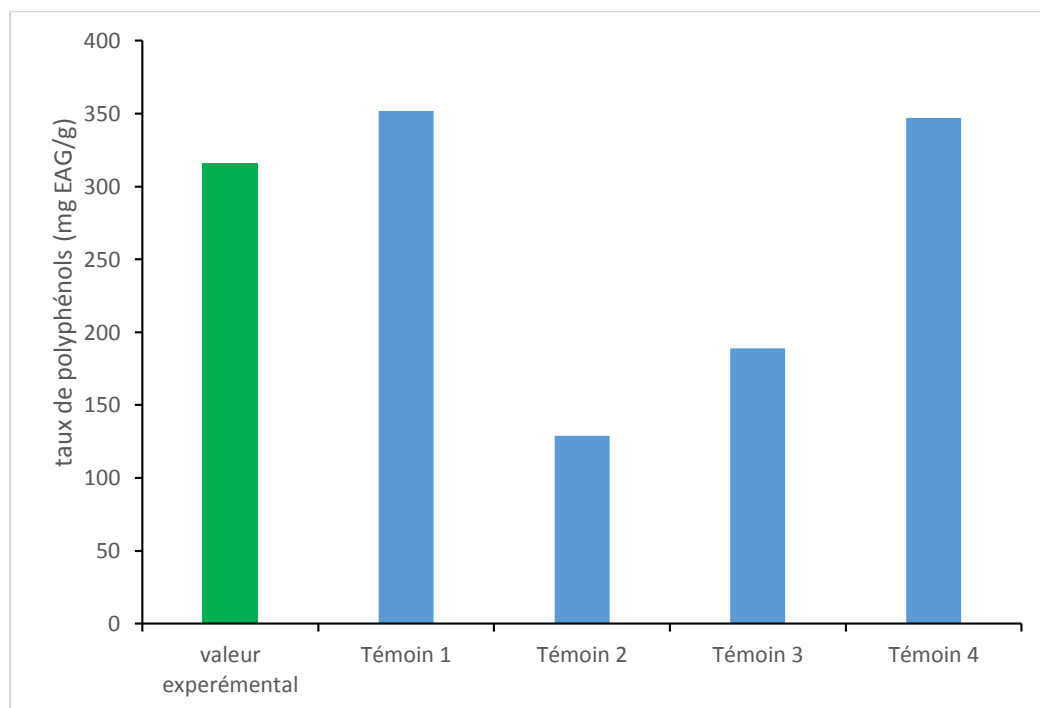


Figure N° 27 : Histogramme comparatif de l'extraits *Cistus Salviifolius L.*

1.3. Dosage de *Myrtus communis L.*

La teneur moyenne en polyphénols de *Myrtus communis L.* est de 316 mg EAG/g d'extrait, Les travaux rapportés dans la littérature sur les composés phénoliques de *Myrtus communis L.* concernent surtout les feuilles ; cependant, quelques-unes d'entre elles concernent aussi les baies (figure N° 28).

- L'étude menée par Gardeli *et al.* (2007) a marqué une variation des taux de polyphénols selon la date de la récolte des feuilles, les résultats sont de $307 \pm 7,4$ dans le mois de février, $352 \pm 4,0$ dans le mois de mai, $373 \pm 0,5$ dans le mois d'août.
- L'étude menée par Brahmia *et al.* (2017) a marqué une variation des taux de polyphénols selon le solvant. La teneur la plus élevée est constatée dans l'extrait de méthanol 70 %, elle est de l'ordre de $129,23 \pm 2,30$ mg GAE/g suivi par l'extrait aqueux avec une teneur de $112,96 \pm 1,74$ mg GAE/g, puis extrait de l'acétone 70 % avec une teneur de $96,46 \pm 1,11$ mg GAE/g
- L'étude menée par Touaibia et Chaouch (2013) a marqué un taux de polyphénols in vitro de 189 mg GAE/g et in situ de 487 mg GAE/g.
- L'étude menée par Benchegra et Haddad (2013) a montré que les teneurs en polyphénols totaux obtenus se différencient de $347,66 \pm 4,25$ mg EAG/g jusqu'à $396,61 \pm 9,15$ mg EAG/g et ce selon la méthodes d'extraction utiliser.

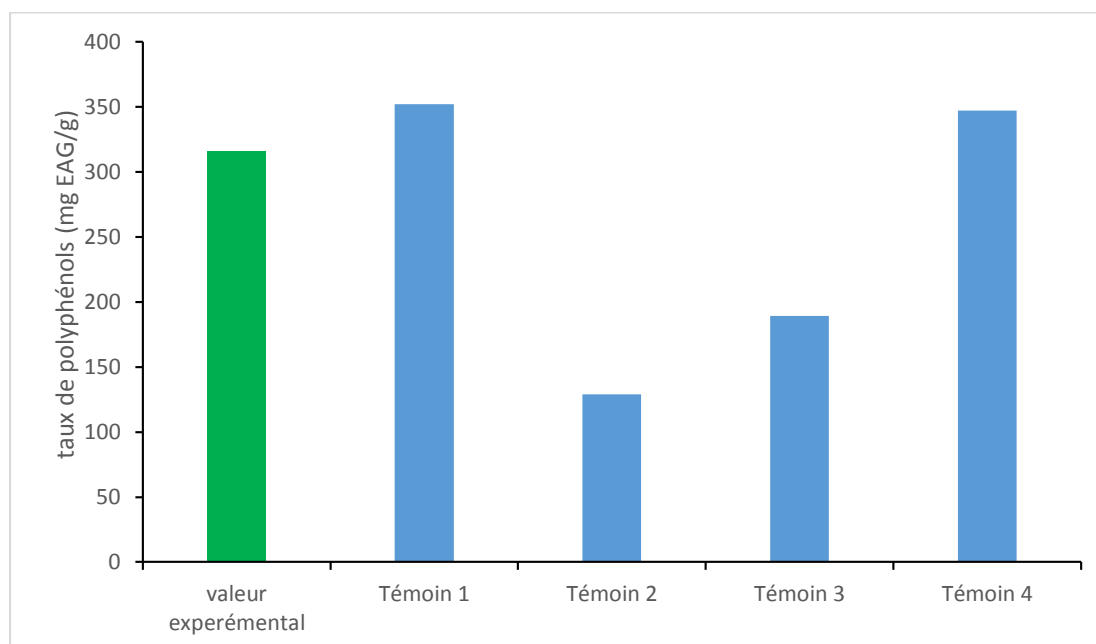


Figure N° 28 : Histogramme comparatif de l'extrait *Myrtus communis L.*

1.4. Dosage de *Melissa officinalis*

La teneur moyenne en polyphénols dans l'extrait de *Melissa officinalis* est de 103 mg EAG/g d'extrait, le résultat obtenu sont similaire au d'autre travaux rapportés dans la littérature sur les composés phénoliques de la *Melissa officinalis* (figure N° 29).

- L'étude menée par Alloun (2019) marque une concentration de 61.20 mg EAG/g.
- Les résultats obtenus par Ben Aicha (2021) ont montré que *Melissa officinalis* présente une teneur importante en polyphénols estimée à 118,62±6,57mg EAG /g.
- Les résultats obtenus par Bounihi (2016) avec une concentration de 23,53mg EAG /g sont assez inférieures par rapport à notre résultat et à la littérature des composés phénolique de la *Melissa officinalis*.
- Dans une autre étude comparative de Brahmi (2015) la teneur en polyphénols totaux la plus élevée est attribuée à l'échantillon séché à l'air libre 120,485 ± 20,965 mg EC / g, par rapport à l'échantillon séché à 40 °C, la teneur est de 102,115 ± 4,245 mg EC/g.

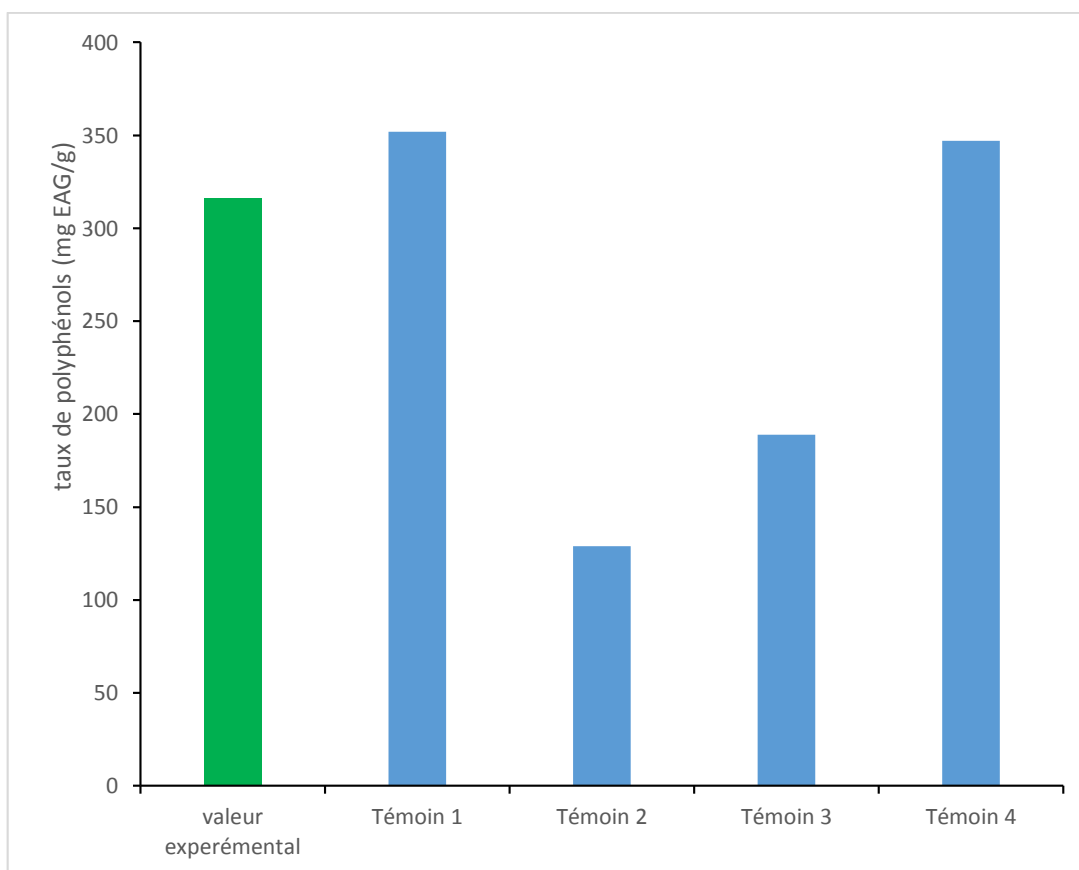


Figure N° 29 : Histogramme comparatif de l'extraits *Melissa officinalis* L.

1.5. Dosage de *Pulicaria odora*

La teneur moyenne en polyphénols de *Pulicaria odora* est de 67 mg EAG/g d'extrait, cette valeur est totalement inférieure par rapport au d'autres travaux rapportés dans la littérature sur les composés phénoliques de *Pulicaria odora* (figure N° 30).

- Les résultats de dosage des polyphénols obtenus par Messaoudene et Sbagoud (2015) montre que, la forte teneur en polyphénols a été marquée dans l'extrait aqueux préparé à partir de la poudre est de 115 mg EAG /g, suivie de l'extrait éthanolique avec une valeur de 113,6 mg EAG /g.
- Selon Zefzoufi *et al.* (2020) le contenu phénolique de *Pulicaria odora* a été calculé de $78,25 \pm 0,26$ mg EAG/g.
- L'étude de Bendou (2018) a montré dans son étude que l'extrait éthanolique présente une teneur élevée en (170,909 mg EAG/g) en comparaison avec l'extrait aqueux (100,272 mg EAG/g).
- Les résultats obtenus par Touati *et al.* (2018) le contenu phénolique total des extraits méthanoliques des feuilles ont donné les meilleurs teneurs totaux en polyphénols d'une valeur de $90 \pm 0,63$ mg EAG /g.

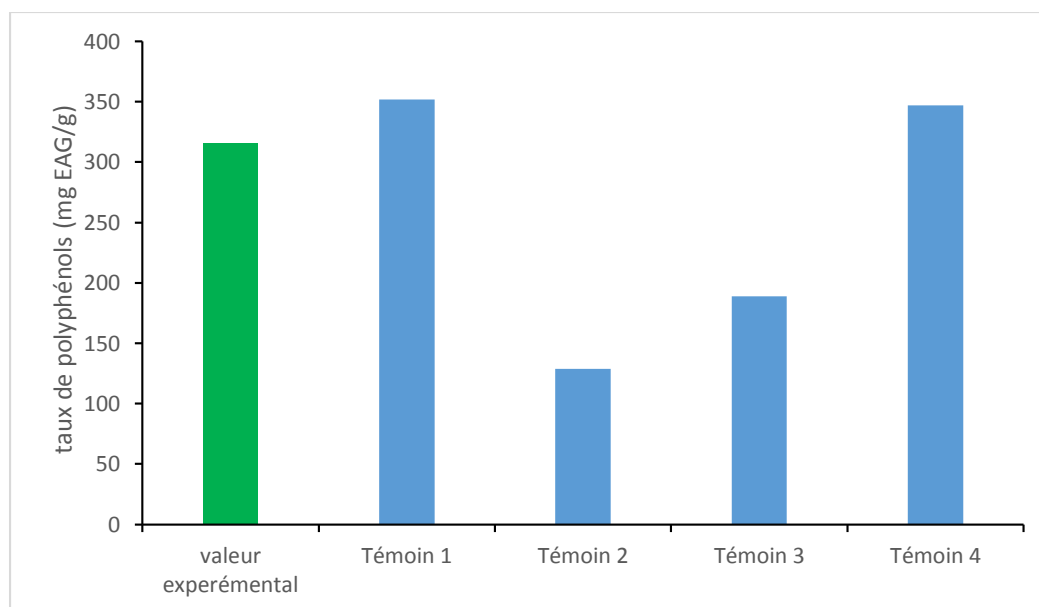


Figure N° 30 : Histogramme comparatif de l'extrait *Pulicaria odora* L.

D'une façon générale, les caractéristiques et la teneur en polyphénols dans les extraits des végétaux dépendent de plusieurs paramètres biotiques et abiotiques, la saison de récolte des feuilles et le mode de séchage de ces derniers et la méthode d'extraction et aussi le solvant utiliser.

- Selon Cioroi et Dumitriu (2009), la variation de taux de polyphénols varie selon l'environnement de la culture ainsi le stress environnementale.
- Selon Benard (2009) les conditions de la lumière et la température étaient des facteurs déterminant des concentrations en polyphénols.
- Selon Gardeli *et al.* (2008) les caractéristiques structurelles et les quantités de constituants phénoliques présents dans la matière végétale en cours de récolte ont rapporté que la quantité de composés phénoliques est liée à l'ampleur de leur accumulation au cours de cycle végétatif. Suivant ces résultats, la plus haute accumulation de constituants phénoliques s'est produite au stade de la floraison.
- Selon Kouwelton *et al.* (2021) le mode de séchage influence le phénomène d'extraction des polyphénols, car la modélisation a montré qu'il est significatif au niveau du rendement solide-liquide et de la concentration en polyphénols. Il ressort de l'optimisation que le mode de séchage à l'air libre donne les meilleurs résultats pour le rendement solide liquide et la concentration en polyphénols.
- Selon Mahmoudi (2013), l'extraction des composés poly-phénoliques est une étape cruciale pour la valorisation de ces principes actifs, elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques.

2. Activité antibactérienne

Les antibiotiques ont constitué une découverte thérapeutique importante pour la santé humaine. Leur utilisation a permis de diminuer le taux de mortalité et de morbidité mondiale depuis longtemps. Cependant, le mauvais usage de ces agents antimicrobiens et leur utilisation accrue ont eu pour conséquence de faire apparaître certaines formes de résistances des souches microbiennes contrebalançant les effets des antibiotiques. Les bactéries pathogènes, grâce à leur flexibilité et plasticité génétique, sont capables de mettre en place un programme de résistance spécifique contre un antibiotique particulier. En effet, certaines souches arrivent à rétablir une multi-résistance vis-à-vis de plusieurs antibiotiques à la fois donnant lieu à ce qu'on appelle les bactéries multi-résistantes aux antibiotiques.

Face à ce problème, beaucoup d'études ont été réalisées pour développer des molécules alternatives efficaces contre ces maladies infectieuses. Les plantes médicinales et aromatiques constituent une source importante de molécules bioactives qui pourraient être exploitées dans la thérapie des maladies infectieuses en effet, depuis l'antiquité, les plantes et leurs dérivés ont été utilisés dans la médecine populaire.

De nombreuses études in vitro menées sur le potentiel antibactérien des composés phénoliques les ont confirmés comme agents antimicrobiens contre un grand nombre de microorganismes pathogènes avec des spectres d'activités variables.

Dans cette partie de travail, on a testé l'activité antibactérienne des extraits aqueux des feuilles de *Melissa officinalis*, *Salvia officinale*, *Pulicaria odora*, *Cistus salviifolius* et *Myrtus communis* et la synergie entre ces derniers avec deux antibiotiques qui sont Oflaxacin et Ampicilline, les effets ont été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur disque, vis-à-vis de deux souches bactériennes de référence qui sont : *Escherichia coli* ATCC 25922 bactéries gram négatives, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 bactéries gram positives.

2.1. *Salvia officinalis*

2.1.1. Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis*

Les résultats des tests antibactériens ont été mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau N° 13 : résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* L.

	Boite 1 E.coli	Boite 2 E.coli	Boite 1 S.aureus	Boite 2 S.aureus
Témoins négatif	06	06	06	06
Extrait	06	06	06	06
Oflaxacin	30	22	28	27
Oflaxacin+ Extrait	30	22	27	27
Ampicilline	15	15	30	28
Ampicilline +Extrait	12	13	30	29

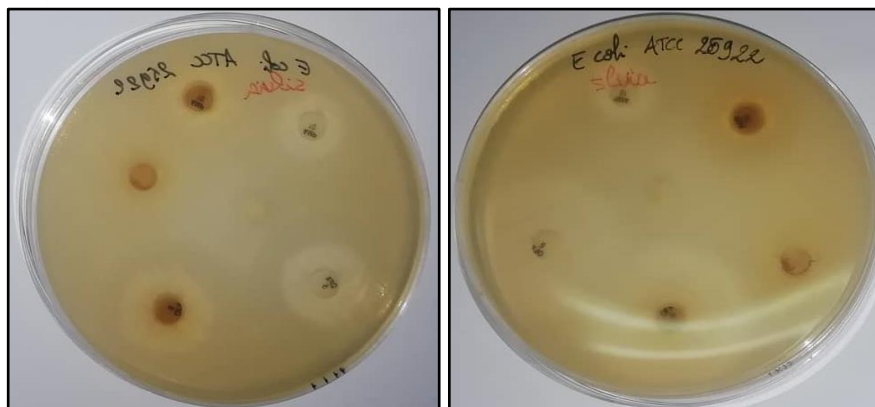


Figure N° 31 : Effets de l'extrait *Salvia officinalis* L. sur *Escherichia coli*

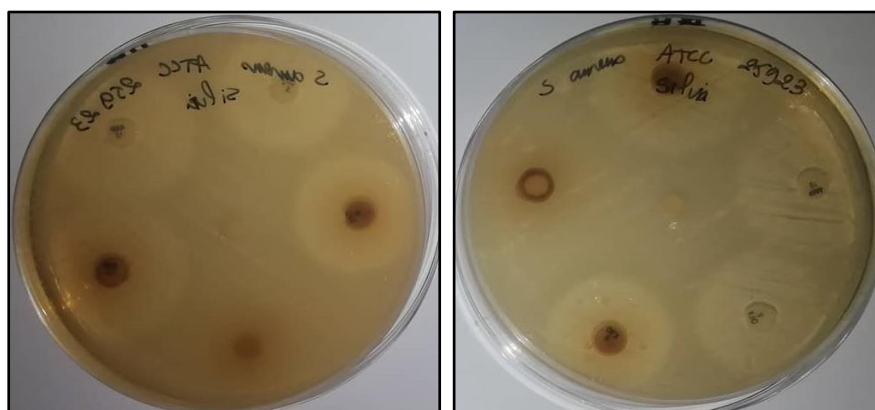


Figure N° 32 : Effets de l'extrait *Salvia officinalis* L. sur *Staphylococcus aureus*

L'extrait aqueux de feuilles *Salvia officinalis* de concentration de 0,2 g/ml, ne représente aucune activité vis-à-vis des deux souches bactériennes (figure N° 31 et 32). Ceci est justifié par la quantité et la qualité des polyphénols contenus dans les feuilles, et par la méthode d'extraction adaptée ou certains principes actifs à activité antibactérienne. Ces principes actifs sont plus solubles dans d'autres solvants organiques que dans l'eau. Si on compare notre résultat avec d'autres travaux effectués, sur la même plante, nous constatons que ces résultats sont similaires avec les travaux menés dans la littérature d'activité antibactérienne des extraits aqueux de *Salvia officinalis*.

- Dans l'étude de Bouteldja (2021) l'activité antibactérienne de *Salvia* est maximale avec l'extrait éthanolique et méthanolique contre *S. aureus*, *E. coli* ($13,63 \pm 0,55$; $13,80 \pm 1,53$) ; ($11,5 \pm 2,17$; $11,6 \pm 0,52$) respectivement, Par contre l'extrait aqueux n'a aucune activité bactérienne vis-à-vis des deux souches testées. Le screening phytochimique de cette étude a démontré l'absence des flavonoïdes et des tanins dans les

extraits aqueux, par contre la présence de ces derniers dans les extraits éthanoliques et méthanoliques ce qui justifiait leur activité antibactérienne.

- L'étude menée par Kasrani et Mouhoub (2019) montre que l'activité de l'extrait méthanolique varie en fonction de la souche bactérienne et la dose employée. *S. aureus*, *E. coli* 22,24±0,62, 11,55±0,15 mm, respectivement, par contre, l'extrait aqueux n'a présenté aucune activité vis-à-vis des quatre souches bactériennes testées, que soit à partir de l'extrait brut ou à partir des différentes dilutions.
- Selon Hayouni (2007) la technique d'extraction, ainsi que le solvant d'extraction ont considérablement affecté le rendement d'extraction, les polyphénols totaux, les activités biologiques et antibactériennes.

2.1.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de *Salvia officinalis*

Les tests de laboratoire visant à démontrer une interaction entre les antibiotiques et l'extrait qui peuvent être simples à mettre en œuvre un antibiogramme. D'après les résultats, les deux antibiotiques et l'extrait aqueux marquent un effet indifférence, l'activité des deux antibiotiques n'est pas affectée par la présence de l'extrait, ce résultat peut s'expliquer par l'absence d'une complémentarité ou d'interaction entre les molécules bioactives de l'extrait et les antibiotiques contre les deux souches testées.

2.2. *Cistus salvifolius*

2.2.1. Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Cistus salvifolius*

Les résultats des tests antibactériens ont été mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau N° 14 : résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de *Cistus salvifolius* L.

	Boite 1 E.coli	Boite2 E.coli	Boite 1 S.aureus	Boite 2 S.aureus
Témoins négatif	06	06	06	06
Extrait	14	12	17	14
Oflaxacin	25	30	28	28
Oflaxacin+ Extrait	18	25	22	23
Ampicilline	15	16	30	30
Ampicilline+ Extrait	10	12	27	26

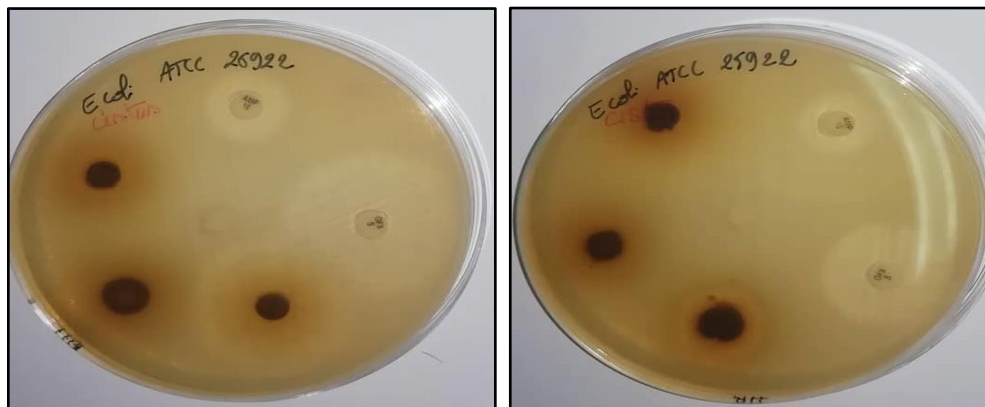


Figure N° 33 : Effets de l'extrait *Cistus salvifolius L.* sur *Escherichia coli*

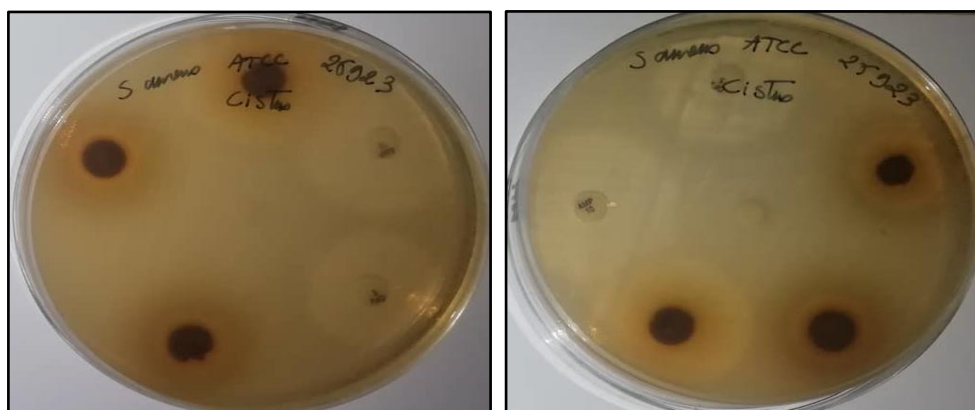


Figure N° 34 : Effets de l'extrait *Cistus salvifolius L.* sur *Staphylococcus aureus*

L'extrait aqueux de feuilles *Cistus Salviifolius* d'une concentration de 0,2 g/ml, présente une activité antibactérienne très importante vis-à-vis des deux souches bactériennes testées (figure N° 33 et 34). L'analyse de ces résultats montre clairement un effet plus important de cet extrait sur les bactéries gram positif que les bactéries gram négatif, ce qui est justifié par la présence de la membrane externe des grams négatifs qui empêche la pénétration des principes actifs hydrophiles donc diminution de l'efficacité de l'extrait.

- Les résultats obtenus par Kada (2018) montrent que les extraits de *C. salvifolius* ont un effet inhibiteur de la croissance d'*Escherichia coli* avec un diamètre d'inhibition de 14 mm pour la concentration de 0,2 g/ml, mais y'a aucun effet remarqué avec la souche *Staphylococcus aureus*.
- Les résultats de l'étude de Mahmoudi *et al.* (2016) indiquent que les extraits à l'éthanol de *Cistus salvifolius* à 70 % ont une activité antibactérienne vis-à-vis des souches

bactériennes *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* avec un diamètre d'inhibition respectivement de l'ordre de $18,5 \pm 1,5$ mm $17,5 \pm 1,5$ mm.

2.2.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de *Cistus salvifolius*

D'après les résultats, les deux antibiotiques et l'extrait aqueux marquent un effet d'antagonisme. L'association de l'antibiotique avec l'extrait diminue l'effet des deux antibiotiques voir Oflaxacin et Ampicilline. L'activité de cette association est inférieure à la somme des effets de l'antibiotique tout seul. Ce résultat peut être justifié par une compétition entre les deux molécules ou bien par l'induction d'un mécanisme de résistance par l'une des molécules. La compétition entre les deux molécules, ce n'est tant au niveau des PLP qu'elle se manifeste mais plus au niveau du passage des porines. En effets, l'entrée de la molécule la plus active via les porines est gênée par l'autre.

2.3. *Myrtus communis*

2.3.1. Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Myrtus communis*

Le tableau ci-dessous représente les résultats des tests antibactériens.

Tableau N° 15 : résultats des activités antibactérienne de l'extraits aqueux de *Myrtus communis* L.

	Boite 1 E.coli	Boite 2 E.coli	Boite 1 S.aureus	Boite 2 S.aureus
Témoins négatif	06	06	06	06
Extrait	06	06	13	18
Oflaxacin	20	19	27	26
Oflaxacin +Extrait	20	20	26	27
Ampicilline	17	17	30	30
Ampicilline+ Extrait	15	17	30	30

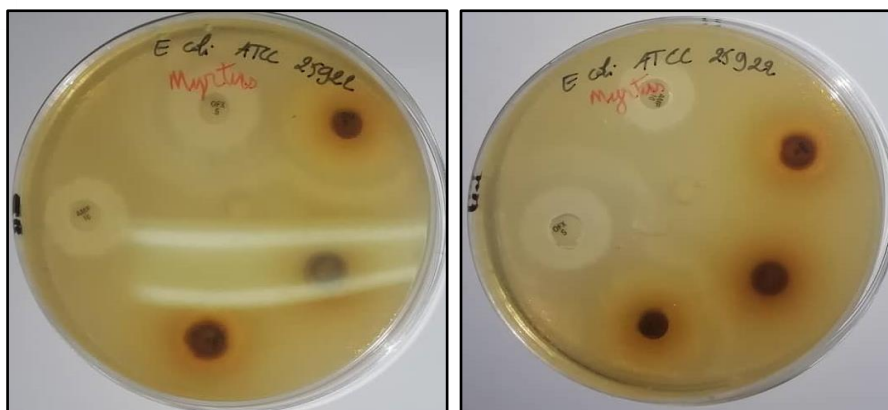


Figure N° 35 : Effets de l'extrait *Myrtus communis L.* sur *Escherichia coli*

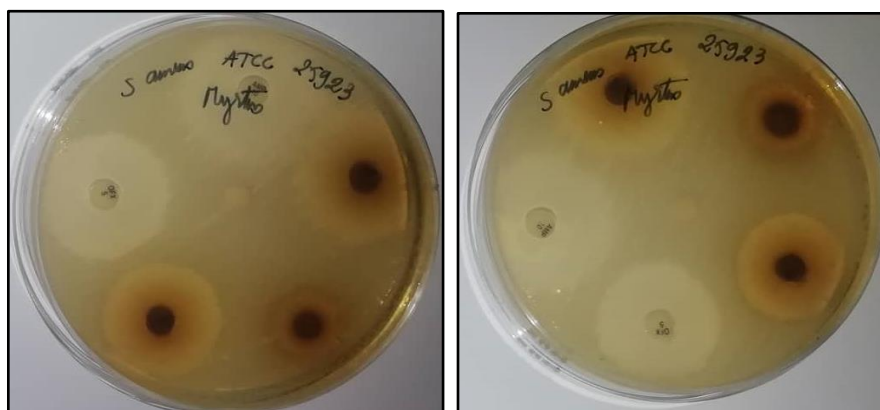


Figure N° 36 : Effets de l'extrait *Myrtus communis L.* sur *Staphylococcus aureus*

L'extrait aqueux de feuilles *Myrtus communis* d'une concentration de 0,2 g/ml, présente une activité antibactérienne très importante vis-à-vis la souche bactérienne gram positif *Staphylococcus aureus* (figure N° 36), et aucune activité n'a été observée vis-à-vis la souche bactérien gram négatif *Escherichia coli* (figure N° 35). La zone d'inhibition est de l'ordre de 18 mm pour les *Staphylococcus aureus*. Ce résultat peut être justifié par la présence de la membrane externe des grams négatifs qui joue un rôle d'une barrière des molécules bioactives. Le résultat reste similaire à la plupart des travaux menés sur d'activité antibactérienne de *Myrtus communis*.

- Les résultats de Meghrabi et Ouanouki (2018) ont marqué une activité antibactérienne vis-à-vis les deux souches bactériennes *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de 9,17 et 9,91 mm respectivement. Ce résultat peut être justifié par la méthode d'extraction dans leur étude par décoction, et dans notre étude par macération.

- Les extraits de *Myrtus communis* évalués dans l'étude Mahassine (2013), ont montré un degré variable d'activité inhibitrice contre toutes les bactéries testées, sauf contre *E. coli*, les extraits méthanoliques et éthanoliques des feuilles de *Myrtus communis* ont montré le plus haut pouvoir d'activité antibactérienne.
- Les résultats de Boumidouna et Kouar (2019) ont montré que les bactéries à gram négatif comme *Escherichia coli* sont résistantes à l'extrait, par contre les bactéries à gram positif comme *Staphylococcus aureus* sont sensibles avec une zone d'inhibition égale à 10 mm.

2.3.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de *Myrtus communis*

Afin mettre en évidence une interaction entre les antibiotiques et l'extrait *Myrtus communis*, des tests réalisés au laboratoire. Nos résultats sont similaires aux résultats d'association des antibiotiques avec l'extrait de *Salvia officinalis*, les deux antibiotiques et l'extrait aqueux marquent un effet indifférence. L'activité des deux antibiotiques n'est pas affectée par la présence de l'extrait, ce résultat peut s'expliquer par l'absence d'une complémentarité ou d'interaction entre les molécules bioactives de l'extrait et les antibiotiques contre les deux souches testées.

2.4. *Melissa officinalis*

2.4.1. Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Melissa officinalis*

Le tableau ci-dessous représente les résultats des tests antibactériens de l'extrait aqueux de *Melissa officinalis*.

Tableau N° 16 : résultats de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Melissa officinalis* L.

	Boite 1 E.coli	Boite 2E.coli	Boite 1 S.aureus	Boite 2 S.aureus
Témoins négatif	06	06	06	06
Extrait	07	07	09	08
Oflaxacin	28	22	28	28
Oflaxacin +Extrait	26	20	27	27
Ampicilline	17	16	30	30
Ampicilline+ Extrait	17	15	30	30

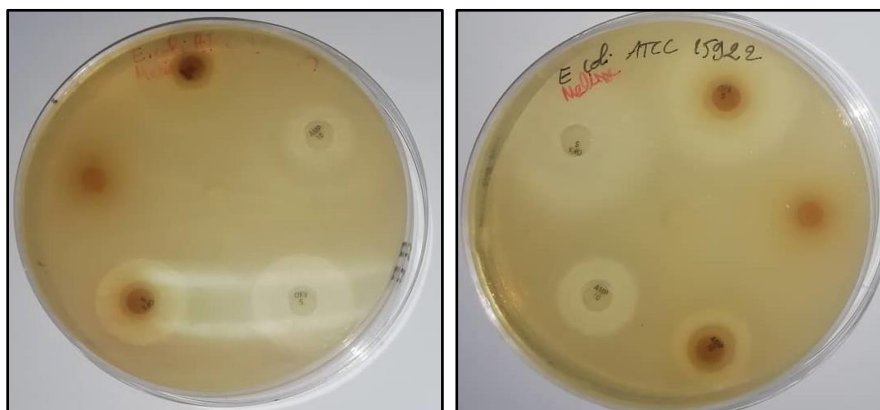


Figure N° 37 : Effets de l'extrait *Melissa officinalis* L. sur *Escherichia coli*

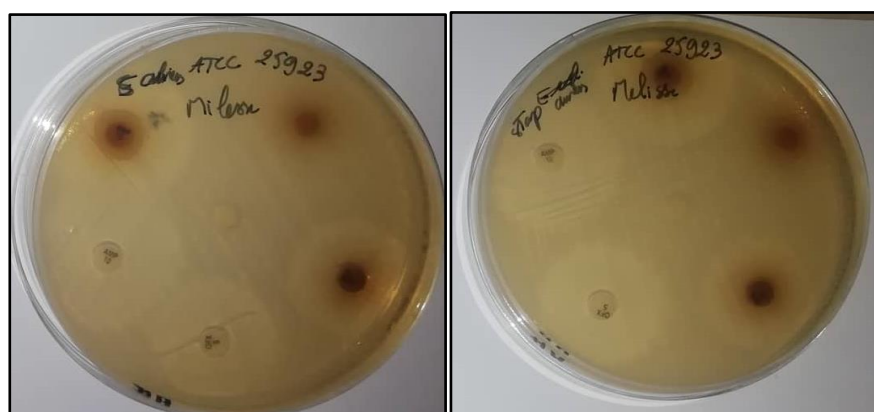


Figure N° 38 : Effets de l'extrait *Melissa officinalis* L. sur *Staphylococcus aureus*

L'extrait aqueux de feuilles de la *Melissa officinalis* d'une concentration de 0,2 g/ml, présente une activité antibactérienne vis-à-vis la souche bactérienne *Staphylococcus aureus* à gram positif. La zone d'inhibition est de l'ordre de 09 mm (figure N° 38). Aucune activité n'a été observée vers la souche bactérienne *Escherichia coli* à gram négatif (figure N° 37). La comparaison de ce résultat avec d'autres travaux effectués et enregistrés sur l'activité antibactérienne des extraits de *Melissa officinalis*.

- Les extraits de *M. officinalis* dans l'étude de Stefanovic et Comic (2016) ont montré l'activité antibactérienne à différentes concentrations. Ces teneurs varient de 5 mg/ml à 40 mg/ml. Les *Escherichia coli*, ont montré une faible sensibilité à l'éthanol extrait, une activité synergique a été démontrée entre les antibiotiques et l'extrait de *Melissa officinalis* en renforcent les activités d'amoxicilline, streptomycine, tétracycline et chloramphénicol. Ils ont signalé aussi que la quantité de composés phénoliques totaux est très élevée avec une concentration de 319,11 mg de GAE/g.

- Dans l'étude menée par Rabban (2015) a montré que les extraits de *Melissa officinalis* ont une activité antibactérienne à partir de la concentration de 6 mg/ml. Par contre dans les bases concentrations, y a aucune activité sur *Escherichia coli*, et la zone d'inhibition de *Staphylococcus aureus* est faible.
- Des résultats similaires à notre menée par Canadanovic-brunet *et al.* (2007) où ils ont montré que les extraits aqueux de *Melissa officinalis* ont une activité antibactérienne sur *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de $13,67 \pm 0,58$ mm, et aucune activité n'a été observée sur l'*Escherichia coli*. La résistance des bactéries gram négatif est probablement due à la membrane externe.

2.4.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de *Melissa officinalis*

D'après les tests réalisés au laboratoire pour une interaction entre les antibiotiques et l'extrait de *Melissa officinalis*, nous déduisons que les deux antibiotiques et l'extrait aqueux marquent un effet indifférence, où l'activité des deux antibiotiques n'est pas affectée par la présence de l'extrait. Ce résultat s'explique par l'absence d'une complémentarité ou d'interaction entre les molécules bioactives de l'extrait et les antibiotiques contre les deux souches testées, notre résultat est incohérent avec les résultats de Stefanovic et Comic (2016), cette incohérence peut se justifier concentration élevée en polyphénols 319,11 mg de GAE/g.

2.5. *Pulicaria odora*

2.5.1. Activité antibactérienne de l'extrait aqueux de *Pulicaria odora*

Les résultats des tests antibactériens ont été mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau N° 17 : résultats des activités antibactérienne de l'extrait aqueux de *Pulicaria odora* L.

	Boite 1 E.coli	Boite 2E.coli	Boite 1 S.aureus	Boite 2 S.aureus
Témoins négatif	06	06	06	06
Extrait	06	06	06	06
Oflaxacin	26	27	29	27
Oflaxacin +Extrait	25	27	27	26
Ampicilline	15	17	30	30
Ampicilline+ Extrait	13	17	30	30

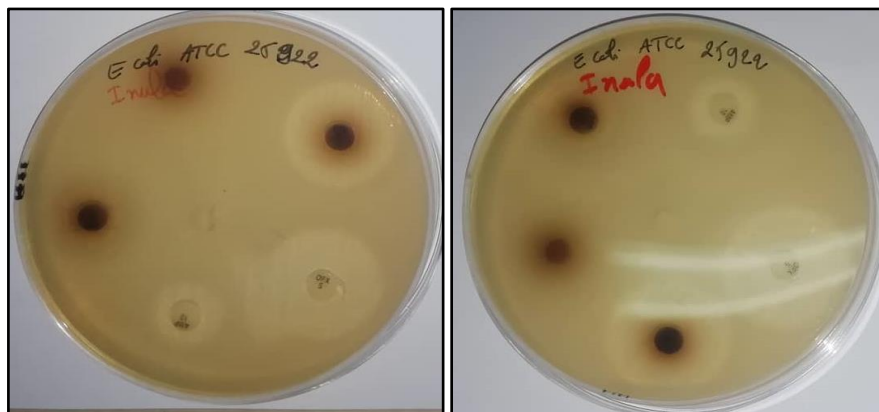


Figure N° 39 : effets de l'extrait *Pulicaria odora L.* sur *Escherichia coli*

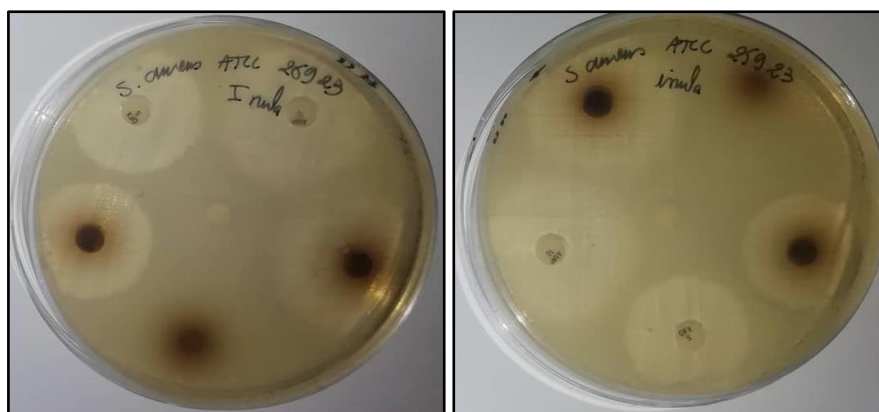


Figure N° 40 : effets de l'extrait *Pulicaria odora L.* sur *Staphylococcus aureus*

L'extrait aqueux des feuilles de *Pulicaria odora* d'une concentration de 0,2 g/ml, ne représente aucune activité vis-à-vis des deux souches bactériennes (figure N° 39 et 40). La comparaison de ce résultat avec d'autres travaux effectués et enregistrés dans la littérature de l'activité antibactérienne des extraits de *Pulicaria odora*.

- L'étude menée par Belal *et al.* (2019) a marqué que les extraits bruts des feuilles fraîches et des racines n'ont pas donné d'effet vis-à-vis les deux souches bactériennes, par contre les extraits hydrométhanolique et méthanolique ont donné des résultats positifs sur les différentes souches bactériennes.
- L'étude menée par Touati *et al.* (2017) a montré que les extraits acétone, chloroforme et méthanolique des feuilles et des racines de *Pulicaria odora* ont une bonne activité contre *S. aureus* avec une zone d'inhibition allant de $11,5 \pm 0,38$ à $30,5 \pm 0,38$ mm. Les extraits des feuilles ont montré une activité antibactérienne modérée contre *E. coli*, les diamètres de l'inhibition des zones étaient compris entre 09 et 13,5 mm.

- L'étude menée par Cherifi et Hami (2017) a montré que l'application des concentrations élevées, les deux souches bactériennes *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* ont un diamètre d'inhibition respectivement de l'ordre de $14 \pm 2,82$ et $13 \pm 0,00$ mm. Par contre, l'application des petites concentrations n'a donné aucun effet sur *Staphylococcus aureus*. Mais elles ont engendré une diminution remarquable de la zone d'inhibition pour *Escherichia coli* jusqu'à $11,5 \pm 3,53$ mm.

L'inefficacité de notre extrait s'explique par la méthode de son extraction. En effet, la méthode d'extraction affecte fortement la teneur et le type de polyphénols contenus dans les feuilles. Certains principes actifs à activité antibactérienne sont plus solubles dans d'autres solvants organiques que dans l'eau. Les résultats exprimés auparavant confirment que les extraits hydrométhanoliques et méthanoliques ainsi que l'extrait acétone sont plus efficaces par rapport aux extraits aqueux.

2.5.2. Association des antibiotiques avec l'extrait de *Pulicaria odora*

Selon des résultats obtenus au laboratoire, les deux antibiotiques et l'extrait aqueux marquent un effet indifférence, l'activité des deux antibiotiques n'est pas affectée par la présence de l'extrait. Ce résultat peut s'expliquer par l'absence d'une complémentarité ou d'interaction entre les molécules bioactives de l'extrait et les antibiotiques contre les deux souches testées.

3. Comparaison entre les différentes activités antibactériennes des extraits étudiés

Pour simplifier les résultats de notre étude, on a établi un histogramme qui regroupe l'ensemble des effets des plantes testées (figure N° 41) sachant que les zones ≤ 6 mm n'a pas d'activité antibactérienne.

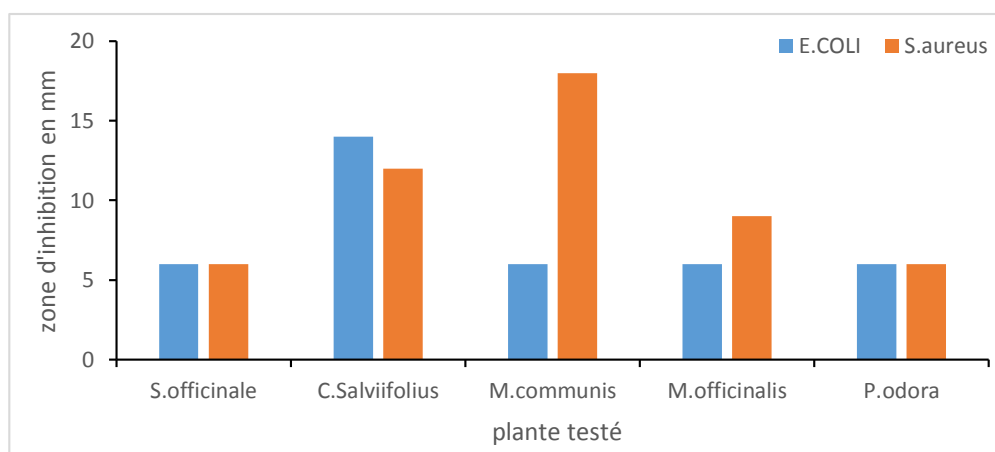


Figure N° 41 : Représentation graphique des Zones d'inhibition des différents extraits

D'une façon générale, l'activité antibactérienne dépend de plusieurs facteurs tels que l'état physiologique des bactéries, le potentiel antibactérien des substances bioactives renfermer dans l'extrait et la capacité de diffusion dans le milieu gélosé. Les bactéries gram positif sont plus sensibles à l'extrait végétal par rapport à les bactéries gram négatif.

L'état physiologique de la bactérie joue aussi un grand rôle : les microorganismes sont plus sensibles en phase exponentielle qu'en phase stationnaire envers les antimicrobiens chimiques, le phénomène pouvant être inversé pour des agents physiques. Les formes sporulées sont beaucoup plus résistantes aux agents physiques ou chimiques que les formes végétatives (Guiraud, 2003).

Les phénols et les acides phénoliques pourraient jouer un rôle positif dans le traitement des infections causées par des bactéries résistantes, car elles ont une capacité de lier et de désactiver certaines enzymes bactériennes essentielles pour la cellule bactérienne (Aldulaimi, 2017). L'effet antibactérien est variable en fonction du pathogène considéré, de la partie de la plante utilisée et de la méthode d'extraction (Manon, 2020).

L'environnement peut influencer considérablement l'efficacité des agents antimicrobiens physiques et chimiques. Pour les agents chimiques, la solubilité dans l'eau est un facteur déterminant. La température, le pH du milieu, la turbidité, la viscosité, l'épaisseur, la dureté de l'eau et les matières organiques jouent aussi un rôle important (Alloun, 2020).

Conclusion générale

Les plantes médicinales jouent un rôle déterminant dans la préservation de la santé des hommes. La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles représentent une source inépuisable de composés naturels bioactifs qui agissent directement sur l'organisme.

Notre étude s'inscrit dans le cadre de la recherche et de la valorisation des ressources de la médecine traditionnelle et des plantes locales, qui est très important dans la découverte de nouvelles molécules bioactive des plantes médicinales.

Le présent travail a porté sur la quantification des composés phénoliques totaux et évaluation de l'activité antibactérienne de cinq plantes médicinales. Les feuilles de ces plantes sont soumises à des extractions aqueuses, les extraits obtenus subissent des analyses quantitatives des polyphénols, par le réactif de Folin-Ciocalteu qui a révélé la présence des quantités importantes en polyphénols dans nos extraits.

Dans ce contexte, les résultats d'analyses quantitatives ont montré une forte richesse des feuilles *salvia officinale*, *Pulicaria odora*, *Melissa officinalis*, *Cistus Salviifolius* et *Myrtus communis* en polyphénols totaux avec des concentrations respectivement de l'ordre de 54, 67, 103, 266 et 316 mg EAG/g.

Une étude comparative était faite entre les extraits de *salvia officinale*, *Cistus Salviifolius*, *Myrtus communis*, *Melissa officinalis* et *Pulicaria odora*, afin de contribuer à la valorisation de l'activité antimicrobienne des extraits aqueux de feuilles de ces plantes vis-à-vis deux souches bactériennes de référence qui sont *Escherichia coli* ATCC 25922 bactéries gram négatif, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 bactéries gram positif.

Les résultats obtenus lors de cette étude ont montré l'efficacité de quelques extraits :

- L'extrait de *Cistus Salviifolius* a présenté une activité antibactérienne modérée vis-à-vis *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition respectivement de l'ordre de 14 et 17 mm.
- L'extrait de *Myrtus communis* a présenté une activité antibactérienne sur *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition 18 mm et aucune activité antibactérienne sur *Escherichia coli*.
- L'extrait de *Melissa officinalis* a présenté une faible activité antibactérienne sur *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition 09 mm et aucune activité antibactérienne sur *Escherichia coli*.



Conclusion générale

- Les extraits de *salvia officinale* et *Pulicaria odora* n'ont aucun effet sur les deux souches bactériennes voir *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*.

L'association des antibiotiques Ampicilline et Oflaxacin avec l'extrait végétale ont donné :

- *Salvia officinale*, *Pulicaria odora*, *Melissa officinalis* et *Myrtus communis* ont montré un effet indifférence,
- *Cistus salviifolius* ont montré un résultat d'antagonisme, ces résultats approuve le danger de combiner les antibiotiques avec les plantes médicinales.

Le but de la science moderne en étudiant et en analysant les effets thérapeutiques des plantes n'est pas de les dévaloriser, mais de préciser, comparer et classer leurs diverses propriétés, qu'elles soient bénéfiques ou non.

Dans notre étude, l'objectif était pratiquement atteint, mais il est loin d'être terminé. En effet, à la suite de ce travail, de nombreuses perspectives peuvent être suggérées comme :

- Tester l'activité antibactérienne de nos extraits combinés avec d'autres antibiotiques comme gentamicine.
- Déterminer le mode d'action de chaque extrait.
- Cibler et isoler les molécules bioactives de chaque extrait.
- Élucider le mécanisme d'action de l'antagonisme établie entre l'extrait de *Cistus salviifolius* et les antibiotiques Ampicilline et Oflaxacin.
- Préparer des médicaments à base de ces plantes.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la recherche et la valorisation des plantes médicinales locales, nous sommes intéressés à l'étude des plantes *Salvia officinalis*, *Cistus salviifolius*, *Myrtus communis*, *Melissa officinalis* et *Pulicaria odora*, connues par la richesse en molécules bioactives et leurs utilisations par la population locale dans différentes thérapies. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antibactérienne des polyphénols totaux obtenus à partir des extraits de feuilles aussi que leurs interactions avec les antibiotiques. Elle est initiée par un dosage chimique réalisé sur les différents extraits des feuilles, qui nous a permis d'avoir une idée générale sur la teneur en polyphénols totaux. Les résultats des dosages des polyphénols, montrent que les différents extraits des feuilles sont riches en polyphénols totaux, mais avec des quantités différentes. (L'extrait de *Salvia officinalis* avec une valeur de 54 mg EAG/g, l'extrait de *Cistus salviifolius* avec une valeur de 266 mg EAG/g, l'extrait de *Myrtus communis* avec une valeur de 316 mg EAG/g, l'extrait de *Melissa officinalis* avec une valeur de 103 mg EAG/g et l'extrait de *Pulicaria odora* avec une valeur de 67 mg EAG/g). L'activité antibactérienne des extraits étudiés a été déterminée in vitro sur deux souches bactériennes, selon la méthode de diffusion sur disque. Les résultats montrent que l'extrait aqueux de *Cistus salviifolius* exerce un effet très important sur la croissance des deux souches testées *E. coli* et *S. aureus* avec une zone d'inhibition respectivement de l'ordre de 14 et 17 mm. L'extrait aqueux de *Myrtus communis* a un effet très important sur les *S. aureus* avec une zone d'inhibition de 18 mm, aucun effet n'a été observé sur *E. coli*. L'extrait aqueux de *Melissa officinalis* à un faible effet sur les *S. aureus* avec une zone d'inhibition de 09 mm et aucun effet n'a été observé sur *E. coli*. Alors que l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* et *Pulicaria odora* ne présente aucun effet antibactérien vis-à-vis les deux souches testées. L'association des antibiotiques Ampicilline et Oflaxacin avec les extraits des feuilles a démontré que les extraits de *Salvia officinalis*, *Myrtus communis*, *Melissa officinalis* et *Pulicaria odora* n'ont aucun effet sur la zone d'inhibition bactérienne, par contre l'association des antibiotiques avec l'extrait *Cistus salviifolius* a montré un effet d'antagonisme sur La zone d'inhibition diminue à 5 mm .

Liste de référence

Abigail, R., and Ramírez, Q.C., (2013) - Sashenka Bonilla Rojas E.E. Microbiología General.

Adimi, L. Z. (2018). *Contribution à l'étude des effets antimicrobiens et antioxydants d'une plante médicinale : la mélisse (Melissa officinalis)* (Doctoral dissertation).

Aldulaimi OA. (2017) General overview of phenolics from plant to laboratory, good antibacterials or not. *Phcog Rev*; 11:123-7.

Allen, H. K., Donato, J., Wang, H. H., Cloud-Hansen, K. A., Davies, J., & Handelsman, J. (2010). Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology*, 8(4), 251-259.

ALLOUN, K. (2019). Composition Chimique et activités biologiques de métabolites secondaires de *Crithmum maritimum* L., de *Melissa officinalis* L. et de *Thymus palleescens* de Noé et effet de l'irradiation gamma sur les huiles essentielles du thym (Doctoral dissertation).

Amin T. A. et Hamza A. A. (2005). Hepatoprotective effects of *Hibiscus*, *Rosmarinus* and *Salvia* on azathioprine-induced toxicity in rats. *Life Sciences*, 77, 266 - 278.

AMRIOUI, N., & NOGHAG, L. (2019). Contribution à l'étude phytochimique de la partie aérienne de *Salvia chudaei*.

Ananthanarayan, B. A., Jayaram, C. K., & Paniker, M. D. (2006). *Textbook of Microbiology*, 7e, 618. Orient Longman Private Ltd.

Anonyme 1

https://www.google.com/search?q=structure+g%C3%A9n%C3%A9rale+d%27une+bact%C3%A9rie&sxsrf=ALiCzsZifIdj5kh2OVgEUWFVRu3hx4zD1g:1662236193161&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi5nc2uuPn5AhWRh_0HHVHTBuQQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgsrc=spQi9-wjtzTKdM&imgdii=Dld3K5TLBLHoBM

consulté le 03. 09.2022 à 22H

Anonyme 2

https://www.google.com/search?q=colonie+bacterien++escherichia+cloi&tbm=isch&ved=2ahUKEwjb--OxuPn5AhUUaRoKHbVWCDwQ2-cCegQIABAA&oq=colonie+bacterien++escherichia+cloi&gs_lcp=CgNpbWcQAzoFCAAQgAQ6BAgiECc6BAgAEEM6CwgAEIAEELEDEIMBOggIABCABBCxAzoICAAQsQMqgwE6BwgjEOoCECc6BwgAELEDEEM6BAgAEB46BggAEB4QBTogCAAQHhAIOgQIABA YUMkFWIGIAmDFigJoBHAAeACAAfMCiAHWR5IBCDAAuNTEuMy4zmAEAoAEBqgE

Liste de référence

[LZ3dzLXdpei1pbWewAQRAAQE&sclient=img&ei=J7YTY5vMMZTSabWtoeAD&bih=657&biw=1366#imgrc=2cDQsMoiZuikuM](https://www.google.com/search?q=colonie+bacterien++staphylococcus+aureus&tbm=isch&ved=2ahUKEwiXo7flu_n5AhWU7BoKHYCGBJ4Q2-cCegQIABAA&oeq=colonie+bacterien++staphylococcus+aureus&gs_lcp=CgNpbWcQAzoEC CMQJ1CyBljCqQJgwg0CaAFwAHgAgAHmAogBuzCSAQgwLjM1LjluMpgBAKABAaoB C2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=ubkTY9fiGpTZa4CNkvAJ&bih=657&biw=1366#imgrc=08NjlsUqtNPCM&imgdii=czXL1tPH3GO2RM) consulté le 03. 09.2022 à 22H

Anonyme 3

https://www.google.com/search?q=colonie+bacterien++staphylococcus+aureus&tbm=isch&ved=2ahUKEwiXo7flu_n5AhWU7BoKHYCGBJ4Q2-cCegQIABAA&oeq=colonie+bacterien++staphylococcus+aureus&gs_lcp=CgNpbWcQAzoEC CMQJ1CyBljCqQJgwg0CaAFwAHgAgAHmAogBuzCSAQgwLjM1LjluMpgBAKABAaoB C2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=ubkTY9fiGpTZa4CNkvAJ&bih=657&biw=1366#imgrc=08NjlsUqtNPCM&imgdii=czXL1tPH3GO2RM consulté le 03. 09.2022 à 22H

Anonyme 4 <https://clemedicine.com/9-antibiotiques/> consulté le 03. 09.2022 à 22H

AVRIL J.L., DABERNAT H., DENIS F. (2003). Bactériologie Clinique., 3ème Ed., Ellipses, Paris, 8-28.

B. O. U. T. E. L. D. J. A. Rachida (2020). Effets biologiques des extraits des plantes *Salvia officinalis* L., *Aristolochia longa* L., et *Lupinus albus* L (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).

Baba Aissa, F. (2018) guide de botanique médicale de la flore méditerranéenne et nord-africaine : hiber éditions.

Babulka, P. (2007). Plantes médicinales du traitement des pathologies rhumatismales : de la médecine traditionnelle à la phytothérapie moderne. *Phytothérapie*, 5(3), 137-145.

Bailly F, Queffelec C, Mbemba G, Mouscadet JF, Cotelle P. (2005). Synthesis and HIV-1 integrase inhibitory activities of caffeic acid dimers derived from *Salvia officinalis*. *Bioorg Med Chem Lett*. Nov 15;15(22):5053-6.

BELAL, S., BENAMEUR, K., & CHALABI, S. (2019). Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antimicrobienne de *Pulicaria odora* L.

Bellakhdar, J., 1997 : La pharmacopée traditionnelle marocaine. Antimicrobial activity of essential oils from the Greek *sidertis* species. *Pharmazie* 45, 70. In https://www.persee.fr/doc/pharm_0035-2349_1998_num_86_320_4719_t1_0465_0000_3

Ben Aicha, B. (2021). Impact cellulaire de lambda-cyhalothrine chez les rats wistar et le rôle cytoprotecteur de l'extrait de la plante *melissa officinalis* l (Doctoral dissertation).



Liste de référence

Bénard, C. (2009). Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine).

Bendou, N. (2018). Essai d'élaboration d'un yaourt fonctionnel à base de *Pulicaria odora* et de plaquemine (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Benkherara, S., Bordjiba, O., & Djahra, A. B. (2011). Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale: *Salvia officinalis* L. sur quelques entérobactéries pathogènes. Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 23, 72-80.

Bohui, G. S. P., Adima, A. A., Niamké, F. B., & N'Guessan, J. D. (2019). Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales : *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 46, 50-58.

BOUMARAF Manel. (2016). Contribution phytochimique à la valorisation de deux plantes médicinales : *Echinops spinosus* et *Pulicaria undulata*. Recherche et détermination structurale de leurs principales substances bioactives. In <http://depot.umc.edu.dz/handle/123456789/8087>

Boumidouna, A., & Kouar, A. (2019). Contribution à l'étude phytochimique (par chromatographie à couche mince: CCM), des activités antibactériennes et des activités antioxydantes de l'extrait des feuilles de myrte (*Myrtus Cummnis* L.) de la région du nord constantinoise (Doctoral dissertation).

Bounihi, A. (2016). Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation Pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées) (Doctoral dissertation).

Bouteldja, R. A. C. H. I. D. A. (2020). Effets biologiques des extraits des plantes *Salvia officinalis* L., *Aristolochia longa* L., et *Lupinus albus* L (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).

Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., ... & Dakka, N. (2017). Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 1-11.



Liste de référence

Bouzabata A., Cabral C., Gonçalves M. J., Cruz M. T., Bighelli A., Cavaleiro C., Casanova J., Tomi F. et Salgueiro L. (2015). *Myrtus communis* L. as source of a bioactive and safe essential oil. *Food and Chemical Toxicology*, 75, 166–172.

BRAHMI, F., MADANI, K., & CHIBANE, M. (2015). Impact du séchage conventionnel des feuilles de la mélisse officinale de la région de Bejaia sur la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de leur extrait méthanolique.

BRAHMIA Amina ,CHENICHENE Asma et KEHILI Zineb (2017). Etude phytochimique et l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro de certains extraits d'une plante médicinale: *Myrtus communis* L.

Čanadanović-Brunet, J., Četković, G., Djilas, S., Tumbas, V., Bogdanović, G., Mandić, A., ... & Čanadanović, V. (2008). Radical scavenging, antibacterial, and antiproliferative activities of *Melissa officinalis* L. extracts. *Journal of Medicinal Food*, 11(1), 133-143.

Castaneda-ovando A., Pacheco-Hernández M.L., Elena Páez-Hernández M.E., Rodríguez J.A., Carlos Andrés Galán-Vida C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: à review. *Food Chemistry*, 113(4): 859–871.

Chabrier, J. Y. (2010). *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

Cherifi, L., & Hami, A. (2017). *Activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de deux plantes: Pulicaria odora et Smilax aspera de la région de Tizi-Ouzou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Chira, K., Suh, J. H., Saucier, C., & Teissède, P. L. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2), 75-82.

Cioroi, M., & Dumitriu, D. (2010). Studies on total polyphenols and reducing power of aqueous extracts from selected lamiaceae species. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 34(1), 42-46.

Cronquist A.J., 1988 : *The Evaluation And Classification Of Flowering Plants*, 2nd. Edit., New York, New York Bot.Garden, 566 P.

Curie, .pp.35-71.

Liste de référence

- D'Ari, R., & Sezonov, G. (2008). Les organismes modèles-Biologie et génétique d'Escherichia coli. Belin Sup.
- Danne, A., Petereit, F. and Nahrstedt, A., (1994). Flavan-3-ols, prodelphinidins and further polyphenols from *Cistus salvifolius*. *Phytochemistry*, 37(2), pp.533-538.
- Dedet, J. P. (2007). La microbiologie, de ses origines aux maladies émergentes. Dunod.
- Diallo, A. A. (2013). *Escherichia coli* pathogènes et résistantes aux antibiotiques dans les effluents d'origine humaine et animale : Prévalence et caractérisation avant et après traitement épuratoire. Toulouse : Université Paul Sabatier.
- Doyle, M. P., Busta, F., Cords, B. R., Davidson, P. M., Hawke, J., Hurd, H. S., ... & Vogel, L. (2006). Antimicrobial resistance: Implications for the food system: An expert report, funded by the IFT Foundation. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5(3), 71-137.
- Dumitrescu, O., Boisset, S., Badiou, C., Bes, M., Benito, Y., Reverdy, M. E., ... & Lina, G. (2007). Effect of antibiotics on *Staphylococcus aureus* producing Panton-Valentine leukocidin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 51(4), 1515-1519.
- Ekpo, B. A., Bala, D. N., Essien, E. E., & Adesanya, S. A. (2008). Ethnobotanical survey of Akwa Ibom state of Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 115(3), 387-408.
- El Alaoui-Faris, E., Mrabet, N., & Tahiri, H. (2009). Nombre chromosomique et caryotype de *Cistus ladanifer* subsp. *Africanus* dansereau (Cistaceae). *Lagascalia*, 29, 23-27.
- FADWA E.L. HANBALI A, MOHAMED AKSSIRA A, AICHA EZOUBEIRI B, CHEMS EDDOHA A. GADHI B, FOUAD MELLOUKI A, AHMED BENHERRAF C, AMPARO M. BLAZQUEZ D, HERMINIO BOIRA D (2005), Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Pulicaria odora* L. *Journal of Ethnopharmacology* 99 (2005) 399–401
- Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., & Abdelly, C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*, 331(5), 372-379.
- Fasquelle R. 1974. *Eléments de bactériologie médicale* .9ème édition. Flammarion, Paris. 27-36.
- Fauchère, J. L., & Avril, J. L. (2002). *Bactériologie générale et médicale*. Ellipses.



Liste de référence

- Ferron, A., Thierry, A. M., Le Douarin, C., & Glowinski, J. (1984). Inhibitory influence of the mesocortical dopaminergic system on spontaneous activity or excitatory response induced from the thalamic mediodorsal nucleus in the rat medial prefrontal cortex. *Brain research*, 302(2), 257-265. 2007.
- Finland, M. (1979). Emergence of antibiotic resistance in hospitals, 1935–1975. *Reviews of infectious diseases*, 1(1), 4-21.
- Freney, J., Kloos, W. E., Hajek, V., Webster, J. A., Bes, M., Brun, Y., & Vernozy-Rozand, C. (1999). Recommended minimal standards for description of new staphylococcal species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 49(2), 489-502.
- Fritz, S. A., Garbutt, J., Elward, A., Shannon, W., & Storch, G. A. (2008). Prevalence of and risk factors for community-acquired methicillin-resistant and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* colonization in children seen in a practice-based research network. *Pediatrics*, 121(6), 1090-1098.
- Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, T., & Komaitis, M. (2007). Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food chemistry*, 107(3), 1120-1130.
- Gardeli, C., Vassiliki, P., Athanasios, M., Kibouris, T., & Komaitis, M. (2008). Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. and *Myrtus communis* L.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food chemistry*, 107(3), 1120-1130.
- Guiraud J.P., (2003). *Microbiologie Alimentaire*. Ed. Dunod, Paris, 652 P.
- Guiraud, J. P., & Rosec, J. P. (2004). *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*. Afnor.
- Gundogan, N., Citak, S., Yucel, N., & Devren, A. (2005). A note on the incidence and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from meat and chicken samples. *Meat science*, 69(4), 807-810.
- Hans W.K. (2007). *1000 plantes aromatiques et médicinales*. Terre edition.
- HAYOUNI, E., ABEDRABBA, M., BOUIX, M., & HAMDI, M. (2007). The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*, 105(3), 1126–1134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.010>



Liste de référence

- Hennia, A. (2016). Extraction et étude de l'activité biologique des huiles essentielles du Myrte (*Myrtus communis* L.). Université de Mostaganem, Algérie, 177.
- Jakovljević, Martina, Stela Jokić, Maja Molnar, Midhat Jašić, Jurislav Babić, Huska Jukić, and Ines Banjari. (2019). "Bioactive Profile of Various *Salvia officinalis* L. Preparations" *Plants* 8, no. 3: 55.
- Jean, A. Thème. Extraction et caractérisation des composés phénoliques de *Myrtus communis* L en vue de leur incorporation dans la margarine.
- Jeandet, P., Delaunois, B., Conreux, A., et al. (2010) Biosynthesis, Metabolism, Molecular Engineering, and Biological functions of stilbene phytoalexins in plants. *BioFactors*, 36, 331-341.
- Joffin, J. N., & Leyral, G. (2006). *Microbiologie technique [Technical microbiology]*. TI-Dictionnaire des techniques. 4eme édition. Bordeaux: CRDP d'aquitaine, 368.
- Kada, S. (2018). Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques (Doctoral dissertation).
- KASRANI & MOUHOU (2019). Caractérisation biochimique et évaluation des activités biologiques des extraits phénoliques de l'espèce *salvia officinalis* L (Doctoral dissertation, Abdelhafid Boussouf University centre-Mila).
- KOUASSI, E. K. A., EHUENY, H. A., Yaya, S. O. R. O., & SIAKA, S. (2021). Modélisation et optimisation avec Scilab de l'extraction de polyphénols de *Tridax procumbens*. *Afrique SCIENCE*, 19(2), 173-188.
- Le Loir, Y., Baron, F., & Gautier, M. (2003). *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics and molecular research: GMR*, 2(1), 63-76.
- Le Minor, L., & Veron, M. (1990). Bactériologie Médicale « *Staphylococcus* et Microcoques » *J. Fleurette*, 2, 773-794.
- Li, H. B., Wong, C. C., Cheng, K. W., & Chen, F. (2008). Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *LWT Food Science and Technology*, 41(3), 385-390.



Liste de référence

- Lima, C. F., Carvalho, F., Fernandes, E., Bastos, M. D. L., Santos-Gomes, P. C., Fernandes-Ferreira, M., & Pereira-Wilson, C. (2004). Evaluation of toxic/protective effects of the essential oil of *Salvia officinalis* on freshly isolated rat hepatocytes. *Toxicology in vitro*, 18(4), 457-465.
- Liu H., Zhang L. and Lu S. (2012). Evaluation of antioxidant and immunity activities of quercetin in isoproterenol-treated rats. *Molecules*, 17 : 4281–4291.
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.
- Mahassine Amensour , Samira Bouhdid , Juana Fernández-López , Mohamed Idaomar , Nadia Skali Senhaji & Jamal Abrini (2010) Antibacterial Activity of Extracts of *Myrtus communis* Against Food-Borne Pathogenic and Spoilage Bacteria, *International Journal of Food Properties*, 13:6, 1215-1224, DOI: 10.1080/10942910903013399
- Mahmoudi, H., Aouadhi, C., Kaddour, R., Gruber, M., Zargouni, H., Zaouali, W., ... & Hosni, K. (2016). Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of two cultivated *Cistus* species from Tunisia. *Biosci. J*, 32, 226-237.
- Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*, (9), 35.
- Marchal, V., (2003) - DCEM1 Service bactériologie faculté de médecine Pierre et Marie
- Meghrabi Sofiane, Ouanouki mohamed yahia (2018). Contribution à l'étude phytochimique et antibactérienne du myrte *Myrtus communis*. L., 1753 de la région de Collo (région ouest de la wilaya de Skikda), Algérie.
- MEGUENNI N. (2016). Caractérisation phénotypique et génotypique de la résistance aux antibiotiques et aux métaux lourds chez des souches d'*Escherichia coli* pathogènes aviaires, thèse doctorat, Algérie, 176p.
- Messaoudene, H., & Sbagoud, Y. (2015). Contribution à l'étude, phytochimique, pharmacologique et rhéologique de *Pulicaria odora* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- Muanda, F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Université Paul Verlaine-Metz, 238.

Liste de référence

- Muthul, C., Muniappan, A., Nagappan, R., & Savarimuthu, I. (2006). Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu. *J Ethnobiol Ethnomed*, 2, 43.
- Naghbi F, Mosaddegh M, Mohammadi M.S et Ghorbani A. (2005). Labiatae Family in folk Medicine in Iran : from Ethnobotany to pharmacology- Iranian Journal of Pharmaceutical Research, Vol.2, pp 63-79.
- Palumbi, S. R. (2001). Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science*, 293(5536), 1786-1790.
- Pesavento, G., Ducci, B., Comodo, N., & Nostro, A. L. (2007). Antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* isolated from raw meat: A research for methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Food control*, 18(3), 196-200.
- Rameau J.C., Mansion D., Dumé G., Gauberville C. (2008). Flore forestière française. Tome II, Région méditerranéenne. P 2419.
- Ref'at, A. A., Takruri, H. R., & Al-Sayyed, H. (2008). Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 265-274.
- Rombi M., Robert D., (2007). « 120 plantes médicinales ». Ed., Alpem 09, avenue Albert II Mc- 98000 MONACO, 225-227.
- Roubaudi L. (2011). Compte rendu de la section botanique dans les îles d'hygères du 14 au 16 mai 2011. In *Bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon*, 80 (9-10). P 227-238.
- Saffidine, K. (2015). Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *carthamus caeruleus* L. et de *plantago major* L (Doctoral dissertation).
- Salma Kammoun El Euch, Jalloul Bouajila, Nabiha Bouzouita. (2015). Chemical composition, biological and cytotoxic activities of *Cistus salviifolius* flower buds and leaves extracts in <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015303356>
- Samoussa, M. O., Abdellaoui, A., Kettani, A., Saile, R., & Bennani, H. (2018). Étude de la Sensibilité Aux Huiles Essentielles de *Cinnamomum Verum*, *Eucalyptus Globulus*, et *Glycyrrhiza Glabra* L Ainsi qu'aux Antibiotiques de Certains Germes Issus de la Restauration Collective. *European Scientific Journal*, 14(3).



Liste de référence

Santos-Gomes P. C., Seabra R. M., Andrade P. B. et Fernandes-Ferreira M. (2002). Phenolic antioxidant compounds produced by In vitro shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). *Plant Science*, 162, 981 - 987.

Sarmi M.P., et Cheymer V. (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Lavoisier, 2 -10.

SAYAH, K. (2020). Etude phytochimique et pharmacologique du potentiel antidiabétique des plantes *Cistus salviifolius* L. & *Cistus monspeliensis* L. du Maroc (Doctoral dissertation).

Senez, C. J. M. (1968).

Springman, A. C., Lacher, D. W., Wu, G., Milton, N., Whittam, T. S., Davies, H. D., & Manning, S. D. (2009). Selection, recombination, and virulence gene diversity among group B streptococcal genotypes. *Journal of bacteriology*, 191(17), 5419-5427.

Stalikas C. D., (2007). Extraction, separation and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science* 30 :3268-3295.

Stefanovic, O., & Comic, L. (2012). Synergistic antibacterial interaction between *Melissa officinalis* extracts and antibiotics. *Journal of applied pharmaceutical science*, (Issue), 01-05.

Sultan T. Abu-Orabi, Mahmoud A. Al-Qudah, Noura R. Saleh, Tareq T. Bataineh, Safwan M. Obeidat, Mohammed S. Al-Sheraideh, Hala I. Al-Jaber, Hasan I. Tashtoush, Jamil N. Lahham (2020). Antioxidant Activity of Crude Extracts and Essential Oils from Flower Buds and Leaves of *Cistus creticus* and *Cistus salviifolius*, *Arabian Journal of Chemistry*.

TAMERT Asma, LATRECHE Ali, BENCHIHA Walid & BOUTERFAS Karim. (2012) Étude quantitative de polyphénols de deux espèces médicinales (*Phlomis crinita* Cav. et *Salvia officinalis* L).

Tani, Z. B. A. K., & Arlet, G. (2014). Actualité de la résistance aux antibiotiques chez les bacilles à Gram négatif en Algérie. *Pathologie Biologie*, 62(3), 169-178.

Teuscher E., Anton R. et Lobstein A. (2005). Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec et Doc éditions, Paris. Ed., Lavoisier, Paris, 444 p.

Touaibia, M., & Chaouch J, Z. (2013). EVALUATION DE L'EFFET ANTI-OXYDANT DES EXTRAITS DE *Myrtus communis* L. OBTENUS IN SITU ET IN VITRO. Membres du comité de lecture, (04), 64-71.



Liste de référence

Touati, N., Saidani, K., Boudries, H., Hammiche, H., Ouazene, N., & Bedjou, F. (2018). Antibacterial activity of phenolic compounds of *Pulicaria odora*, wild plant in northern Algeria. *International Food Research Journal*, 25(5), 2021-2030.

Tuberoso C.I.G., Rosa A., Bifulco E., Melis M.P., Atzeri A., Pirisi F.M., Dessì M.A. (2010) Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts, *Food Chemistry*, 123, 1242-1251.

Turner, M. (2011). Germany learns from E. coli outbreak.

Venturini, N. (2012). Contribution chimique à la définition de la qualité : exemples des spiritueux de myrte (*Myrtus communis* L.) et de cédrat (*Citrus medica* L.) de Corse (Doctoral dissertation, Université Pascal Paoli).

Veyssiere, M. (2020). Analyse critique des traitements phytothérapeutiques des troubles gastro-intestinaux selon les critères de l'evidence-based medicine: préludes d'une revue systématique.

Zaidi, Z., Boubguira, K., & Meradi, L. (2021). Les Intoxications alimentaires d'origine bactérienne.

Zeghad, N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. Constantine : Université Mentouri.