REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : IMMUNOLOGIE ET LES MALADIES INFECTIEUSES

Par :

M^{elle} : **MAGRI Chaima** M^{elle} : **BENZINEB Meniara**

Thème :

Evaluation de l'activité antibactérienne et antioxidante des extraits issus d'une plante médicinale la sauge : *Salvia officinalis*

Soutenue publiquement le : 18 /06 /2023. Devant le jury composé de :

Mme Zeghloul N	**MAA**	Univ.Médéa	Présidente
Mme Khellaf N	**MCB**	Univ.Médéa	Examinatrice
Mme Siouda W	**MCA**	Univ.Médéa	Promotrice

Année universitaire 2022/2023

Dédicaces

C'est avec un grand honneur, Je dédie ce travail à mon cher père ***Mohamed*** *qui se fonde toujours pour éclairer ma route, je lui souhaite une longe belle vie*

Je dédie ce travail à ma très chère mère ***Djamila****, la fleur qui rehausse et aromatise mes jours, je lui souhaite une longe belle vie*

À mes frères : ***Billel, Noureddine et Dhiaa***

À mes sœurs : ***Karima et Fatima el Zahra***

A ma chère grand-mère décédée, que Dieu lui accorde le paradis

À toute ma famille de près ou de loin.

À ma collègue ***Chaimaa****.*

*À tous mes enseignants depuis le primaire Jusqu'à l'université****.***

Et mes collègues de la promotion de master ***"Immunologie et maladies infectieuses 2022/2023"*** *en particulier :* ***A. Manar, A. Fella, G. Selma, A. Rafik***

En fin, à tous ceux qui m'aime.

Meniara

Dédicaces

Dieu tout Puissant merci pour le pouvoir et le courage que vous nous a donné pour compléter ce travail.

Avec mes sentiments de gratitudes les plus profonds, Je dédiée ce modeste travail :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père ***ABDELLAH.***

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore ***ANISSA***

Je dédie aussi ce travail à :

A mes frères : ***Abd Enour, Khalil***

A mes sœurs : ***Safaa, Marwa***

A toute ma famille : ***MAGRI et DJEBBAR***

À l'amie qui a supporté avec moi les difficultés de notre Travail: ***Meniara***

À mes professeurs et enseignants qui ont suivi mes études tout au long de ma carrière académique.

À tous mes amis que j'ai vécus avec eux des beaux moments à l'université : Manar, Fella, Selma, Rafik.et mon proche amie Meriem.

À toutes mes collègues de la promotion : ***Immunologie et maladies infectieuses***

Chaimaa

Remerciements

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

الحمد لله الذي أعاننا على أنهاء هذا العمل وَسخر لنا القُوة لإتمامه فكل تُوفيق منهَ وحده وكل سهو اَو خطا فمناَ ومن الشيطان

Avant toutes choses, nous remercions Dieu, le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patiente, pour achever ce mémoire.

Nous exprimons nos sincères remerciements à nos parents pour leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué.

Nous voulons exprimer notre gratitude à Mme **SIOUDA Wafa**, notre promotrice, pour avoir accepté de diriger notre travail et pour tous ses conseils qui ont contribué à l'élaboration de ce projet.

Nous tenons à remercier vivement Mme **ZEGHLOUL Nesrine** d'avoir présidée le jury.

Et Mme **KHELLAF Nora** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également Mr responsable de laboratoire à l'université, de nous avoir accueilli et aussi les facilités et les aides qu'il nous a accordées durant la période de notre travail et pour son enthousiasme et son art de simplicité.

On tient aussi à remercier l'équipe de travail de l'institut **Saidal** de wilaya de Médéa pour nous avoir aidé et facilité notre travail expérimental.

Enfin, nous sommes également reconnaissantes à de nombreux amis et collègues pour le soutien moral qu'ils nous ont apporté, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

La *Salvia officinalis*, également connue sous le nom de **"Miramia"**, est une plante médicinale largement répandue dans les régions méditerranéennes. Elle est utilisée en médecine traditionnelle en raison de la présence de plusieurs molécules ayant des effets thérapeutiques. En utilisant trois solvants: éthanol, méthanol, eau, les extraits organiques de ce dernier ont été préparés à partir de la partie aérienne de la sauge par macération et par hydrodistillation afin d'obtenir l'huile de *Salvia*. L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'activité antibactérienne et antioxydante de différents extraits de la sauge. Concernant le rendement de différents extraits éthanolique, méthanolique et aqueux est respectivement de 8.20%, 12.02% et 2.87% et l'huile représente 1.02%. Le screening phytochimique indique la présence des tanins, des saponines, des coumarines et des anthraquinones pour les trois extraits et l'absence des sucres réducteurs, des protéines et les quinones libres et des alcaloïdes. La teneur en polyphénols et flavonoïdes a montré que l'extrait éthanolique présente la teneur la plus élevée (119.18 ± 0,017ug EAG/g de poudre, 21.09 ug EQ/g poudre) suivi par l'extrait aqueux (80.22±0.027 ug EAG/g de poudre, 17,80± 0,09 mg EQ/g de poudre) respectivement. L'étude quantitative révèle que l'huile essentielle de *Salvia* présente une IC50 la plus efficace vis à vis du radical DPPH. Ainsi que, l'activité antibactérienne de l'huile essentielle a été déterminée sur 4 souches bactériennes (2 souches **Gram-** *: Escherichia coli, Salmonella typhimurium*, **2 souches Gram+** : *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis*), selon la méthode de diffusion de disque, les résultats indiquent que l'huile possède une activité antibactérienne sur toutes les souches testées. En conclusion, cette étude démontre une certaine supériorité de l'extraction par éthanol, polyphénols et flavonoïdes totaux, tandis que l'huile essentielle prouve une forte activité antibactérienne et une forte inhibition au test de DPPH.

Mots clés :

Salvia officinalis, Polyphénols, Flavonoïdes, Activité antioxydante, Activité antibactérienne.

Abstract

The *Salvia officinalis*, sometimes called "Miramia," is a medicinal plant that has been widely distributed in Mediterranean regions. Due to the presence of several molecules with therapeutic effects, it is used in conventional medicine. The organic extracts of the latter were prepared from the aerial portion of the sauge using three solvents: ethanol, methanol, and water, by maceration and hydrodistillation in order to obtain the *Salvia* oil. The goal of this work is to assess the antibacterial and antioxidative activity of several sauge extracts. Regarding the yield of various ethanol, methane, and water extracts, they are respectively 8. 20%, 12.02%, and 2.87%, while oil accounts for 1.02%. The results of the phytochemical screening show the presence of tannins, saponines, coumarins, and anthraquinones meanwhile the absence of reducing sugars, proteins, free quinones, and aldehydes. The concentration of polyphenols and flavonoids showed that the ethanolic extract has the highest concentration (119.18 0.017 ug EAG/g of powder, 21.09 ug EQ/g powder), followed by the aqueous extract (80.22 0.027 ug EAG/g of powder, 17.80 0.09 mg EQ/g of powder) respectively. Quantitative research shows that *Salvia* essential oil has the highest IC50 against the radical DPPH. Additionally, according to the results of the disk diffusion method, the antibacterial activity of the essential oil was assessed against 4 bacterial strains (2 strains Gram-: *Escherichia coli, Salmonella typhimurium*, and 2 strains Gram+: *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis*). According to the results of the disk diffusion method, the oil has antibacterial activity on all the strains tested. In conclusion, this study demonstrates some superiority of ethanol extraction, polyphenols, and total flavonoids, whereas essential oil exhibits strong antibacterial activity and strong DPPH inhibition.

Key Words:

Salvia officinalis, Polyphenols, Flavonoïdes, antioxydante activity, antibacterial activity.

ملخص

Salvia officinalis هو نبات طبي، يُعرف محليًا باسم(المرمية)، ينتشر على نطاق واسع خاصة في مناطق البحر الأبيض المتوسط، ويستخدم هذا النوع في الطب التقليدي لأنه يحتوي على العديد من الجزيئات ذات الأنشطة العلاجية. تم تحضير المستخلصات العضوية من هذه الأخيرة من الجزء العلوي لنبتة التي تم الحصول عليها عن طريق النقع، باستخدام ثلاثة مذيبات: الإيثانول والميثانول والماء و التقطير بالبخار للحصول على زيت سالفيا. الهدف من هذا العمل هو تقييم النشاط المضاد للبكتيريا والمضاد للأكسدة للعديد من مستخلصات السالفيا. وفيما يتعلق بالعائد من مستخلصات الإيثانول والميثانول والماء، فهو على التوالي 8.20٪ و 12.02٪ و 2.87٪، في حين بلغ عائد الزيت 1.02٪. أظهرت نتائج الفحص الفيتوكيميائي وجود التانينات والصابونينات والكومارينات والأنثراكينونات، في حين أنه لا يوجد سكريات مختزلة وبروتينات وكينونات حرة وألدهيدات. أما التركيزات النسبية للبوليفينولات والفلافونويدات، فأظهرت المستخلصات الإيثانولية أعلى تركيز (119.18±0.017 ميكروغرام / EAG جرام من المسحوق، 21.09 ميكروغرام / EQ جرام من المسحوق)، تليها المستخلصات المائية (80.22 ±0.027 ملغ EAG / جرام من المسحوق، 17.80± 0.09 ملغ EQ جرام /من المسحوق) على التوالي. وأظهرت الدراسة الكمية أن زيت السالفيا الأساسي له أعلى قيمة IC50 ضد جذر DPPH وبالإضافة إلى ذلك، تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيت الأساسي باستخدام طريقة الانتشار على الأقراص ضد 4 سلالات بكتيرية (2 سلالات غرام - *Escherichia coli* و *Salmonella typhimurium* و 2 سلالات غرام + *Staphylococcus aureus* و *Bacillus (subtilis*. ووفقًا لنتائج طريقة الانتشار على الأقراص، فإن الزيت له نشاط مضاد للبكتيريا على جميع السلالات المختبرة. وفي الخلاصة، توضح هذه الدراسة تفوق المستخلص الإيثانولي لعديدات الفينول و الفلافونويدات الكلية ، في حين يبرز زيت السالفيا نشاطًا مضادًا للبكتيريا قويًا وتثبيطًا قويًا لجذرDPPH.

الكلمات المفتاحية:

Salvia officinalis ، البوليفينول، الفلافونويد، ، النشاط المضاد للأكسدة، ، النشاط المضاد للبكتيريا

Table des matières

Remerciements
Résumé
Abstract
ملخص
Liste des figures
Liste des abréviations
Liste des tableaux
Introduction 2
Chapitre I : Synthèse bibliographique
I.1 Présentation de la plante 4
I.1.1 Généralité sur la famille lamiacée 4
I.1.2 Caractéristique botanique 4
I.1.3 Classification botanique 5
I.1.4 Nomenclature et appellation 5
I.1.5 La répartition géographique 6
I.1.6 Culture et récolte 6
I.1.7 Principaux constituants chimiques 7
I.1.8 Utilisation traditionnelle 8
I.1.9 Toxicité 8
II. Métabolites secondaires……..9
II.2 Classification des métabolites secondaires……..9
II.2.1. Les alcaloïde……9
II.2.2. Les terpènes……10
II.2.3. Les composés phénoliques……..10
II.2.3.1 Classification des composés phénoliques……..11
II.2.3.1.1. Acides phénoliques ……11
II.2.3.1.2. Acides hydroxycinnamiques……12
II.2.3.1.3. Acides hydroxybenzoïques……12
II.2.3.2.1. Flavonoïdes……..12
II.2.3.2.2. Structure chimique et classification ……..12
II.2.3.2.3. Quelques propriétés des flavonoïdes ……..14
II.2.3.2.4. Activités biologiques des flavonoïdes ……..14

II.2.3.3. Tanins 15
II.2.3.4. Coumarines 15
III . Les huiles essentielles 15
III.1. Composition chimique des huiles essentielles 16
III.1.1 . Terpinoïdes 16
III.1.2 Composés aromatiques 16
III.1.3 . Composés d'origines diverses 16
III.2. La toxicité des huiles essentielles……...16
III . L'activité antioxydante 17
III .1. Oxydants 17
III 1.1. Stress oxydatif 17
III.1.2 . Radicaux libres 18
III.2 Antioxydants……18
III.2.1 Définition……..18
III.2.2 Classification des antioxydants 19
III.2.2.1.Les antioxydants enzymatiques……..19
III.2.2.2.Les antioxydants non enzymatique……20
III.2.3 . Mécanismes d'action des antioxydants 20
III.2.4.Rôles des antioxydants 20
III.2.5.Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydant……..21
III.2.5 . Effet des antioxydants sur la santé humaine 22
IV. Activité antimicrobienne 23
IV .1. Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne 23
IV.2. Evaluation de l'activité antibactérienne 23
IV.2.1 Méthode de l'aromatogramme……...23
IV.2.2 . Méthode de dilution 24
IV.2.3. Méthode de microatmosphère 24
Chapitre II : Matériels et Méthodes
II.1 Matériel 26
II.1.1 Matériel végétal 26
II.1.2 Séchage, broyage et tamisage 26
II.2. Méthodes 27
II.2.1 Extraction et Préparation des extraits 27
II.2.1.1 Evaporation au Rotavapeur……..29
II.2.1.2 Détermination de rendement d'extraction 31

II.2.1.3 Screening phytochimique 31
II.2.1.4. Dosage 33
II.2.1.4. Dosage des composés phénoliques totaux 33
II.2.1.5. Dosage des flavonoïdes totaux 33
II.2.1.6.Test de l'activité anti-oxydante DPPH des extraits étudiés 34
II.2.2 . Extraction et Préparation des huiles essentielles 35
II.2.3. Conservation des huiles essentielles de *Salvia officinalis* 36
II.2.4. Procédé de l'hydrodistillation de l'HE 37
II.2.5 Détermination de rendement d'huile essentielle……37
II.2.6. L'activité antibactérienne 38
II.2. 6.1 Origine et choix des souches……...38
II.2. 6.2 Le milieu de culture utilisée……39
II.2.7. Test de l'activité antibactérienne 39
II.2.7.1 Méthode d'aromatogramme……39
II.2. 7.2 Expression des résultats……...41
II.2.8 Analyse statistique……...41

Chapitre III: Résultats Discussion

III.1 Rendement des extraits 43
III. 2 Rendement de l'huile essentielle 44
III. 3 Screening phytochimique 44
III. 4 Dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes 45
III. 4 .1 Teneur en polyphénols 45
III. 4 .2 Dosage des flavonoïdes 47
III. 5. L'activité antioxydant la méthode de DPPH 48
III. 6. Activité antibactérienne 49
III. 6 .1. Pouvoir antibactérien contre *Escherichia coli* 50
III. 6 .2. Pouvoir antibactérienne contre *Bacillus subtilis* 51
III. 6 .3. Pouvoir antibactérien contre *Staphylococcus aureus* 51
III. 6 .4. Pouvoir antibactérien contre *salmonella typhimidis* 53
Conclusion 57
Références bibliographiques 60
Annexe. 70

Liste des figure

Figure 01 : La famille *lamiacée*	**4**
Figure 02 : Centres de diversité pour le genre *Salvia*	**6**
Figure 03 : Structure du noyau phénol	**10**
Figure 04: Structure de base des flavonoïdes	**13**
Figure 05: La balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants	**17**
Figure06: Structure du radical stable DPPH.	**21**
Figure 07: La plante *Salvia officinalis*	**26**
Figure 08: La poudre de la plante *Salvia officinalis*	**27**
Figure 09: Processus d'agitation et filtration de l'extrait aqueux	**28**
Figure 10: Processus d'agitation et filtration de l'extrait alcoolique (éthanolique et méthanolique)	**28**
Figure 11: Montage de L'évaporateur rotatif de laboratoire	**29**
Figure 12: Protocole des activités étudiées sur les extraits de *Salvia officinalis*	**30**
Figure 13: Réaction de test DPPH	**34**
Figure 14: Montage de l'appareil d'hydrodistillation de type Clevenger	**36**
Figure 15: Conservation des huiles essentielles de *Salvia officinalis*	**36**
Figure 16: Préparation des boites Pétri	**39**
Figure 17: Remplage des boites de Pétri	**40**
Figure 18: Ensemencement	**40**
Figure 19: Déposement des disques	**41**
Figure 20: Teneurs en polyphénols totaux dans les trois extraits de *Salvia officinalis*	**46**
Figure 21: Teneurs en flavonoïdes totaux dans les trois extraits de *Salvia officinalis*	**47**
Figure 22: Effet de l'huile de *Salvia* sur *Escherichia coli.*	**50**
Figure 23: Effet de l'huile de *Salvia sur E.coli*	**50**
Figure 24: Effet de l'huile de *Salvia* sur *Bacillus subtilis*	**51**
Figure 25: Effet de l'huile de Salvia sur Bacillus subtilis	**51**
Figure 26: Effet de l'huile de *Salvia* sur *Staphylococcus aureus*	**52**
Figure 27: Effet de l'huile de *Salvia* sur *Staphylococcus aureus*	**52**
Figure 28: Effet de l'huile de *Salvia sur Staphylococcus aureus*	**53**
Figure 29: Effet de l'huile de *Salvia officinalis* sur *Salmonella typhimidis*	**53**

Liste des tableaux

Tableau I: La classification de la SAUGE selon	**04**
Tableau II: Les noms vernaculaires de *Salvia officinalis* L	**04**
Tableau III: Classification des composés phénoliques	**10**
Tableau IV: Structures des différentes classes des flavonoïdes	**13**
Tableau V: Les principales espèces ERO et ERA générées dans les systèmes biologiques	**17**
Tableau VI: Les caractéristiques sur les quatre bactéries étudiées.	**36**
Tableau VII: Aspect, couleur et pourcentage (%) du rendement des différents extraits.	**40**
Tableau VIII: Les Analyses phytochimiques des différents extraits de *Salvia officinal*is	**41**
Tableaux IX: Activité antioxydante exprimée en IC50 de l'espèce	**45**
Tableau X: Les résultats de la méthode de l'aromatogramme	**51**

Liste des abréviations

% : Pourcentage

ABTS: sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique

Alcl3: Trichlorure d'aluminium.

DMSO: Diméthylsulfoxyde.

Dpph : 2-2-diphényl-1-picrylhydrazyl

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

Fe Cl: Chlorure fer

Fe_3: Ion ferrique

FRAP: Ferric Reducing Antioxydant Power

HE : Huile essentielle

I (%): Pourcentage d'inhibition.

IC50 : Concentration inhibitrice de 50 %.

mg/ml : Milligramme par millilitre.

Mm : Millimètre.

NaCl : Chlorure de sodium

R(%): Rendement en %.

ROS : Réactives antioxydants secondaires

SM: Spectrométrie de masse

SOD: Superoxyde dismutase

µl: Microlitre.

Introduction

Introduction

La phytothérapie est l'art de guérir avec les plantes, un terme complexe qui décrit une discipline scientifique dont les secrets et les recettes sont à l'origine de la pharmacie moderne. En réalité, la plupart des médicaments que nous utilisons aujourd'hui sont directement dérivés des plantes, généralement en extrayant leurs racines, feuilles ou écorces.

L'effet de la phytothérapie sur l'organisme dépend de la composition des plantes. Les plantes et leurs effets sont généralement évalués en fonction de leurs "principes actifs", qui sont des substances chimiques spécifiques présentes dans les plantes médicinales et qui peuvent être dosées avec précision.

Les propriétés médicinales des plantes thérapeutiques résident dans certaines substances chimiques, notamment les alcaloïdes, les tanins, les flavonoïdes et les composés phénoliques. Parmi ces constituants bioactifs, les composés phénoliques sont particulièrement abondants dans de nombreuses plantes. Ils se distinguent par leurs structures chimiques diverses et possèdent des propriétés antioxydants, anticoagulantes, antimicrobiennes, hépato protectrices, gastro protectrices et anticancéreuses, entre autres **(Hammoudi, 2015)**.

Le genre Salvia, de la famille des Labiées ou Lamiacées, font partie de la gamme variée des plantes médicinales et aromatiques spontanées caractérisant la flore Algérienne. Le genre en question compte, à lui seul, plus de 900 espèces **(Bektas *et al*. 2005 ; Kivrak *et al.*, 2009)**. Les espèces décrites en Algérie sont au nombre de vingt- trois (**Quezelet Santa, 1963)**.

Les recherches actuelles se concentrent principalement sur l'étude des molécules antioxydantes naturelles captant les radicaux libres. En neutralisant ces composés extrêmement réactifs, les capteurs de radicaux libres réduisent leur nocivité **(Boyd *et al.*, 2003).**

De nombreuses études ont également examiné l'efficacité antimicrobienne des métabolites secondaires, en particulier celle des huiles essentielles, qui en raison de leur composition chimique peuvent nuire gravement aux souches microbiennes **(Bounatirou et *al*., 2007).**

Dans le cadre de la revalorisation des informations traditionnelles, nous allons étudier certains effets biologiques et la composition chimique de la plante médicinale utilisée depuis longtemps pour leurs multiples propriétés: **la sauge (*Salvia officinalis*).**

L'activité antioxydante et antimicrobienne de l'extrait de la plante aromatique *Salvia officinalis*, qui appartient à la famille des Lamiacées, qui est l'une des familles de plantes les

plus utilisées dans le monde pour produire des épices et des extraits à une qualité médicale intéressante, est le sujet de notre étude. Cette plante est parmi les plantes aromatiques les plus populaires utilisées dans le monde, ce qui la motive à la sélection. Nos gens l'utilisent fréquemment dans la cuisine et la médecine traditionnelle, ainsi que dans les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques. Leur efficacité est également reconnue dans le traitement symptomatique des troubles digestifs supérieurs. Cette plante est un sujet fascinant de recherche scientifique.

Pour cela notre étude englobe trois chapitres, dont :

- Le premier est une synthèse bibliographique de quelques rappels sur les radicaux libres, stress oxydatif, les antioxydants et la plante étudiée;
- Le deuxième est consacré à l'étude expérimentale, qui porte sur l'extraction, le taux d'humidité, le screening phytochimique, dosage des composés phénoliques (polyphénols totaux, et flavonoïdes) de la sauge, et à l'évaluation de leur activité antioxydante et antibactérienne;
- Le troisième chapitre est une présentation des résultats et leurs discussions.

Chapitre I: Synthèse Bibliographique

I.1 Présentation de la plante

I.1.1 Généralité sur la famille lamiacée

La famille des lamiacées connue également sous le nom des labiées dérive du nom latin « labium » qui signifie lèvre, en raison de la forme particulière des corolles **(Dupont and Guignard, 2015) .**

Elle comporte environ 258 genres pour 6900 espèces plus ou moins cosmopolites, mais dont la plupart se concentrent dans le bassin méditerranéen tel que le thym, la lavande, le romarin **(Botineau, 2010).**

La région méditerranéenne d'une manière générale et l'Algérie en particulier, avec son climat doux et en soleillé est particulièrement favorable à la culture des plantes aromatiques et médicinales. La production des huiles essentielles à partir de ces plantes pourrait constituer à ce titre une source économique importante pour notre pays. La famille des Lamiacée est l'une de plus répandue dans le règne végétal **(Daniels, 1976) .**



Figure 01 : La famille des Lamiacée

I.1.2 Caractéristique botanique

Le genre *Salvia* est le plus grand genre de plantes de la famille des *Lamiaceae*, il comprend des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces. Est une plante très ramifiée qui peut atteindre 60 cm de haut pour une envergure de 45 cm. Ses tiges sont robustes et ligneuses et ses feuilles, oblongues, font environ 6 cm de long pour 2 cm de large. Les fleurs, qui apparaissent au milieu de l'été, longues d'environ 25 cm, éclosent en grappes longues et recourbées **(Callery, 1998) .**

I.1.3 Classification botanique

Tableau I : La classification de la SAUGE selon **Conner *et al.*(1976).**

Règne	**Plantae (végétal)**
Sous règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermatophyte
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Astéridés
Ordre	Lamiales
Famille	*Lamiacées*
Genre	*Salvia*
Espèce	***Salvia officinalis* L**

I.1.4 Nomenclature et appellation

Tableau II : Les noms vernaculaires de *Salvia officinalis* L.

Nom scientifique	***Salvia officinalis***	**Références**
Français	Sauge	**(Grieve, 1971)**
Anglais	Common sage, Garden sage, Sawge	**(Ghourri *et al.*, 2013)**
Nom targui ou berbère	Tazzourt, Agourim, Imeksaouen	**(Grieve, 1971)**
Arabe	الميرمية	**(Grieve, 1971)**
Synonyme	Herbe sacrée, thé d'Europe, thé de Provence, Grande Sauge	**(Ghourri *et al.*, 2013)**

I.1.5 La répartition géographique

Il existe des centaines d'espèces de sauge (environ 900 espèces) dans le monde ; en Europe, la plante médicinale la plus utilisée est la sauge (ou sauge sclarée). La sauge est une plante commune dans les pays bordant la mer Méditerranée, préfère les endroits ensoleillés et se sème au printemps. Les plantes sont remplacées tous les 3 ou 4 ans et les feuilles sont récoltées en été **(Fowler *et al*., 1976) .**

Cette espèce se trouve dans trois grandes régions du monde: 530 espèces endémiques en Amérique centrale et du Sud, 250 espèces endémiques en Asie centrale et dans les régions méditerranéennes, 30 espèces endémiques en Afrique et 90 espèces endémiques en Asie de l'Est **(Walker and Sytsma, 2007) .**

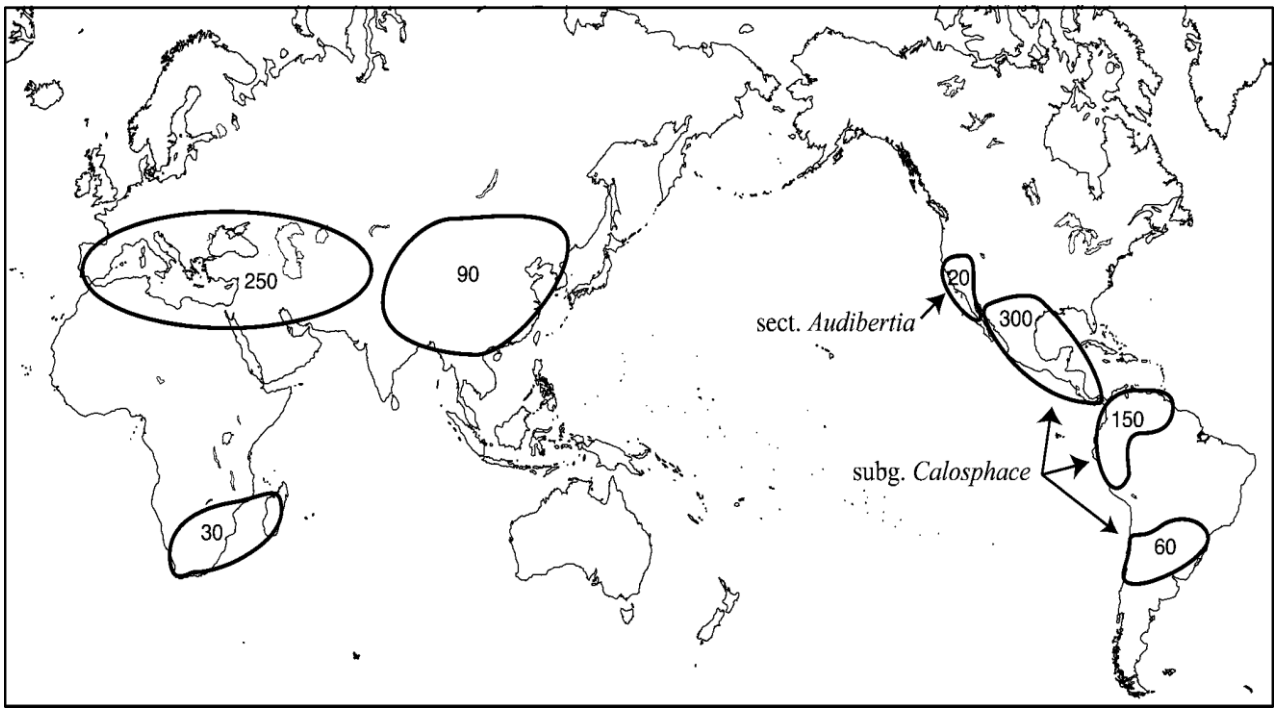


Figure 02 : Centres de diversité pour le genre *Salvia* **(Fowler *et al*., 1976)**

I.1.6 Culture et récolte

La culture de la *Salvia officinalis* peut être entreprise de différentes manières, selon les conditions climatiques et les préférences personnelles. Elle peut être cultivée à partir de graines ou de boutures, dans des pots ou en pleine terre. Les plantations se font au mois d'avril. La plante préfère les sols bien drainés et ensoleillés, avec un pH compris entre 6,0 et 7,0. Elle peut également tolérer des sols pauvres et sablonneux.

Les plants de *Salvia officinalis* doivent être arrosés régulièrement, mais ils ne doivent pas être laissés dans un sol détrempé. Ils doivent être taillés régulièrement pour maintenir une croissance dense et favoriser une ramification saine. Les fleurs doivent être coupées dès qu'elles apparaissent pour encourager la production de feuilles.

La récolte de la *Salvia officinalis* peut être entreprise dès que la plante atteint une hauteur de 15 à 20 cm. Les feuilles doivent être cueillies avant que la plante ne commence à fleurir pour obtenir un maximum de saveur et d'arôme. Les feuilles peuvent être cueillies à tout moment de la journée, mais elles seront plus aromatiques en fin de matinée, après que la rosée du matin s'est évaporée. Une fois les feuilles récoltées, elles peuvent être utilisées fraîches ou séchées pour une utilisation ultérieure. Pour sécher les feuilles, il est recommandé de les suspendre à l'envers dans un endroit sec et chaud pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'elles soient complètement sèches et friables **(Xu *et al.*, 2018)**.

I.1.7 Principaux constituants chimiques

La *Salvia officinalis* contient plusieurs constituants chimiques notamment :

1. **Les acides phénoliques** : la *Salvia officinalis* contient des acides phénoliques, tels que l'acide rosmarinique et l'acide caféique, qui ont des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes et antibactériennes, anti-radicalaires **(Raal *et al.*, 2007).**
2. **Les flavonoïdes** : La sauge officinale contient des flavonoïdes tels que la lutéoline, l'apigénine et la diosmétine **(Pan *et al.*, 2021).**
3. **Les terpènes :** tels que le camphène, le thuyone et le bornéol, sont également des constituants importants de la sauge officinale et sont responsables de son arôme caractéristique **(Jaganjac *et al.*, 2021).**
4. **Les huiles essentielles** : Les plantes du genre Salvia sont également riches en huiles essentielles, avec une large gamme de terpénoïdes, y compris l'α et β-thuyone, le camphre, le 1,8-cinéole, l'α-humulène, le β-caryophyllène et le fridiflorol **(Abdelkader *et al.*, 2014).**

Ce genre est bien connu pour la production de mucilage, quand les graines sont mouillées. Les résultats des études sur *Salvia* ont montré que le mucilage est excrété par les cellules polygonales de la couche épidermique, étant composé principalement de fibres de glucides **(Salgado-Cruz *et al.*, 2013).** La couche mucilagineuse autour des graines contient le complexe polysaccharides, qui forme une couche douce autour des graines. Cette couche peut bien avoir

un effet nettoyant et a connait que les polysaccharides sont utiles dans le traitement des conditions inflammatoires et des infections bactériennes ou virales (**Heinrich**, **2012**)**.**

I.1.8 Utilisation traditionnelle

L'utilisation des plantes et de leurs produits est connue sous le nom de phytothérapie, il est considéré comme faisant partie de la médecine traditionnelle depuis de nombreux siècles, le traitement des plantes médicinales est de nombreuses ressources disponibles groupe de course, aujourd'hui, les plantes sont toujours utilisées en médecine traitement traditionnel, soulager ou prévenir de nombreuses maladies **(Ghaoui *et al.*, 2008).**

La sauge est avérée active dans les préparations combinées pour le traitement de la bronchite aiguë et chronique. Les études *in vivo*, montrent que les extraits de sauge ont un effet hypotensive et déprimant sur le système nerveux central **(Newall *et al.*, 1996) .**

Elle est considérée comme un stimulant pour les gens anémiques, aussi pour les personnes stressées et déprimées, et conseillée pour les étudiants en période d'examen. Dans la médecine traditionnelle Européenne, *S. officinalis* a été utilisé pour traiter la dyspepsie légère (comme les brûlures de l'estomac et les ballonnements), la transpiration excessive et les troubles cognitifs liés à l'âge et inflammations de la gorge et de la peau **(Ghorbani and Esmaeilizadeh, 2017) .**

Cette herbe aromatique est employée dans la cuisine, pour son gout puissant, légèrement amer et camphré. Des études montrent que *Salvia officinalis* pourrait être bénéfique chez les patients diabétiques pour réduire le glucose et le cholestérol 2 heures après le repas **(Behradmanesh, 2013).**

I.1.9 Toxicité

Il n'y a pas des rapports sur les effets secondaires négatifs associés à *Salvia Officinalis* malgré leur utilisation pendant de nombreux siècles. L'utilisation normale de la sauge est très sûre; Cependant, il pourrait y avoir un effet négatif sur l'utilisation de *S. officinalis* en quantité excessive, ce qui peut être causé par le contenu élevé de la thuyone **(Hamidpour *et al.*, 2014).**

L'huile essentielle (HE) de sauge peut contenir jusqu'à 50% de thuyune qui peut se révéler épiléptisante et neurotoxique. Néanmoins, aucunes toxicité aigüe ou chronique n'a été signalée après emploi des doses usuelles des feuilles de la sauge et de son huile essentielle (jusqu'à 15 gouttes par jour). Cependant, la thuyone provoque non seulement un effet local irritant, mais également des effets centraux psycho mimétiques, après sa résorption.

Une consommation chronique de thuyone peut ainsi conduire à des troubles irréversibles du système nerveux central, à des perturbations des fonctions hépatiques, rénal et cardiaques. Dans la mesure où la quantité de drogue employée à des fins culinaires reste faible, pour les consommateurs. Une toxicité aigüe après administration d'une forte dose d'HE (2 g et plus). Ainsi, la consommation régulière de sauge, même sous forme de tisane ne pourrait pas recommandée **(Teuscher *et al*., 2005).**

II. Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des produits à divers endroits dans la cellule. Ils sont principalement stockés dans des vacuoles. Les métabolites secondaires ont une distribution limitée à la fois au sein de la plante elle-même et entre les différentes espèces végétales **(Raven *et al*., 2014).**

La plupart des métabolites secondaires interviennent dans la défense contre les prédateurs et les pathogènes, comme agents allèlopathiques ou pour attirer les agents chargés de la pollinisation ou de la dissémination des fruits. Les principales catégories des métabolites secondaires sont envisagées rapidement ci –dessous, et certains aspects de leur distribution au sien des angiospermes sont abordés **(Bouharmont and Évrard, 2002).**

II.2 Classification des métabolites secondaires

Les trois classes de métabolites secondaires chez les plantes sont :

a. Les alcaloïdes.

b. Les terpènoides.

c. Les composés phénoliques **(Raven *et al.*, 2014).**

II.2.1. Les alcaloïde

Un alcaloïde est un composé organique naturel (le plus souvent d'origine végétale), Hétérocyclique avec l'azote comme hétéroatome, de structure moléculaire complexe plus ou moins basique et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose **(Bruneton, 1999) .** Représentant un groupe fascinant de produits naturels, ils constituent un des plus grands groupes de métabolites secondaires avec près de 10 000 à 12 000 différentes structures **(Roberts and Wink, 1998).**

II.2.2. Les terpènes

Les terpènes (= Terpénoïdes) représentent la plus grande classe de composés organiques naturels avec plus de 40 000 structures signalées à ce jour. Sa structure chimique de base est constituée d'une unité isoprène (C5H8). Selon le nombre d'unités d'isoprène, les terpènes sont classés en : monoterpènes (C10) - Les sesquiterpènes (C15) - Les diterpènes (C20) - Les triterpènes (C30) - Les tétraterpènes (C40) - Les polyterpènes (>C40) **(Cho *et al.*, 2017)**

Les terpénoïdes sont responsables de l'odeur typique de nombreuses plantes et contribuent à la stabilisation des membranes cellulaires, à la perméabilité et à la régulation des réactions enzymatiques. Il présente également des effets antibactériens, antifongiques, antiviraux, antihyperglycémiques, anti-inflammatoires et antiparasitaires et a démontré son efficacité dans la chimioprévention et la chimiothérapie du cancer **(Paduch *et al.*, 2007)**

II.2.3. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques ou polyphénols forment une grande famille de composés chimiques très divers depuis les simples acides phénoliques **(Hopkins, 2003).** L'élément structural fondamental qui caractérise ces composés est la présence d'au moins un noyau benzénique lié au moins à un groupe hydroxyle libre ou engagé avec une autre fonction : éther, ester ou hétéroside **(Figure 03).** Elles sont présentes dans presque toutes les plantes et l'on sait qu'elles s'accumulent dans toutes les parties de l'organisme (racines, tiges, feuilles, fleurs, et fruits). Bien qu'il soit le groupe le plus étudié de métabolites secondaires, la fonction de beaucoup de produits phénoliques reste encore inconnue **(Raven *et al.*, 2014)**

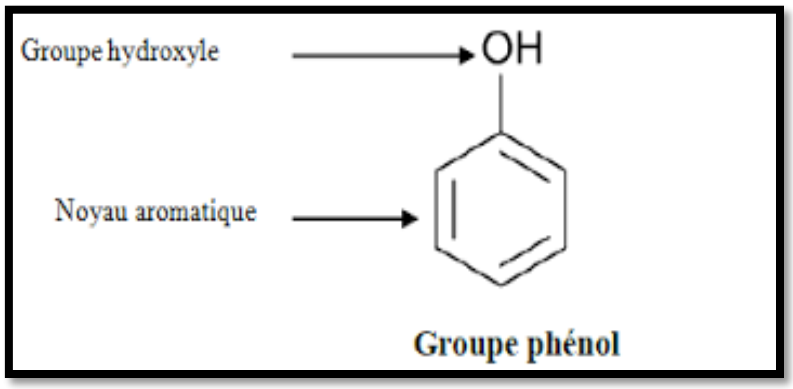


Figure 03: Structure du noyau phénol **(Sarni-Manchado and Cheynier, 2006)**

II.2.3.1 Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont classés selon le nombre d'atome de carbone dans le squelette de base, ces structures peuvent êtres sous forme libres ou liées à l'ester ou hétérosides **(Bruneton, 1999).**

Tableau III : Classification des composés phénoliques **(Macheix Jean-Jacques, 2005)**

Nombre d'atome de carbone	Squelette de base	Classe	Exemple	Origine
6	C6	Phénols simples	Catéchol	
7	C6-C1	A.Hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
9	C6-C3	A.Hydroxycinnamiques	acide Caféique	Pomme, P. de Citrus
		Coumarines	Scopolétol	terre
10	C6-C4	Naphtoquinones	Juglone	Noix
13	C6-C1-C6	Xanthones	Mangiferine	Mangue
15	C6-C3-C6	Flavonoïdes	Quercétol, cyanidol	Fruits, légumes
		Isoflavonïdes	Daidzeine	Soja, pois
N	(C6-C3)n	Lignines	/	Fruits à noyau
N	(C15)n	Tanins	/	Raisin rouge, Kaki

II.2.3.1.1. Acides phénoliques

Ce sont de petites molécules constituées d'un noyau benzénique et au moins d'un groupe hydroxyle. Elles peuvent être également estérifiées, éthérifiées et liées à des sucres sous forme d'hétérosides. Leur biosynthèse dérive de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ayant tendance à s'isomériser et à se polymériser. Ces phénols sont principalement antiseptique, analgésique, antioxydant et anti-inflammatoire **(Wichtl *et al*., 2003).**

II.2.3.1.2. Acides hydroxycinnamiques

Dérivé de l'acide cinnamique avec une structure générale de base similaire à C6 C3 a une double liaison dans la chaîne latérale et peut avoir une configuration cis ou Les acides hydroxycinnamiques trans les plus courants et les plus connus comprennent : Cinnamique, Caféique, Férulique, P-coumarique et Aigre moutarde **(El-Seedi *et al*., 2012)**

II.2.3.1.3. Acides hydroxybenzoïques

Les acides hydroxybenzoïques ont une structure commune C6-C1, Dérivé de l'acide benzoïque. Ils se présentent généralement sous forme d'esters ou Glycosides **(Bruneton, 1999).**

Les acides hydroxybenzoïques sont à la base de structures complexes comme les tanins hydrolysables. Les plus répandus sont : l'acide salicylique et l'acide gallique **(Rezaire, 2012).**

II.2.3.2.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des molécules polysubstituées ubiquitaires chez les plantes, formés à partir des acides aminés aromatiques phénylalanine, tyrosine et du malonate. La structure de base de flavonoïde est le noyau flavane, qui se compose de 15 atomes de carbone disposés en trois cycles (C6-C3-C6) qui sont nommés cycle A, cycle B et cycle C **(Stalikas, 2007).**

L**es** flavonoïdes jouent un rôle très important dans la croissance, la floraison, la fructification et la défense des plantes contre les maladies et les micro-organismes. Ils jouent également un rôle très important dans la santé humaine. Par exemple, ils sont efficaces contre l'inflammation chronique, les maladies allergiques, les maladies coronariennes et le cancer **(Ebadi, 2006).**

II.2.3.2.2. Structure chimique et classification

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune, par conséquent, il possède tous un même squelette de base a quinze atomes de carbone, constitué de deux noyaux aromatiques (noyaux A et B) et d'un hétérocycle central C **(figure 04) (Erdman *et al*., 2007).**

La nature chimique des flavonoïdes dépend de leur classe structurale, de dégrée d'hydroxylation et de méthylation, de degré de polymérisation, des substitutions et des conjugaisons sur le cycle C c'est-à-dire la présence : de double liaison C2-C3, du groupe 3-O et la fonction 4-oxo **(Yao *et al.*, 2004).**

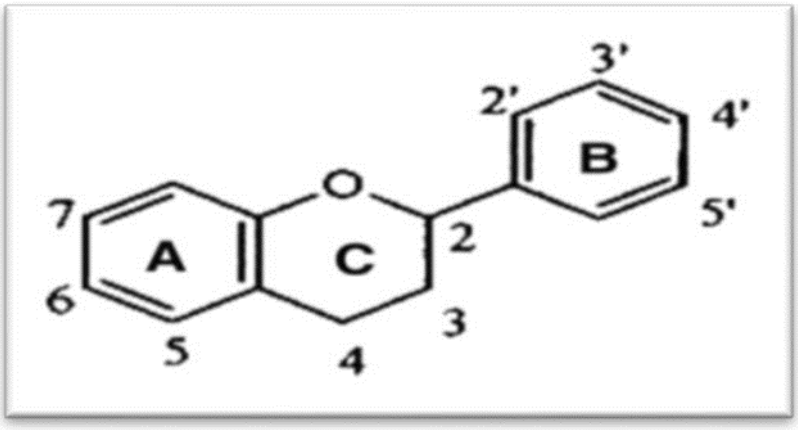
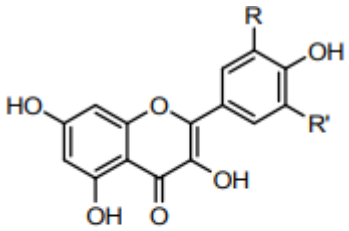
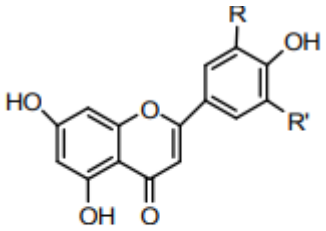
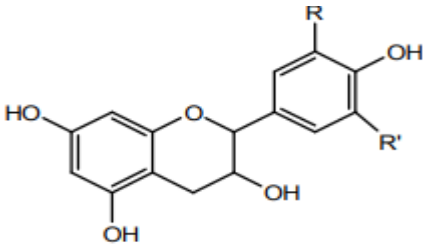
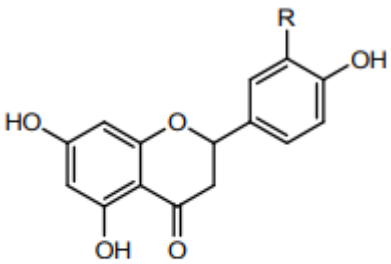
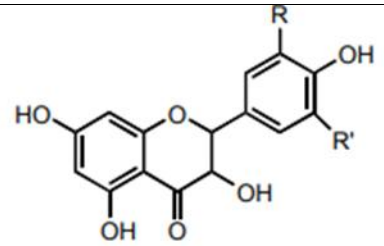


Figure 04 : Structure de base des flavonoïdes **(Erdman *et al.*, 2007)**

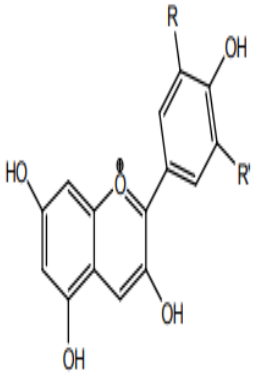
Tableau IV : Structures des différentes classes des flavonoïdes **(Saffidine, 2018)**

Flavonols  R=R'=H: Kaempférol R= OH, R' = H: Quercétine R= OCH_3, R' = H: Isorhamnétine R=R'= OH: Myricétine	**Flavones**  R=R'=H: Apigénine R= OH, R' = H: Lutéoline R=R'= OCH_3: Tricine
Flavan-3-ols  R=R'=H : Afzeléchine R = OH, R' = H : Catéchine R = R'= OH : Gallocatéchine	**Flavanones**  R= H : Naringénine R= OH : Eriodictyol
Flavanonols	**Anthocyanes**



R= OH, R' =H: Taxifoline

R= OH, R'= OH: Ampéloptol



R = R'= H : Pélargonidine

R = OH, R' = H : Cyanidine

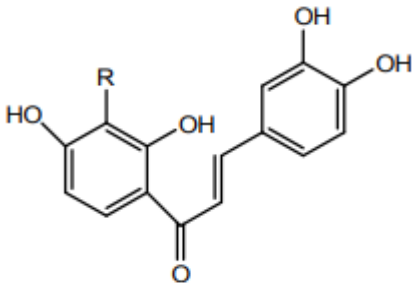
R = OCH_3, R' = H : Péonidine

R = R'= OH : Délphinidine

R = R' = OCH_3 : Malvidine

R = OH, R' = OCH_3 : Pétunidine

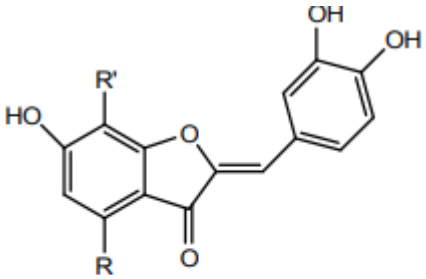
Chalcones



R = H : Butéine

R = OH : Okanine

Aurones



R = R' = H: Sulphorétine

R = OH, R' = H: Aureusidine

R = H, R' = OCH3: Leptosidine

II.2.3.2.3. Quelques propriétés des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composants essentiels des cellules de toutes les plantes supérieures. Ils sont similaires à la plupart des vitamines liposolubles dans leurs propriétés régulatrices, mais ils agissent également comme un contact environnemental en raison de leur couleur et de leur odeur. Ils sont reconnus par les pollinisateurs tels que les insectes, les oiseaux et les animaux qui aident à disperser les graines. les flavonoïdes inhibent ou tuent de nombreuses souches bactériennes, et détruisent certains protozoaires pathogènes **(Havsteen, 2002).**

Ils agissent comme des filtres UV uniques et jouent un rôle dans la résistance à la glace et la résistance à la sécheresse **(Panche *et al*., 2016).**

II.2.3.2.4. Activités biologiques des flavonoïdes

C'est un flavonoïde, comme le montrent de nombreuses études leurs propriétés sont exploitées comme molécules de défense contre les pathogènes. À propos de la possibilité d'un

traitement contre les micro-organismes vous serez reconnu comme antivirale, antitumorale, anti-inflammatoire, anti-allergique, Agent anticancéreux. Bon pour le diabète et les maladies La maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson **(Saffidine, 2018)**

II.2.3.3. Tanins

Le terme tanin provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits des plantes pour tanner les peaux d'animaux, autrement dit pour transformer une peau en cuir **(Hopkins, 2003).** Les composés phénoliques présentent à des concentrations relativement élevées dans les feuilles de plantes ligneuses très diverses. Les tanins sont isolés dans les vacuoles **(Raven *et al*., 2014) .** Composés phénoliques hydrosolubles ayant une masse moléculaire comprise entre 500et 3000 qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines **(Bruneton, 1999).**

II.2.3.4. Coumarines

Les coumarines tirent leur nom de «Coumarou», nom vernaculaire de fève tonka (Dipterixordorota Wild., Fabacée), d'où fut isolée en 1820, la coumarine **(Bruneton, 1999).**

Ce sont des dérivés des acides hydroxycinnamiques et qui sont le point de départ d'une famille de composés qui se forment par une substitution en 6,7et 8 sur un cycle aromatique **(Marouf and Reynaud, 2007).** Les coumarines constituent un groupe de lactone largement répandues, issues de la formation d'un cycle fermé à partir de l'acide hydroxycinnamique **(Hopkins, 2003).**

III. Les huiles essentielles

On appelle huile essentielle (ou parfois « essence végétale »), qui stockées dans tous les organes végétaux, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits mais également à partir de gommes qui se les écoulent du tronc des arbres **(Burt, 2004).**

Les huiles essentielles sont des produits d'extraits aromatiques volatils, composants complexes, obtenu à partir de matériel végétal botaniquement défini, ou par distillation à la vapeur, par distillation sèche ou par procédé Mécanique sans chauffage **(Pengelly and Bone, 2020).**

III.1. Composition chimique des huiles essentielles

III.1.1 Terpinoïdes

Ce sont des hydrocarbures de nature terpéniques dont la formule générale est (C5H8). Ces terpènes sont très volatils et regroupent : les mono-terpènes (C10H16) et les sesquiterpènes (C15H24). Les monoterpènes sont les plus répandus et ils peuvent être acycliques (myrcène, ocimène), monocycliques (a et y-terpinène, p-cymène) ou bicycliques (pinene, camphène, sabinene). Les variations structurales justifient l'existence de nombreuses molécules : alcools (géraniol, borneol), phénols, esters, aldéhydes et autres **(Bruneton and Poupon, 2016).**

III.1.2 Composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C6-C3) ou composés phénoliques s'agissant le plus fréquemment des allyl-et propénylphénols, parfois des aldéhydes.

La biosynthèse par voie phenylpropanoides débute par des aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine. Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle. Egalement, la synthèse de ces constituants nécessite une série d'acides dont l'acide shikimique et l'acide cinnamique.

Les phénylpropanoïdes sont moins répondu dans l'HE que les terpénes, néanmoins elles sont caractéristiques dans certaines huiles essentielles d'Apiaceae : (anis, fenouil, persil, cannelles (eugénole, myristicine, asarones, cinnamaldéhyde) **(Bruneton, 1999).**

III.1.3 Composés d'origines diverses

Selon le mode de récupération utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entrainables lors de l'hydrodistillation, carbure (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides (C3 à C10), alcools, aldéhydes, esters acycliques, lactones**.** Dans les concentrations, il n'est pas rare de trouver des produits de masse moléculaire plus importante non entraînables à la vapeur d'eau; homologues des phénylpropanes, diterpènes coumarines **(Bruneton, 1999).**

III.2. La toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles ne sont pas des produits utilisables sans risque. Comme tous les produits naturels : "Ce n'est pas parce que c'est naturel que ce n'est pas dangereux pour l'organisme". Cet aspect des huiles essentielles est particulièrement important, leur utilisation devient de plus en plus populaire, avec nouveaux traitements tels que l'aromathérapie **(Pibiri, 2005).**

III. L'activité antioxydant

III.1. Oxydants

Les oxydants sont des composés capables de se réduire eux-mêmes et d'oxyder d'autres molécules lors d'une réaction d'oxydoréduction **(Haleng *et al.*, 2007).**

III.1.1. Stress oxydatif

L'oxygène est indispensable à la vie des organismes aérobies où les mitochondries, de la cellule, qui en utilisent la majeure partie comme substrat de la chaîne respiratoire pour la production de l'énergie sous forme d'ATP. Ce métabolisme induit la production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène (ERO) et de l'azote (ERA) en équilibre avec les systèmes antioxydants **(Roede and Jones, 2010) .**

Le stress oxydatif se définit comme étant un déséquilibre entre la génération d'espèces oxygénées activées (EOA) et les substances antioxydantes de notre organisme, en faveur des premières **(Castillo *et al.*, 2005).** Ce ratio peut être altéré par une augmentation des dérivés réactifs à l'oxygène et/ou à l'azote ou par une diminution des mécanismes de défense de notre corps en antioxydants **(Agarwal *et al.*, 2012)**.

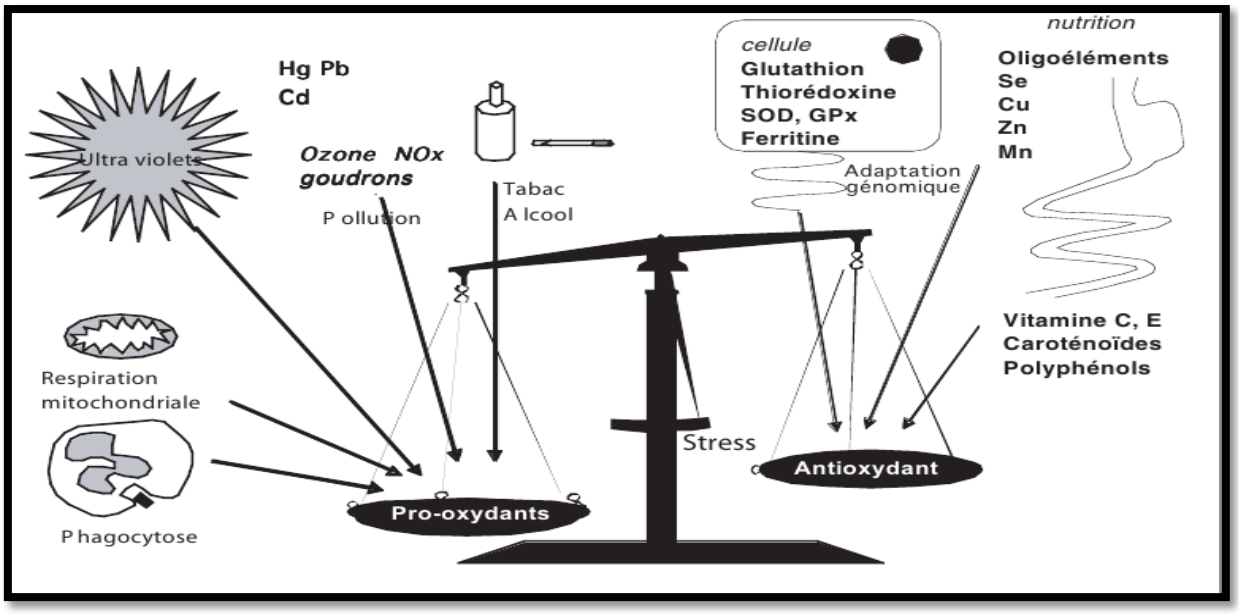


Figure 5 : La balance d'équilibre entre les systèmes prooxydants et antioxydants **(Lehucher-Michel *et al.*, 2001).**

III.1.2 Radicaux libres

Les radicaux libres sont les agents oxydants possédants un ou plusieurs électrons non appariés sur leur couche externe leur conférant une grande réactivité et instabilité vis-à-vis des substrats biologiques. Ils peuvent être classés en deux catégories : les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et les espèces réactives de l'azote (ERA). Les ERO étant les radicaux libres les plus couramment rencontrés dans l'organisme **(Miller *et al.*, 1993) .**

Tableau V: Les principales espèces ERO et ERA générées dans les systèmes biologiques **(Bartosz, 2003).**

Nom	Symbole
Anion superoxyde	**$O2^{\bullet -}$**
Radical hydroxyle	**OH•**
Monoxyde d'azote	**NO•**
Peroxyde d'hydrogène	**H2O2**
Acide hypochlorique	**HOCl**
Oxygène singulet	**1O2**
Peroxynitrite	**$ONOO^-$**
Radical alcoxy	**RO**

III.2 Antioxydants

III.2.1 Définition

Un antioxydant peut être défini comme une substance qui empêche ou inverse l'oxydation d'un substrat, alors que sa concentration dans le milieu y est très faible intervient comparée à celle du substrat oxydable **(Halliwell and Gutteridge, 1990) .**

Un antioxydant est une molécule suffisamment stable pour donner un électron à un radical libre rampant et le neutraliser, réduisant ainsi sa capacité à endommager. Ces antioxydants retardent ou inhibent les dommages cellulaires principalement par leur propriété de balayage des radicaux libres. Ces antioxydants de faible poids moléculaire peuvent interagir en toute

sécurité avec les radicaux libres et mettre fin à la réaction en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées **(Lobo e*t al*., 2010) .**

Certains de ces antioxydants, y compris le glutathion, l'ubiquinol et l'acide urique, sont produits pendant le métabolisme normal dans le corps. D'autres antioxydants plus légers sont présents dans l'alimentation. Bien qu'il existe plusieurs systèmes d'enzymes dans le corps qui récupèrent les radicaux libres, les principaux micronutriments (vitamines) antioxydants sont la vitamine E (α-tocophérol), la vitamine C (acide ascorbique) et le B-carotène. L'organisme ne peut pas fabriquer ces micronutriments ; ils doivent donc être fournis dans l'alimentation **(Lobo *et al*., 2010) .**

III.2.2 Classification des antioxydants

Le système de défense antioxydants peuvent être classés en deux catégories : les antioxydants enzymatiques directement synthétisés par l'organisme et les antioxydants non enzymatique apportés par l'alimentation sous forme des fruits et légumes riches en vitamines C, E, les caroténoïdes et les polyphénols **(Haleng *et al*., 2007).**

III.2.2.1.Les antioxydants enzymatiques

➢ Superoxyde dismutase ou (SOD)

Le superoxyde dismutases sont des métalloprotéines qui et les premières lignes de défense contre le stress oxydant, et l'élimination de l'anion super-oxyde O2•- par une réaction de dismutation, en le transformant en peroxyde d'hydrogène et en oxygène **(Delattre et al., 2005).**

➢ Catalase ou (CAT)

La catalase (CAT) est une enzyme héminique cette réaction localisée dans les peroxysomes, catalyse la dis mutation de H2O2 en eau et en oxygène moléculaire **(Lobo et al., 2010) .**

$$2\ H2O2 \rightarrow 2\ H2O + O2$$

• Glutathion peroxydase ou (GPx)

Les glutathion peroxydas consiste en l'élimination des peroxydes lipidiques résultant de l'action du stress oxydant sur les acides gras poly insaturés **(Wautier, 1997).**

III.2.2.2.Les antioxydants non enzymatique

- **Vitamine E (tocophérol)**

La forme la plus abondante de la vitamine E est l'α-tocophérol **(Haleng *et al*., 2007) .** Ce terme désigne un ensemble d'isomères, les tocophérols (constitués d'un noyau chromanol et d'une chaîne latérale saturée à 16 atomes de carbone) **(Langsjoen and Langsjoen, 2003) .**

- **Vitamine C (acide ascorbique)**

C'est très largement utilisée mais sans beaucoup de preuves d'efficacité et un puissant agent réducteur qui qui regréât avec tous les radicaux peroxydes et qui désactive l'ion superoxydes et le radical hydroxyle **(Rybak, 1974) .**

- **Polyphénols**

Les polyphénols sont des antioxydants présents dans les végétaux. Ils vont piéger les radicaux libres **(Sears *et al.,* 2012) .** Ils constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. L'alimentation fournit environ 1g de polyphénols par jour principalement par l'apport en fruits et, dans une moindre mesure, en légumes et en céréales. Ils sont présents sous forme d'anthocyanine dans les fruits rouges et le vin rouge **(Langsjoen and Langsjoen, 2003) .**

III.2.3 Mécanismes d'action des antioxydants

Deux principaux mécanismes d'action ont été proposés pour les antioxydants **(Rice-Evans and Diplock, 1993) .** Le premier est un mécanisme de rupture de chaîne par lequel l'antioxydant primaire donne un électron au radical libre présent dans les systèmes. Le deuxième mécanisme consiste à éliminer les initiateurs d'espèces d'azote ROS (réactives antioxydants secondaires) en éteignant le catalyseur initiateur de la chaîne. Les antioxydants peuvent exercer leur effet sur les systèmes biologiques par différents mécanismes, notamment le don d'électrons, la chélation des ions métalliques, les co-antioxydants ou la régulation de l'expression génétique **(Krinsky, 1992) .**

III.2.4.Rôles des antioxydants

Les antioxydants exercent de nombreux effets sur l'organisme :

- Ils inhibent ou piègent les radicaux libres en les convertissant en composés chimiques nouveaux et stables

- Ils Fournissent un excellent soutien au système immunitaire de l'organisme, ce qui en fait un moyen efficace de prévenir les maladies
- Ils Favorisent la croissance des cellules saines
- Ils aident à combattre la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA).
- Ils protègent les cellules contre le vieillissement prématuré et anormal **(Lecerf, 2009).**

III.2.5.Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydant

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer in *vitro* et in *vivo* l'activité antioxydant par piégeage de radicaux différents. Compte tenu de la complexité des processus d'oxydation et la nature diversifiée des antioxydants avec des composants à la fois hydrophiles et hydrophobes, il n'y a pas une méthode universelle par laquelle l'activité antioxydant peut être mesurée quantitativement d'une façon bien précise. Le plus souvent il faut combiner les réponses de tests différents et complémentaires pour avoir une indication sur la capacité antioxydant de l'échantillon à tester **(Ionita, 2005) .**

➢ Test de Piegeage du radical 2, 2- diphenyl 1-picrylhydrazyl (DPPH-)

Le DPPH est un radical libre, stable, employé pour évaluer l'activité antioxydant des composés purs ou de mélange complexe. La méthodologie est basée sur la décroissance de l'absorbance d'une solution méthanolique de DPPH suite à l'addition de l'antioxydant. L'activité antiradicalaire de nos produits a été évaluée par la méthode de DPPH. Une solution méthanolique de DPPH (2-2-diphényl-1-picrylhydrazyl) présente une coloration violette sombre, en présence d'un antioxydant, la forme réduite de DPPH-H confère à la solution une coloration jaune et par conséquent une diminution de l'absorbance. Le changement de la couleur de la solution méthanolique de DPPH en présence de chacun des produits flavoniques à tester a été mesuré à 517 nm **(Ionita, 2005) .**

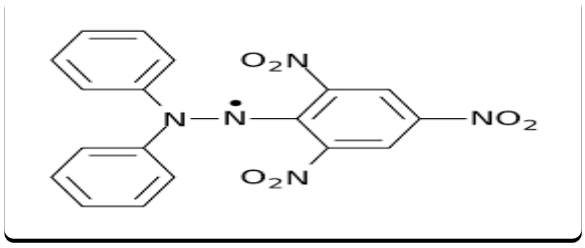


Figure 06: Structure du radical stable DPPH.

- **Teste de réduction du fer FRAP (Ferric Reducing Antioxydant Power)**

Le test de FRAP est base sur la réduction d'un complexe tripyridyltriazine ferrique [(Fe(III)-TPTZ)2] de couleur jaune en un complexe tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)2] de couleur bleue par un antioxydant a un pH de 3,6 (pour maintenir la solubilité du fer), et avec un maximum d' absorption a 593 nm **(Michel, 2011) .**

Cette méthode possède plusieurs avantages, elle est utilisée pour mesurer le potentiel antioxydant du plasma sanguin et ii est aussi adéquate pour mesurer le potentiel de composes purs. De plus, cette méthode est simple, rapide et peu couteuse **(Benzie and Strain, 1996) .**

- **Test de la capacité antioxydant par le test ABTS-+**

Cette méthode est basée sur la capacité des antioxydants a neutraliser le radical ABTS (sel d'ammonium de l'acide 2,2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique).

Le ABTS-+ est un radical cationique obtenue par la réduction de l'ABTS avec un oxydant (généralement le persulfate de potassium K2S20s) pour donner une solution d'une couleur bleu intense, qui est mesurée par spectrophotométrie a 645-734 nm (figure 20). La capacité antioxydant de solution obtenue a partir de l'ABTS est comparé par un antioxydant de référence, le Trolox (acide 6- hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylique) dont la structure moléculaire cyclique est similaire a celle de la vitamine E sans la chaine aliphatique **(Benzie and Strain, 1996) .**

Cette méthode possède plusieurs avantages qui sont sa simplicité à mettre en rouvre et sa rapidité. De plus, la solution d' ABTS est soluble dans l'eau et dans les solvants organiques et n'est pas affectée par la force ionique, elle peut donc déterminer la capacité lipophile et hydrophile **(Awika et *al*., 2003) .**

III.2.5 Effet des antioxydants sur la santé humaine

Lors de la photosynthèse, les plantes fabriquent des substances antioxydants pour se protéger des effets délétères des radiations solaires. Par conséquent, des vitamines (C, E, caroténoïdes) et des enzymes (catalases, peroxydases) sont synthétises. De plus, Ces plantes élaborent des flavonoïdes qui préviennent l'oxydation. Ces substances jouent deux rôles au niveau de la plante : celui d'un filtre solaire et celui d'antioxydant vis à vis des radicaux libres produits par les radiations. Tous ces antioxydants sont directement assimilables par notre

organisme quand on consomme des végétaux ou des produits dérives de ceux-ci. I1 existe une forte corrélation entre la consommation de légumes et de fruits et une moindre incidence des maladies cardio-vasculaires et les cancers. Les antioxydants végétaux ont des propriétés protectrices en matière de vaisseaux sanguins, leurs vertus antivieillissement et leurs implications probables dans la prévention des pathologies liées au stress oxydatif **(Cao et *al.*, 1996 ; Rice-Evans and Miller, 1996) .**

IV. Activité antimicrobienne

L'émergence de microorganismes pathogènes, pose actuellement un problème de santé publique particulièrement préoccupant. En effet, la résistance des germes aux antibiotiques rend quelques fois le traitement thérapeutique inefficace et impose la recherche de nouveaux agents antimicrobiens **(Benkherara et *al.*, 2011) .**

L'activité antimicrobienne fait référence à la capacité d'une substance à inhiber ou tuer la croissance de micro-organismes tels que les bactéries, les champignons ou les virus. Il existe de nombreux exemples de substances ayant une activité antimicrobienne, y compris les antibiotiques, les antifongiques et les antiviraux.

IV.1.Méthodes d'évaluation de l'activité antimicrobienne

L'examen des données bibliographiques fait apparaître d'emblée la diversité des méthodologies utilisées pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne des huiles essentielles **(Ahmad *et al*., 2006) ; (Pibiri, 2005); (Tepsorn, 2009); (Oussou *et al*., 2008).**

Ces aperçus édités prouvent qu'il n'y a pas une seule méthode qui est employée par tous les chercheurs pour déterminer quelle est la meilleure méthode pour des analyses *in vitro*.

IV.2.Evaluation de l'activité antibactérienne

IV.2.1 Méthode de l'aromatogramme

La méthode de diffusion sur disque, appelée aussi méthode de Vincent ou technique de l'aromatogramme ou technique de l'antibioaromatogramme **(Bekhechi *et al*., 2008)**.

Elle est particulièrement adaptée à l'étude de l'action antibactérienne. Elle permet de déterminer la sensibilité des différentes espèces bactériennes vis à vis de l'huile essentielle donnée. Elle peut être aussi adaptée pour tester d'autres agents antimicrobiens. La méthode de l'aromatogramme consiste à utiliser des boites de Pétri contenant un milieu gélosé convenable (10-25mL), déjà solidifié et inoculé de la souche microbienne testée. Des disques en papier

filtre, papier buvard ou Wattman+ (6-8mm), préalablement imprégnés de quantités connues d'HE (5-30µL), sont alors placés en surface de la gélose **(Wilkinson, 2006)**

Après incubation, la lecture des résultats se fait par mesure des diamètres des zones d'inhibition en millimètres **(Choi *et al*., 2000 ;Andrews, 2001; Wilkinson, 2006)**. La sensibilité aux différentes huiles essentielles est mesurée en fonction des diamètres des zones d'inhibition comme suit : non sensible (-) pour le diamètre moins sensible de 6 mm ; sensible (+) pour un diamètre entre 9-14 mm ; très sensible (+ +) pour un diamètre entre 15-19 mm et extrêmement sensible (+++) pour le diamètre plus que 20 mm **(Ponce *et al*., 2003).**

IV.2.2 Méthode de dilution

La méthode par dilution a pour but d'évaluer des concentrations minimales inhibitrice Elle consiste à déterminer la plus faible concentration d'un agent antimicrobien nécessaire pour inhiber la croissance d'un microorganisme **(Oussou *et al.*, 2008 ; Derwich *et al*., 2009).**

L'efficacité de l'huile essentielle testée est évaluée par la mesure de 2 concentrations : La concentration minimale inhibitrice (CMI) et la concentration minimale bactéricide (CMB) Ces concentrations nous permettent de connaitre la nature de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle : bactériostatique ou bactéricide

IV.2.3 Méthode de microatmosphère

C'est une technique d'étude en phase vapeur. Son principe est d'ensemencer une boîte de Pétri avec les germes tests, tandis que l'on dépose quelques gouttes d'HE sur un papier filtre au fond et au centre du couvercle. La boîte est incubée couvercle en bas. Il se produit une évaporation des substances volatiles et on lit après incubation, la croissance des germes ou l'inhibition de leur croissance **(Beylier, 1976) .**

Chapitre II Matériel & Méthodes

II.1 Matériel

II.1.1 Matériel végétal

L'étude expérimentale a été réalisée sur les feuilles, pétioles et tiges d'une plante locale très connue la sauge **(*Salvia officinalis* L.) (figure06),** cette plante appartienne à la famille des Lamiacée. *Salvia Officinalis* récolté durant le printemps, que ce soit en Europe, en Asie ou en Afrique du Nord. La récolte est réalisée au mois de Mars 2023 dans la région de **Berrouaghia** (Médéa), mais il est possible de récolter les feuilles de la sauge toute l'année.



Figure 07 : La plante *Salvia officinalis* **(Original, 2023)**

II.1.2 Séchage, broyage et tamisage

La plante *Salvia* a été séchée à l'air libre et à température ambiante puis broyées grâce à un broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre fine **(Figure 07)** puis tamisée par un tamiseur, la poudre obtenue a été conservée dans des sacs en papier et stockée à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à l'utilisation.

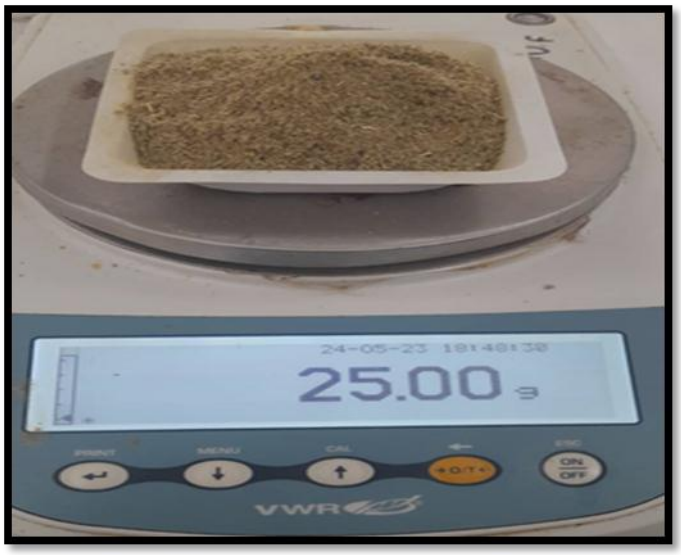


Figure 08 : La poudre de la plante *Salvia officinalis*

II.2. Méthodes

II.2.1 Extraction et Préparation des extraits

➢ Principe

L'extraction veut dire la séparation des parties actives de tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inertes à l'aide des solvants sélectifs, traditionnellement l'eau, les huiles végétales ou les graisses animales. Les produits ainsi obtenus sont relativement impures sous forme de liquides, semi-solides, ou poudres exclusivement destinés à un usage orale ou externe **(Handa *et al.*, 2008).**

Dans la présente étude, la méthode utilisée est celle de l'extraction par macération c'est une extraction qui se fait à température ambiante et qui a l'avantage de préserver les substances thermosensibles. En utilisant trois solvants l'éthanol, méthanol et l'eau distillée afin d'obtenir des extraits enrichis en molécules d'intérêt.

➢ Mode opératoire

L'extraction a été effectuée par macération de 25g de la poudre du matériel végétal dans 250 ml de solvant (éthanol, méthanol ou eau). L'ensemble a subi une agitation pendant 24h à température ambiante et à l'abri de la lumière. L'extrait est donc récupéré par une filtration à l'aide d'un papier filtre (papier wattman).

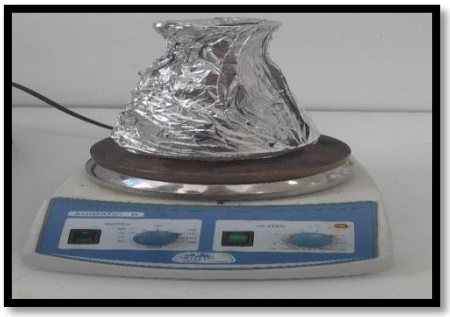


Agitation



Filtration

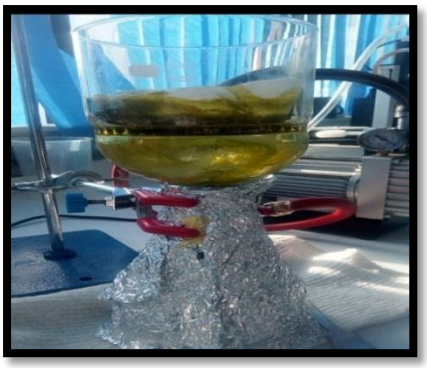
Figure 09 : Processus d'agitation et filtration de l'extrait aqueux **(Original, 2023).**





Agitation





Filtration

Figure 10 : Processus d'agitation et filtration de l'extrait alcoolique (éthanolique et méthanolique) **(Original, 2023).**

II.2.1.1 Evaporation au Rotavapeur

On a réalisé une évaporation sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon-collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. L'abaissement de la pression permet d'évaporer le solvant à température réduite, évitant ainsi la dégradation thermique éventuelle des composés. C'est une méthode d'évaporation simple, utile, douce et rapide



Figure11 : Montage de L'évaporateur rotatif de laboratoire **(Original, 2023)**.

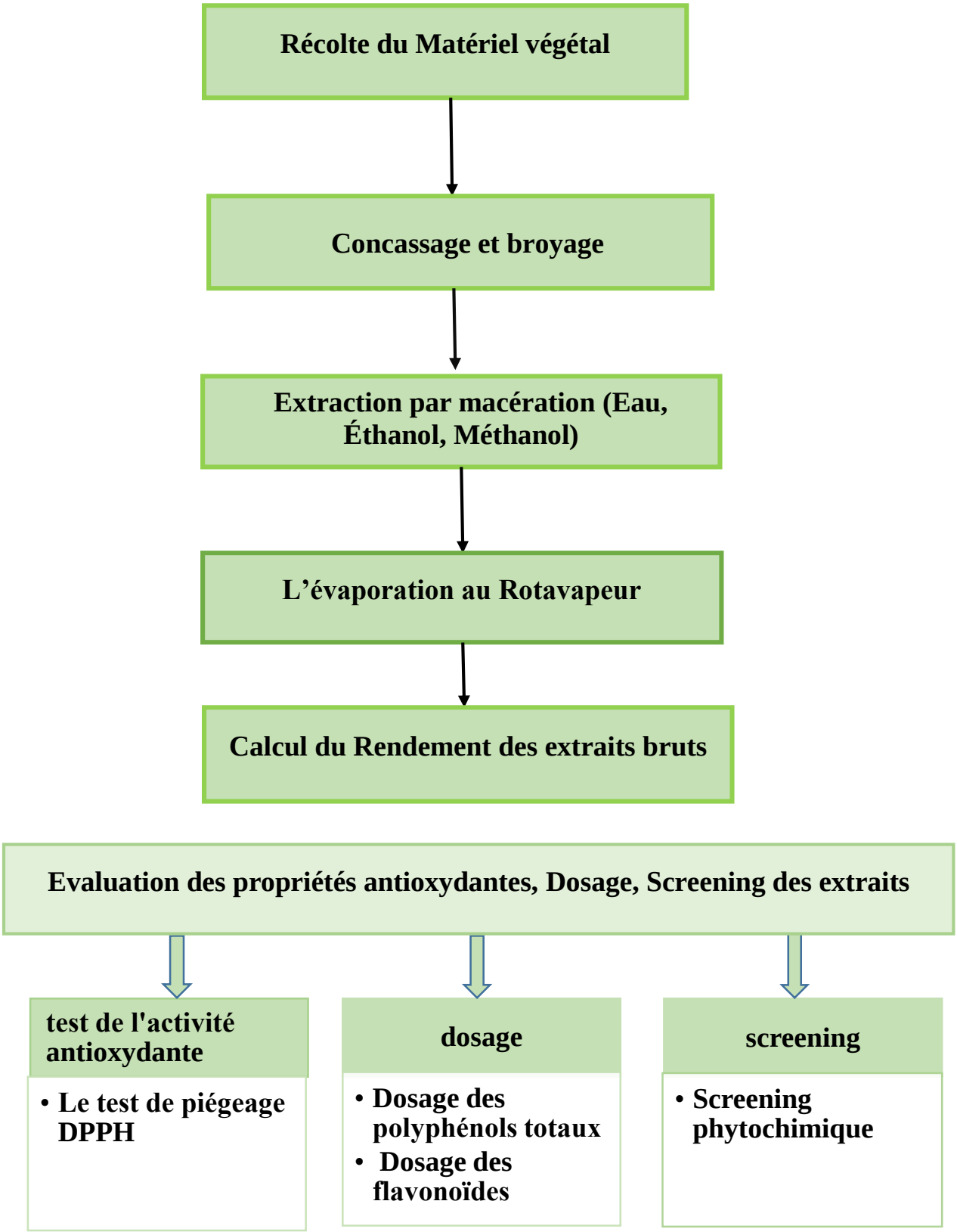


Figure12: Protocole des activités étudiées sur les extraits de *Salvia officinalis*

II.2.1.2 Détermination de rendement d'extraction

Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait obtenue et la masse de la matière végétale sèche. Le rendement, exprimé en pourcentage, est calculé par la formule suivante :

$$Rdt = (m0/m1) \times 100$$

Avec :

Rdt : rendement en pourcentage

m0 : Masse en grammes de l'extrait récupérée.

m1 : Masse en grammes de la prise d'essai (les graines broyées)**.**

II.2.1.3 Screening phytochimique

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés existant dans un extrait de la plante, pour mettre en évidence leur présence ou absence. Ces tests sont basés sur des réactions qui donnent des résultats comme une coloration, ou précipitation ou autre par des réactifs spécifiques à chaque phytoconstituant. Les familles concernées par ces tests dans ce travail sont : les tanins, les saponines, les sucres réducteurs, les coumarines, la détection protéine, les quinones libres, les alcaloïdes, des anthraquinones, en utilisant les protocoles suivants:

- **Les Tanins**

2 ml de chaque extrait + quelques gouttes d'FeCl3 à 2%, le résultat est une coloration noire bleuâtre et d'un précipité indique la présence de ces composés dans l'échantillon à tester **(Benmehdi *et al.*, 2012).**

- **Les saponines**

1ml de chaque extrait + 5ml d'eau distillée puis introduits dans un tube à essai. Ce dernier est agité vigoureusement. La formation d'une mousse (hauteur supérieure à 1cm) stable, persistante pendant 1h indique la présence abondante de saponines **(Bose and Sarma, 1975).**

- **Les sucres réducteurs**

1 ml de chaque extrait + 1 ml de la liqueur de Fehling, ce mélange est chauffé au bain marie à 70 °C pendant 2 à 3 min, la formation d'un précipité rouge briquée indique une réaction positive **(Bekro *et al.*, 2007).**

- **Les coumarines**

Les coumarines ont été mises en évidence par la réaction sur le cycle lactonique. Dans 2 tubes à essai sont introduits 2ml de solution éthanoïque obtenue à partir de chaque résidu. Dans un des tubes à essai, sont additionnés 0.5 ml de NaOH à 10%, puis les tubes à essai sont chauffés au bain marie jusqu'à ébullition. Après refroidissement, 4ml d'eau distillée sont rajoutés dans chaque tube. Si le liquide du tube à essai dans lequel on a ajouté la soude est transparent par rapport à celui du témoin, alors la réaction est positive. En acidifiant la solution transparente avec quelques gouttes de HCl concentré, elle perd sa coloration jaune se trouble où il se forme un précipité.

- **Les protéines**

Les protéines ont été mises en évidence dans les résidus par la réaction de biuret. A un aliquote de résidu dissout dans 2ml de NaOH aqueux à 20% dans un tube à essai sont ajoutées 2-3 gouttes d'une solution aqueuse de CuSO4 à 2%. L'apparition d'une coloration violette indique une réaction positive.

- **Les quinones libres**

2ml de chacun de nos extraits, sont ajoutées quelques gouttes de NaOH 1%. L'apparition d'une coloration rouge ou violette indique un test positif **(Badiaga, 2011).**

- **Les alcaloïdes**

Les alcaloïdes ont été détectés avec le réactif de Dragendorff : 0.1g de résidu est repris dans 6ml d'éthanol à 60%. L'ajout de deux gouttes de réactif de Dragendorff sur la solution alcoolique provoquait un précipité rouge- orangé ou brun- rougeâtre et indiquait un test positif **(Azzi, 2013).**

- **Les anthraquinones**
- Pour rechercher les anthraquinones, nous avons versé dans un tube à essai 10ml de l'extrait et 5ml de NH4OH à 10%. Le tube était agité. La formation d'un anneau rouge indique la présence d'anthraquinones.

II.2.1.4 Dosage

II.2.1.4. Dosage des composés phénoliques totaux

➢ Principe

Le principe de cette méthode est basé sur la réduction du réactif Folin qui est un acide de couleur jaune, constitué par un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et d'acide phosphomolybdique (H3PMo12O40) par des composés phénoliques en milieu alcalin (grâce à l'ajout du carbonate de sodium), qui entraine la formation d'un mélange de tungstène (W8O23) et de molybdène (Mo8O23) de couleur bleu, dont l'absorption maximale à 765 nm est proportionnelle aux taux de polyphénols présents dans l'extrait **(Enneb *et al*., 2015).**

➢ Mode opératoire

Un volume de 200µl d'extrait a été ajouté à 500µl de réactif de Folin-Ciocalteu à 10%. Après 5 mn, 1500 µl de carbonates de sodium 7,5% ont été additionnés. Après agitation, l'ensemble est incubé à l'ombre pendant 30 min, puis la lecture a été faite à 765 nm par un spectrophotomètre UV/V **(Beretta *et al*., 2005) .**Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions en utilisant l'acide gallique comme standard afin de déterminer les concentrations en phénol totaux des extraits exprimées en mg équivalent acide gallique/g de poudre.

II.2.1.5. Dosage des flavonoïdes totaux

➢ Principe

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation de complexes flavonoïdes-métaux tel que l'aluminium utilisé sous forme de chlorures d'aluminium (AlCl3). La liaison des atomes d'oxygène présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes forme avec les chlorures d'aluminium des complexes jaunâtres **(Ribéreau-Gayon, 1968)**

➢ Mode opératoire

La teneur totale en flavonoïdes des extraits a été déterminée par une méthode colorimétrique décrite par **Chow *et al.* (1975)**, La méthode consiste à placer dans des tubes à essais et d'une manière successive,1,5 ml de 2 % AlCl3. 6H2O dissous dans du méthanol a été ajouté à des volumes égaux de l'extrait dilué. Après une incubation à l'obscurité pendant 10 min, l'absorbance de chaque solution est directement mesurée au spectrophotomètre UV-visible à 440 nm. Les concentrations des flavonoïdes contenus dans les extraits ont été calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la quercétine comme standard, les résultats sont exprimés en mg équivalent de la quercétine /g de poudre.

II.2.1. Test de l'activité anti-oxydante DPPH des extraits étudiés

➢ Le Principe

Afin d'étudier l'activité antiradicalaire des différents extraits, nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH• (2,2-diphényle-1-picryl hydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par **(Mansouri *et al*., 2005)**

Le test consiste à placer agressif DPPH (violet), en présence de molécules dites antioxydantes, pour mesurer leur réduire sa capacité. Forme réduite (2,2-diphényl-1-picrylhydrazino: jaune) (Figure 12) N'absorbant plus à 515 nm, son intensité de couleur est inversement proportionnelle à directement proportionnel à la capacité antioxydante **(Sanchez-Moreno, 2002)**

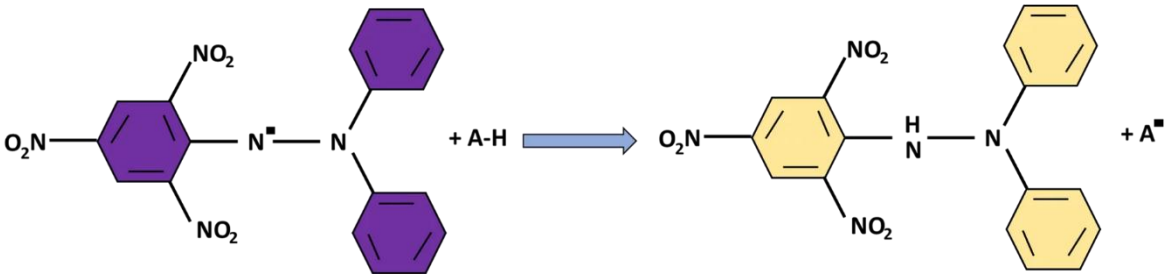


Figure13: Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl) **(Alam *et al*., 2013)**.

➢ Mode opératoire

Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode au DPPH **(Sánchez-Moreno et *al*., 1998).** 50µl de chaque solution méthanolique des extraits à différentes concentrations sont ajoutés à

1,95 ml de la solution méthanolique du DPPH (0,025g/l). Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50µl de méthanol avec 1,95 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration le test est répété 3 fois. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%).

$$PI = [(A\,0 - A\,1) / A\,0] \times 100$$

PI : pourcentage d'inhibition.

A0 : absorbance du control (sans extrait)

A1 : absorbance de l'extrait après 30 min

L'étude de la variation de l'activité antiradicalaire en fonction de la concentration des extraits permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (IC50). Une faible valeur d'IC50 correspondant à une grande efficacité de l'extrait.

Les valeurs de l'EC50 ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire.

II.2.2 Extraction et Préparation des huiles essentielles

La technique utilisée pour extraire l'huile essentielle de *Salvia officinalis*. Ceci réalisé au laboratoire de chimie de la faculté des sciences de l'université de Médéa à l'aide d'un appareil de type Clevenger. 65g de matériel végétal sécher sont additionnés dans 500ml d'eau dans un ballon de 1 litre surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur, reliée à un réfrigérant.

Le protocole expérimental consiste à porter à ébullition, l'échantillon étudié composé d'un mélange du matériel végétal et d'eau. Sous l'action de la chaleur, les cellules éclatent et libèrent des composés organiques odorants et volatils **(Richard, 1992).** La vapeur d'eau formée entraîne les composés organiques à l'état gazeux vers le réfrigérant. La condensation de ce mélange gazeux provoque sa séparation en deux phases liquides :

- La phase organique supérieure, huileuse et très odorante, appelée "**Huile essentielle**".
- La phase aqueuse inférieure, appelée "**Hydrolat**".

L'extraction a duré 3 à 4 heures pour un mélange de 60 g de matériel végétal sécher.



Figure14 : Montage de l'appareil d'hydrodistillation de type Clevenger **(Original, 2023)**

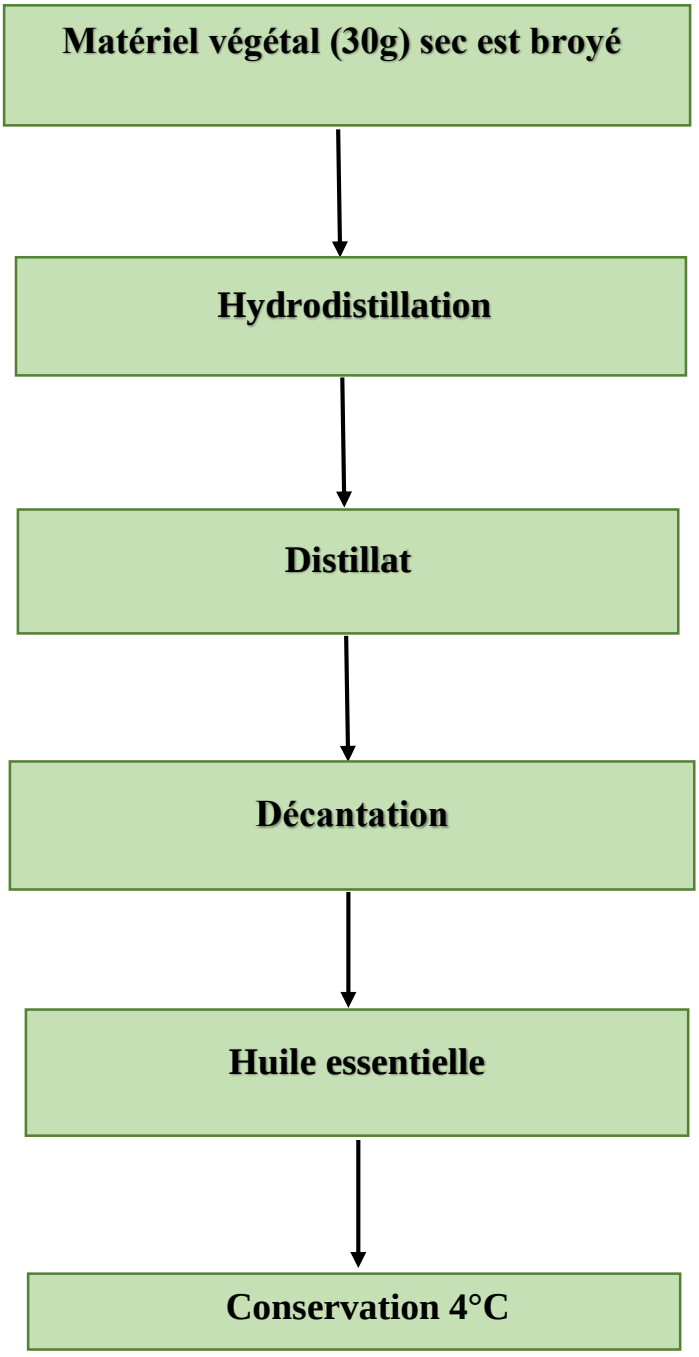
II.2.3 Conservation des huiles essentielles de *Salvia officinalis*

Le maintien des huiles essentielles nécessite certaines précautions de base. Pour cette raison, nous avons gardé notre huile à une température de 4 ° C à l'abri de la lumière enveloppée dans du papier aluminium, même en l'utilisant pour éviter toutes les dégradations **(Ayoughi *et al.*, 2011).**



Figure15: Conservation des huiles essentielles de *Salvia officinalis*

II.2. 4 Procédé de l'hydrodistillation de l'HE



II.2.5 Détermination de rendement d'huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante

$$\text{Rdt (\%)} = (PB / PA) \times 100$$

- Rdt (%) : Rendement en HE (ml/g).
- PB : la masse d'H.E obtenue.
- PA : la masse de la matière végétale sèche.

II.2. 6 L'activité antibactérienne

II.2. 6.1 Origine et choix des souches

Les souches bactériennes choisies pour cette étude sont des bactéries fournies par le laboratoire de Microbiologie de l'Institut de Saidal.

Il s'agit de: *Escherichia coli* (ATCC8739) ; *Staphylococcus aureus* (ATCC6538); *Bacillus subtilis* (ATCC6633) et *Salmonella typhimidis* (ATCC14028).

Tableau VI : Les caractéristiques sur les quatre bactéries étudiées.

Group	Espèce	Habitat préférentiel	Pouvoir pathogène
Bacille Gram-	*Escherichia coli*	Matières fécales, Aliments contaminés et eaux usées	Infections urinaires et Gastroentérites
Bacille Gram-	*Salmonella typhimurium*	Milieux aquatiques pollués. Les viandes et l'œuf crus.	Toxi-infections alimentaires ; Fièvres ; Typhoïdes ; Paratyphoïdes.
Bacille Gram+	*Staphylococcus aureus*	Nez, peau, air et Aliments contaminé	Infection nosocomiales et infection cutanés
Bacille Gram+	*Bacillus subtilis*	Espèce ubiquitaire	Intoxication alimentaire

II.2. 6.2 Le milieu de culture utilisée

Le milieu de culture utilisé pour étudier l'activité antibactérienne est soja agar **(**gélose Trypticase-soja) parce que c'est le milieu le plus employé pour les tests de sensibilité aux agents antibactériens, leurs compostions en gramme par litre sont les suivantes :

- Peptone trypsique de caséine : **15,0 g**
- Peptone papaïnique de soja : **5,0 g**
- Chlorure de sodium : **5,0 g**
- Agar : **15,0 g**
- pH = **7,3**
- Eau distillée: **1 L**

II.2.7 Test de l'activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* est réalisée par la méthode d'aromatogramme des disques, en raison de sa simplicité et son efficacité pour tester la sensibilité des bactéries.

II.2.7.1 Méthode d'aromatogramme

Cette méthode nous a permet de mettre en évidence l'effet antibactérien de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur les bactéries, ainsi que la détermination de la résistance ou la sensibilité de ces bactéries vis-à-vis de cette huile essentielle **(Belaiche-Daninos and Belaiche-Daninos, 1979) .**

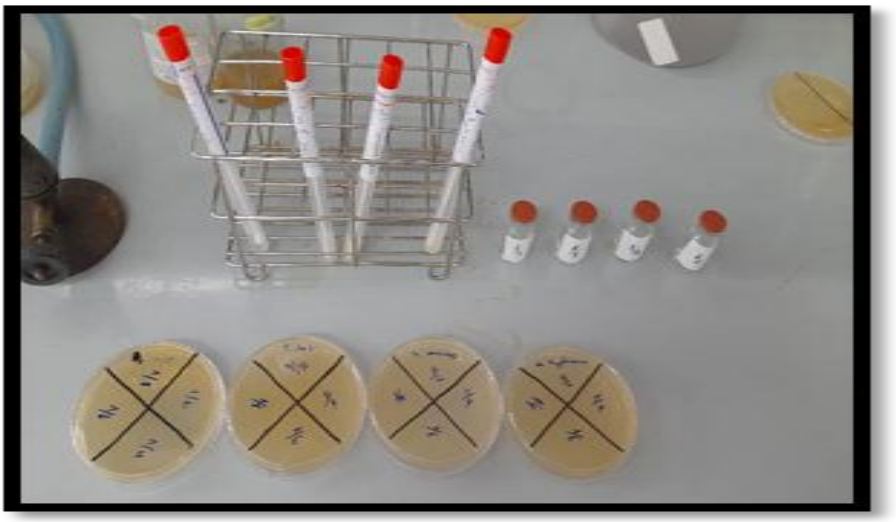


Figure 16 : Préparation des boites Pétri **(Original, 2023)**

- **Préparation des dilutions de l`HE**

Pour solubilisés l`huile essentielle, on a utilisé le dimethylsulfoxyde (DMSO) qui ne possède aucune efficacité antimicrobienne **(Djenane et *al*., 2012) .**

Les huiles essentielles sont généralement soluble dans l`eau, ce qui rend leur étude biologique et pharmacologique difficile, pour résoudre ce problème plusieurs auteurs suggèrent l`utilisation des solvants organiques comme l`acétone, DMSO ou l`utilisation des produits émulsifiants (tension actif comme le tween 20 ou tween80) pour aider l`huile essentielle de se solubiliser dans le milieu de culture **(Nebia, 2016) .**

➢ Ensemencement et dépôt des disques

Dans des boîtes de Pétri, le milieu Soja agar en surfusion est coulé aseptiquement à raison de 15 ml par boite. Après solidification, la suspension bactérienne fraichement préparée est étalé à la surface de la gélose avec un écouvillon stérile, en tournant la boite à environ 60° après chaque application sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même et finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose dans le but d'avoir une distribution égale de l'inoculum. On laisse sécher les boites pendant 15 à 20 min.



Figure 17 : Remplage des boites de Pétri

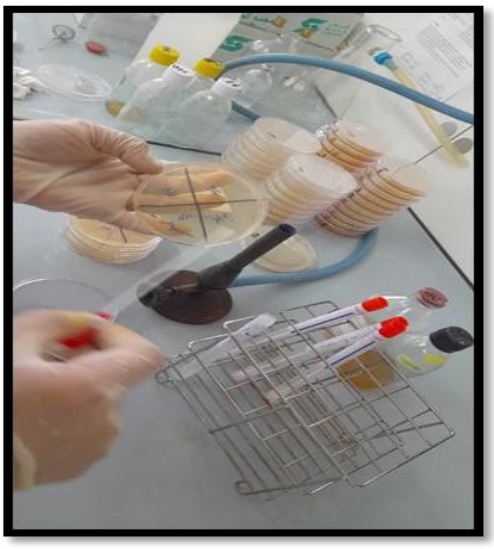


Figure18 : Ensemencement

Les disques stériles de 9mm (stérilisation à 121°C pendant 15 min par autoclavage) qui ont chargés avec 20µl de différentes concentrations (1/2 ; 1/4 ; 1/6 et 1/8) d'huile essentielle ont été déposés à la surface de la gélose et des disques imprégnés de DMSO sont également

utilisés qui vont servir de témoin négatif et d'autre imprégnés de l'antibiotique amoxicilline pour le témoin positif.

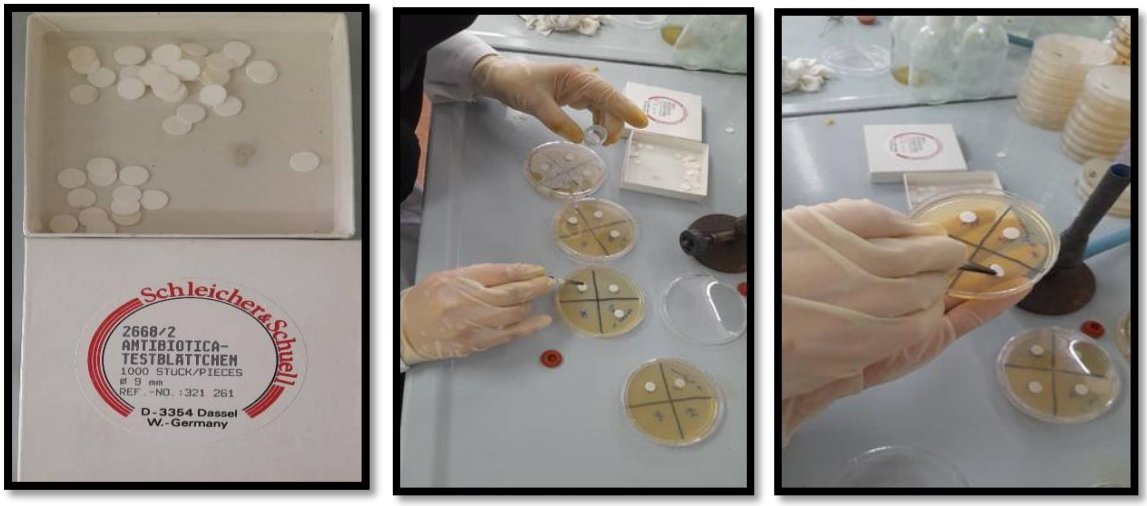


Figure19 : Déposement des disques **(Original, 2023)**

- **Incubation**

Les boites ont été incubées à l'étuve à 37ºC pendant 24 h.

II.2. 7.2 Expression des résultats

Après incubation, les boites ont été examinées et les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés au moyen d'une règle graduée au millimètre.

II.2.8 Analyse statistique

Les courbes et les histogrammes sont tracés par le Microsoft Excel 2007. Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne ± écart-type, tous les échantillons répétés 3 fois, n=3. Les valeurs d'IC50 (concentration inhibitrice à 50%) sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir de la courbe [%inhibition=f (concentrations).

Chapitre III: Résultats et Discussion

III.1 Rendement des extraits

Le rendement a été déterminé par rapport au poids du matériel végétal sec rendu en poudre, les résultats ont été exprimés en pourcentage. Les résultats obtenus montrent que les rendements en extraits sont variables.

Le rendement le plus élevé a été observé avec l'extrait méthanolique avec (12 .02**%)** suivi par l'extrait éthanolique (8.2**%)** et enfin l'extrait aqueux possède le plus faible rendement avec (2 .87**%).** Les extraits obtenus ont la même couleur et le même aspect **(Tableau VII).**

Tableau VII : Aspect, couleur et pourcentage (%) du rendement des différents extraits.

Extraits	Aspect	Couleur	Rendement %
Aqueux	Pâte collante	Brune	2 .87 **%**
Méthanolique	Pâte collante	Brune	12.02**%**
Ethanolique	Pâte collante	Brune	8.20**%**
Huile essentielle	Huileux	Jaune claire	1.02%

Les résultats obtenus montrent que le rendement des extraits de trois solvants utilisés de la plante *Salvia officinalis* sont plus ou moins variables et sont plus importants dans l'extrait méthanolique par rapport aux autres solvants. Ce rendement de l'extraction varie en fonction de l'espèce végétale, l'organe utilisé dans l'extraction, les conditions de séchage, le contenu de chaque espèce en métabolites et de la nature du solvant.

Une étude entreprise par **Kanyonga et *al*. (2011)** un rendement de 39,2% de l'extrait brut méthanolique a été obtenu à partir de la partie aérienne de la plante *Salvia officinalis***,** C'est un pourcentage clairement supérieur à celui obtenu dans notre étude.

D'une manière générale, les rendements en extraits secs varient non seulement d'une plante à une autre de la même famille mais également en fonction des paramètres de l'extraction solide-liquide des polyphénols: la température, le solvant d'extraction, la taille des particules et le coefficient de diffusion de solvant **(Lebovka et *al*., 2011; Penchev, 2010 ; Michel, 2011).**

III. 2 Rendement de l'huile essentielle

L'huile essentielle a été extraite à partir de la sauge séchée par hydrodistillation sur un appareil de Clevenger. L'échantillon d'huile essentielle est récupéré, puis conservé au réfrigérateur.

Nous avons obtenu une quantité de l'huile essentielle de couleur jaune claire avec une odeur agréable et un rendement égale à **1.02%.** On a remarqué que ce taux est faible en comparant aux résultats trouvé par **Chalchat *et al.*, (1998)**, France (2.05%), Hongrie (2.50%), Portugal (2.90%), Roumanie (2.30%), **(Fellah *et al.*, 2006)**, Tunisie: Djebel ouest (2.55%) et Algérie (0,08%) **(Djeddi et *al.*, 2012)** .

Ces résultats variant considérablement entre les différents essais. Ces variations sont le résultat de différents facteurs notamment les facteurs climatiques (chaleur, froid, stress hydrique...). Plusieurs chercheurs ont montré que le rendement d'extraction des huiles essentielles varie en fonction de l'origine de la plante. Les fluctuations et les variations dans les rendements, constatées dans nos résultats et ceux des autres espèces *Salvia officinalis*, peuvent être attribuées à plusieurs facteurs. La diversité interspécifique ; la nature des organes sur lesquelles les huiles ont été extraites, la localité où sont récoltés les échantillons, sont autant de paramètres qui peuvent avoir une influence sur le rendement en huile **(Juliani *et al.*, 2006)** .

III. 3 Screening phytochimique

La détection des différentes familles des composés chimiques existant dans la plante est l'un des objectifs essentiels de l'examen phytochimique. Ceci constitue la première étape de la recherche des molécules actives présentes dans la plante étudiée. Les résultats sont mentionnés dans le tableau ci- dessous:

Tableau VIII: Les Analyses phytochimiques des différents extraits de *Salvia officinalis*.

Phytoconstituants	Extrait Méthanolique	Extrait Ethanolique	Extrait Aqueux
Tanins	+	+	+
Saponines	+	+	+
Sucres réducteurs	–	–	–

Coumarines	+	+	+
Protéines	−	−	−
Quinones libres	−	−	−
Alcaloïdes	−	−	+
Anthraquinones	+	+	+

(−) Absence, (+) Présence.

Les tests utilisés dans l'étude phytochimique préliminaire sont des méthodes simples qui donnent une idée générale sur les différents groupes de composés contenus dans chaque fraction de la plante **(Tiwari *et al*., 2011).**

Les résultats cités dans le tableau montrent la présence des tanins, des saponines, des coumarines et des anthraquinones pour les trois extraits. L'absence des sucres réducteurs, des protéines, des quinones libres et des alcaloïdes a été confirmée dans la *Salvia officinalis*.

Abdelkader *et al*., (2014) et **Kolac *et al*., (2017)** ont confirmé la présence des tanins, des saponines, des coumarines et des anthraquinones dans des extraits de *Salvia officinalis* et d'autres ont constaté l'absence de sucres réducteurs, de protéines, de quinones libres et d'alcaloïdes dans des extraits de *Salvia officinalis* **(Khedher *et al*., 2017; Pierozan *et al*., 2009).**

III. 4 Dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes

Afin de caractériser les extraits préparés à partir de la plantes *Salvia officinalis* un dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a été effectué. La raison principale pour le choix de ces substances réside dans le fait que la majorité des propriétés antioxydante des plantes sont attribués par ces métabolites secondaires.

III. 4 .1 Teneur en polyphénols

Les polyphénols sont des molécules bioactives très recherchées parce qu'elles sont réputées pour leurs excellentes propriétés antioxydants et antimicrobiennes. Pour ces raisons, un dosage de ces composés a été effectué pour la plante *Salvia officinalis* et ce, par la méthode spectrophotométrie au réactif de Folin-Ciocalteu. Les teneurs obtenues sont exprimées en mg, équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche, en utilisant l'équation de la

régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de contrôle positif (acide gallique) avec un $R^2 = 0,994$; elle est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g poudre) **(Annexe).**

Les résultats obtenus sont représentés dans l'histogramme ci-dessous:

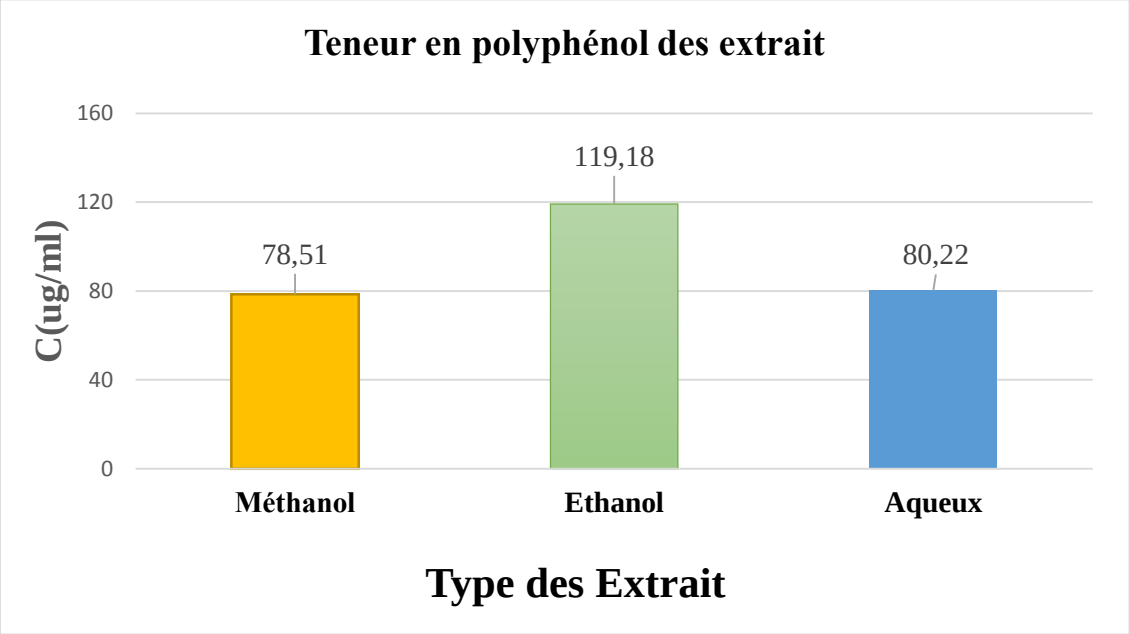


Figure 20 : Teneurs en polyphénols totaux dans les trois extraits de *salvia officinalis*

On remarque d'après les résultats de l'histogramme ci-dessus, tous les extraits de la plante *S. officinalis* présentent une forte teneur de polyphénols.

Les dosages des extraits éthanolique de la sauge ont montré clairement la teneur la plus élevée en polyphénols: **119,18 ± 0,017 mg EAG/g de poudre** par rapport à aqueux qui possèdent une teneur moins importante égale à **80, 22 ± 0,027 ug EAG/g poudre**, tandis que l'extrait méthanolique présente la plus faible teneur qui est de l'ordre de : **78,51 ± 0,009 ug EAG/g poudre.**

Le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement d'une plante à une autre. Cela peut être attribué à plusieurs facteurs dont nous citons les facteurs climatiques et environnementaux : la zone géographique, sécheresse, sol, agressions et maladies…etc.; le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante. La méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur des phénols totaux. Il a été prouvé que leurs teneurs et celles des flavonoïdes sont élevées lorsque le milieu de vie de la plante n'est pas adéquat, dans ce cas la plante favorise la synthèse des métabolites secondaires afin de s'adapter et de survivre **(Apak *et al.*, 2007).**

III. 4 .2 Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des molécules très importantes en phytothérapie qui proviennent du métabolisme végétal, on les retrouve dans les différentes parties de la plante. Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium (AlCl3) et l'étalon a été la quercétine. La teneur en flavonoïdes pour les différents extraits a été exprimée en mg équivalent de quercetine par gramme de matière végétale sèche à partir de la courbe d'étalonnage effectuée **(Annexe)**. Les résultats obtenus sont représentés dans l'histogramme ci-dessous:

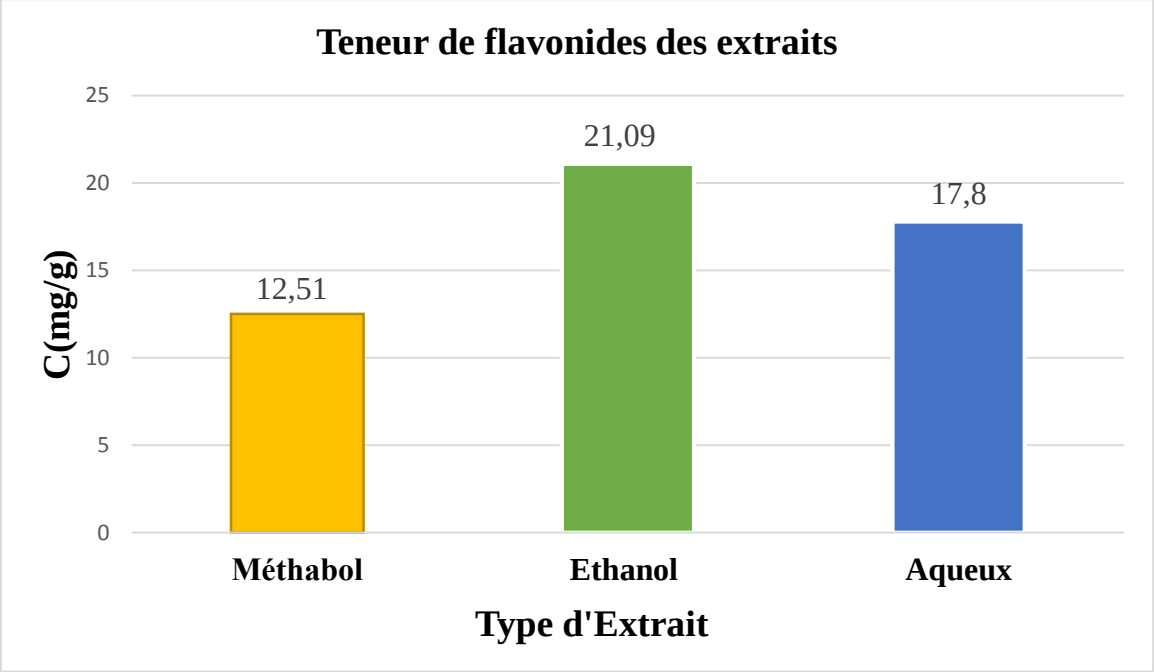


Figure 21 : Teneur en flavonoïdes totaux dans les trois extraits de *Salvia officinalis*

Les résultats de la teneur en flavonoïde montrent que l'extrait éthanolique présente la teneur la plus élevé en flavonoïdes égale **21,09± 0,050 mg EQ/g de poudre** suivi par l'extrait aqueux avec un taux **17,80± 0,09 mg EQ/g de poudre**, Alors que l'extrait méthanolique a présenté une faible teneur égale **12,51± 0,019mg EQ/g de poudre**.

Selon **Hammoudi, (2015)** a montré le rendement des flavonoïdes le plus élevé chez *Salvia chudaei* est celui à l'éthanol (14.80 ± 0.00%) puis le méthanol (7.93 ± 0.02%) et enfin le moins important est celui de l'extrait à l'acétone (4.44 ± 0.01%) en (mg EQ/g E).

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur la teneur en composés phénoliques. Des études récentes ont montré que la nature des solvants et les facteurs extrinsèques (tels que des facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation

de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en polyphénols **(Aganga and Mosase, 2001) .**

III. 5 L'activité antioxydant la méthode de DPPH

Le radical DPPH est généralement l'un des composés le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radical et la simplicité de l'analyse **(Bozin *et al.*, 2007)** . Cette méthode est basée sur la réduction d'une solution méthanolique de DPPH en présence d'un antioxydant qui donne un hydrogène ou un électron. La forme non radicalaire DPPH-H est formée, d'où l'évaluation de l'activité antioxydante en fonction de l'équivalence en acide ascorbique; la méthode consiste à comparer l'absorbance de nos échantillons à celle d'une droite d'étalonnage qui relie l'absorbance à la concentration.

D'après les résultats obtenus, il semble que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour le standard (l'acide ascorbique), ou pour les trois extraits (méthanolique, éthanolique, aqueux) et pour l'huile.

Il faut savoir aussi que l'IC50 est la concentration nécessaire pour éliminer 50% des radicaux libres, c'est le paramètre utilisé pour mesurer l'activité de l'extrait à piéger le radical libre **(Cuvelier *et al.*, 1992)** ; il est inversement lié à la capacité antioxydant d'un composé car une faible valeur d'IC50 indique une forte efficacité antioxydant de l'extrait **(Babovic et *al.*, 2010).**

Tableaux IX : activité antioxydante exprimée en IC50 de l'espèce

IC50	
Acide ascorbique	**0,081**
Extrait méthanolique	**0,307**
Extrait éthanolique	**0,236**
Extrait aqueux	**0,759**
Huile	**0,023**

D'après les résultats de la sauge représentés dans le **tableau XI,** la valeur de l'IC50 obtenu pour l'acide ascorbique (**0,08mg /ml**) qui est utilisé comme une molécule de référence, elle est inférieur à celles des extraits et supérieur à la valeur de l'huile , et selon la définition de IC50 ,

plus la valeur de l'IC50 est petite, plus l'extrait possède une bonne activité antioxydante, donc l'extrait éthanolique qui présente une IC50 d'ordre de (**0, 236 mg/ml**) inférieur à celle d'extrait méthanolique (**0,307 mg/ml**) et l'extrait aqueux (**0,759mg/ml**) respectivement, en comparaison aux autres extraits l'huile présente la plus faible valeur de IC50 d'ordre (**0,023 mg/ml**) qui possède la plus bonne activité antioxydante.

Comparant à nos extraits, **Bozin *et al.* (2007)**, ont constaté que l'huile essentielle de *S.officinalis* collectée en Serbie a exercé une forte efficacité antioxydant vis-à-vis du radical DPPH, qui s'est traduite par une IC50 de l'ordre de 1,78µL/mL.

De plus, une étude réalisée par **Abdselam, (2008)** sur la capacité antioxydante de l'extrait éthanolique issu de *Salvia officinalis*, rapportent que le pouvoir d'inhibition de leur extrait à piéger le radical libre (DPPH•), est évalué à 201 µg /ml. Cependant **Rasmy *et al*. (2012)** ont constaté une capacité de piégeage radicalaire de l'extrait éthanolique issu de *Salvia officinalis* est 149,15 µg/ml.

III. 6 Activité antibactérienne

L'activité antimicrobienne d'huile de la sauge a été estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition (mm) autour des disques contenant l'huile à tester vis-à-vis de ces germes pathogènes qui sont: *E.coli, Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, salmonella typhimidis.*

A cet effet, une échelle de mesure de l`activité antibactérienne émise par **(Nebia, 2016)**, répartissant les diamètres des zones d`inhibition en 04 classes :

D < 8mm Non sensible (-)

8mm < D <14mm Sensible (+)

15mm <D < 19mm Très sensible (++)

D > 20mm Extrêmement sensible (+++)

Les souches testées ont montré des sensibilités différentes à l'antibiotique amoxicilline. Le DMSO a été testé comme solvant (contrôle négative), les résultats montrent que le solvant est approprié et ne présente aucun effet sur la croissance normale des toutes souches microbiennes.

III. 6 .1 Pouvoir antibactérien contre *Escherichia coli*

Les résultats obtenus sont représentés par l'histogramme suivant (**Figure29**)

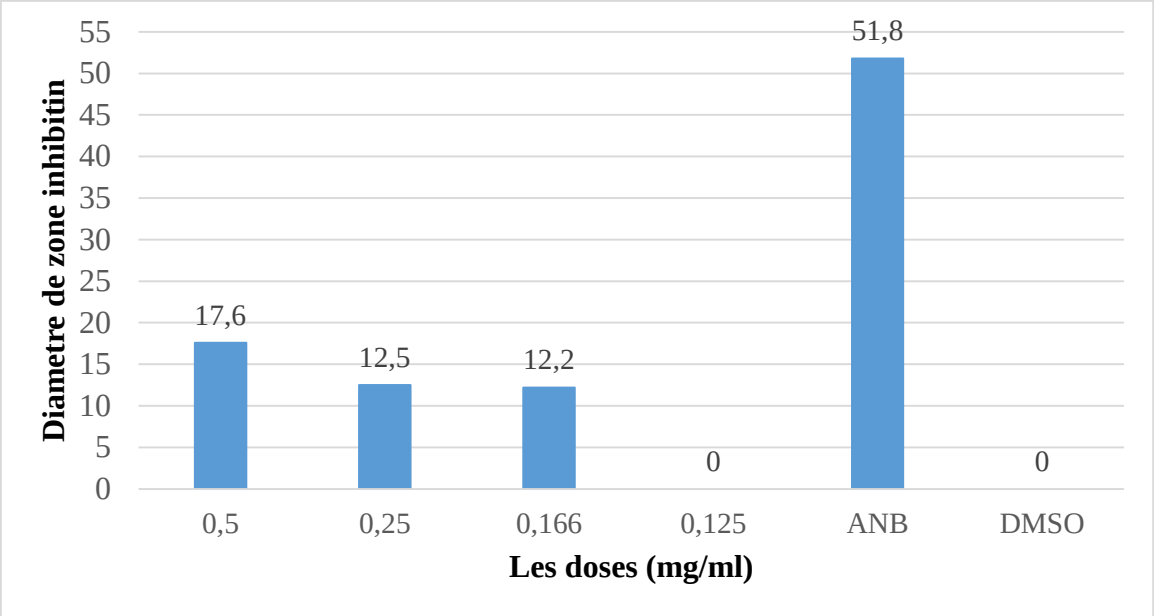


Figure 22 : Effet de l'huile de *Salvia* sur *Escherichia coli.*

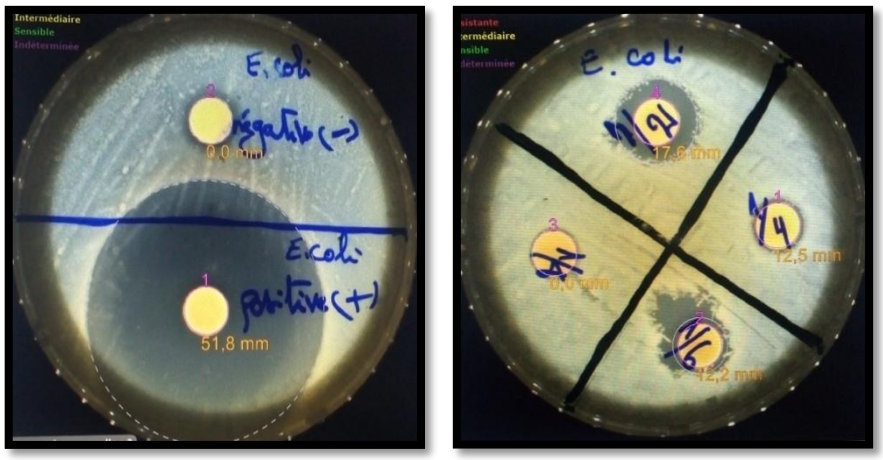


Figure 23 : Effet de l'huile de *Salvia sur E.coli*

La lecture de ces résultats révèle que l'antibiotique de références utilisée, qui présente un fort effet antibactérien contre *Escherichia coli*. Par contre un effet moyen de l'huile de *Salvia officinalis* de l'ordre de 12,5mm à dilution 1/4, et d'ordre 12.2 mm a dilution 1/6. Et que la dilution 1/8 présent une minimale zone d'inhibition de l'ordre de 0 mm, par apport la dilution 1/2 qui présentent un effet antibactériennes puissant avec des zone d'inhibitions de 17.2 mm.

III. 6 .2 Pouvoir antibactérienne contre *Bacillus subtilis*

Les résultats obtenus sont représentés par l'histogramme suivant (**Figure31**)

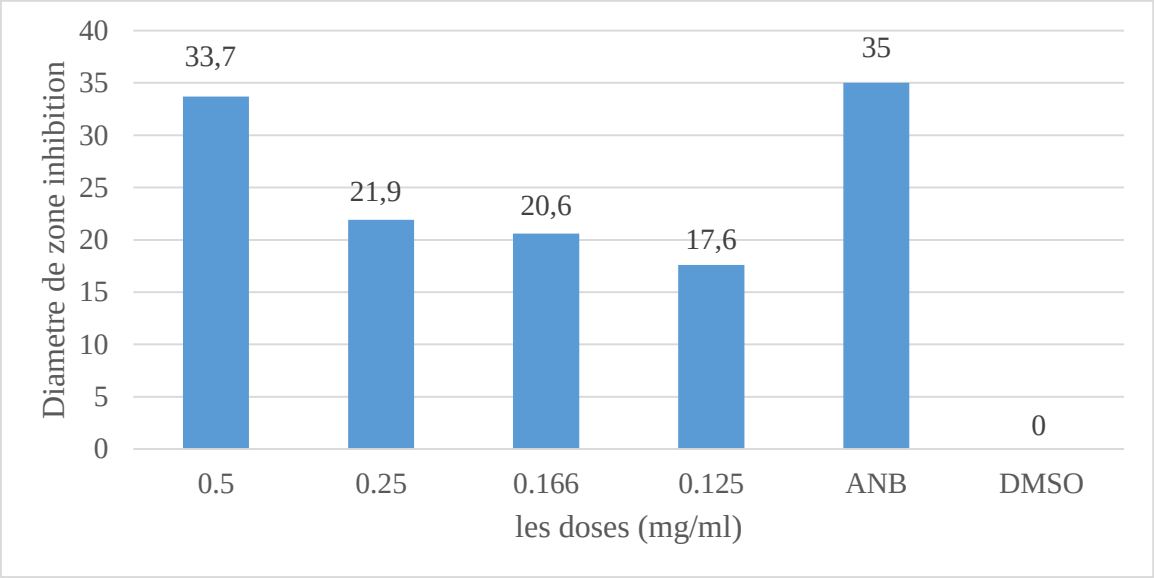


Figure 24 : Effet de l'huile de *Salvia* sur *Bacillus subtilis*

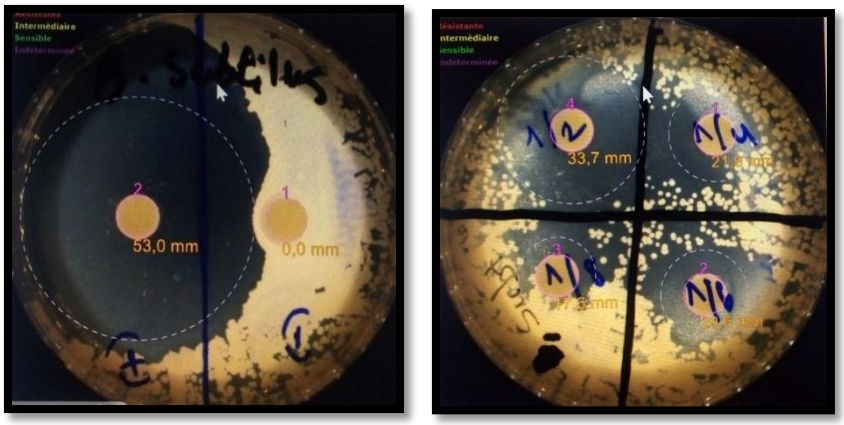


Figure 25 : Effet de l'huile de *Salvia Bacillus subtilis*

Après l'observation de ces résultats, on trouve un effet remarquable de l'huile de *Salvia officinalis sur Bacillus subtilis* avec une zone maximale d'inhibition égale à 33,7mm à concentration 0,5 mg/ml, par contre l'antibiotique amoxicilline qui présente un effet antibactérien puissant avec des zones d'inhibitions maximales égale à 35 mm

III. 6 .3 Pouvoir antibactérien contre *Staphylococcus aureus*

Les résultats obtenus sont représentés par l'histogramme suivant (**Figure33**)

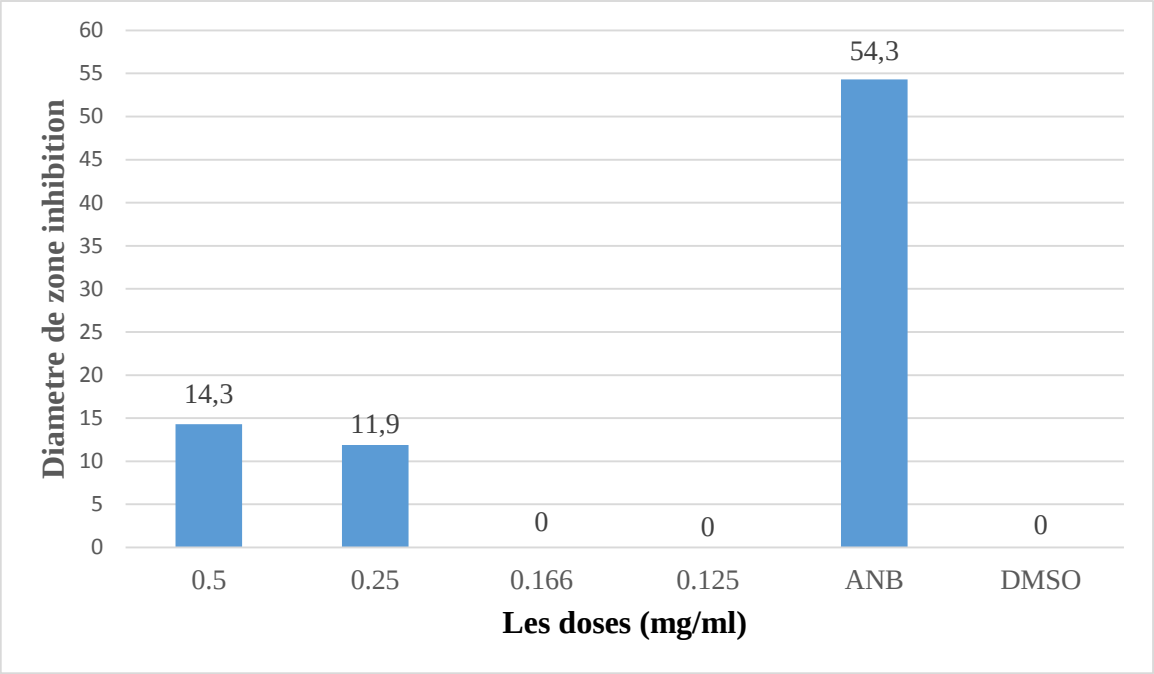


Figure 26: Effet de l'huile de *Salvia* sur *Staphylococcus aureus*



Figure 27 : Effet de l'huile de *Salvia sur Staphylococcus aureus*

D'après la figure 34, l'antibiotique amoxicilline présente des effets antibactériens puissants.

L'effet de l'huile de *Salvia officinalis contre* S*taphylococcus aureus* l'absance de les zones d'inhibitions pour les concentrations 0,166 mg/ml et 0,125 par contre des zones d'inhibitions puissantes de 14,3mm et 11,9 mm pour les concentrations 0.5 et 0.25.

III. 6 .4 Pouvoir antibactérien contre *salmonella typhimidis*

Les résultats obtenus sont représentés par l'histogramme suivant (Figure35)

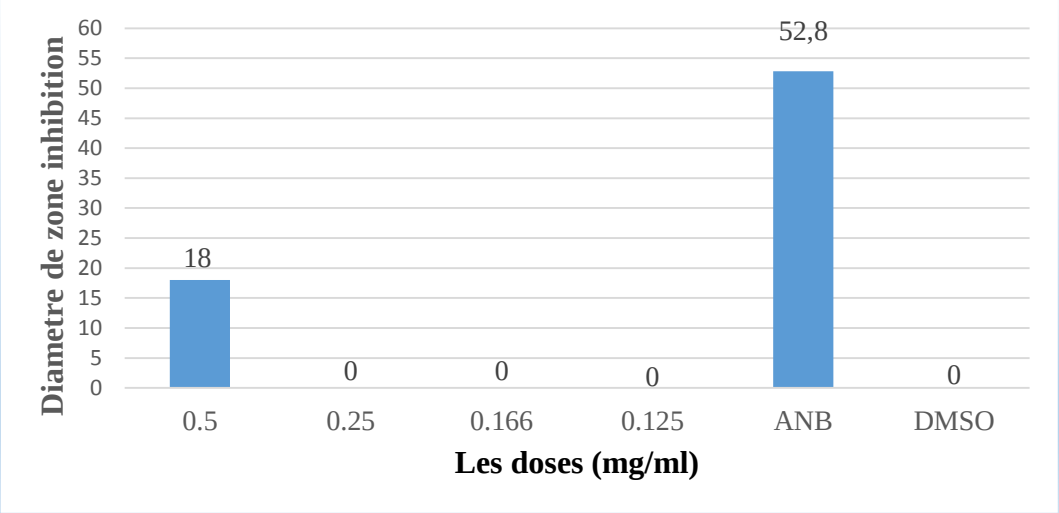


Figure 28 : Effet de l'huile de *Salvia officinalis* sur *salmonella typhimidis*

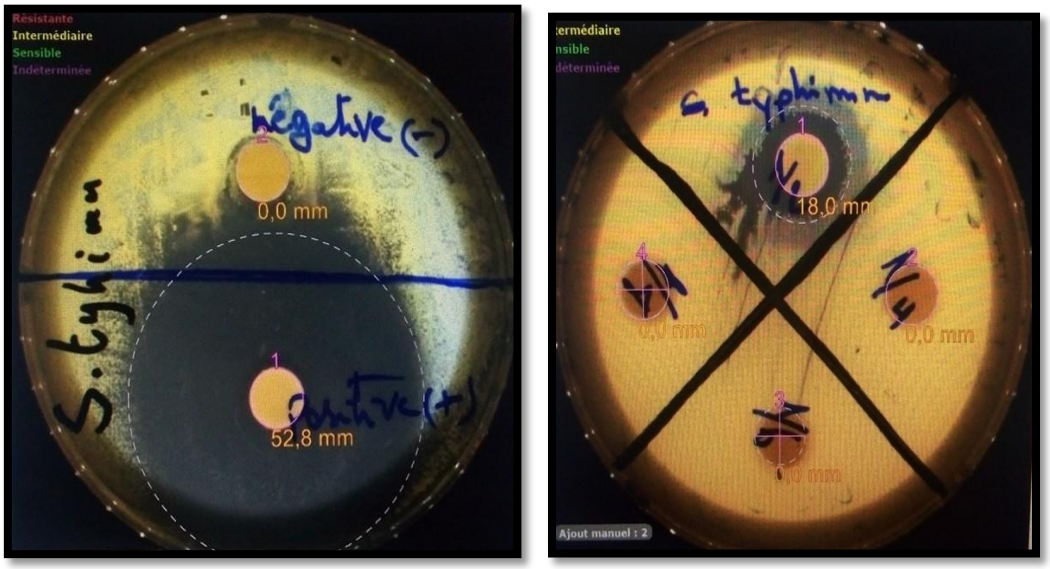


Figure 29 : Effet de l'huile de *Salvia sur salmonella typhimidis*

D'après ces résultats, on observe un effet moyen de notre l'huile de *Salvia officinalis sur* la souche bactérienne *Salmonella typhimidis avec* une d'inhibition égale 18 mm à concentration 0,5 mg/ml, et que la concentration 0.25 mg/ml, 0.166 mg/ml et 0.125 absence une nihiliste zone d'inhibition, par apport l'antibiotiques amoxicilline qui présentent des effets antibactériennes puissants avec des zones d'inhibitions de 52 ,8 mm respectivement.

D'après le classement effectué par **Nebia, (2016)**, nous remarquons que *Bacillus subtilis* est la souche la plus sensible dans les différentes concentrations de l'huile essentielle par rapport aux autre souches bactériennes, avec des zones d'inhibition comprises entre 33.7et 17.6mm de diamètre.

Staphylococcus aureus souche le moine sensible dans les concentrations ½, ¼ avec des zones d'inhibition comprises entre 14.3 et 11.9mm de diamètre respectivement, et avec une grande sensibilité de l'antibiotique, et la souche *E.coli* moins sensible dans les concentrations 1/4. 1/6 avec des zones d'inhibition comprises entre 12.5 et 12.2mm de diamètre respectivement.

Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus et *E.coli* sont des souches résistantes à différentes concentrations.

Pour la souche *S.typhimurium* résiste dans les concentrations 1/4, 1/6 et 1/8, et la souche *S.aureus* résiste dans les concentrations 1/6 .1/8, et la souche *E.coli* résiste dans la concentration 1/8 d'huile essentielle avec des moyennes d'inhibitions de l'ordre 0.00mm.

Parmi toutes les concentrations utilisées, l'huile diluée au ½ semble plus efficiente par rapport aux autres concentrations vis-à-vis aux germes étudiés avec des zones d'inhibition comprises entre 14.3 et 33.7mm de diamètre.

Tableau X : les résultats de la méthode de l'aromatogramme

	1/2	1/4	1/6	1/8	ATB	DMSO
Escherichia coli	17,6mm	12,5mm	12,2 mm	0,0 mm	51,8 mm	0 mm
Salmonella typhimurium	18,0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	52,8 mm	0 mm
Staphylococcus aureus	14,3 mm	11,9 mm	0 mm	0 mm	54,3 mm	0 mm
Bacillus subtilis	33,7mm	21,9mm	20,6mm	17,6mm	53,0 mm	0 mm

D'après **Benkherara et *al.* (2011)**, l'inhibition de la croissance varie en fonction de l'espèce bactérienne et de la concentration du produit testé.

La différence de sensibilité entre les bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif est une matière à controverse. Il a été remarqué que l'huile essentielle testée dans cette étude a produit globalement une action similaire sur les deux types de bactéries. Ces résultats sont

confirmés par les observations rapportées par **Marino et *al*. (2001)** qui ont montré que les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries à Gram positif et les bactéries à Gram négatif.

De plus **Bozin *et al*. (2007)** et **Nebia (2016)** ont montré que les huiles essentielles de la sauge possèdent une forte efficacité antimicrobienne vis-à-vis aux différentes souches bactériennes testées. Enfin, l'activité antimicrobienne est dépendante des caractères physico-chimiques des composés phytobiotiques et des souches employées **(This *et al*., 2006)** .

Conclusion

Conclusion

Aujourd'hui, les plantes médicinales réintègrent notre vie quotidienne et ont constamment joué un rôle essentiel dans le domaine médical. Les diverses recherches se concentrent sur la valeur significative de ces plantes pour la médecine.

L'objectif de ce travail a été consacré pour la détermination du rendement de trois extraits de la *Salvia officinalis* (extrait méthanolique, éthanolique et aqueux) et ainsi la teneur de ces extraits en polyphénols et flavonoïdes, activité antioxydante et l'activité antibactérienne de l'huile essentielle.

La détermination du rendement des extraits a montré que le bon rendement est enregistré dans l'extrait méthanolique avec un pourcentage de 12.02%, suivi par l'extrait éthanolique 8.2**%** et finalement l'extrait aqueux avec un rendement 2 .87**%,** respectivement .Notons que le rendement d'huile essentielle est le plus faible rendement avec 1.02%.

L'analyse quantitative des polyphénols totaux, par le réactif de Folin-Ciocalteu a révélé que le *Salvia officinalis* est riche en polyphénols. Les teneurs de ces derniers sont comprises entre **119,18** (extrait éthanolique), **78,51** (extrait méthanolique), et **80,22** (µg EAG/mg poudre) pour l'extrait aqueux. L'analyse quantitative des flavonoïdes par la méthode d'AlCl3 a révélé que la plante *Salvia officinalis* contient une quantité importante de flavonoïdes avec des teneurs de **21,09** éthanolique**,** et **17,80** Aqueux, **12,51** à méthanolique (µg EQ/mg poudre).

L'activité antioxydante des différents extraits et de l'huile essentielle de la plante étudie est évaluée par la méthode de **DPPH**. Les résultats obtenus ont montré que l'huile est douée d'un pouvoir antioxydant très important avec une IC50 de **0,023mg/ml** et pour l'extrait éthanolique qui présente une IC50 (d'ordre de **0, 236 mg /ml**) inférieur à celle d'extrait méthanolique (**0,307 mg/ml**), tandis que le plus faible est celui de l'extrait aqueux faible (**0,759mg/ml).**

L'étude screening phytochimique montre la présence des tanins, des saponines, des coumarines et des anthraquinones pour les trois extraites, tandis que l'absence des sucres réducteurs, des protéines, des quinones libres et des alcaloïdes.

Les résultats de l'activité antimicrobienne indiquent que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* possède une activité antimicrobienne remarquable sur les souches ciblés (*Escherichia coli* ; *Staphylococcus aureus* ; *Bacillus subtilis* et *salmonella typhimidis)*, avec la souche *Bacillus subtilis* le plus sensible de zone de d'inhibition 33,7 mm, et la souche *Escherichia coli* montre une sensibilité moyenne, et les souches *Salmonella typhimurium*, et *Staphylococcus aureus* qui ont étaient moyennement résistantes aux différentes concentrations d'huile essentielle avec absence d'inhibitions.

Conclusion

Références Bibliographiques

A

Abdelkader, M., Ahcen, B., Rachid, D., Hakim, H., 2014a. Phytochemical Study and Biological Activity of Sage (Salvia officinalis L.) 8.

Aganga, A., Mosase, K.W., 2001. Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of Lonchocarpus capassa, Zizphus mucronata, Sclerocarya birrea, Kirkia acuminate and Rhus lancea seeds. Anim. Feed Sci. Technol. - ANIM FEED SCI TECH 91, 107–113. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00235-8

Agarwal, A., Aponte-Mellado, A., Premkumar, B.J., Shaman, A., Gupta, S., 2012. The effects of oxidative stress on female reproduction: a review. Reprod. Biol. Endocrinol. 10, 49. https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-49

Ahmad, A., Khokhar, I., Ahmad, I., Kashmiri, M., Adnan, A., Ahmad, M., 2006. Study of antimicrobial activity and composition by GC/MS spectroscopic analysis of the essential oil of Thymus serphyllum 5.

Alam, M.N., Bristi, N.J., Rafiquzzaman, M., 2013. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. Saudi Pharm. J. SPJ Off. Publ. Saudi Pharm. Soc. 21, 143–152. https://doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002

Andrews, J.M., 2001. The development of the BSAC standardized method of disc diffusion testing. J. Antimicrob. Chemother. 48 Suppl 1, 29–42. https://doi.org/10.1093/jac/48.suppl_1.29

Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Ozyürek, M., Celik, S.E., Bektaşoğlu, B., Berker, K.I., Ozyurt, D., 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. Mol. Basel Switz. 12, 1496–1547. https://doi.org/10.3390/12071496

Awika, J.M., Rooney, L.W., Wu, X., Prior, R.L., Cisneros-Zevallos, L., 2003. Screening Methods To Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products. J. Agric. Food Chem. 51, 6657–6662. https://doi.org/10.1021/jf034790i

Ayoughi, F., Barzegar, M., Sahari, M.A., Naghdibadi, H., 2011. Chemical Compositions of Essential Oils of Artemisia dracunculus L. and Endemic Matricaria chamomilla L. and an Evaluation of their Antioxidative Effects. J. Agric. Sci. Technol. 13, 79–88.

Azzi, R., 2013. Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (Ficus carica) et de coloquinte (Citrullus colocynthis) chez le rat Wistar. (Thesis).

B

Babovic, N., Djilas, S., Jadranin, M., Vajs, V., Ivanovic, J., Petrovic, S., Zizovic, I., 2010. Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidant fractions from selected Lamiaceae herbs and their antioxidant capacity. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 11, 98–107. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.08.013

Badiaga, M., 2011. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de Nauclea latifolia Smith, une plante médicinale africaine récoltée au Mali (phdthesis). Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.

Behradmanesh, S., 2013. Effect of Salvia officinalis on diabetic patients. Eff. Salvia Off. Diabet. Patients. https://doi.org/10.12861/jrip.2013.18

Bekhechi, C., Atik-Bekkara, F., Abdelouahid, D.E., 2008. Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'Origanum glandulosum d'Algérie. Phytothérapie 6, 153–159. https://doi.org/10.1007/s10298-008-0310-6

Bekro, Y.-A., Mamyrbekova, J.A., Boua, B.B., Bi, F.T., Ehile, E.E., 2007. Étude ethnobotanique et screening phytochimique de Caesalpinia benthamiana (Baill.) Herend. et Zarucchi (Caesalpiniaceae). Sci. Nat. 4, 217–225. https://doi.org/10.4314/scinat.v4i2.42146

Belaiche-Daninos, P., Belaiche-Daninos, P., 1979. L'Aromatogramme, Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Maloine, Paris.

Benkherara, S., Bordjiba, O., Boutlelis Djahra, A., 2011. Etude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Sauge officinale : Salvia officinalis L. sur quelques entérobactéries pathogènes. Synthèse 17, 72–80.

Benmehdi, H., Okkacha, H., Benali, O., Salhi, F., 2012. Phytochemical investigation of leaves and fruits extracts of Chamaerops humilis L. J. Mater. Environ. Sci. 3.

Benzie, I.F.F., Strain, J.J., 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. Anal. Biochem. 239, 70–76. https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Facino, R.M., 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/fluorimetric assays and chemometrics. Anal. Chim. Acta 2, 185–191. https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.010

BEYLIER, M., 1976. ACTIVITE BACTERIOSTATIQUE DE CERTAINES MATIERES PREMIERES DE PARFUMERIE. Act. BACTERIOSTATIQUE Certain. MATIERES PREMIERES Parfum.

Bose, K.S., Sarma, R.H., 1975. Delineation of the intimate details of the backbone conformation of pyridine nucleotide coenzymes in aqueous solution. Biochem. Biophys. Res. Commun. 66, 1173–1179. https://doi.org/10.1016/0006-291x(75)90482-9

Botineau, M., 2010. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Éd. Tec & doc-Lavoisier, Paris.

Bouharmont, J., Évrard, C.-M., 2002. Botanique systématique: une perspective phylogénétique. De Boeck université, Paris Bruxelles.

Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Jovin, E., 2007. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (Rosmarinus officinalis L. and Salvia officinalis L., Lamiaceae) essential oils. J. Agric. Food Chem. 55, 7879–7885. https://doi.org/10.1021/jf0715323

Bruneton, J., 1999a. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3e éd. rev. et augm. ed. Éd. Tec & doc-Lavoisier Éd. médicales internationales, Paris Cachan.

Bruneton, J., 1999b. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3e éd. rev. et augm. ed. Éd. Tec & doc-Lavoisier Éd. médicales internationales, Paris Cachan.

Bruneton, J., Poupon, E., 2016. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 5e éd. ed. Lavoisier Tec & doc, Paris.

Burt, S., 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--a review. Int. J. Food Microbiol. 94, 223–253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

C

Callery, E., 1998. Le grand livre des herbes: le guide pratique de la culture, du séchage et des vertus de plus de 50 herbes. Könemann, Cologne.

Cao, G., Sofic, E., Prior, R.L., 1996. Antioxidant Capacity of Tea and Common Vegetables. J. Agric. Food Chem. 44, 3426–3431. https://doi.org/10.1021/jf9602535

Castillo, C., Hernandez, J., Bravo, A., Lopez-Alonso, M., Pereira, V., Benedito, J.L., 2005. Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows. Vet. J. 169, 286–292. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.02.001

Chalchat, J.C., Michet, A., Pasquier, B., 1998. Study of clones ofSalvia officinalis L. Yields and chemical composition of essential oil. Flavour Fragr. J. 13, 68–70. https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(199801/02)13:1<68::AID-FFJ698>3.0.CO;2-8

Cho, K.S., Lim, Y., Lee, K., Lee, J., Lee, J.H., Lee, I.-S., 2017. Terpenes from Forests and Human Health. Toxicol. Res. 33, 97–106. https://doi.org/10.5487/TR.2017.33.2.097

Choi, H.S., Song, H.S., Ukeda, H., Sawamura, M., 2000. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. J. Agric. Food Chem. 48, 4156–4161. https://doi.org/10.1021/jf000227d

Chow, Y.W., Pietranico, R., Mukerji, A., 1975. Studies of oxygen binding energy to hemoglobin molecule. Biochem. Biophys. Res. Commun. 66, 1424–1431. https://doi.org/10.1016/0006-291x(75)90518-5

Clevenger, J.F., 1928. Apparatus for the Determination of Volatile Oil*. J. Am. Pharm. Assoc. 1912 17, 345–349. https://doi.org/10.1002/jps.3080170407

Conner, J.T., Parson, N., Katz, R.L., Wapner, S., Bellville, J.W., 1976. Evaluation of lorazepam and pentobarbital as surgical premedicants. Clin. Pharmacol. Ther. 19, 24–29. https://doi.org/10.1002/cpt197619124

Cuvelier, M.-E., Richard, H., Berset, C., 1992. Comparison of the Antioxidative Activity of Some Acid-phenols: Structure-Activity Relationship. Biosci. Biotechnol. Biochem. 56, 324–325. https://doi.org/10.1271/bbb.56.324

D

Daniels, L.K., 1976. Rapid in-office and in-vivo desensitization of an injection phobia utilizing hypnosis. Am. J. Clin. Hypn. 18, 200–203. https://doi.org/10.1080/00029157.1976.10403798

Delattre, J., Beaudeux, J.-L., Bonnefont-Rousselot, D., 2005. Radicaux libres et stress oxydant: aspects biologiques et pathologiques. Éd. Tec & doc-Éd. médicales internationales, Londres Paris New York.

Derwich, E., Benziane, Z., Boukir, A., 2009. Chemical composition and antibacterial activity of leaves essential oil of Laurus nobilis from Morocco. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3, 3818–3824.

Djeddi, Dr.S., Bouchnak, N., Halli, I., 2012. Screening of chemical composition and antimicrobial potential of Algerian sage essential oil. Glob. J. Med. Plant Res. 1, 46–49.

Djenane, D., YangÜela, J., Derriche, F., Bouarab, L., Roncales, P., 2012. Utilisation des composés de feuilles d'olivier comme agents antimicrobiens; application pour la conservation de la viande fraîche de dinde. Rev. Nat. Technol. 4, 53–61.

Dupont, F., Guignard, J.-L., 2015. Botanique: les familles de plantes, 16e éd. ed, Abrégés de pharmacie. Elsevier-Masson, Issy-les-Moulineaux.

E

Ebadi, M., 2006. Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine, 0 ed. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420006452

El-Seedi, H.R., El-Said, A.M.A., Khalifa, S.A.M., Göransson, U., Bohlin, L., Borg-Karlson, A.-K., Verpoorte, R., 2012. Biosynthesis, natural sources, dietary intake, pharmacokinetic properties, and biological activities of hydroxycinnamic acids. J. Agric. Food Chem. 60, 10877–10895. https://doi.org/10.1021/jf301807g

Enneb, H., Belkadhi, A., Cheour, F., Ferchichi, A., Zaouchi, Y., 2015. Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (Lawsonia inermis L.). J. New Sci. 20.

Erdman, J.W., Balentine, D., Arab, L., Beecher, G., Dwyer, J.T., Folts, J., Harnly, J., Hollman, P., Keen, C.L., Mazza, G., Messina, M., Scalbert, A., Vita, J., Williamson, G., Burrowes, J., 2007. Flavonoids and heart health: proceedings of the ILSI North America Flavonoids Workshop, May 31-June 1, 2005, Washington, DC. J. Nutr. 137, 718S-737S. https://doi.org/10.1093/jn/137.3.718S

FELLAH, S., Romdhane, M., Abderrabba, M., 2006. EXTRACTION ET ETUDE DES HUILES ESSENTIELLES DE LA SALVIA OFFICINALIS.L CUEILLIE DANS DEUX REGIONS DIFFERENTES DE LA TUNISIE. J Soc Alger Chim 16.

F

Fowler, N.O., McCall, D., Chou, T.C., Holmes, J.C., Hanenson, I.B., 1976. Electrocardiographic changes and cardiac arrhythmias in patients receiving psychotropic drugs. Am. J. Cardiol. 37, 223–230. https://doi.org/10.1016/0002-9149(76)90316-7.

G

Ghaoui, W.B.J.E., Ghanem, E.B., Chedid, L.A., Abdelnoor, A.M., 2008. The effects of *Alcea rosea* L., *Malva sylvestris* L. and *Salvia libanotica* L. water extracts on the production of Anti-egg albumin antibodies, interleukin-4, gamma interferon and interleukin-12 in BALB/c mice. Phytother. Res. 22, 1599–1604. https://doi.org/10.1002/ptr.2530

Ghorbani, A., Esmaeilizadeh, M., 2017. Pharmacological properties of Salvia officinalis and its components. J. Tradit. Complement. Med. 7, 433–440. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014

Ghourri, M., Zidane, L., Douira, A., 2013. Usage des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Sahara marocain (Tan-Tan). J. Anim. Plant Sci. 17, 2388–2411.

Grieve, M., 1971. A modern herbal: the medicinal, culinary, cosmetic and economic properties, cultivation and folk-lore of herbs, grasses, fungi, shrubs, & trees with all their modern scientific uses. Dover Publications, New York.

H

Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J.O., Charlier, C., Chapelle, J.P., 2007. [Oxidative stress]. Rev. Med. Liege 62, 628–638.

Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., 1990. The antioxidants of human extracellular fluids. Arch. Biochem. Biophys. 280, 1–8. https://doi.org/10.1016/0003-9861(90)90510-6

Hamidpour, M., Hamidpour, R., Hamidpour, S., Shahlari, M., 2014. Chemistry, Pharmacology, and Medicinal Property of Sage (Salvia) to Prevent and Cure Illnesses such as Obesity, Diabetes, Depression, Dementia, Lupus, Autism, Heart Disease, and Cancer. J. Tradit. Complement. Med. 4, 82–88. https://doi.org/10.4103/2225-4110.130373

Hammoudi, R., 2015. Activités biologiques de quelques métabolites secondaires extraits de quelques plantes médicinales du Sahara méridional algérien (Thesis).
Handa, S.S., Khanuja, S., Longo, G., Rakesh, D.D., 2008. Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. Int. Cent. Sci. High Technol. 21–25.
Havsteen, B.H., 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. Pharmacol. Ther. 96, 67–202. https://doi.org/10.1016/S0163-7258(02)00298-X
Heinrich, M. (Ed.), 2012. Fundamentals of pharmacognosy and phytotherapy, 2nd ed. ed. Elsevier, Edinburgh.
Hopkins, W.G., 2003a. Physiologie végétale. de boeck, Bruxelles.
Hopkins, W.G., 2003b. Physiologie végétale. de boeck, Bruxelles.
Ionita, P., 2005. Is DPPH Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen Active Species?

J

Jaganjac, J.D., Ademović, Z., Kundalić, B.Š., Horozić, E., 2021. Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of Helichrysum italicum (Roth) G. Don. essential oil from Bosnia and Herzegovina. Technol. Acta - Sci. J. Chem. Technol. 14.
Juliani, H., Koroch, A., Simon, J., Hitimana, N., Daka, A., Ranarivelo, L., Langenhoven, P., 2006. Quality of Geranium Oils (Pelargonium Species): Case Studies in Southern and Eastern Africa. J. Essent. Oil Res. 18, 116–121. https://doi.org/10.1080/10412905.2006.12067131.

K

Kanyonga, P.M., Faouzi, M.A., Meddah, B., Mpona, M., Essassi, E.M., Cherrah, Y., 2011. Assessment of methanolic extract of Marrubium vulgare for antiinflammatory, analgesic and anti-microbiologic activities. J. Chem. Pharm. Res. 3.
Khedher, M.R.B., Khedher, S.B., Chaieb, I., Tounsi, S., Hammami, M., 2017. Chemical composition and biological activities of Salvia officinalis essential oil from Tunisia. EXCLI J. 16, 160–173. https://doi.org/10.17179/excli2016-832
Kolac, U.K., Ustuner, M.C., Tekin, N., Ustuner, D., Colak, E., Entok, E., 2017. The Anti-Inflammatory and Antioxidant Effects of Salvia officinalis on Lipopolysaccharide-Induced Inflammation in Rats. J. Med. Food 20, 1193–1200. https://doi.org/10.1089/jmf.2017.0035
Krinsky, N.I., 1992. Mechanism of Action of Biological Antioxidants. Exp. Biol. Med. 200, 248–254. https://doi.org/10.3181/00379727-200-43429.

L

Langsjoen, P.H., Langsjoen, A.M., 2003. The clinical use of HMG CoA-reductase inhibitors and the associated depletion of coenzyme Q10. A review of animal and human publications. BioFactors Oxf. Engl. 18, 101–111. https://doi.org/10.1002/biof.5520180212
Lebovka, N., Vorobiev, E., Chemat, F., 2011. Enhancing Extraction Processes in the Food Industry. CRC Press.
Lecerf, J.-M., 2009. Micronutriments : l'exemple de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA). Médecine Mal. Métaboliques 3, 496–501. https://doi.org/10.1016/S1957-2557(09)73297-3

Lehucher-Michel, M.P., Lesgards, J.F., Delubac, O., Stocker, P., Durand, P., Prost, M., 2001. Stress oxydant et pathologies humaines. Bilan et perspectives préventives. Presse Médicale 30, 1076–81.

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacogn. Rev. 4, 118–126. https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902.

M

Macheix Jean-Jacques, 2005. Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique / Jean-Jacques Macheix, Annie Fleuriet, Christian Jay-Allemand, Collection biologie. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., Kefalas, P., 2005. Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (Phoenix dactylifera). Food Chem. 89, 411–420. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.051

Marino, M., Bersani, C., Comi, G., 2001. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. Int. J. Food Microbiol. 67, 187–195. https://doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00447-0

Marouf, A., Reynaud, J., 2007. La botanique de A à Z: 1662 définitions. Dunod, Paris.

Michel, T., n.d. Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (Hippophae rhamnoides).

Michel, T., n.d. Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (Hippophae rhamnoides).

Miller, J.K., Brzezinska-Slebodzinska, E., Madsen, F.C., 1993. Oxidative Stress, Antioxidants, and Animal Function. J. Dairy Sci. 76, 2812–2823. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77620-1.

N

Nebia, B., 2016a. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche" Artemisia herba alba Asso". Université Mustapha Stambouli de Mascara , Département de Bi.

Nebia, B., 2016b. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche" Artemisia herba alba Asso". Université Mustapha Stambouli de Mascara , Département de Bi.

Newall, C.A., Anderson, L.A., Phillipson, J.D., 1996. Herbal medicines: a guide for health-care professionals. Pharmaceutical Press, London.

O

Oussou, K.R., Yolou, S., Jean Brice, B., Guessennd, N., Kanko, C., Ahibo, C., Casanova, J., 2008. Etude chimique et activité antidiarrheique des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne.

P

Paduch, R., Kandefer-Szerszeń, M., Trytek, M., Fiedurek, J., 2007. Terpenes: substances useful in human healthcare. Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz.) 55, 315. https://doi.org/10.1007/s00005-007-0039-1

Pan, J., Zhang, L., Xiong, D., Li, B., Qu, H., 2021. A HPLC-DAD-MS/MS Method for Simultaneous Determination of Six Active Ingredients of Salviae Miltiorrhizae and Ligustrazine Hydrochloride Injection in Rat Plasma and its Application to Pharmacokinetic Studies. Curr. Drug Metab. 22, 60–69. https://doi.org/10.2174/1389200221999200819143230

Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R., 2016. Flavonoids: an overview. J. Nutr. Sci. 5, e47. https://doi.org/10.1017/jns.2016.41

Penchev, P.I., 2010. Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions (phd).

Pengelly, A., Bone, K., 2020. The Constituents of Medicinal Plants: An introduction to the chemistry and therapeutics of herbal medicine, 1st ed. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003117964

Pibiri, M.-C., 2005a. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. https://doi.org/10.5075/EPFL-THESIS-3311

Pibiri, M.-C., 2005b. Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. https://doi.org/10.5075/EPFL-THESIS-3311

Pierozan, M.K., Pauletti, G.F., Rota, L., Santos, A.C.A.D., Lerin, L.A., Di Luccio, M., Mossi, A.J., Atti-Serafini, L., Cansian, R.L., Oliveira, J.V., 2009. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of salvia L. species. Ciênc. E Tecnol. Aliment. 29, 764–770. https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000400010

Ponce, A.G., Fritz, R., Valle, C. del, Roura, S.I., 2003. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. LWT - Food Sci. Technol. 7, 679–684. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00088-4.

R

Raal, A., Orav, A., Arak, E., 2007. Composition of the essential oil of ***Salvia officinalis*** L. from various European countries. Nat. Prod. Res. 21, 406–411. https://doi.org/10.1080/14786410500528478

Rasmy, N.M., Hassan, A.A., Foda, M.I., El-Moghazy, M.M., 2012. Assessment of the Antioxidant Activity of Sage (Salvia officinalis L.) Extracts on the Shelf Life of Mayonnaise.

Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E., Bouharmont, J., 2014. Biologie végétale, 3e éd. ed. De Boeck, Bruxelles [Paris].

Rezaire, A., 2012. Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien Oenocarpus bataua (patawa).

Ribéreau-Gayon, P. (1930-2011) A., 1968. ˜Les œcomposés phénoliques des végétaux. Dunod. Paris.

Rice-Evans, C.A., Diplock, A.T., 1993. Current status of antioxidant therapy. Free Radic. Biol. Med. 15, 77–96. https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90127-G

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., 1996. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food. Biochem. Soc. Trans. 24, 790–795. https://doi.org/10.1042/bst0240790

Richard, H., 1992. Epices et aromates, Sciences & Techniques Agroalimentaires. Lavoisier, Tec et Doc, Paris.

Roberts, M.F., Wink, M. (Eds.), 1998. Alkaloids: Biochemistry, Ecology, and Medicinal Applications. Springer US, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2905-4

Roede, J.R., Jones, D.P., 2010. Reactive species and mitochondrial dysfunction: Mechanistic significance of 4-hydroxynonenal. Environ. Mol. Mutagen. NA-NA. https://doi.org/10.1002/em.20553

Rybak, B., 1974. Biologie de l'oxygène. Maloine, Paris.

S

Saffidine, K., 2018. Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de carthamus caeruleus L. et de plantago major L. (Thesis).

Salgado-Cruz, Ma.D.L.P., Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R.R., Méndez-Méndez, J.V., Díaz-Ramírez, M., 2013. Chia (Salvia hispanica L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. Ind. Crops Prod. 51, 453–462. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.036

Sanchez-Moreno, C., 2002. Review: Methods Used to Evaluate the Free Radical Scavenging Activity in Foods and Biological Systems. Food Sci. Technol. Int. 8, 121–137. https://doi.org/10.1177/1082013202008003770

Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., Saura-Calixto, F., 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. J. Sci. Food Agric. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9

Sarni-Manchado, P., Cheynier, V., 2006. Les polyphénols en agroalimentaire, Collection Sciences & techniques agroalimentaires. Éd. Tec & doc, Paris Londres New York.

Sears, B., Bailes, J., Asselin, B., 2013. Therapeutic uses of high-dose omega-3 fatty acids to treat comatose patients with severe brain injury. PharmaNutrition 1, 86–89. https://doi.org/10.1016/j.phanu.2013.04.002

Stalikas, C.D., 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. J. Sep. Sci. 30, 3268–3295. https://doi.org/10.1002/jssc.200700261.

T

Tepsorn, R., 2009. Antimicrobial Activity of Thai Traditional Medicinal Plants Extract Incorporated Alginate-tapioca Starch Based Edible Films Against Food Related Bacteria Including Foodborne Pathogens.

Teuscher, E., Bauermann, U., Werner, M., Anton, R., Lobstein, A., 2005. Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Éd. Tec & doc Éd. médicales internationales, Paris Cachan.

This, H., Pascale, S.-M., Cheynier, V., 2006. Les polyphénols en agroalimentaire, Collection Sciences & techniques agroalimentaires, ISSN 02435624. Ed. Tec & doc, Paris.

Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., Kaur, H., 2011. Phytochemical screening and Extraction: A Review. Int. Pharm. Sci. 1, 98–106.

W

Walker, J.B., Sytsma, K.J., 2007. Staminal evolution in the genus Salvia (Lamiaceae): molecular phylogenetic evidence for multiple origins of the staminal lever. Ann. Bot. 100, 375–391. https://doi.org/10.1093/aob/mcl176

Wichtl, M., Anton, R., Bernard, M. (Eds.), 2003. Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique, 2. éd. française. ed. Ed. Tec et Doc, Paris.

Wilkinson, J., 2006. Methods for testing antimicrobial activity of extracts, in: Owais, M.O.M. (Ed.), Modern Phytomedicine. John Wiley & Sons, Germany, pp. 157–198.

X

Xu, J., Wei, K., Zhang, G., Lei, L., Yang, D., Wang, W., Han, Q., Xia, Y., Bi, Y., Yang, M., Li, M., 2018. Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of Chinese Salvia species: A review. J. Ethnopharmacol. 225, 18–30. https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.06.029.

Y

Yao, L.H., Jiang, Y.M., Shi, J., Tomás-Barberán, F.A., Datta, N., Singanusong, R., Chen, S.S., 2004. Flavonoids in food and their health benefits. Plant Foods Hum. Nutr. Dordr. Neth. 59, 113–122. https://doi.org/10.1007/s11130-004-0049-7

Annexes

Annexe:

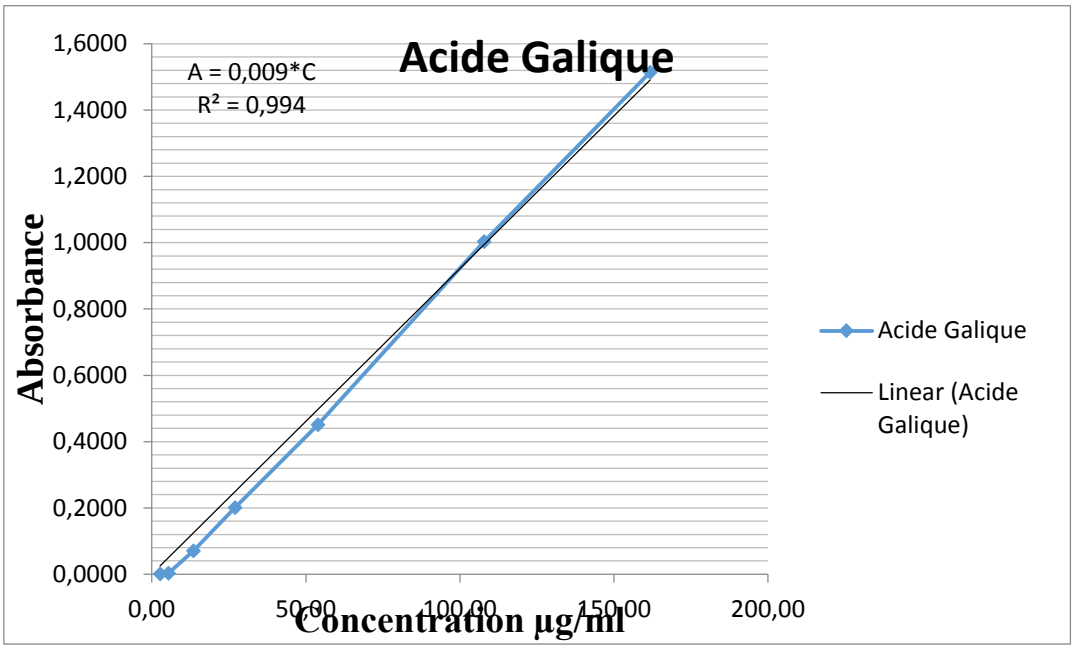


Figure 19 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.

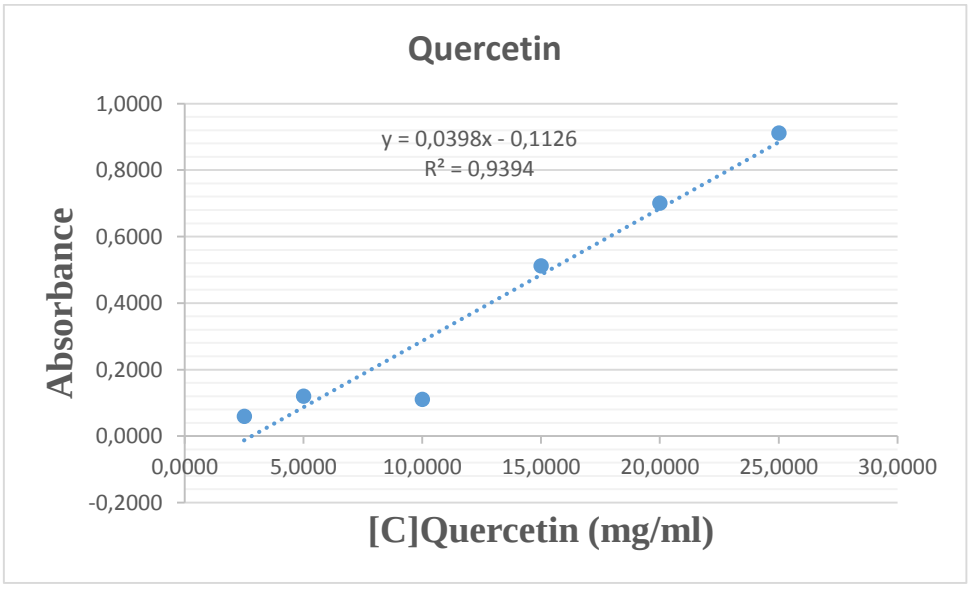


Figure 21 : Courbe d'étalonnage de la quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.

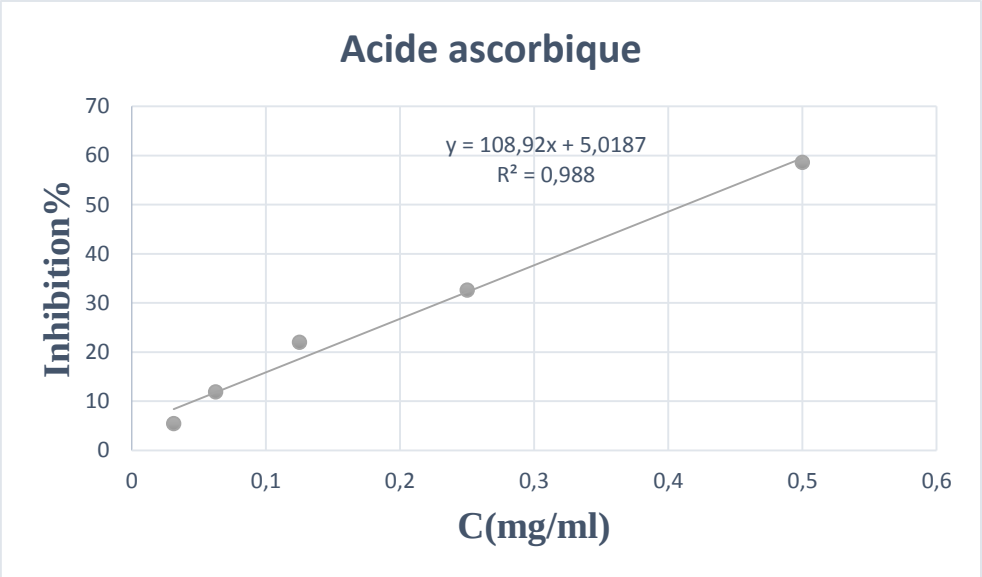


Figure23 : Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique pour le test DPPH

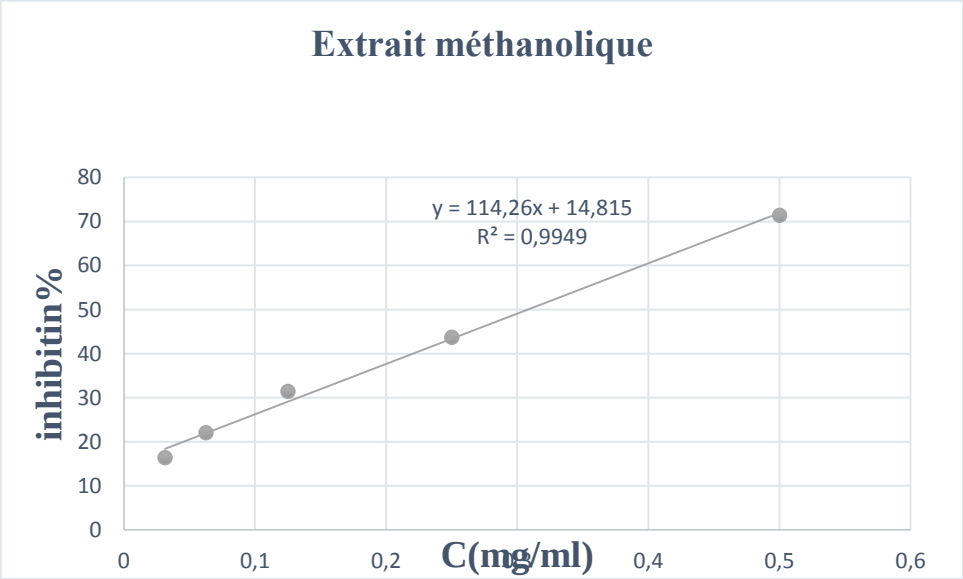


Figure 24 : Pourcentage d'inhibions de l'extrait méthanoliques e de *Salvia officinalis* contre le radical libre DPPH

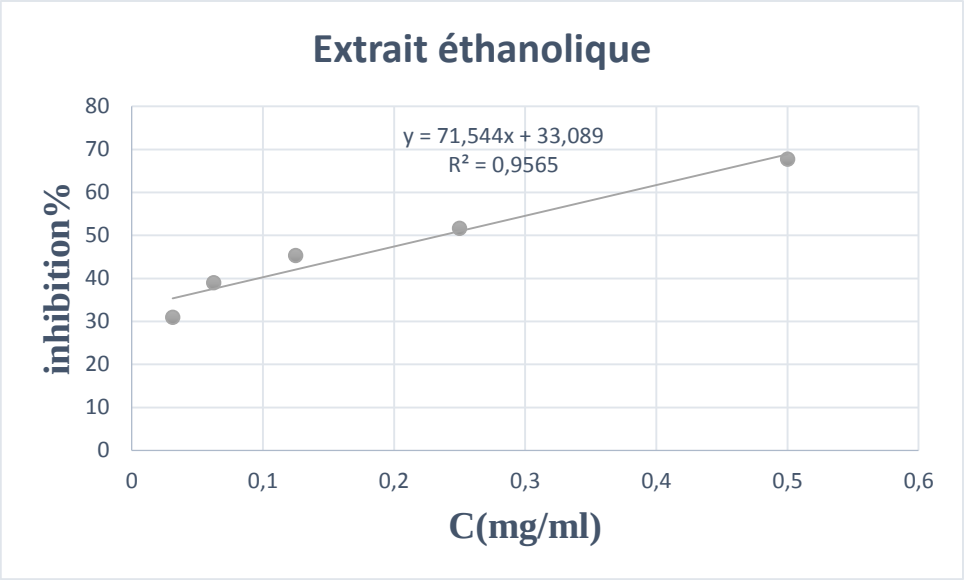


Figure 25 : Pourcentage d'inhibions de l'extrait éthanolique de *Salvia officinalis* contre le radical libre DPPH

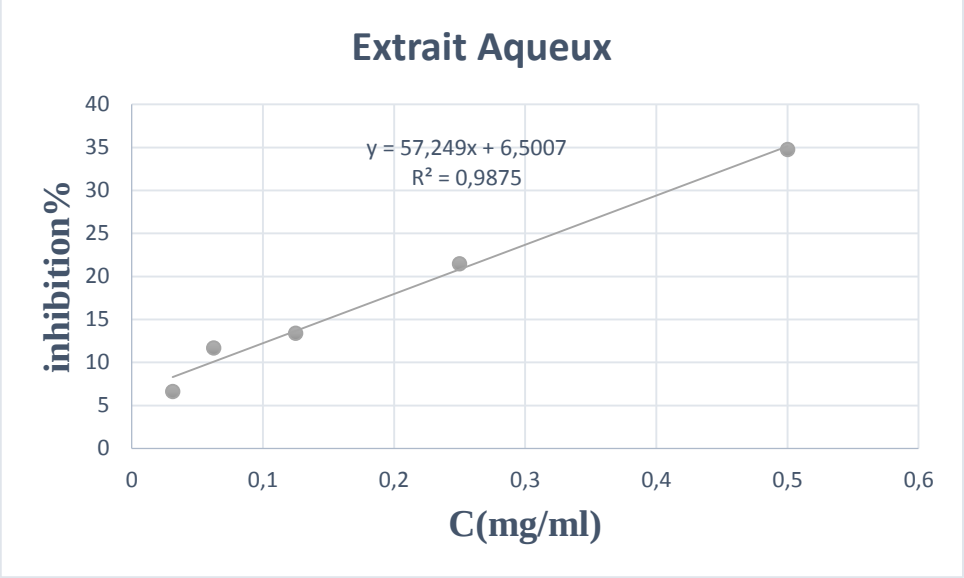


Figure 26 : Pourcentage d'inhibions de l'extrait Aqueux de *Salvia officinalis contre* le radical libre DPPH

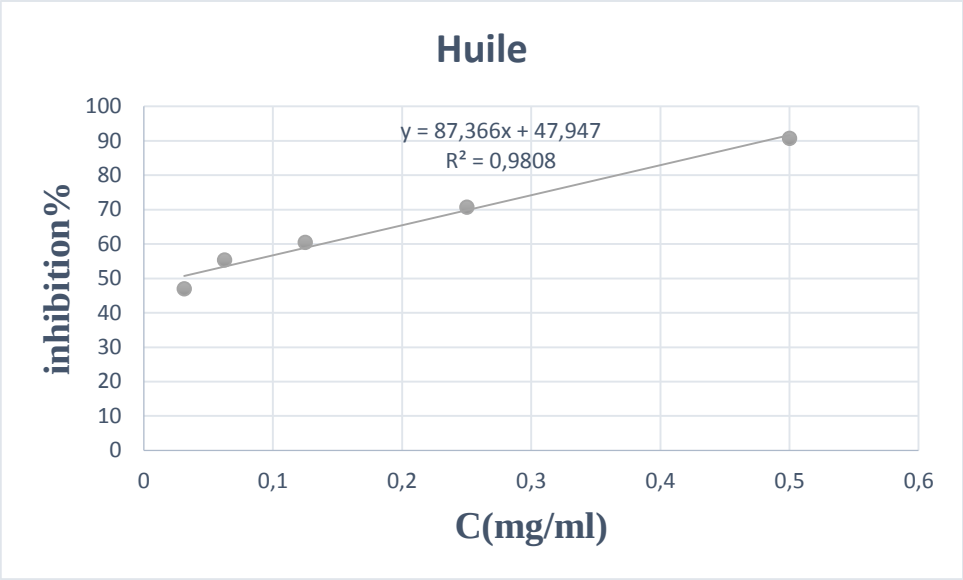


Figure 27 : Pourcentage d'inhibions de l'huile de *Salvia officinalis contre* le radical libre DPPH

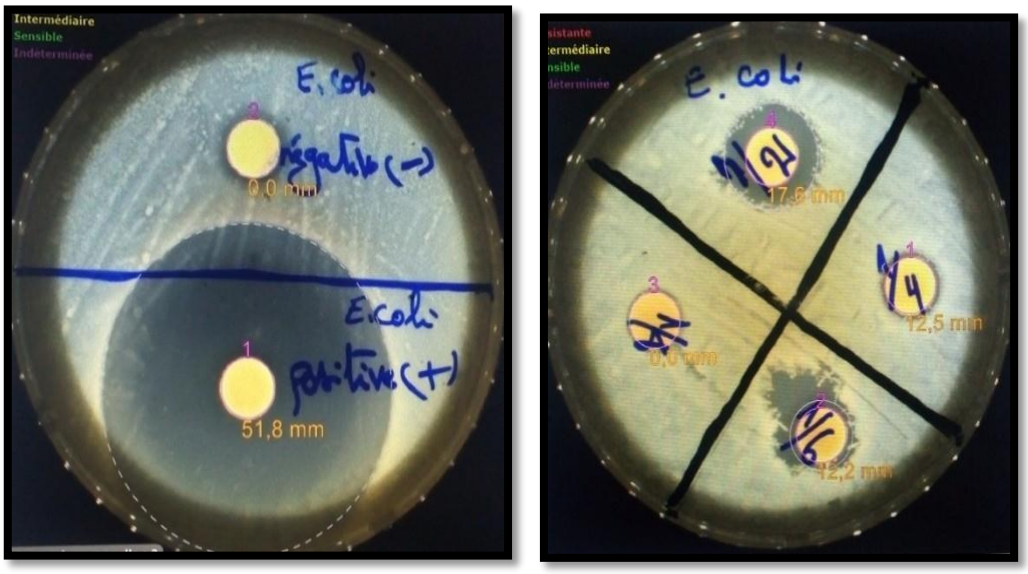


Figure 30 : les résultats de bactéries *E.coli*

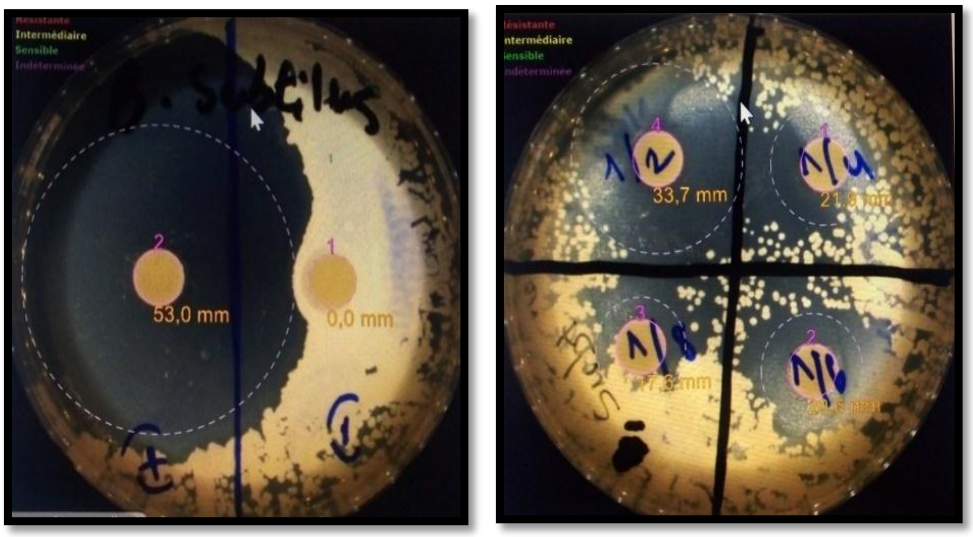


Figure 32 : Le résultat de bactérie de *Bacillus subtilis*



Figure34 : *Staphylococcus aureus*

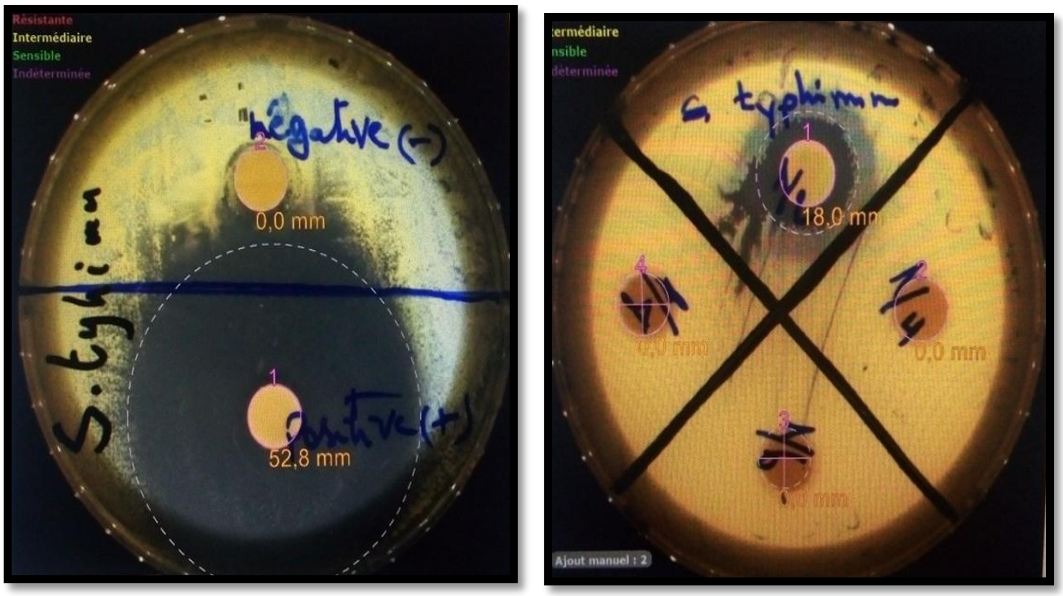


Figure36 : *salmonella typhimidis*