

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

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE**



Mémoire présenté par

**ABBAS Salma
&
TARED Amina**

En vue de l'obtention
Du diplôme de Master en Chimie
Option : Chimie des Produits Naturels

Thème

Etude de la relation entre la composition chimique et l'activité antioxydante des extraits de deux plantes médicinales

Soutenu le 29/09/2020 devant le jury composé de :

Mme R. Ziane	MAA	à l'université Blida 1	Présidente
Mme R. Boukaabache	MCB	à l'université Blida 1	Examinatrice
Mme O. Touafek	MCA	à l'université Blida 1	Promotrice

Promotion 2019-2020

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout Puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre promotrice Mme Ouassila Touafek maître de conférences A, à l'université Saad Dahleb – Blida 1, pour sa simplicité, son attention, sa disponibilité et sa générosité scientifique.

Qu'elle soit assurée de notre profonde gratitude pour nous avoir guidée et aidée tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury ; Mme R. Ziane (présidente) et Mme R. Boukaabache (examinatrice), d'avoir accepté de juger notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous souhaitons également adresser nos remerciements à tous les enseignants du département de Chimie, qui ont contribué à notre formation durant cinq années d'études.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Avec l'aide d'Allah le tout Puissant, Je dédie ce modeste travail :
A mes parents, sources constantes d'encouragement, de soutien, de confiance
et d'affection.

A mes très chères sœurs : Nesrine et Mouni

A mon très cher frère : Ramzi

A mon grand-père que Dieu le garde

A mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines

A ma chère binôme, Salma et à toute sa famille, je dédie ce travail a toute
notre préparation, les jours et les nuits blanches, nos déceptions et nos éclats
de joie, Merci ma chérie

A tous ceux qui me sont chères et ont une place dans mon cœur

Amina



Dédicaces

Avec l'aide d'Allah le tout Puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mes chers parents, mon père ABBAS NOURREDINE et ma mère FARIDA. Symbole de reconnaissance et de remerciement sur tout ce qu'ils m'ont donné dans ma vie et leur exprime ma profonde gratitude pour leur soutien moral et financier ainsi pour leurs encouragements durant tout mon parcours vers un avenir meilleur, je dédie ce travail en gage de mon amour et mon respect les plus profonds

A ma sœur jumelle Asma, et mes petites sœurs Safia et Khaoula, qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, merci pour votre présence. J'espère avoir été à la hauteur de vos estimations.

A ma grande mère que Dieu la garde.

A toute la famille maternelle et paternelle, et à ce qui me donnent de l'amour et de vivacité.

A ma chère binôme, Amina, et à toute sa famille, avec qui j'ai partagé les meilleurs moments, qui m'a beaucoup aidé, à qui je dis bon courage et bon continuation.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès.

Salma



Résumé

Le présent travail porte sur l'analyse des résultats du dosage des composés phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes et tannins condensés) et de l'activité antioxydante, obtenus à partir des études antérieures sur deux plantes médicinales appartenant à la famille des lamiacées : *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*.

La détermination de la quantité des polyphénols totaux dans les travaux antérieurs, a été réalisée par la méthode de Folin-Ciocalteu, la teneur des flavonoïdes par la méthode du trichlorure d'aluminium et les tannins condensés par la méthode de la condensation des polyphénols sur l'acide vanillique.

L'évaluation de l'activité antioxydante a été réalisée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH.

Nous avons essayé d'établir une relation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de tous les extraits, mais l'existence de paramètres différents (l'origine de la plante, la période de récolte, le mode d'extraction, ...), n'ont pas permis de réaliser cette partie du travail. Pour cela, cette étude a été restreinte sur la discussion des résultats de chaque étude séparée.

Cette recherche, nous a permis de conclure que tous les extraits étudiés, des deux plantes, possèdent un pouvoir antioxydant plus ou moins important. Cette activité est liée à la teneur en composés phénoliques, notamment en flavonoïdes, dont la relation est proportionnelle dans tous les extraits.

Nous avons également présentés le travail expérimental, que nous avons réalisé, avant la pandémie de Covid-19, qui a touché notre pays depuis mars 2020. Cette partie renferme la macération et l'extraction liquide-liquide avec le chloroforme et le n-butanol des feuilles des deux plantes étudiées : *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*.

Mots clés :

Salvia officinalis, *Satureja calamintha*, Activité antioxydante, composés phénoliques, flavonoïdes, Folin- Ciocalteu, DPPH.

Abstract

The present work aims to analysis the results of dosage of phenolic compounds (total polyphenols, flavonoids and condensed tannins) and of the antioxidant activity, obtained from previous studies on two medicinal plants belonging to the family of lamiaceae: *Salvia officinalis* and *Satureja calamintha*.

The determination of the amount of total polyphenols in previous studies was carried out by the method of Folin-Ciocalteu, the content of flavonoids by the method of aluminum trichloride and the condensed tannins by the method of condensation of polyphenols with vanillic acid. The antioxidant activity was determined by using stable free radical DPPH.

We tried to establish a relationship between the content of phenolic compounds and the antioxidant activity of all the extracts, but the existence of different parameters (the origin of the plant, the harvest period, the method of extraction, ...), have not allow this part of the work to be realized. Therefore, this study has been restricted to discussing the results of each study separately.

The results from this study enabled us to conclude that all the extracts have a more or less important antioxidant power. This activity is related to the content of phenolic compounds, in particular of flavonoids, whose relationship is proportional in all extracts.

We also presented the experimental work, which we carried out, before the Covid-19 pandemic, which has affected our country since March 2020. This part contains the maceration and the liquid-liquid extraction with chloroform and n- butanol, from the leaves of the two species studied: *Salvia officinalis* and *Satureja calamintha*.

Key words:

Salvia officinalis, *Satureja calamintha*, Antioxidant activity, phenolic compounds, flavonoids, Folin- Ciocalteu, DPPH

الملخص

يهدف هذا العمل الى تحليل نتائج معايرة المركبات الفينولية (البوليفينول الكلي، الفلافونويد والعفص المكثف) والنشاط المضاد للأكسدة، الذي تم الحصول عليها من دراسات سابقة لنبنتين طبيبتين تنتميان إلى العائلة الشفوية (Lamiaceae) وهما *Salvia officinalis* و *Satureja calamintha*.

تم تحديد كمية البوليفينول الكلي في الدراسات السابقة باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu ومحتوى الفلافونويد بطريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم والعفص المكثف بواسطة تكثيف البوليفينول مع حمض الفانيليك. أما تقييم النشاط المضاد للأكسدة فقد تم بطريقة إزالة الجذور الحرة DPPH.

قد قمنا بمحاولة إيجاد علاقة بين كمية المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة لجميع المستخلصات المدروسة، لكن وجود عوامل مختلفة (مصدر النبات، فترة القطف، طريقة الاستخلاص، ...) ، لم يسمح بالتوصل الى نتيجة مرضية لذا اقتصرنا هذه الدراسة على مناقشة نتائج كل دراسة على حدى.

أتاح لنا هذا البحث أن نستنتج أن جميع المستخلصات المدروسة للنبنتين لها قوة مضادة للأكسدة تتباين أهميتها من مستخلص الى اخر، ويرتبط هذا النشاط بكمية المركبات الفينولية التي تحتويها، ولا سيما منها المركبات الفلافونويد و التي تتناسب كميتها طردا مع فعالية النشاط المضاد للأكسدة.

قمنا أيضًا بتقديم العمل التجريبي الذي تم إنجازه قبل تفشي جائحة Covid-19 التي أثرت على بلدنا منذ شهر مارس 2020 و يحتوي هذا الجزء على تحضير المستخلصات بطريقة النقع والإستخلاص السائل-السائل بالكلوروفورم و ن-بيوتانول من أوراق النبتتين المدروستين: *Salvia officinalis* و *Satureja calamintha*

الكلمات المفتاحية

Salvia officinalis ، *Satureja calamintha* ، النشاط المضاد للأكسدة ، المركبات فينولية ، الفلافونويدات ، Folin-Ciocalteu ، DPPH.

Liste des abréviations

HPLC : Chromatographie Liquide à Haute Performance.

EAG : Equivalent Acide Gallique.

DPPH : 2,2'-Diphényle-1-picrylhydrazyl.

LC/MS : La Chromatographie en phase Liquide couplée à la Spectrométrie de Masse.

GC/MS : La Chromatographie en phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse.

GC : La Chromatographie en phase gazeuse.

UV : Ultra-Violet.

UV-Vis : spectrométrie Ultra-Violet Visible.

ARP : Puissance Antiradicalaire.

Abs t : Absorbance du témoin négatif.

Abs e : Absorbance de l'échantillon testé.

%Inh : Pourcentage d'inhibition.

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice de 50%.

Vit C : Vitamine C.

BHT : butyl hydroxy toluène.

BHA : butyl hydroxy anisole.

Na₂CO₃ : carbonate de sodium.

NaOH : hydroxyde de sodium.

NaNO₂ : nitrate de sodium.

AlCl₃ : chlorure d'aluminium.

g : gramme.

mg : milligramme.

µg : microgramme.

ml : millilitre.

µl : microlitre.

nm : nanomètre.

EEA₁^I : l'extrait éthanolique de la partie aérienne de *salvia officinalis* d'Iran.

EEtP₁^S : l'extrait éthanolique de plante entière de *salvia officinalis* de Serbie.

EMP₁^S : l'extrait méthanolique de plante entière de *salvia officinalis* de Serbie.

EaqA₁^E : l'extrait aqueux de la partie aérienne de *salvia officinalis* d'Egypte.

EEtA₁^E : l'extrait éthanolique de la partie aérienne de *salvia officinalis* d'Egypte.

EMF₁^M : l'extrait méthanolique des feuilles de *salvia officinalis* de Maroc.

EEtF₁^M : l'extrait éthanolique des feuilles de *salvia officinalis* de Maroc.

EHexF₁^M : l'extrait hénanique des feuilles de *salvia officinalis* de Maroc.

EaqF₁^A : l'extrait aqueux des feuilles de *salvia officinalis* de l'Algérie.

EMF₁ : L'extrait hydro-méthanolique des feuilles de *salvia officinalis*.

EMT₁ : L'extrait hydro-méthanolique des tiges de *salvia officinalis*.

EAcF₁ : L'extrait acétate d'éthyle des feuilles de *salvia officinalis*.

EAcT₁ : L'extrait acétate d'éthyle des tiges de *salvia officinalis*.

EBuF₁ : L'extrait butanolique des feuilles de *salvia officinalis*.

EBuT₁ : L'extrait butanolique des tiges de *salvia officinalis*.

EMF₂^m : l'extrait méthanolique des feuilles de *satureja calamintha* par macération.

EaqF₂^r : l'extrait aqueux des feuilles de *satureja calamintha* par reflux.

EaqA₂^d : l'extrait aqueux de la partie aérienne de *satureja calamintha* par décoction.

EaqA₂^{mo} : l'extrait aqueux de la partie aérienne de *satureja calamintha* par micro-onde.

EMA₂^{AS} : l'extrait méthanolique de la partie aérienne de *satureja calamintha* d'Annabapar Soxhlet.

EMA₂^{JS} : l'extrait méthanolique de la partie aérienne de *satureja calamintha* de Jijel par Soxhlet.

EAcA₂^s : L'extrait acétate d'éthyle de la partie aérienne de *satureja calamintha*.

EAcF₂^s : L'extrait acétate d'éthyle des feuilles de *satureja calamintha*.

EAcT₂^s : L'extrait acétate d'éthyle des tiges de *satureja calamintha*.

EEtA₂^s : L'extrait éthanolique de la partie aérienne de *satureja calamintha*.

EEtF₂^s : L'extrait éthanolique des feuilles de *satureja calamintha*.

EEtT₂^s : L'extrait éthanolique des tiges de *satureja calamintha*.

Table de matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

I-Présentation de la famille des lamiacées.....	3
II-Aperçu bibliographique sur le genre <i>Salvia</i>	3
II-1- Description botanique et répartition géographique du genre <i>Salvia</i>	3
II-2-Utilisations dans la médecine traditionnelle.....	4
II-3- Propriétés biologiques du genre <i>Salvia</i>	5
II-4- Composition chimique du genre <i>Salvia</i>	6
III-Aperçu bibliographique sur l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	8
III-1-Description botanique et répartition géographique de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	8
III-2- Classification dans la systématique botanique.....	9
III-3- Travaux antérieurs sur l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	9
III-3-1- les huiles essentielles.....	10
III-3-2- les diterpènes.....	12
III-3-3- Les composés phénoliques.....	14
III-3-3-a- Les acides phénoliques.....	14
III-3-3-b- Les flavonoïdes.....	16
IV-Aperçu bibliographique sur le genre <i>Satureja</i>	18
IV-1- Description botanique et répartition géographique du genre <i>Satureja</i>	18
IV-2- Utilisations dans la médecine traditionnelle.....	18
IV-3- Propriétés biologiques du genre <i>Satureja</i>	19
IV-4- Composition chimique du genre <i>Satureja</i>	19

IV-4-1- Les huiles essentielles.....	19
IV-4-2- Les acides phénoliques.....	20
IV-4-3- Les flavonoïdes.....	21
V-Aperçu bibliographique sur l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	24
V-1- Description botanique et répartition géographique de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	24
V-2- Classification dans la systématique botanique.....	25
V-3- Travaux antérieurs sur l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	25
V-3-1- Les huiles essentielles.....	25
V-3-2- Autres métabolites secondaires.....	27

Partie 2 : Travail personnel

1-Introduction.....	28
2-Préparation des extraits.....	29
2-1- Matériel végétal.....	29
2-2- Méthode d'extraction.....	29
3- Principes et modes opératoires des méthodes à utiliser.....	31
3-1- Dosage des polyphénols totaux.....	31
3-2- Dosage des flavonoïdes totaux.....	32
3-3- Dosage des tannins condensés.....	32
3-4- Détermination de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH.....	33
• Principe du test DPPH.....	33
• Mode opératoire	35
• Mise en œuvre du test DPPH.....	35
4-Résultats des travaux antérieurs sur la composition chimique et l'activité antioxydante de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	36
5-Résultats des travaux antérieurs sur la composition chimique et l'activité antioxydante de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	45
Conclusion générale	53
Références bibliographiques	55
Annexe	68

Liste des figures

Figure 1 : Répartition géographique du genre <i>Salvia</i>	4
Figure 2 :Structures de nouveaux diterpénoides isolés à partir de l'espèce <i>salvia reuterana</i>	6
Figure 3 :Structures de diterpénoides isolés à partir de l'espèce <i>salvia tiliifolia</i>	6
Figure 4 :Structure de Nubiol	7
Figure 5 : Structures de composés isolés de l'espèce <i>salvia dirinorum</i>	7
Figure 6 : Photos des parties aériennes de l'espèce <i>salvia officinalis</i>	9
Figure 7 : Photo de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	9
Figure 8 : Structures de monoterpènes présents dans l'espèce <i>salvia officinalis</i>	10
Figure 9 : Structures de quelques diterpénoides isolés de l'espèce <i>salvia officinalis</i>	14
Figure 10 :Structures de quelques acides phénoliques isolés à partir de l'espèce <i>salvia officinalis</i>	16
Figure 11 : Structures de quelques flavonoïdes isolés de l'espèce <i>salvia officinalis</i>	18
Figure 12 :Structures des acides phénoliques isolés de quelques espèces du genre <i>Satureja</i>	21
Figure 13 :Structure d'un flavonoïde monoterpénique isolé à partir de l'espèce <i>satureja khuzistanica</i>	22
Figure 14 :Structures de deux flavonoïdes isolés à partir de l'espèce <i>satureja khuzistanica</i>	22
Figure 15 :Structures de deux flavanones isolé à partir de l'espèce <i>satureja khuzistanica</i>	22
Figure 16 : Structures de huit flavones isolés à partir de l'espèce <i>Satureja khuzistanica</i> ..	23
Figure 17 : Structures de quelques flavonoides isolés à partir de l'espèce <i>Satureja atropatana</i> Bonge.....	24
Figure 18 :Répartition géographique de l'espèce <i>satureja calamintha</i>	24
Figure 19 : photo de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	25
Figure 20 : Structures de quelques terpénoides présents dans l'espèce <i>satureja calamintha</i>	27
Figure 21 : Structures de quelques métabolites secondaires isolés à partir de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	27

Figure 22 : Protocole de préparation des extraits de <i>Salvia officinalis</i> et <i>Satureja calamintha</i>	30
Figure 23 : Réaction d'un antioxydant donneur d'hydrogène avec le radical DPPH.....	33
Figure 24 : Variation d'IC ₅₀ en fonction des teneurs en polyphénols des extraits de <i>Salvia officinalis</i> récoltée à Batna.....	41
Figure 25 : Variation d'IC ₅₀ en fonction des teneurs en flavonoïdes des extraits de <i>Salvia officinalis</i> récoltée à Batna.....	42
Figure 26 : Structures des acides phenoliques et flavonoïdes de <i>Salvia officinalis</i>	45
Figure 27 :Variation d'IC ₅₀ en fonction des teneurs en polyphénols totaux des extraits de <i>satureja calamintha</i> récoltée à Constantine.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1 : Usages et propriétés biologiques de quelques espèces du genre <i>Salvia</i>	5
Tableau 2 : La composition chimique des huiles essentielles du genre <i>Salvia</i> à travers le monde.....	8
Tableau 3 :La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce <i>Salvia officinalis</i> à travers le monde.....	11
Tableau 4 : La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce <i>Salvia officinalis</i> en Algérie.....	11
Tableau 5 : Exemple de diterpènes isolés à partir de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	12
Tableau 6 : Les composés phénoliques isolés à partir de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	15
Tableau 7 : Exemple de flavonoïdes isolés de l'espèce <i>Salvia officinalis</i>	17
Tableau 8 : La composition chimique de l'huile essentielle des plantes du genre <i>Satureja</i> à travers le monde.....	19
Tableau 9 : La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	25
Tableau 10 : Les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et les valeurs de IC50 des extraits méthanoliques et éthanoliques de la plante entière <i>Salvia officinalis</i> de Serbie...	36
Tableau 11 : Teneurs en polyphénols totaux et activité antioxydante des extraits de l'espèce <i>Salvia officinalis</i> provenant de l'Egypte.....	37
Tableau 12 : Les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et les leurs d'IC50 des extraits de feuilles de <i>Salvia officinalis</i> provenant de Maroc.....	38
Tableau 13 : Les teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tannins avec l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de <i>Salvia officinalis</i> provenant de Constantine.....	39
Tableau 14 : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes, avec l'activité antioxydante (exprimée en IC50) des extraits de l'espèce <i>Salvia officinalis</i> provenant de Batna.....	40
Tableau 15 : Identification et quantification des composés phénoliques présents dans l'extrait aqueux de l'espèce <i>Salvia officinalis</i> provenant de Portugal.....	43
Tableau 16 : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les extraits méthanoliques et aqueux de l'espèce <i>Satureja calamintha</i> provenant de Tlemcen.....	46
Tableau 17 : Valeurs d'IC50 des deux extraits de l'espèce <i>Satureja calamintha</i> provenant de Tlemcen et du standard (acide ascorbique).....	46

Tableau 18 : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les extraits aqueux obtenus par décoction et par micro-ondes de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	47
Tableau 19 : Valeurs d'IC ₅₀ des extraits (EaqA ^d et EaqA ^{m0}) de l'espèce <i>Satureja calamintha</i> provenant de M'sila et du standard (BHT).....	47
Tableau 20 : La teneur en polyphénols totaux et les valeurs de l'activité antioxydante des deux extraits méthanoliques de la partie aérienne de l'espèce <i>Satureja calamintha</i> récoltée dans deux régions différentes ; Annaba et Jijel.....	48
Tableau 21 : Teneurs en polyphénols totaux et valeurs d'IC ₅₀ des extraits acétate d'éthyle et méthanolique de l'espèce <i>Satureja calamintha</i>	49
Tableau 22 : Teneurs en polyphénols totaux et l'activité antioxydante, exprimée en IC ₅₀ des extraits de l'espèce <i>Satureja calamintha</i> provenant de Constantine.....	50

Introduction générale

De nos jours, et partout dans le monde, l'intérêt pour la médecine traditionnelle s'accroît constamment, et cette dernière est à base des plantes médicinales qui sont toutes les plantes qui contiennent une ou plusieurs substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse des drogues utiles [1].

Parmi les activités biologiques des plantes médicinales, ces dernières années l'attention s'est portée sur l'activité anti-oxydante en raison du rôle qu'elle joue dans la prévention des maladies chroniques telles que les pathologies du cœur, le cancer, le diabète, l'hypertension, et la maladie d'Alzheimer en combattant le stress oxydant [2].

Les antioxydants sont des composés qualifiés de métabolites secondaires, ils présentent plusieurs propriétés pharmacologiques, parmi lesquelles, nous citerons les propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires, anti-cancérigènes, vasodilatatrices, antipyrétiques, anti-thrombiques, analgésiques, etc... [3,4].

Les plantes médicinales constituent une source inépuisable d'antioxydants dont les polyphénols qui attirent plus l'attention regroupent une grande variété de composés comprenant entre autres les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins. Ce sont des composés ubiquitaires que l'on retrouve dans les plantes. En effet, ils sont capables de piéger des radicaux libres, d'inhiber la peroxydation lipidique en réduisant les radicaux hydroxyles, superoxydes [5].

L'Algérie, riche par sa biodiversité et son climat diversifié, est une plate-forme géographique très importante qui mérite d'être explorée dans le domaine de la recherche de molécules thérapeutiques originaires des plantes qui ont pour longtemps servi à une grande tranche de la population comme moyen incontournable de médication [6].

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressées à l'étude de la relation entre la composition chimique et l'activité antioxydante, à partir des travaux réalisés sur les extraits de deux plantes médicinales : *Salvia officinalis* (sauge) et *Satureja calamintha*. Ces deux espèces appartiennent à la famille des « Lamiaceae », l'une des familles la plus importante dans la flore algérienne et la plus utilisée par les thérapeutes traditionnels.

Nous notons que la composition chimique renferme la teneur en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tannins condensés. Tandis que, l'activité antioxydante concerne uniquement l'étude *in vitro* des extraits réalisée par la méthode du piégeage du radical libre DPPH.

Introduction générale

Ce travail est subdivisé en deux parties :

La première aborde une étude bibliographique préalable, qui contient la description botanique, la composition chimique, les activités biologiques..., des plantes étudiées ; *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*.

La deuxième consiste à étudier et analyser les résultats expérimentaux des travaux antérieurs réalisés sur le dosage des composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits de ces deux plantes étudiées.

Ce travail est achevé par une conclusion générale.

Partie 1 :
Aperçu
bibliographique sur
les plantes étudiées

I- Présentation de la famille des lamiacées

La famille des lamiacées connue également sous le nom des labiées, 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 [7].

Cette famille comprend 29 genres et 140 espèces en Algérie, et elles se développent bien dans les zones méditerranéennes que sahariennes [8].

L'ancien nom des lamiacées : Labiées dérive du nom latin "labium" qui signifie lèvre, en raison de la forme particulière des corolles [9,10].

Les plantes de cette famille contiennent une très large gamme de composés chimiques comme les terpénoïdes, les flavonoïdes, les stérols et les diterpènes [11,12].

Plusieurs espèces de cette famille sont utilisées comme diurétique, cicatrisante, antiseptique, antiinflammatoire, antibactérienne, antivirale et antioxydant [13,14].

II-Aperçu bibliographique sur le genre *Salvia*

Le genre *Salvia* fait partie des genres les plus importants de la famille des lamiacées comprenant près de 900 espèces identifiées à travers le monde [15].

Les diterpénoïdes sont les principaux métabolites secondaires responsables des diverses activités des espèces *Salvia* [16].

II-1- Description botanique et répartition géographique du genre *Salvia*

Les espèces du genre *Salvia* représentent un groupe d'espèces cosmopolites, qui montrent une gamme remarquable de variation [17]. Ce sont des arbustes ou des plantes herbacées. Le calice est bilabié, variable, à lèvre supérieure tridentée, l'inférieure bidentée. La corolle est bilabiée. Elle comporte 2 étamines, à filet court surmonté d'un long connectif à 2 branches inégales, l'une portant une loge de l'anthere et l'autre, le plus court, une écaille, ou bien terminé en pointe [16].

Ce genre est distribué dans trois régions principales dans le monde : 530 espèces en Amérique centrale et latine, 250 espèces en Asie centrale et en région méditerranéenne, 30 espèces en Afrique et 90 espèces en Asie de l'Est [18].

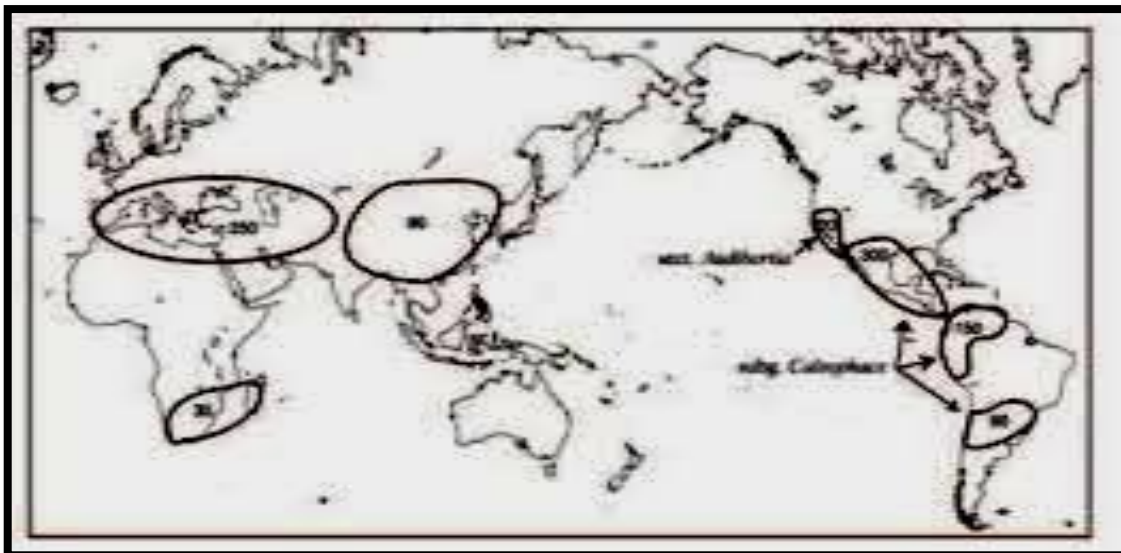


Figure1 : Répartition géographique du genre *Salvia*[19].

En Algérie, les espèces qui ont été déterminées sont au nombre de dix-huit : *Salvia balansae* de Noé; *S.officinalis* L.; *S.Chudaei* Batt et Trab; *S.triloba* L.fils; *S.lavandulaefolia* Vahl.; *S.Aucheri* Benth.; *S.phlomoides* Asso.; *S. Jaminiana* de Noé ; *S.verbenaca* (L.)Briq.; *S. Horminum* L.; *S. aegyptiaca* L.; *S. silvestris* L.; *S. tingitana* Ette.; *S.Sclarea* L.; *S. Æthiopis* L.; *S. algeriensis* Desf.; *S. Barrelieri* Ettlign et *S. argentea* L. [19].

II-2- Utilisations dans la médecine traditionnelle

Les plantes du genre *Salvia* ont été utilisées en médecine traditionnelle sous forme de décoctions et d'infusion dans le traitement de plusieurs maladies tel que l'asthme, l'eczéma, le psoriasis et la tuberculose [20].

La décoction des racines est également utilisée en Afrique du sud pour le traitement des maux d'estomac et la diarrhée [21].

Pour usage externe, elle est appliquée en gargarisme contre les inflammations de la bouche, les abcès et aussi pour le nettoyage et la cicatrisation des plaies[22].

Les infusions de la sauge sont appliquées pour traitement de plusieurs maladies de la circulation sanguine, les troubles digestifs et les problèmes du système nerveux [23].

La majorité des espèces du genre *Salvia* sont utilisées à des fins diverses : aliments, médicaments, parfums et produits cosmétiques [24,25].

II-3- Propriétés biologiques du genre *Salvia*

Les plantes de ce genre sont connues pour leurs nombreuses activités biologiques comme antioxydant, anti-prolifération [26,27], anti-neuro-dégénérative [28], anti-inflammatoire, immuno-modulateur, cardio-protecteur [29].

En méditerranée, le genre *Salvia* est utilisée pour ses propriétés antispasmodique, anti bactérienne, antifongique, diurétique, régulatrice des désordres du cycle menstruel, antihémorragique et antiulcéreuse [30].

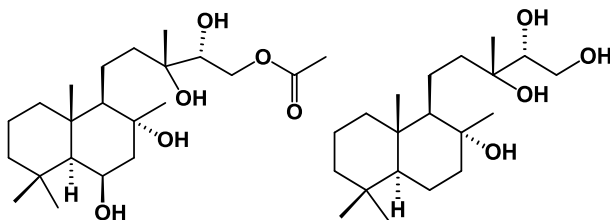
L'usage et propriétés de quelques plantes du genre *Salvia* sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Usages et propriétés biologiques de quelques espèces du genre *Salvia*.

Espèces	Activités biologiques	Références
<i>S. miltiorrhiza</i>	Traitement des maladies cardio-vasculaires, hépatiques et rénales. Cardioactive. Traitement d'angines pectorales, des infarctus du myocarde, d'anomalies hématologiques et pour son effet cytotoxique contre les cellules tumorales.	[31] [32,33]
<i>S. blepharochlyna</i>	L'activité anti-tuberculeuse	[34]
<i>S. multicaulis</i>	Activité antifongique	[35]
<i>S. prionitis</i>	Propriétés antiphlogistique antibactérienne.	[36,37]
<i>S. officinalis</i>	Antimicrobienne, Antivirale Antioxydante	[38-40]
<i>S. glutinosa</i> , <i>S. microstegia</i>	Antitumorale	[41]
<i>S. cilicica</i>	Antileishmaniale	[42]

II-4-Composition chimique du genre *Salvia*

Les études phytochimiques du genre *Salvia* ont permis d'établir un profil chimique riche en métabolites secondaires tels que les composés phénoliques, les triterpènes, les stérols tels que (le β sitostérol et le stigmastérol) et plus particulièrement les diterpènes du type labdane, clérodane, pimarane, abiétane [43]. A ce jour, plus de 600 diterpénoïdes ont été isolés du genre *Salvia* [44]. Comme exemple de nouveaux diterpènes [45] :



6 β , 14 α -dihydroxy-15-acetoxysclareol 14 α , 15- dihydroxysclareol

Figure 2 : Structures de nouveaux diterpènes isolés par l'espèce *salvia reuterana*.

Cinq nouveaux diterpénoïdes néo-clérodanes, les tiliifolines A-E (1-5), ont été isolés de la partie aérienne de *Salvia tiliifolia* [46].

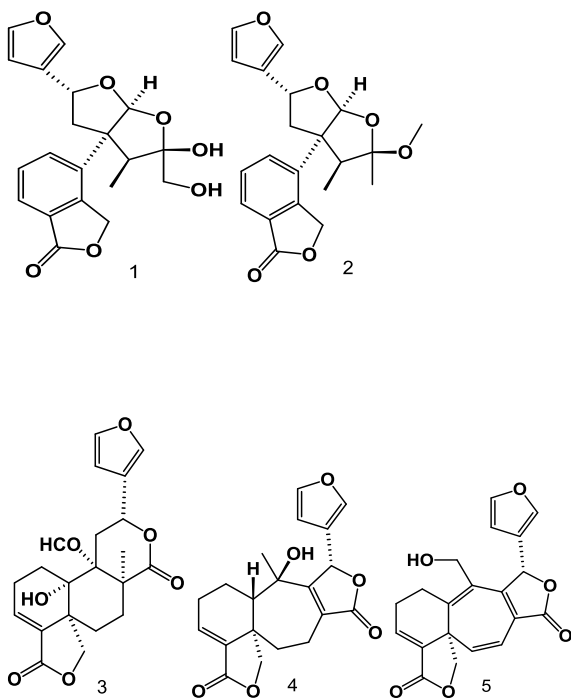


Figure 3 : Structures de diterpénoïdes isolés par l'espèce *Salvia tiliifolia*.

D'autres études sur la composition chimique du genre *Salvia* ont montré l'existence de moins de 30 sesquiterpénoïdes lactones seulement qui ont été caractérisés à partir de différentes plantes du genre *Salvia* [47], comme exemple le nubiol (isolé de l'espèce *Salvia nubicola*) [48] et la Salvinorine A, Salvinorine B, Salvinorine C, Salvinorine D, Salvinorine E Salvinorine F, sont 5 composés isolés de l'espèce *Salvia dirinorum* [49].

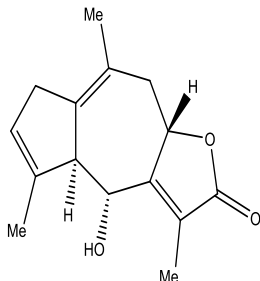
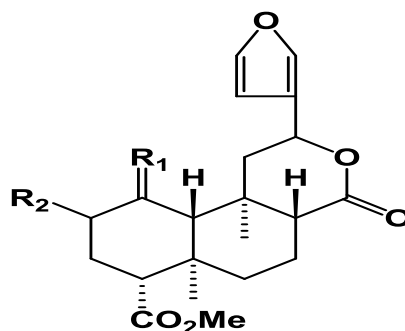


Figure4 : Structure de Nubiol.



Salvinorine A (R1=O,R2=OAc)
Salvinorine B (R1=R2=H)
Salvinorine C (R1=R2=OAc)
Salvinorine D (R1=OAc,R2=OH)
salvinorine E (R1=OH, R2=OAc)
salvinorine F (R1=OH, R2=H)

Figure 5 : Structures de composés isolés de l'espèce *Salvia dirinorum*.

Les huiles essentielles du genre *Salvia* ont fait l'objet d'un grand nombre d'études.

La composition chimique diffère d'une région à une autre, on remarque que l'espèce *S.viscosa* de Liban et *S.palastima* d'Iran sont riche en sesquiterpène représenté par 2 éléments majeurs (caryophyllène oxyde, Germacrène).

Par contre l'espèce *S.fruticosa* de Turquie et *S.tomentosa* de Bulgarie sont riche en monoterpène oxygéné représenté par 2 éléments majeurs (1,8-cinéole, bornéol).

Un exemple des composants majoritaires de quelque espèce de ce genre *Salvia* ($\% \geq 5.0$) sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : La composition chimique des huiles essentielles du genre *Salvia* à travers le monde.

Espèce	Localité	Composés majoritaires (%)	Références
<i>S.viscosa</i>	Liban	-caryophyllèneoxide(12.7%) - α -cubébène(8.3%) -thymol (6.9%) - β -copaèn-4- α -ol(5.4%)	[50]
<i>S.fruticosa</i>	Turquie	-1,8-cinéole (52.8%) - α -Pinène (5.8%) -Camphre (5.8%)	[51]
<i>S.tomentosa</i>	Bulgarie	-Bornéol (10.3%) - β -pinène (9.0%) -Camphre (7.9%) - α -Pinène (6.0%)	[52]
<i>S.palaestima</i>	Iran	-Germacrène D (14.0%) -1-Epi-cubinol (9.8%) - β -caryophyllène(6.1%)	[53]

III- Aperçu bibliographique sur l'espèce *Salvia officinalis*

Salvia officinalis est une plante annuelle et biannuelle d'origine méditerranéenne de la famille des Lamiacées [54].

III-1-Description botanique et répartition géographique de l'espèce *Salvia officinalis*

Salvia officinalis est une plante vivace à tige ligneuse à la base, formant un buisson dépassant parfois 80cm, rameaux vert-blanchâtre. Feuilles assez grandes, épaisses, vert-blanchâtres, etopposées ; fleurs bleu-violacé clair en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés. Calice campanulé à 5 dents longues et corolle bilabée supérieure en casque et lèvre inférieure trilobée, fruits en forme de tétrakènes [54].

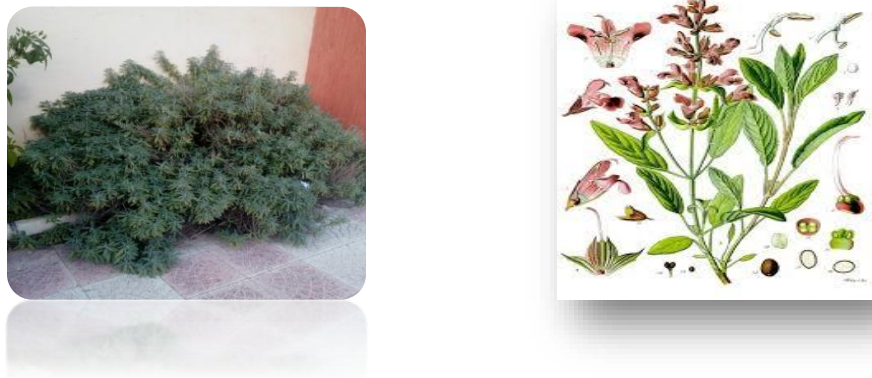


Figure 6: Photos des parties aériennes de la plante *Salvia officinalis*.

Cette espèce est très répandue en Europe, au sud-ouest de l'Asie, en nord de l'Afrique et naturalisé dans l'Amérique du nord [55].

III-2- Classification dans la systématique botanique

Le mot *Salvia* provient de l'italien « salvare » qui veut dire sauver, *Salvia* a toujours été considérée comme une plante magique qui sauve des vies humaines [16].

La classification de l'espèce dans la systématique botanique est comme suit [54].

Règne : Végétale

Embranchement : Phanérogames

Classe : Eudicots

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Salvia*

Espèce : *Salvia officinalis*



Figure 7 : Photo de l'espèce *Salvia officinalis*.

Nom vernaculaire : sauge officinale (français), Agurimimeksaouen, tazzourt, marramia (berbère), souak en nabi (arabe) [56].

III-3- Travaux antérieurs sur l'espèce *Salvia officinalis*

De nombreux travaux qui ont été réalisés sur l'espèce *Salvia officinalis* ont révélé la présence d'un grand nombre de composés bioactifs [57], tels que les huiles essentielles (thuyone, camphre...), tanins, flavonoïdes [58], diterpènes, triterpènes et hétérosides phénoliques [59].

III-3-1-les huiles essentielles

La sauge officinale est riche en huile essentielle, cette dernière est à la fois désinfectante, astringente, harmonisante et régulatrice.

- En Algérie, l'étude menée sur la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* récoltée dans la région d'Annaba a montré la présence de l' α -thujone (36,74%), le cinéole (22,97%), le camphre (11,34%) et le β -thujone (8,81%), comme composés majoritaires [60].
- Par ailleurs, l'analyse GC et GC-MS de l'huile essentielle de la même espèce récoltée dans la région de Batna a montré que les composés majoritaires sont le α -thujone (24,52%), le 1,8-cinéole (15,92%), le camphre (16,86%), le β -thujone (6,50%) et le viridiflorol (6,35%) [61].
- Une autre étude de la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* provenant de l'Algérie (Alger) a montré que cette plante est riche en huile essentielle (90,5%), 72,2% de cette huile sont des composés monoterpéniques, 90,7% de cette fraction sont des monoterpènes oxygénés tels que le camphre (20.4%), l' α -thujone (19.6%), le 1.8-cinéole (12.3%), le β -thujone (8.0%), et le bornéol (2.5%), par contre les sesquiterpènes (18.2% de fraction terpénique), représenté par l'élément major le viridiflorol (8.0%) [62].

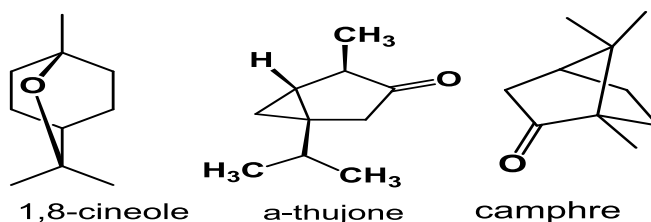


Figure 8 : Structures de monoterpènes présents dans l'espèce *Salvia officinalis*.

De nombreuses études concernant la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* ont été réalisées à travers le monde.

Des exemples de la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* à travers le monde sont présentés dans le tableau suivant :

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

Tableau3 : La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* à travers le monde.

Pays / Composés	Maroc (%) [63]	Tunisie (%) [64]	Italie (%) [65]	Espagne (%) [66]	Brésil (%) [67]	Turquie (%) [68]
Camphre	17,23	-	26,85	22,9	10,9	11,7
α -thujone	-	3,38	23	20,6	24,8	29,4
β -thujone	-	26,49	-	15,4	-	17,4
β Caryophyllène	9,89	11,55	-	-	-	-
1,8-cinéole	12,63	-	-	-	14,8	12,5
β -pinène	2,51	9,04	-	-	-	-
Pinocarvéol	-	16,96	6,65	-	-	-
Viridiflorol	-	5,19	-	-	-	-
Camphène	4,03	-	5,8	-	-	-
p-cimène	-	-	11,8	-	-	-
Bornéol	1,19	-	7,9	-	11,1	-

Les résultats de la composition chimique de l'espèce *Salvia officinalis* des différentes régions de l'Algérie sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* en Algérie.

Régions	Alger[62]	Annaba [60]	Batna [61]
α - humulène	3,1	-	-
Camphre	20,4	11,34	16,86
α -thujone	19,6	36,74	24,52
β -thujone	8	8,81	6,80
β Caryophyllène	4,5	1,54	-
1,8-cinéole	12,3	22,97	15,92
β -pinène	1,4	-	-

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

Pinocarvéol	-	-	-
Viridiflorol	8,0	-	6,35
p-cimène	-	-	-
Bornéol	-	2,94	-

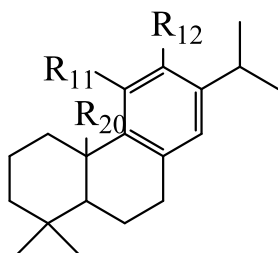
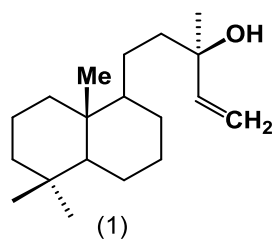
Cette recherche nous a permis de déduire que l'huile essentielle de l'espèce *Salvia officinalis* récoltée en Algérie est du chémotype riche en α -thujone, camphre et en 1.8-cinéole.

III-3-2- Les diterpènes

L'étude phytochimique réalisée sur l'espèce *Salvia officinalis* a permis de référencier plus de 24 composés diterpéniques qui se répartissent en 2 groupes : diterpènes bicycliques (Manool) , et tricycliques(23 composés).

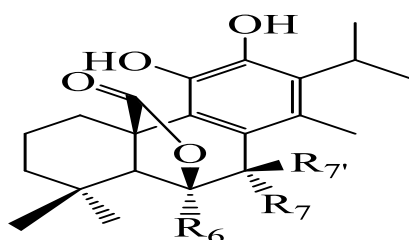
Tableau 5: Exemple de diterpènes isolées à partir de l'espèce *Salvia officinalis*.

Diterpènes	Nom du composé	N° de structure	Références
Bicyclique	Manool.	(1)	[69,70]
Tricyclique	Acide carnosique.	(2)	[70-72]
	Acide 12-méthoxycarnosique	(3)	[70]
	Carnosol.	(4)	[70-72]
	12-méthoxycarnosol	(5)	[71]
	Gladosol	(6)	[71]
	Rosmanol	(7)	[70, 71]
	7-éthoxyrosmanol	(8)	[69]
	7-méthoxyrosmanol	(9)	[70]
	Epirosmanol	(10)	[70,71]
	6,7 Diméthoxy-7-épi-rosmanol	(11)	[70]
	Acide 7 β -hydroxy-6-oxocarnosique.	(12)	[70, 71]
	Isorosmanol	(13)	[70-72]
	12-méthoxy-abiéta-8,11, 13-trièn-20,11-olide	(14)	[69]
	Sagequinonemethide A	(15)	[70]
	Royleanone	(16)	[73]
	7 α -hydroxyroyleanone (Horminone)	(17)	[73]
	7 α -Acétoxyroyleanone	(18)	[73]
	6,7-Dehydroroyléanone	(19)	[73]
	Columbaridione	(20)	[71]
	Sageone	(21)	[70]
	Miltirone	(22)	[71]
	Rosmadial	(23)	[71]
	Safficinolide	(24)	[74]



(2), $R_{11}=R_{12}=\text{OH}$, $R_{20}=\text{COOH}$

(3), $R_{11}=\text{OH}$, $R_{12}=\text{OCH}_3$, $R_{20}=\text{COOH}$



(4), $R_{11}=R_{12}=\text{OH}$, $R_{20}=\text{H}$

(5), $R_{11}=\text{OH}$, $R_{12}=\text{OCH}_3$, $R_{20}=\text{H}$

(6), $R_6=\text{H}$, $R_7=R_{7'}=\text{O}$

(7), $R_6=R_{7'}=\text{H}$, $R_7=\text{OH}$

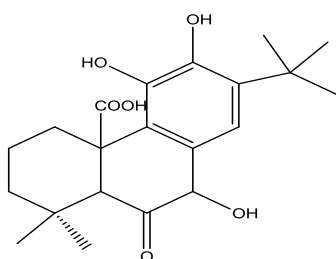
(8), $R_6=R_{7'}=\text{H}$, $R_7=\text{OEt}$

(9), $R_6=\text{H}$, $R_7=R_{7'}=\text{OMe}$

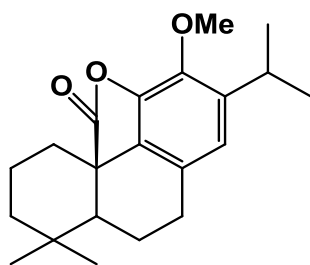
(10), $R_6=R_{7'}=\text{H}$, $R_7=\text{OH}$

(11), $R_6=R_{7'}=\text{OMe}$, $R_7=\text{H}$

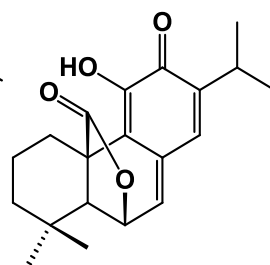
(13), $R_6=R_{11}=R_{12}=\text{OH}$



(12)



(14)



(15)

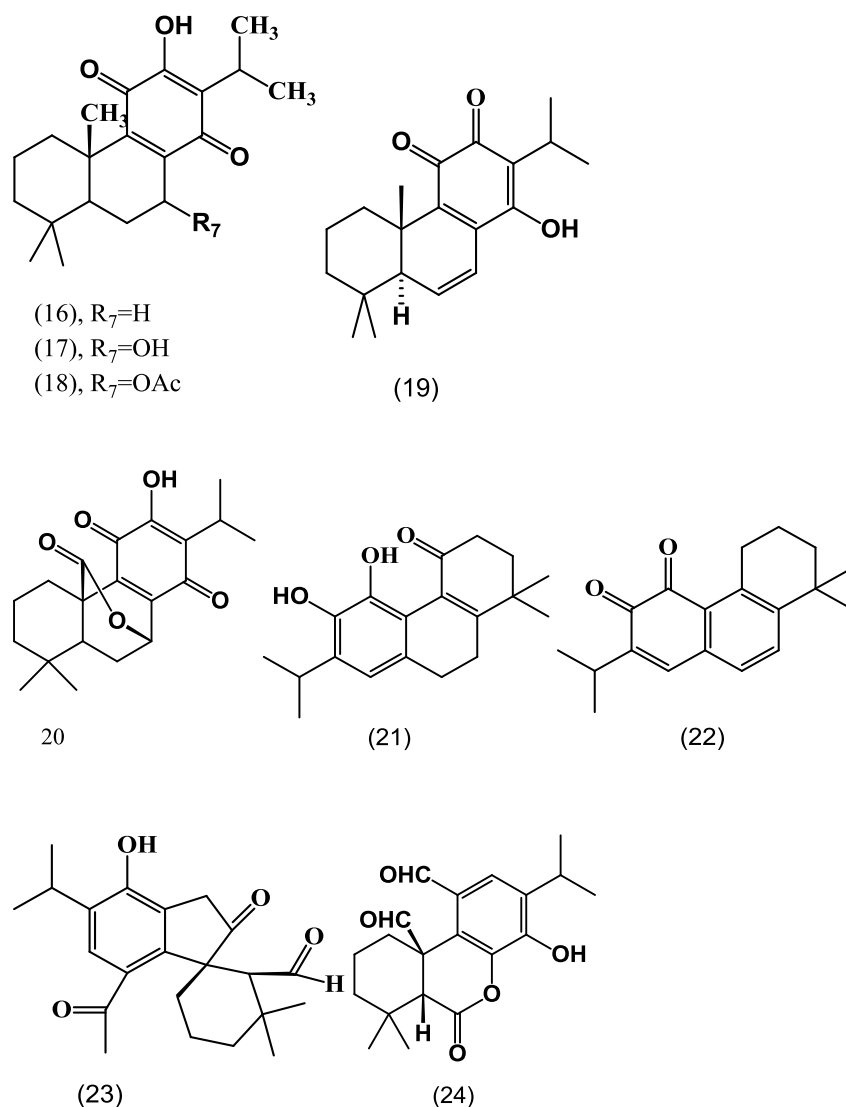


Figure 9 : Structures de quelques diterpénoides isolés de l'espèce *Salvia officinalis*.

III-3-3-Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont une famille thérapeutiquement et économiquement intéressante, ils suscitent beaucoup d'intérêt par leur potentiel antioxydant.

Les feuilles de sauge sont connues pour leurs propriétés médicinales et ceci revient à leur richesse en polyphénols. *Salvia officinalis* contient l'acide rosmarinique et ses dérivés, et des flavonols (apigénine, luteoline et leurs dérivés) [75].

III-3-3-a- Les acides phénoliques

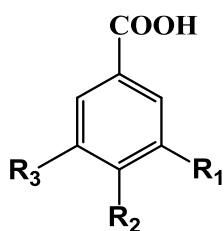
Quatorze acides phénoliques sont répertoriés au niveau de l'espèce *Salvia officinalis*, tout comme l'acide caféique responsable de la saveur du café et seulement trois glucosides

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

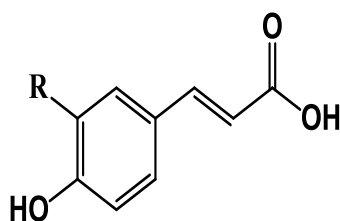
phénoliques, et le tableau suivant représente les acides phénoliques isolés de l'espèce *Salvia officinalis*.

Tableau 6 : les composés phénoliques isolés à partir de l'espèce *Salvia officinalis*.

Composé	N° de structure	Références
Acide 3-hydroxy benzoïque	(25)	[76]
Acide 3,4-dihydroxybenzoïque	(26)	
Acide parahydroxybenzoïque	(27)	
Acide vanillique	(28)	
Acide synriginique	(29)	
Acide caféique	(30)	
Acide para coumarique	(31)	
Acide ferulique	(32)	
Acide cholornigique	(33)	
Acide rosmarinique	(34)	
Acide ellagique	(35)	
6-O-caffeoyl-a-D-fructofuranosyl-(2-1)-D-glucopyranoside	(36)	[77]
1-O-p-hydroxybenzoyl-a-D-apiofuranosyl-(1-6)-a-D-glucopyranoside	(37)	
1-O-caffeoyl-a-D-apiofuranosyl - (1-6) -a-D-glucopyranoside	(38)	



- (25), $R_1=OH, R_2=R_3=H$
 (26), $R_1=R_2=OH, R_3=H$
 (27), $R_1=R_3=H, R_2=OH$
 (28), $R_1=OCH_3, R_2=OH, R_3=H$
 (29), $R_1=R_3=OCH_3, R_2=OH$



- (30), $R=OH$
 (31), $R=H$
 (32), $R=OCH_3$

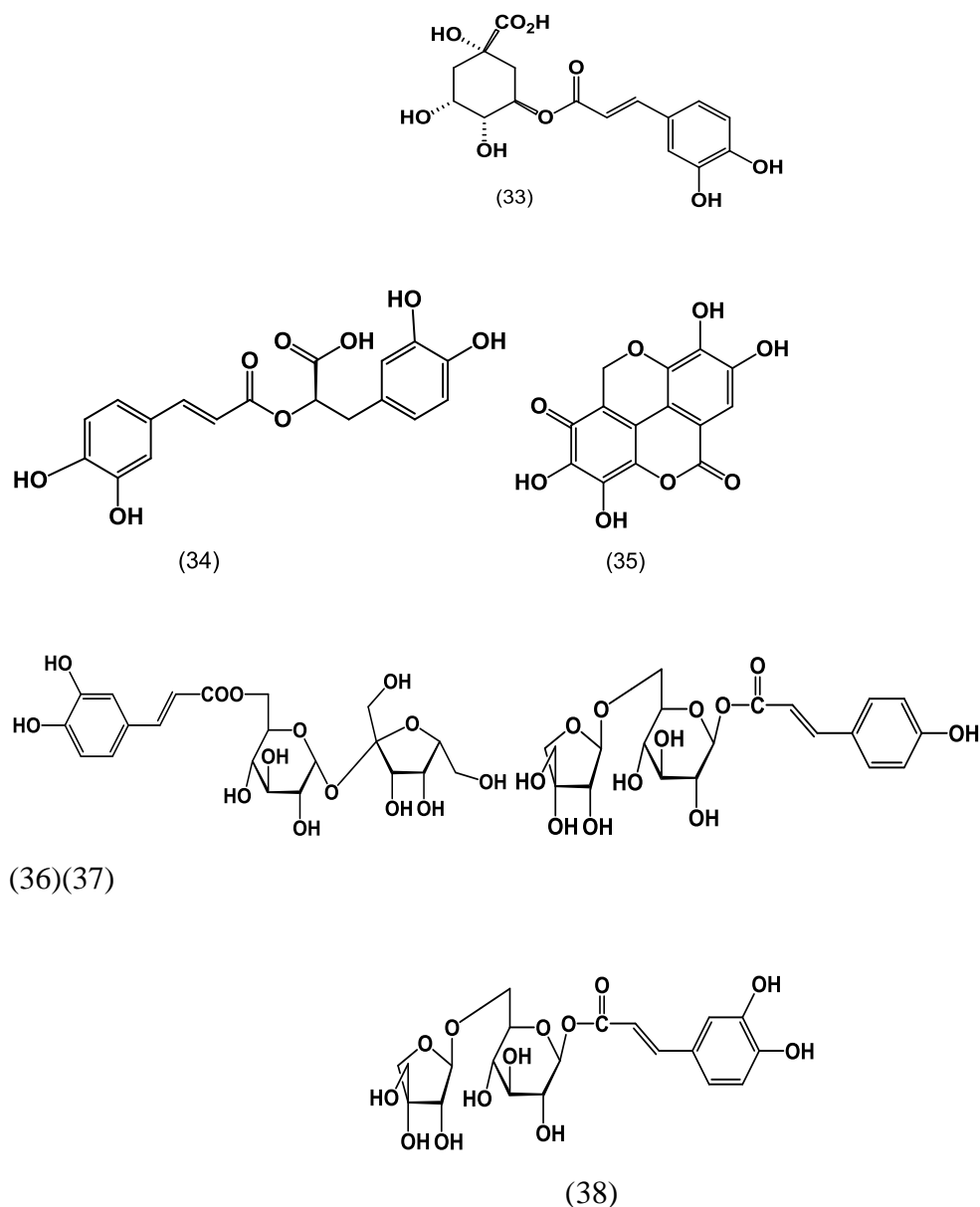


Figure 10: Structures de quelques composés phénoliques isolés de l'espèce *Salvia officinalis*

III-3-3-b- Les flavonoïdes

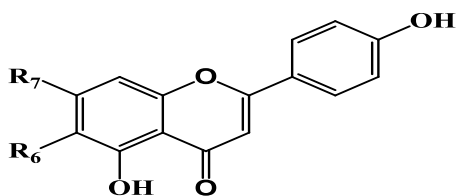
Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles.

De nombreuses études ont permis de déterminer la présence des flavonoïdes dans l'espèce *Salvia officinalis*.

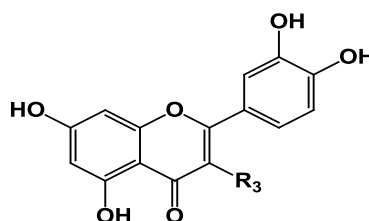
Le tableau 7 représente quelques flavonoïdes isolés de l'espèce *Salvia officinalis*.

Tableau7 : Exemples de flavonoïdes isolés de l'espèce *Salvia officinalis*.

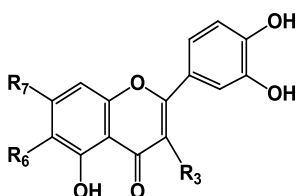
Flavonoïde	N° de structure	Références
Apigénine	(39)	[75]
Cirsimatine	(40)	[75]
Genkwanine	(41)	[75]
Hispiduline	(42)	[75]
Lutéoline	(43)	[75]
Quercétine	(44)	[75]
Rutoside	(45)	[75]
3,7-diméthoxyquercétine	(46)	[78]
Myricétine	(47)	[77]
5-méthoxysalvigine	(48)	[79]
Galagine	(49)	[76]
Kaempférol	(50)	[76]
Chryisine	(51)	[76]
Pinocembrine	(52)	[76]



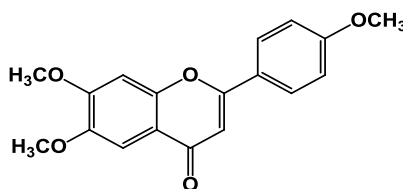
(39), R₆=H, R₇=OH
 (40), R₆=R₇=OCH₃
 (41), R₆=H, R₇=OCH₃
 (42), R₆=OCH₃, R₇=OH



(43), R₃=H
 (44), R₃=OH



(45), R₃=glucoside, R₆=H, R₇=OH
 (46), R₃=R₆=H, R₇=OCH₃
 (47), R₃=R₇=OH, R₆=H



(48)

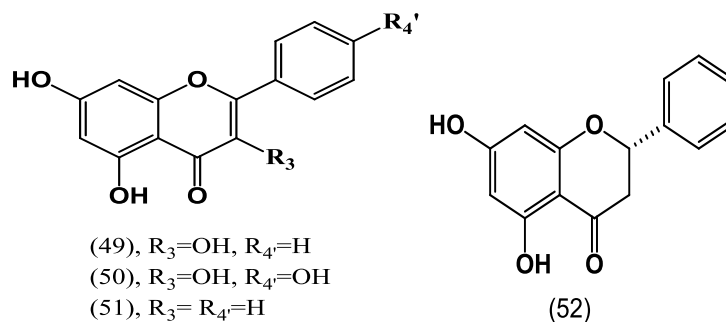


Figure 11: Structures de quelques flavonoïdes isolés de l'espèce *Salvia officinalis*.

IV-Aperçu bibliographique sur le genre *Satureja*

Le nom « *Satureja* » vient du mot latin 'satura' c'est-à-dire pot à fleurs (ornemental). Il existe environ 200 espèces d'herbes et d'arbustes sont remarquables par leur odeur forte et aromatique, qui rappelle celle de la menthe [80].

IV-1-Description botanique et répartition géographique du genre *Satureja*

Les plantes de ce genre sont annuelles sous des climats tempérés mais vivaces dans les régions arides, ensoleillées, pierreuses et rocheuses. Beaucoup de ce genre sont bien connus pour leur caractère aromatique et médicinal. Ce genre est caractérisé par des parties aériennes ayant un goût distinctif et peuvent être ajoutées à plusieurs préparations culinaires ou utilisées en médecine traditionnelle, pour traiter diverses affections [81].

Le genre *Satureja* est largement distribué dans la région de la méditerranée, et Sud –Ouest de l'Amérique et l'Asie sous des climats tempérés [82]. On rencontre le genre *Satureja* dans les sous-bois mais aussi sur les terrains incultes, le bord des routes et dans le Tell, surtout en montagne, jusqu'à 1500 mètres d'altitude [19].

IV-2- Utilisations dans la médecine traditionnelle

Les plantes de genre *Satureja* étaient traditionnellement utilisées comme des analgésiques, des toniques et comme des agents carminatifs pour traiter les troubles gastriques et intestinaux tels que les crampes, les nausées, indigestion et diarrhée [83,84]. Elle jouit d'une grande faveur populaire en Algérie et au Maroc comme remède contre la toux, l'indigestion et les infections respiratoires bénignes [85].

Satureja calamintha est une excellente plante médicinale utilisée par la population locale sous forme de décoction pour traiter la flatulence, l'indigestion et les infections

respiratoires bénignes. Cette espèce constitue un bon remède contre la toux et le rhume, souvent mélangée à d'autres plantes, comme le thym (*Thymus vulgaris*), elle favorise la sudation et fait baisser la fièvre [86].

IV-3- Propriétés biologiques du genre *Satureja*

Les espèces de *Satureja* sont utilisées également comme des désinfectants puissants et comme des agents odoriférants dans les parfums [87].

Des études biologiques ont montré que les huiles essentielles de *Satureja calamintha*, *Satureja hortensis*, *Satureja thymbra*, possèdent une activité antimicrobienne due principalement à la présence du thymol, du carvacrol et de l'alpha-terpinéol [88,89].

L'extrait éthanolique de l'espèce *satureja macrostema* provenant de mexico présente une activité antioxydante, et une activité cytotoxique [90].

Satureja calamintha est une espèce végétale connue par ses propriétés carminatives, toniques, antispasmodiques, sudorifiques et stomachiques [91,92].

IV-4- Composition chimique du genre *Satureja*

Le genre *Satureja* est caractérisé par sa richesse en métabolites secondaires, tels que les huiles essentielles [93-95], les flavonoïdes [96], les tanins, les acides phénols et les saponines [80].

IV-4-1- Les huiles essentielles

Les huiles essentielles de genre *Satureja* sont connues par leur richesse en composés terpéniques.

Un exemple de composants majoritaires de quelques espèces de ce genre *Satureja* ($\% \geq 3$) est représenté dans le tableau suivant.

Tableau 8: La composition chimique de l'huile essentielle des plantes du genre *Satureja* à travers le monde.

Espèce	Localité	Composés majoritaires (%)	Références
<i>Saturejahortensis</i>	Egypte	-Carvacrol (48,51%) - γ -terpinène (36,63%) - ρ -cymène (3,93%)	[97]
<i>Satureja khuzistanica</i>	Iran	-Carvacrol (87,16%) - ρ -cymène (6,39%)	[98]

<i>Satureja alpina</i>	Maroc	-Pulégone (25,1%) -carvone (18%) -acétate de thymol (15,3%) -limonène (11,9%) -isomenthone (7,3%) -néomenthol (6,5%)	[99]
------------------------	-------	---	------

IV-4-2- Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique. Ils sont représentés par deux sous-classes, les dérivés de l'acide hydroxybenzoïque et de l'acide hydroxycinnamique [100].

Dans cette figure, sont présentés les acides phénoliques les plus répandus dans le genre de *Satureja*.

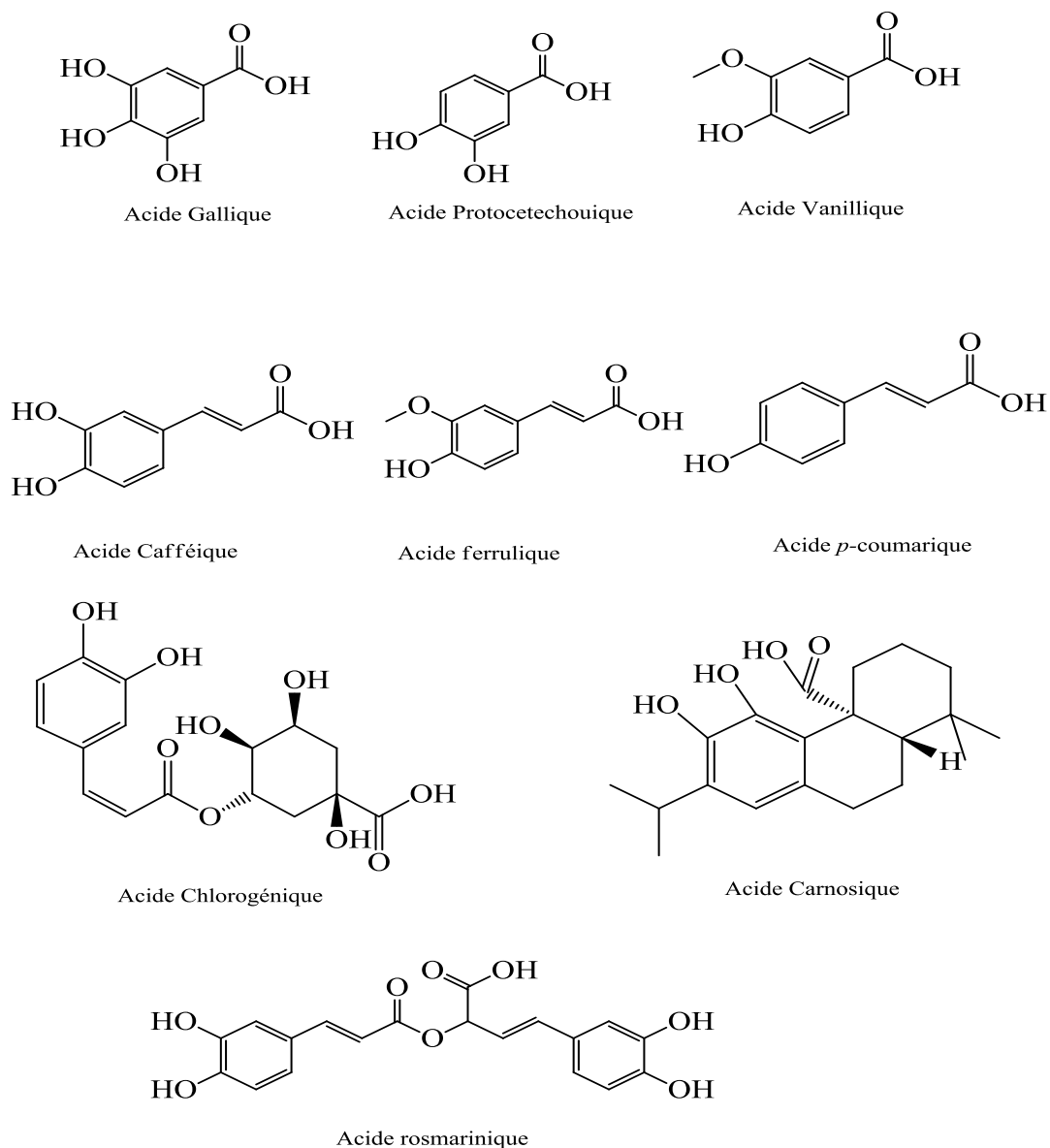
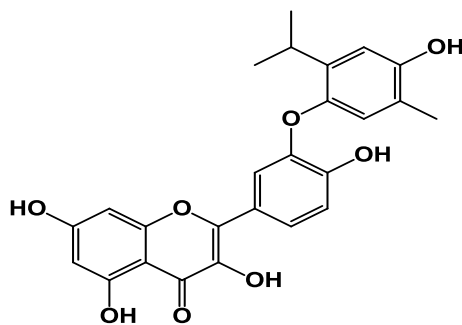


Figure 12: Structures des acides phénoliques isolés de quelques espèces du *Satureja*.

4-3- Les flavonoïdes

L'étude de quelques espèces du genre *Satureja* rapporte que *Satureja salzmanii* renferme le 5,6-dihydroxy-7,3',4'-triméthoxyflavone, le 5,6,4'-trihydroxy-7,3'-diméthoxyflavone et la naringénine dans l'espèce *Satureja thymbra*. Alors que l'espèce *Satureja hortensis* quant à elle contient une quantité importante d'acide rosmarinique (34mg/g), d'acide caféique, des flavonoïdes glycosides et ainsi que des aglycones libres comme la lutéoline (30mg/g) [96]. Une analyse d'un extrait de la partie aérienne de *Satureja khuzistanica* a permis d'identifier un nouveau flavonoïde monoterpénique tel que le saturejine (3'- (2,5-dihydroxy-*p*-cymène) 5,7,4'-trihydroxyflavone) [101].

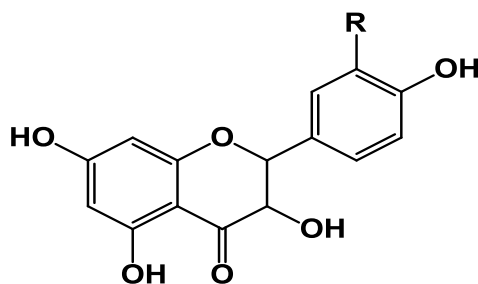


saturejine

Figure 13 : Structure d'un flavonoïde monoterpénique isolé à partir de l'espèce *Satureja khuzistanica*.

Ainsi que douze flavonoïdes connus se composent de :

Deux flavanonols ; aromadendrine (1) et taxifoline (2).

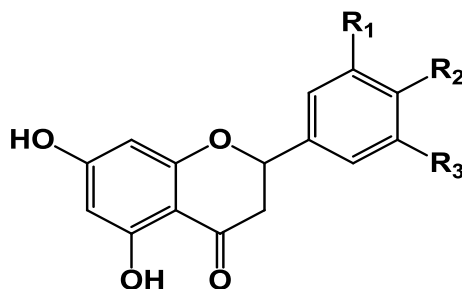


(1), R = H

(2), R = OH

Figure 14 : Structures de deux flavanonols isolés à partir de l'espèce *Satureja khuzistanica*.

Deux flavanones ; naringénine (3) et 5,7,3', 5'-tétrahydroxy flavanone (4)



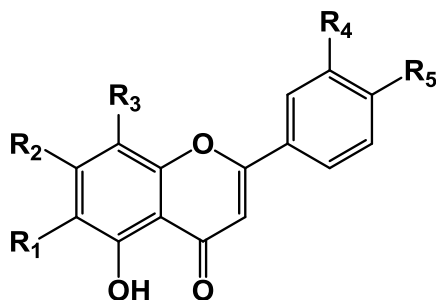
(3), R₁=R₃=H, R₂=OH

(4), R₁=R₃=OH, R₂=H

Figure 15: Structures de deux flavanones isolés à partir de l'espèce *Satureja khuzistanica*.

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

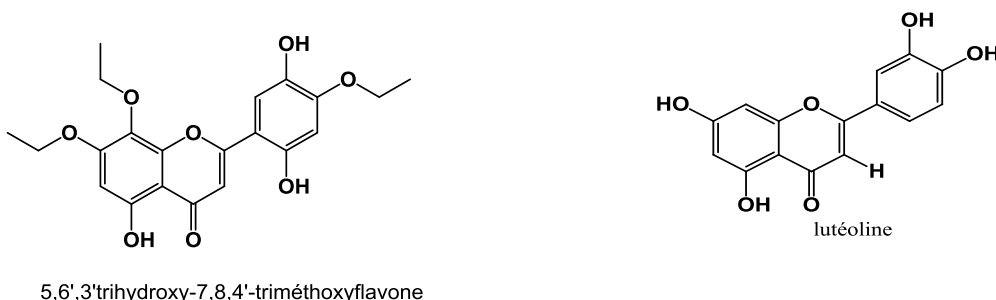
Et huit flavones (xanthomicrol (5), acacétine (6), cirsimaritrine (7), la 7-méthoxy lutéoline (8), l'apigénine (9), le cirsilineol (10), la diosmétine (11) et la 6-hydroxylutéoline 7,3'-diméthyléther (12))

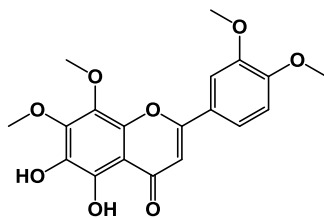


N° du composé	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
5	OMe	OMe	OMe	H	OH
6	H	OH	H	H	OMe
7	OMe	OMe	H	H	OH
8	H	OMe	H	OH	OH
9	H	OH	H	H	OH
10	OMe	OMe	H	OMe	OH
11	H	OH	H	OH	OMe
12	OH	OMe	H	OMe	OH

Figure 16 : Structures de huit flavones isolés à partir de l'espèce *Satureja khuzistanica*.

Nous recensons également quelques flavonoïdes, qui ont été isolés à partir de la partie aérienne de l'espèce *saturejaatropatana*Bonge : le 5,6',3'trihydroxy-7,8,4'-triméthoxyflavone, le 5,6-dihydroxy-7, 8,3',4'-tetraméthoxyflavone, la lutéoline[102].





5,6-dihydroxy-7,8,3',4'-tetraméthoxyflavone

Figure 17 :Structures de quelques flavonoides isolés à partir de l'espèce *saturejaatropatana*Bonge.

V-Aperçu bibliographique sur l'espèce *Saturejacalamintha*

Satureja calamintha est une plante médicinale de la famille des Lamiaceae, largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne et comme condiment alimentaire.

V-1-Description botanique et répartition géographique de l'espèce *Saturejacalamintha*

L'espèce *Satureja calamintha* est une plante vivace et annuelle atteint une taille de 30–40 cm et est très ramifiée depuis la base. Elle a des feuilles lancéolées et pointues à leur extrémité. Les tiges sont plus ou moins velues. Les fleurs, de couleur blanche à mauve, insérées à l'aisselle des feuilles, fleurissent de juillet à septembre [103].

Satureja calamintha est une espèce très répandue autour de la région méditerranéenne, c'est également une espèce eurasiatique qui pousse spontanément en Italie et en Corse [104].

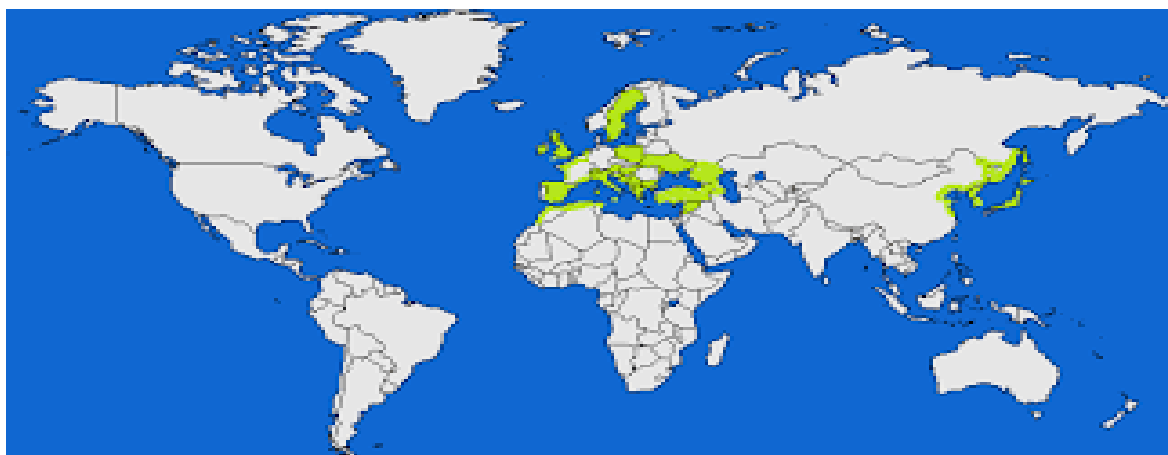


Figure 18 : Répartition géographique de l'espèce *Satureja calamintha*.

V-2- Classification dans la systématique botanique

D'après Guignard et al 2004 [105], la position systématique de l'espèce *Saturejacalamintha* est :

Règne : Végétale

Embranchement : Phanérogames

Classe ; Eudicots

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Genre : *Satureja*

Espèce : *calamintha*



Figure 19 : Photo de l'espèce *Satureja calamintha*.

Le nom vernaculaire :

En arabe : Meuta, Nabta [19].

En français : Sarriette [106], Pouliot des montagnes [107].

V-3-Travaux antérieurs sur l'espèce *Satureja calamintha*

V-3-1-Les huiles essentielles :

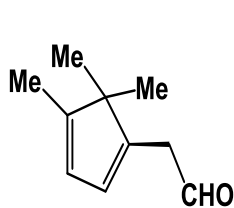
Satureja calamintha est riche en huile essentielle, le tableau suivant résume les composés majoritaires en différentes régions avec leurs structures.

Tableau 09 : La composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce *saturejacalamintha*

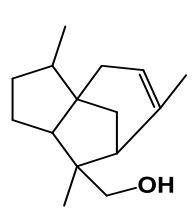
Localité	Composé majoritaire (%)	Références
Maroc	Bornéol (34,52%) L'aldéhyde α -campholénique (14,26%) Cedren-13-ol (6,45%) L'oxyde de manoyl (3,78%)	[108]
Constantine	La pulegone (35,66%) La piperitoneoxide (21,60%) L'isomenthone (10,43%) L'oxyde de cis-piperitone (9,96%) La limonène (6,25%)	[109]
El-Affroun (Blida)	La pulégone (39,5%) Le neo-menthol (33%) L'isomenthone (19,6%)	[110]

Partie 1 : Aperçu bibliographique sur les plantes étudiées

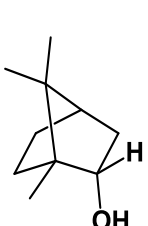
Annaba	L'oxyde de pipéritone (54,71%) Le cyclohexanone,2-(1-méthyléthylidène) (20,32%) Menthone (5,97%)	[111]
Jijel	Menthone (26,46%) L'oxyde de pipéritone (22,26 %) La pulégone (14,04%) Le cyclohexanone,2-(1-méthyléthylidène) (9,37%)	



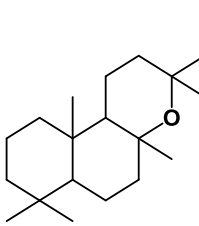
Aldéhyde α -campholénique



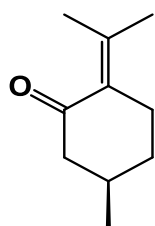
Cedren-13-ol



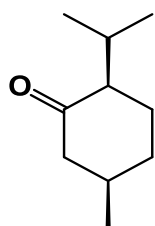
bornéol



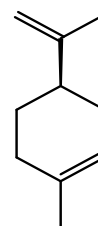
manoyl oxyde



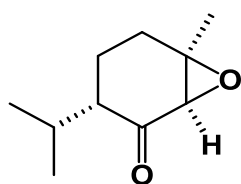
pulégone



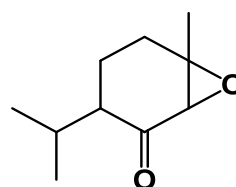
isomenthone



limonène



oxyde de cis-pipéritone



pipéritone oxide

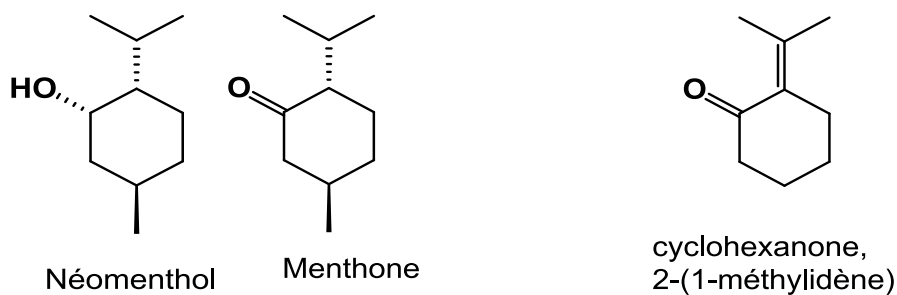


Figure 20 : Structures de quelques terpénoïdes présents dans l'espèce *Satureja calamintha*.

V-3-2-Autres métabolites secondaires

L'étude de la composition chimique de l'extrait hydroalcoolique de l'espèce *Satureja calamintha* récolté en Italie, par la chromatographie liquide couplée à la spectroscopie de masse LC/SM, a permis d'identifier 20 composés. L'acide rosmarinique, l'acide salvianolique, l'acide quinique et l'acacétinesont les composés majoritaires isolés à partir de cet extrait [112].

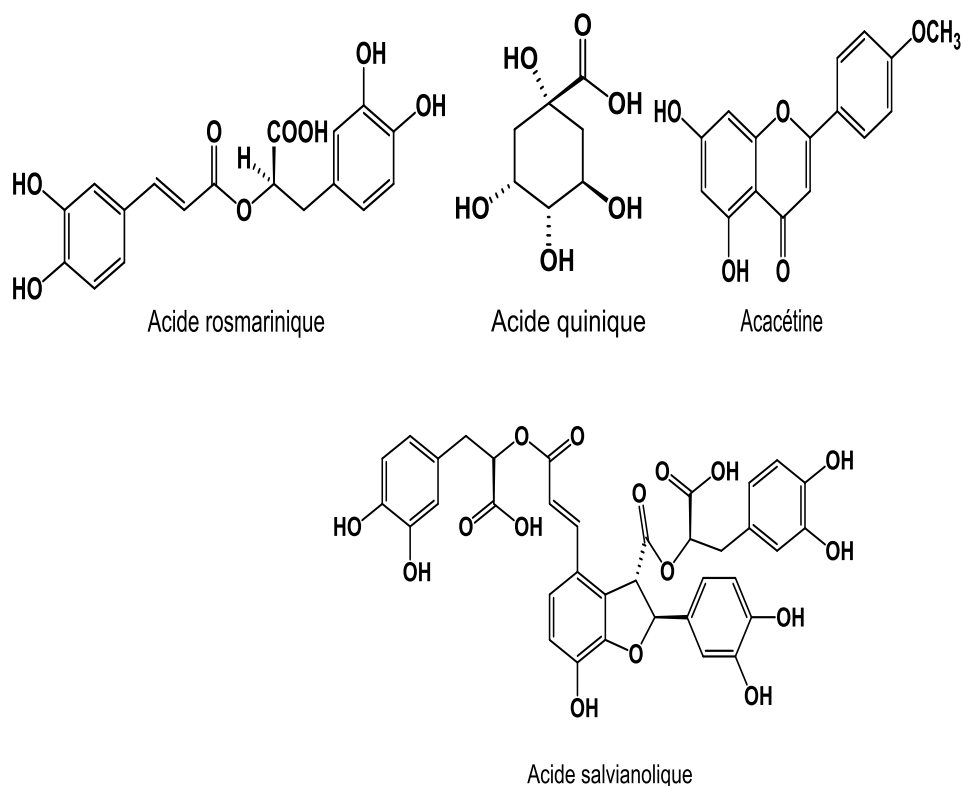



Figure 21 : Structures de quelques métabolites secondaires isolés à partir de l'espèce *satureja calamintha*.



Partie 2 : Travail
personnel

1. Introduction

Le stress oxydant est défini comme étant un déséquilibre entre la présence d'espèces réactives de l'oxygène et de nitrogène et la capacité de l'organisme à neutraliser leur action par les systèmes antioxydants. Ce déséquilibre peut endommager certaines macromolécules (acides nucléiques, lipides et protéines), conduisant à l'apparition des diverses maladies [113,114].

Le stress oxydatif est impliqué dans de très nombreuses pathologies telles que le cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, vieillissement accéléré. Il est un des facteurs de genèse de maladies plurifactorielles telles que la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires [115].

Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié (électrons célibataires). Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se ré-apparier, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique [111].

Un antioxydant peut être défini comme étant toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats [116].

L'utilisation des molécules antioxydantes de synthèse est actuellement remise en cause de raison des risques toxicologiques potentiels. Les antioxydants de synthèse les plus couramment utilisés sont le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT) [117]. Pour cette raison, il y a eu une demande croissante pour les antioxydants d'origines végétales dans les aliments, les boissons et les industries cosmétiques [118].

Dans le cadre de la recherche de nouveaux antioxydants naturels, notre objectif était l'étude de l'activité antioxydante des extraits, obtenus à partir de deux plantes médicinales appartenant à la famille des lamiacées : *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*, ainsi que le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes de ces extraits. Une étude de la relation entre la composition chimique et l'activité antioxydante dans ces extraits a été également envisagée.

2. Préparation des extraits :

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de deux espèces appartenant à la famille Lamiaceae : *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*, la plante *Salvia officinalis* a été cueillie en mois de décembre 2019 dans la région de Blida, tandis que la plante *Satureja calamintha* été récoltée en mois de septembre 2019 dans la région de Constantine. Les feuilles ont été séparées des tiges et séchées à une température ambiante et à l'abri de la lumière solaire, afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules pendant 12 jours. Le matériel végétal est ensuite broyé grossièrement, pesé et conservé jusqu'à l'utilisation.

2.2. Méthode d'extraction

Le matériel végétal sec est soumis à l'extraction par macération à froid en utilisant un mélange de solvant éthanol/eau (80/20) pendant 24h, puis cet extrait est subi à une filtration à l'aide d'un entonnoir muni d'un coton, le filtrat est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif, puis on ajoute de l'eau distillée bouillante au filtrat obtenu, le mélange est mis dans un réfrigérateur pendant une nuit, le mélange obtenu est filtré, le filtrat est ainsi subi à une extraction liquide-liquide en utilisant le chloroforme comme solvant, puis la phase aqueuse obtenue subi à une extraction liquide-liquide en utilisant le n-butanol comme solvant.

Les extraits obtenus sont conservés à 4°C.

Le protocole d'extraction adopté dans la préparation des extraits de *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha* est schématisé ci-dessous :

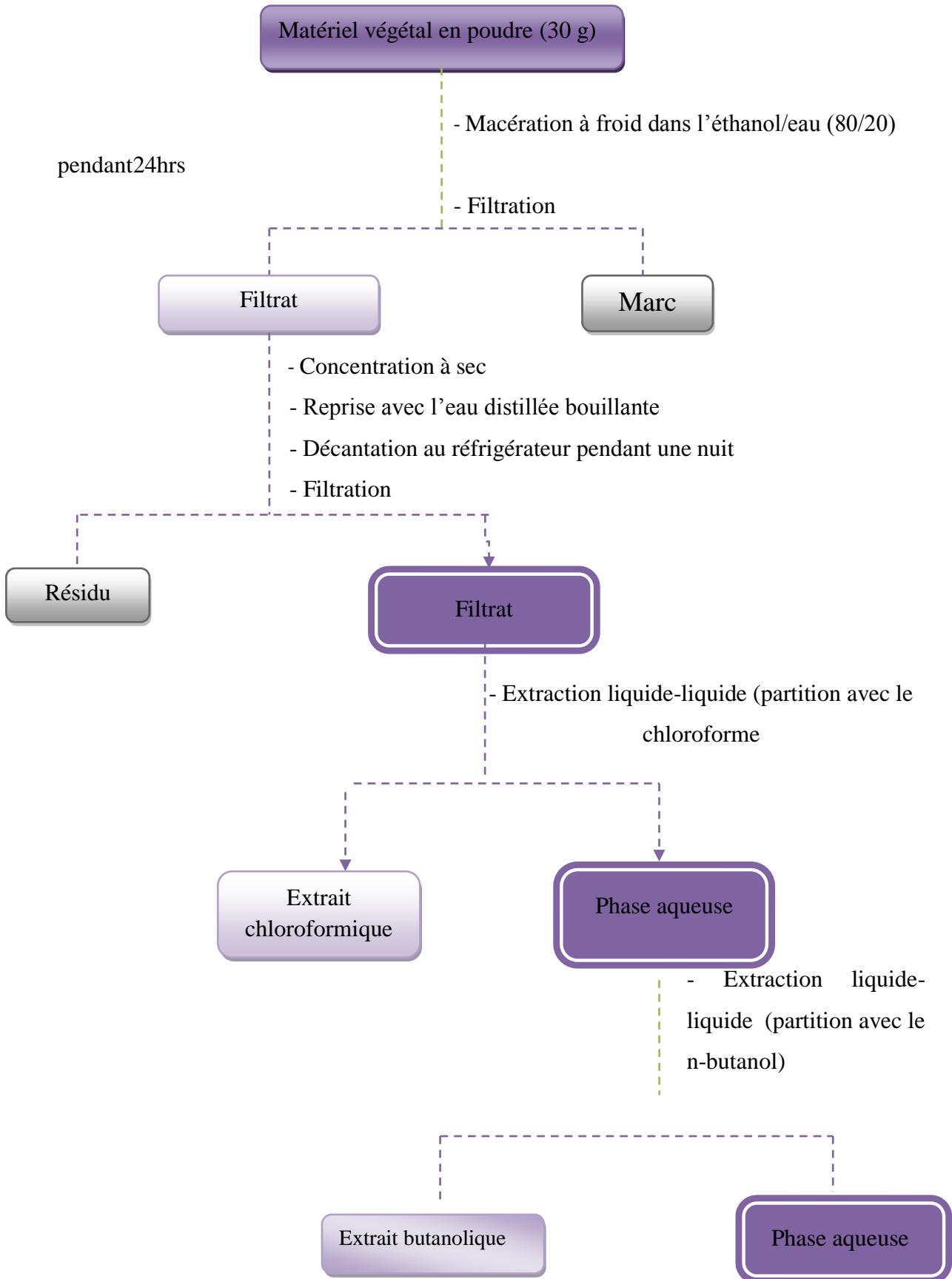


Figure 22 : Protocole de préparation des extraits de *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*.

3. Principes et modes opératoires des méthodes à utiliser

Nous avons envisagé de réaliser le dosage des polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu, le dosage des flavonoïdes par la méthode au chlorure d'aluminium et le dosage des tannins par la vanilline en milieu acide. Tandis que, la détermination de l'activité antioxydante sera par la méthode de piégeage du radical libre DPPH. Pour cela, nous allons décrire ces méthodes dans cette partie.

3.1. Dosage des polyphénols totaux

Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène [119]. La coloration produite, dont l'absorption maximum à 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux [120].

Afin de déterminer la teneur totale en polyphénols contenus dans un extrait de plante, on suit le mode opératoire suivant [63]:

0,1 ml de chaque extrait est mélangé à 1,5 ml de réactif Folin-Ciocalteu (10%) dilué 10 fois et 1,5 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à une concentration de 75 g/L. Après incubation pendant 2 heures à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 760 nm. La courbe d'étalonnage est réalisée par un standard, généralement l'acide gallique, à des concentrations de (5-200 μ g/ml). Les concentrations de polyphénols totaux de chaque extrait sont calculées à partir de l'équation de la régression de la courbe d'étalonnage avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (μ g EAG/mg) ou (mg EAG / g d'extrait). La teneur totale en polyphénols est calculée selon la formule suivante :

$$C = (c \cdot V) / m$$

C : La teneur en phénols totaux (mg EAG/g d'extrait)

c : La concentration de l'extrait équivalent à l'acide gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml).

V : volume de l'extrait (ml).

m : Le poids sec d'extrait (g).

3.2. Dosage des flavonoïdes totaux

La quantification des flavonoïdes est généralement effectuée par une méthode basée sur la formation d'un complexe très stable, entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène présent sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes [121].

Le protocole expérimental est basé sur celui décrit par Zhishen et *al.*, 1999 [122] et (Kim et *al.*, 2003) [123], avec quelques modifications.

Dans un tube à hémolyse en verre, 400 µl d'extrait, ou d'étalon, ou de l'eau distillée pour le témoin, sont ajoutés à 120 µl de NaNO₂ à 5 %. Après 5 minutes, 120 µl d'AlCl₃ à 10 % sont additionnés, et le milieu est mélangé vigoureusement. Après 6 minutes, un volume de 800 µl de NaOH à 1 M est ajouté au milieu. L'absorbance est lue immédiatement à 510 nm contre le témoin. Une solution méthanolique du standard (quercétine, rutine) est préparée. Des solutions filles préparées à partir de la solution mère à différentes concentrations comprises entre 0 et 1000 µg/ml, permettront de tracer la courbe d'étalonnage.

La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire réalisée par la Quercétine à différentes concentrations (0,001-0,01mg/ml) dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalent de Quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g). La teneur en flavonoïdes est calculée selon la formule suivante :

$$C=(c*V)/m$$

C : La teneur en flavonoïdes (mg EQ/g d'extrait)

c : La concentration de l'extrait équivalent à la querceine établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg/ml).

V : volume de l'extrait (ml).

m : Le poids sec d'extrait (g).

3.3. Dosage des tanins condensés

Principe : Ce test est basé sur la condensation des composés polyphénoliques avec la vanilline en milieu acide [124,125]. Qui permet la fixation du groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle (A) de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe à 500nm[126].

Selon Julkunen- Titto, 1985 [127], 0,1-0,5 ml des extraits sont mis dans des tubes, puis 3 ml de vanilline 4% (p/v) dans du méthanol sont ajoutés. Après agitation vigoureuse, on ajoute immédiatement 1,5 ml HCl concentré, puis on agite à nouveau.

L'absorbance est mesurée à 500 nm après 20 min d'incubation.

La courbe d'étalonnage est préparée dans les mêmes conditions en utilisant la catéchine comme standard et les résultats sont exprimées en mg équivalents catéchine /g de résidu sec.

3.3.Détermination de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants naturels les plus connus sont le β carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C) et la vitamine E. La plupart des antioxydants de synthèse (BHT, BHA) ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxyphénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que les radicaux hydroxyles ($\text{OH}\cdot$) et superoxydes ($\text{O}_2\cdot$)[129].

- **Principe du test DPPH**

Le DPPH (2,2 -diphényl -1- picrylhydrazyl) est un radical libre stable possédant un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Cette délocalisation empêche la polymérisation du composé, qui reste sous forme monomère relativement stable à température ambiante. Ainsi, cet état induit l'apparition d'une couleur violet foncée bien caractéristique de la solution DPPH.

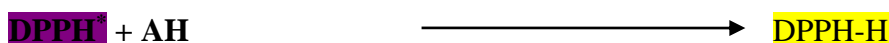
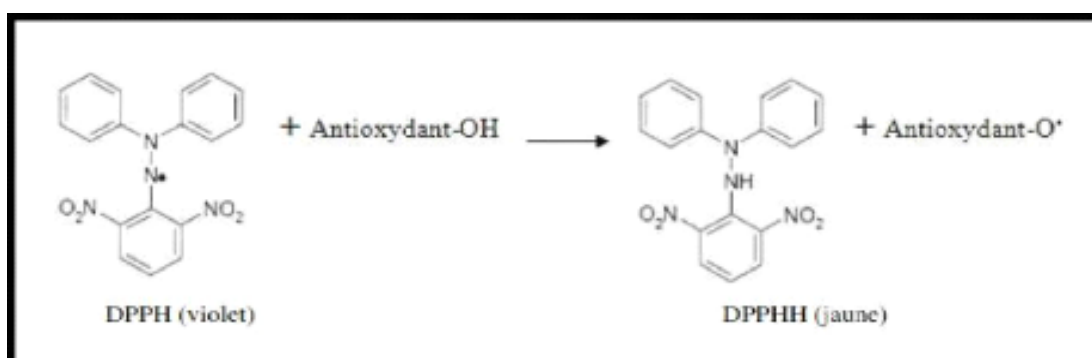


Figure 23 : Réaction d'un antioxydant donneur d'hydrogène avec le radical DPPH.

Partie 2 : Travail personnel

La réduction du radical libre DPPH par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV-visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par la présence de l'extrait [130]. Le DPPH est initialement violé, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie. Cette décoloration est représentative de la capacité de l'extrait à piéger ces radicaux libres indépendamment de toutes activités enzymatiques [130].

Dans ce test, le substrat est un radical stable qui, en réagissant avec une molécule antioxydante, se transforme en DPPH-H (2,2-diphényl-1-picrylhydrazine) avec perte de son absorbance caractéristique à 517 nm. Les réactions ont lieu à température ambiante et en milieu éthanolique, qui permet une bonne solubilisation de la plupart des antioxydants. Ce test est très utilisé, car il est rapide, facile et non coûteux.

La capacité de l'antioxydant à piéger le radical libre est estimée en pourcentage de décoloration du DPPH en solution dans (l'éthanol ou le méthanol). Les résultats sont exprimés en tant qu'activité anti-radicalaire ou l'inhibition des radicaux libres en pourcentages (I % ou Inh %) en utilisant la formule suivante.

$$\text{Inh \%} = [(\text{Abs t} - \text{Abs e}) / \text{Abs t}] * 100$$

Abs t : Absorbance du témoin négatif.

Abs e : Absorbance de l'échantillon testé.

Inh % : Pourcentage d'inhibition

Le paramètre IC₅₀ ou CE₅₀ (concentration efficace médiane) est défini comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du DPPH, elle est calculée par régression linéaire à partir des graphes des taux d'inhibition.

L'activité anti-radicalaire (ARP) des extraits peut être déduite par le calcul de l'inverse des valeurs IC₅₀ trouvées.

$$\text{ARP} = 1 / \text{IC}_{50}$$

ARP : puissance anti-radicalaire.

IC₅₀ : concentration de l'extrait nécessaire pour réduire à 50% la concentration initiale du radical DPPH.

- **Mode opératoire [131]**

Au premier lieu, une solution est préparée à partir de la dissolution de 5 mg de l'extrait dans 1 ml de méthanol. Cette solution dite solution mère, subit par la suite des dilutions pour en avoir différentes concentrations allant de 0.1 à 5 mg/ml.

Pour chaque dilution : le blanc est représenté par le méthanol et le témoin négatif est composé d'un mélange de 2 ml de la solution de DPPH avec 1 ml de méthanol.

Le témoin positif est représenté par une solution méthanolique de l'acide ascorbique (vitamine C). Cette solution est préparée par dissolution de 50 mg de l'acide ascorbique dans 10 ml de méthanol. Ensuite des dilutions sont réalisées, à partir de la solution mère, pour en avoir différentes concentrations de milligramme par ml. L'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions du test.

La solution méthanolique de DPPH est préparée fraîchement avec 4 mg de DPPH dissout dans 100 ml de méthanol.

- **Mise en œuvre du test de DPPH**

1 ml de chaque solution de l'extrait à étudier est introduit dans un tube à essai sec, et 2 ml de la solution méthanolique de DPPH sont ajoutés. Après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité et à la température ambiante pendant 30 minutes. Pour chaque concentration, le test est répété 3 fois. L'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible.

Notre travail expérimental est arrêté en mois de mars 2020, à cause de la pandémie de Covid-19, à l'étape de l'extraction. Pour *Salvia officinalis*, nous sommes arrivés à l'étape de l'évaporation des extraits chloroformique et butanolique. Par contre, pour *Satureja calaminthanos* sommes arrivés à l'étape de l'extraction liquide-liquide.

Après 3 mois de confinement et vu la situation sanitaire qui n'a pas améliorée et qui ne permet pas à reprendre le travail au laboratoire, nous nous sommes opter à modifier l'objectif de ce travail vers une synthèse bibliographique, qui renferme les résultats des études antérieures réalisées sur la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des deux espèces, sujet de notre étude ; *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*.

4-Résultats des travaux antérieurs sur la composition chimique et l'activité antioxydante de l'espèce *Salvia officinalis*

a-Les travaux menés sur l'extrait éthanolique de la partie aérienne (EEA₁^L) de l'espèce *Salvia officinalis*, collectée en Iran, ont été basés sur le dosage des flavonoïdes et l'étude de la capacité antioxydante par la méthode de piégeage du radical libre DPPH [132]. L'extrait étudié a été obtenu par macération de la partie aérienne de *Salvia officinalis* dans une solution éthanolique 90%, à une température ambiante pendant 48h, l'extrait filtré et concentré sous pression réduite à 40°C.

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode au trichlorure d'aluminium et la soude et la rutine a été utilisée comme standard.

A partir de cette étude, nous pouvons déduire que l'extrait éthanolique de la partie aérienne de l'espèce *Salvia officinalis* possède un pouvoir antioxydant important (la valeur d'IC₅₀ est de l'ordre de 0,031 mg/ml), lié à la présence d'une quantité élevée en flavonoïdes (17,24 mg/g).

b-Une autre étude effectuée sur la sauge officinale, récoltée en Serbie, en 2010, contient le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes, ainsi que le potentiel antioxydant, des extraits méthanolique (EMP₁^S) et éthanolique (EEtP₁^S). Ces extraits ont été préparés par Veličković D.T. et al 2011 [133], en utilisant la méthode d'extraction par macération.

Tableau 10: Les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et les valeurs de IC₅₀ des extraits méthanolique et éthanolique de la plante entière *Salvia officinalis* de Serbie [133].

Extraits	Teneur en polyphénols totaux (mg/g)	Teneur en flavonoïdes (mg/g)	IC ₅₀ (mg/ml)
EEtP ₁ ^S	79,6±0,73	66,0±0,69	0,063±0,002
EMP ₁ ^S	64,6±0,16	60,7±0,16	0,064±0,002

P : plante entière ; ₁ : *Salvia officinalis* ; ^S : Serbie.

D'après les résultats de ce tableau, on remarque que les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes sont fortement présents dans l'extrait éthanolique que celui de l'extrait méthanolique et que l'IC₅₀ de l'extrait éthanolique (0,063 mg/ml) est inférieure à celle de l'extrait méthanolique (0,064 mg/ml), ce qui révèle que l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique est meilleure que celle de l'extrait méthanolique.

Partie 2 : Travail personnel

Selon Bouchouka E.2016[134], l'activité antioxydante et la quantité des phénols d'un extrait sont des paramètres qui dépendent fortement du procédé d'extraction, de la nature du solvant et de sa polarité.

c-Une étude concernant la teneur en composés phénoliques et le potentiel antioxydant des extraits aqueux et éthanolique, de la partie aérienne de l'espèce *Salvia officinalis* provenant de l'Egypte [135] a montré l'efficacité de ces extraits, qui ont été obtenus comme suit :

-L'extrait éthanolique(EEtA₁^E) est obtenu à partir d'une macération de la partie aérienne dans l'éthanol 80% pendant une nuit. Après filtration, le résidu est lavé 3 à 4 fois avec l'éthanol. En fin, l'éthanol est évaporé à l'aide de Rotavapeuret l'extrait est lyophilisé.

-L'extrait aqueux(EaqA₁^E) est obtenu à partir d'une macération de la partie aérienne dans l'eau distillée froide (1 :4 w/v). Le mélange est homogénéisé pendant 1 min, puis centrifugé pendant 15 min. Après filtration, le surnageant est lyophilisé et conservé à l'abri de lumière jusqu'à utilisation.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Teneurs en polyphénols totaux et activité antioxydante des extraits de l'espèce *Salvia officinalis* de l'Egypte[135].

Extrait	Teneur en polyphénols totaux (mg/g)	IC ₅₀ (mg/ml)
EaqA ₁ ^E	59,07±0,017	0,010±0,001
EEtA ₁ ^E	94,35±1,29	0,014±0,0015

A : partie aérienne ; ^E : Egypte

Les polyphénols sont fortement présents dans l'extrait éthanolique de la partie aérienne de *Salvia officinalis*, avec une teneur de 94,35±1,29mg/g. Cette valeur est très élevée par rapport à celle présente dans l'extrait aqueux (59,07±0,017 mg/g). Malgré cette grande différence, les deux extraits ont présentés une activité antioxydante très proche, la valeur de IC₅₀= 0,014 mg/ml et 0,01 mg/ml respectivement. Le résultat obtenu de cette étude se contredit avec l'étude qui dit que l'activité antioxydante augmente avec l'augmentation des teneurs en polyphénols.

d-En outre, l'étude de la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante de la partie aérienne de l'espèce *Salvia officinalis* L. collectée en mai 2013, dans la ville de Sousse, Tunisie, a été réalisée par Smach M.A. et al., 2015 [136].

Partie 2 : Travail personnel

Laplante a été extraite avec de l'eau distillée à 55°C, le mélange ainsi mis à ébullition pendant 4 heures. Après filtration du résidu de plante, le filtrat a été centrifugé et le surnageant a été ainsi séché et pulvérisé en poudre.

La teneur en composés phénoliques de la solution obtenue à partir de la poudre du surnageant a été déterminée en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu et l'acide gallique a été utilisé comme standard.

La teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes totaux de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* ont été de l'ordre de 6.2 mg/g et 2.44 mg/g respectivement. Tandis que, le pouvoir antioxydant a été égale à $IC_{50} = 0.0145$ mg/ml.

On peut déduire que cet extrait présente une activité antioxydante très importante à cause de la concentration élevée en composé phénoliques (polyphénols totaux : 6.2 mg/ml et flavonoïdes 2.44 mg/g).

e- Une autre étude effectuée sur les différents extraits des feuilles de *Salvia officinalis* provenant du Maroc et qui a été réalisée par Et-Touys et al. 2016 [137] a permis de déterminer l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols et en flavonoïdes de ces extraits.

La plante a été récoltée en Ouezzane en 2015, séchée puis subi une macération dans différents solvants (méthanol, éthanol et n-hexane) pendant 72 heures. Après filtration à l'aide d'un papier Wattman, le filtrat est concentré dans un évaporateur rotatif.

L'activité antioxydante et la teneur en polyphénols totaux et en flavonoïdes des extraits méthanolique (EMF_1^M), éthanolique ($EEtF_1^M$) et n-hexanique ($EHexF_1^M$) des feuilles de cette espèce sont représentées dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et les valeurs d' IC_{50} des extraits de feuilles de *Salvia officinalis* récoltée en Maroc [137].

Extraits	Teneur en polyphénols (mg/g)	Teneur des flavonoïdes (mg/g)	IC_{50} (mg/ml)
EMF_1^M	115,23±0,82	31,05±0,62	0,066
$EEtF_1^M$	102,04±2,00	26,13±2,96	0,201
$EHexF_1^M$	111,40±1,53	33,64±1,02	0,133

^M: Maroc

D'après ces résultats, on constate que pour l'espèce *Salvia officinalis* récoltée en Maroc, la valeur d' IC_{50} de l'extrait éthanolique (0,201mg/ml) est supérieure à celle de l'extrait n-hexane (0,133mg/ml) et même supérieure à celle de l'extrait méthanolique (0,066mg/ml),

Partie 2 : Travail personnel

ce qui permet de dire que l'extrait méthanolique possède une meilleure activité antioxydante que l'extrait n-hexane que l'extrait éthanolique. La teneur en polyphénols totaux augmente avec l'augmentation de l'activité antioxydante (diminution de l'IC₅₀), ce qui révèle que l'activité antioxydante est proportionnelle avec la teneur en polyphénols totaux.

On remarque aussi que l'activité antioxydante augmente avec l'augmentation des teneurs en flavonoïdes, la valeur d'IC₅₀ est de l'ordre de 0,201 mg/ml avec une teneur de 26,13 mg/g en flavonoïdes, IC₅₀ est de l'ordre de 0,066 mg/ml avec une teneur de 31,05 mg/g en flavonoïdes, on peut déduire que l'activité antioxydante est proportionnelle avec la teneur en flavonoïdes.

f-En Algérie, l'étude menée sur les extraits de l'espèce *Salvia officinalis*, récoltée en 2018, à Constantine a été réalisée par Ghorabi et Cherouana 2018[138] suivant le mode opératoire de Ghdedba et al 2014 [139]. L'extrait étudié a été obtenu par la macération, pendant 24 heures, de 10 g de feuilles de la plante dans 100 ml d'eau distillée. Ensuite, la phase aqueuse du macérât a été filtrée sur un papier filtre et lyophilisée. En fin, l'extrait obtenu a été conservé dans des flacons stériles, jusqu'à leur utilisation.

Les résultats du dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tannins, ainsi que l'activité antioxydante de l'extrait aqueux des feuilles de *Salvia officinalis* ont été rassemblés dans le tableau ci-dessous.

L'activité antioxydante de cet extrait aqueux a été réalisée par la technique de blanchiment de bêta-carotène.

Tableau 13 : Les teneurs en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tannins avec l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* provenant de Constantine[138].

Teneurs en polyphénols totaux (mg/g)	Flavonoïdes (mg/g)	Tannins (mg/g)	IC ₅₀ (mg/ml)
48,82±2,718	5,47±0,428	5,38±3,894	1,26

Les résultats obtenus dans cette étude montre que la teneur en polyphénols totaux (48.82±2.718mg/g) est plus élevée par rapport aux flavonoïdes (5,47mg/g) et aux tannins (5,38mg/g). L'activité antioxydante élevée (1,26mg/ml) de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis*, récoltée à Constantine, est due sûrement à la présence de ces composés

phénoliques, comme elle est décrite dans la littérature, par plusieurs auteurs, que le potentiel de l'activité antioxydante d'un extrait dépend de sa teneur en composés phénoliques[140- 144].

g-Par ailleurs, lestravaux réalisés sur les feuilles et les tiges de l'espèce *Salviaofficinalis*récoltée à Batna, concerne le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes et l'étude de l'activité antioxydante de trois extraits obtenus selon le protocole suivant [145] :

Au premier lieu, la poudre des feuilles ou des tiges a été macérer dans le méthanol aqueux (méthanol-eau ; 70 :30 v/v)pendant 24 à 48 heures. Après filtration et concentration dans un évaporateur rotatif, l'extrait hydro-méthanoliquebruta été soumis à une extraction liquide-liquide avec l'acétate d'éthyle, puis avec le n-butanol.

Les extrais obtenus sont :

L'extrait hydro-méthanoliquedes feuilles (EMF₁)

L'extrait hydro-méthanoliquedes tiges (EMT₁)

L'extrait acétate d'éthyle des feuilles (EAcF₁)

L'extrait acétate d'éthyle des tiges(EAcT₁)

L'extrait butanolique des feuilles (EBuF₁)

L'extrait butanolique des tiges (EBuT₁)

Les résultats obtenus de cette étude sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes, avec l'activité antioxydante (exprimée en IC₅₀) des extraits de l'espèce *Salvia officinalis* provenant de Batna[145].

Extraits/standard	Teneur en polyphénols (mg EAG/gE)	Teneur en flavonoïdes (mgEQ/gE)	IC ₅₀ (mg/ml)
EHMF ₁	12.13	1.35	0,043
EHMT ₁	18.17	0.74	0,045
EAcF ₁	8.37	9.55	0,026
EAcT ₁	12.67	3.32	0,028
EBuF ₁	17.82	9.69	0,011
EBuT ₁	19.31	3.59	0,041
BHT	-	-	0,019

A partir des résultats obtenus de cette étude, nous constatons que l'extrait butanolique (EBuT₁), obtenu par fractionnement de la phase aqueuse issue de la macération hydro-méthanolique des tiges de *Salvia officinalis*, contient la teneur en polyphénols totaux la plus élevée (19.31mg EAG/gE), tandis que la teneur la plus faible est celle enregistrée dans l'extrait acétate d'éthyle des feuilles EAcF₁ (8.37mg EAG/gE).

Par ailleurs, la teneur en flavonoïdes totaux la plus élevée est celle de l'extrait butanolique des feuilles EBuF₁ (9.69mgEQ/gE), suivie par l'extrait acétate d'éthyle des feuilles EAcF₁ (9.55mgEQ/gE). La teneur en flavonoïdes totaux la plus élevée est celle enregistrée dans l'extrait hydro-méthanolique des tiges EHMT₁ avec une valeur de 0.74mgEQ/gE.

La capacité antioxydante la plus élevée, qui correspond à la valeur d'IC₅₀ = 0.011 mg/ml la plus faible, a été enregistrée avec l'extrait butanolique. Cette valeur ne correspond pas avec la teneur la plus élevée en polyphénols totaux (17.82mg EAG/gE), mais elle correspond avec la teneur en flavonoïdes (9.69mgEQ/gE). Donc, nous pouvons déduire que l'activité antioxydante est caractérisée par le contenu le plus élevé en flavonoïdes.

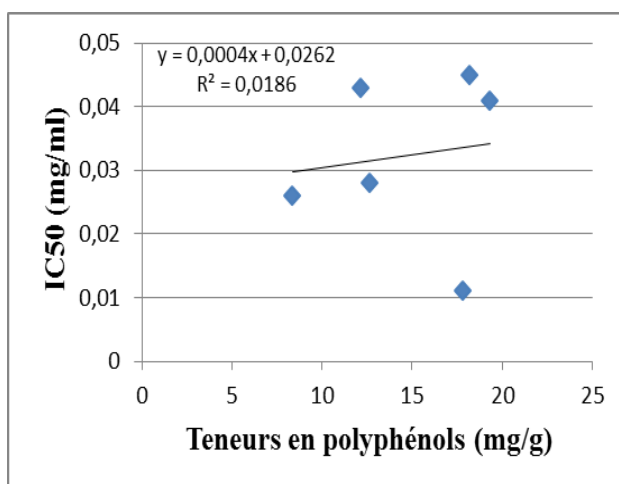


Figure 24 :Variation d'IC₅₀ en fonction des teneurs en polyphénols totaux des extraits de *Salvia officinalis* récoltée à Batna.

D'après cette courbe, nous pouvons déduire que la relation entre l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols n'est pas en bonne corrélation. Sachant que le coefficient de corrélation r est égal à 0,03 donc c'est une corrélation faible.

La relation entre la teneur en flavonoïdes et l'activité antioxydante (exprimée en d'IC₅₀) des extraits de *Salvia officinalis* récoltée à Batna, est représentée sur la courbe suivante :

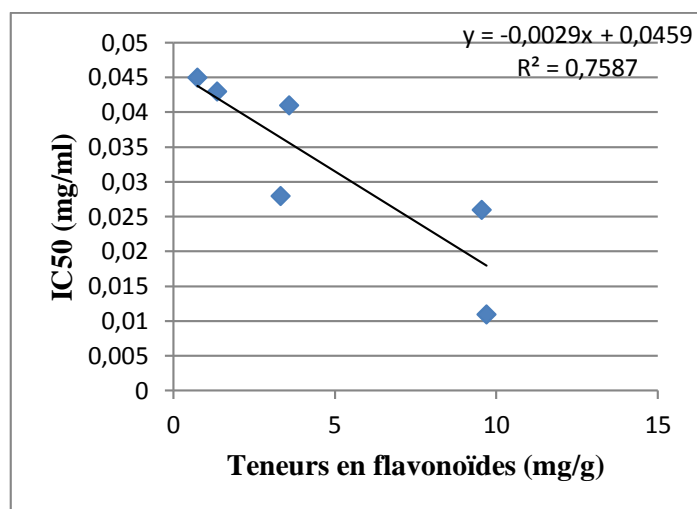


Figure 25: Variation d'IC₅₀ en fonction des teneurs en flavonoïdes des extraits de *Salvia officinalis* récoltée à Batna.

Nous remarquons, dans ce graphe, que l'activité antioxydante augmente (IC₅₀ diminue) avec l'augmentation de la teneur en flavonoïdes.

D'après la valeur du coefficient de corrélation, nous pouvons déduire qu'il existe une bonne corrélation entre la capacité antioxydante des extraits de *Salvia officinalis* récoltée à Batna et la teneur en flavonoïdes.

h- A. F. Afonso et al. 2019[146], ont réalisé une analyse qualitative et quantitative des composés phénoliques présents dans l'extrait aqueux de l'espèce *Salvia officinalis*, collectée dans les champs du Collège d'agriculture de Coimbra, Portugal.

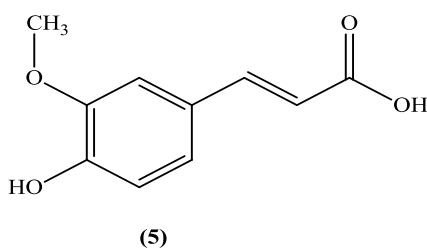
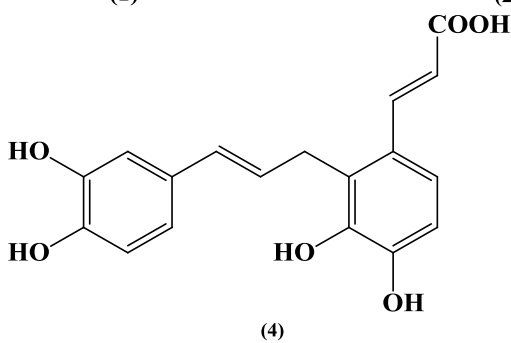
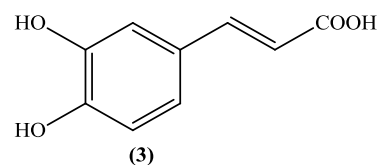
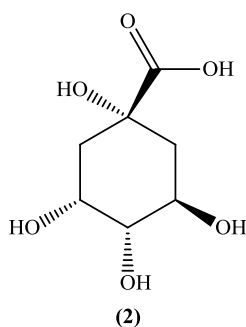
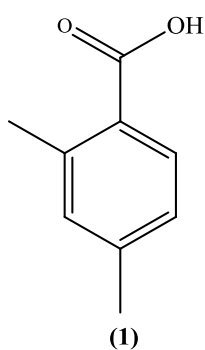
L'extrait étudié a été préparé à partir de la décoction, pendant 15 minutes, de la partie aérienne de cette espèce puis l'extrait obtenu, après filtration et concentration, a subi un dégraissage par le n-hexane (1:1 ; v/v).

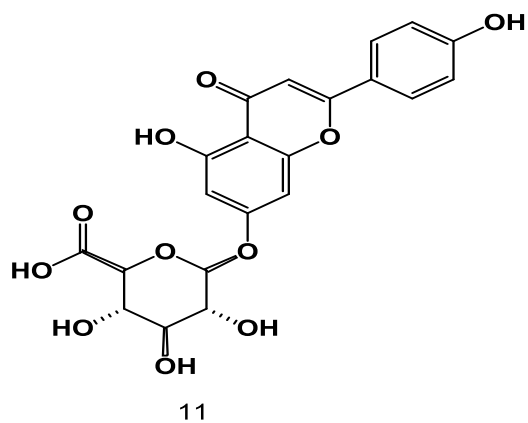
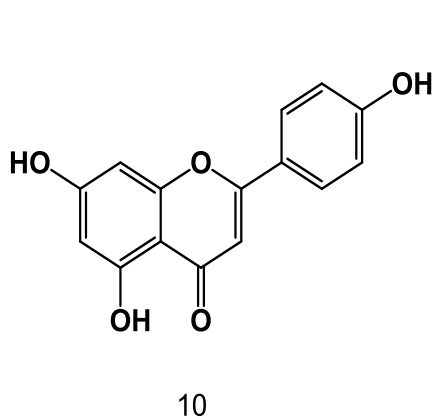
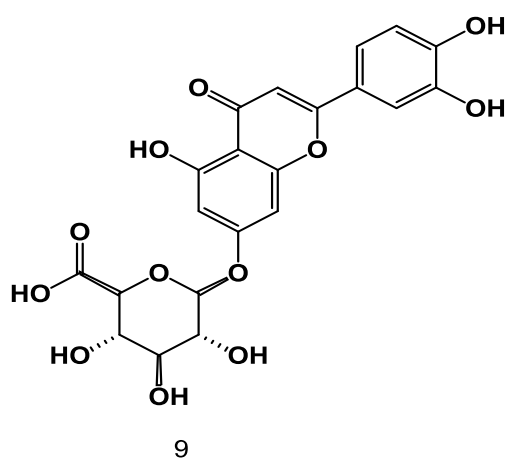
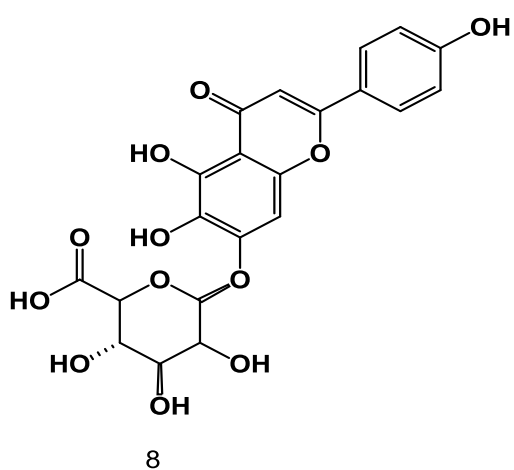
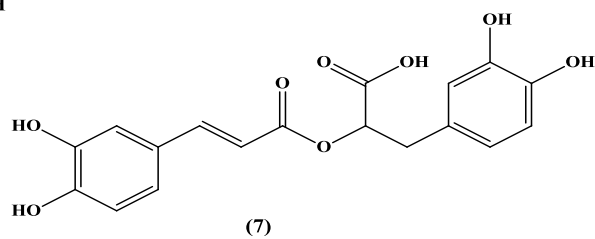
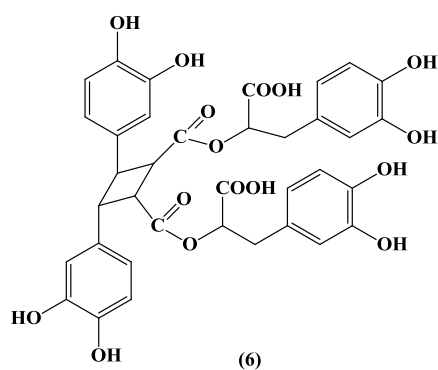
La teneur en composés phénoliques de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* (EQ) a été déterminée par la méthode colorimétrique de Folin – Ciocalteu et exprimée en g d'équivalents d'acide gallique (GAE) par mg d'extraits. L'évaluation de l'activité antioxydante a été mesurée par la capacité à piéger le radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH •).

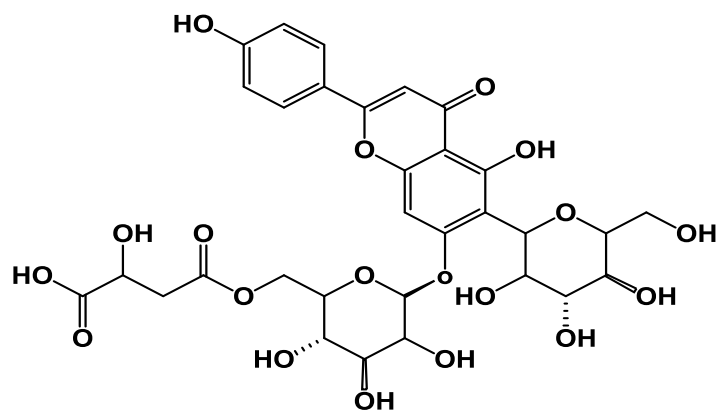
Le profil de la composition en composés phénoliques (acides phénoliques et flavonoïdes) de l'extrait aqueux a été déterminé par la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Identification et quantification des composés phénoliques présents dans l'extrait aqueux de l'espèce *Salvia officinalis*.

Composés phénoliques	Nom et N° de structure	Teneurs (mg/g)
Acides phénoliques	Acide 2,4-dimethylbonzoïque(1)	4.7 ±0.1
	Acide quinique(2)	0.40 ±0.05
	Acide caféique (3)	2.50 ±0.04
	AcidesalvinoliqueF(4)	2.7 ± 0.2
	AcideFerulique(5)	0.6 ±0.1
	Acidesagerinique(6)	9.1 ±0.4
	Aciderosmarinique(7)	52.7 ± 0.5
Flavonoïds	Scutellareine-O-Glucuronide(8)	9.7 ±0.2
	Luteoline-7-O–Glucuronide(9)	18.2 ±0.4
	Apigénine(10)	1.70 ±0.03
	Apigénine-7-O-Glucuronide(11)	32.8 ± 0.5
	Apigénine-6-C-Glucoside-7-O-Glucoside(12)	3.5 ± 0.1







12

Figure 26 : Les structures des acides phénoliques et flavonoïdes de *Salvia officinalis*.

Le résultat du dosage des polyphénols totaux de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* est égal à 299.0 ± 44.0 mg EAG/gE. Par contre, l'activité antioxydante exprimée par IC_{50} est de $0,0104 \pm 0.0002$ mg/ml. Cette activité antioxydante très importante est due à la concentration élevée de composés phénoliques représentés par les acides phénoliques et les flavonoïdes. Selon Tachakittirungrod et al., 2007[147], les composés phénoliques constituent le groupe principal qui contribue à l'activité antioxydante des végétaux, fruits, céréales et d'autres matériels à base de plantes.

L'analyse quantitative en composés phénoliques de l'extrait aqueux de *Salvia officinalis* a été également déterminée par HPLC. Les résultats obtenus montrent que l'acide rosmarinique est l'acide phénolique présent fortement dans cet extrait, par une teneur de 52.7 ± 0.5 mg/g. Cette valeur est la plus élevée parmi les autres acides phénoliques, dont la teneur se varie entre 0.40 ± 0.05 mg/g et 9.1 ± 0.4 mg/g. Tandis que, l'apigénine-O-glucuronide est le flavonoïde marqué par la teneur la plus élevée dans cet extrait, qui est de l'ordre de 32.8 ± 0.5 mg/g suivi par le luteoline-7-O-Glucuronide 18.2 ± 0.4

Nous pouvons déduire que cet extrait possède une activité antioxydante très forte à cause de sa richesse en composés phénoliques.

5. Résultats des travaux antérieurs sur la composition chimique et l'activité antioxydante de l'espèce *Satureja calamintha*

a- Les travaux réalisés sur les feuilles de l'espèce *Satureja calamintha* récoltée à Tlemcen[6] ont montré la présence des différentes familles de composés chimiques, à savoir les flavonoïdes, les tannins, les huiles volatiles, les stérols et stéroïdes, les saponosides et les coumarines. L'analyse par chromatographie sur couche mince des

Partie 2 : Travail personnel

fractions des flavonoïdes et des tanins a permis de relever la présence de la rutine, de la catéchine et de l'hydroquinone.

En outre, l'étude quantitative menée sur deux extraits obtenus à partir de la macération des feuilles de cette espèce, dans le méthanol absolu (extrait méthanolique, EMF₂^m), et du chauffage à reflux dans l'eau distillée (extrait aqueux, EaqF₂^r), a montré leurs richesses en polyphénols et en flavonoïdes. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les extraits méthanoliques et aqueux de *Satureja calamintha* récoltée à Tlemcen [6]

Extraits	Teneur en polyphénols totaux (mg/g)	Teneur en flavonoïdes(mg/g)
EMF ₂ ^m	2,968±0,809	1,280±0,077
EaqF ₂ ^r	12,6±0,775	3,131±0,154

F : feuilles ; ^m : par macération ; ^r : par reflux ; 2 : *Satureja calamintha*

L'activité antioxydante des extraits méthanolique et aqueux de *Satureja calamintha* et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis le radical libre DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 515nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti-radicalaires [148].

Les valeurs d'IC₅₀ de ces extraits, sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 17: Résultats de l'activité antioxydante des deux extraits de *Satureja calamintha* récoltée à Tlemcen et du standard.

Extraits/Standard	IC ₅₀ (mg/ml)
EMF ₂ ^m	2,075±0,208
EaqF ₂ ^r	1,876±0,334
Acide ascorbique	0,134±0,030

Selon les résultats enregistrés, les extraits aqueux et méthanoliques sont dotés d'un pouvoir antioxydant modéré, leur IC₅₀ respective est de 1,876 et 2,075, mais relativement faible par rapport à celle d'acide ascorbique dont la valeur est de l'ordre de 0,134mg/ml.

Partie 2 : Travail personnel

Cette activité reste néanmoins nettement inférieure à celle de l'acide ascorbique, mais il s'agit d'extraits bruts contenant un grand nombre de composés différents. Il est donc très probable qu'ils contiennent des composés qui, une fois purifiés, peuvent présenter une activité comparable à celle de l'acide ascorbique.

L'extrait aqueux possède une activité antioxydante plus efficace que l'extrait méthanolique à cause de la concentration élevée des polyphénols pour le premier extrait.

b- Une autre étude sur la composition chimique et l'activité antioxydante de la partie aérienne de la plante *Satureja calamintha* provenant de la région de Maadid ; Wilaya de M'Sila, a été effectuée en 2019 [149] sur deux extraits aqueux obtenus par deux méthodes d'extraction différentes, l'un par décoction et l'autre par extraction assistée aux micro-ondes. Ces deux extraits sont notés comme suit:

-L'extrait aqueux obtenu par décoction : EaqA₂^d

-L'extrait aqueux obtenu par extraction assistée aux micro-ondes : EaqA₂^{mo}.

Les résultats du dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes des extraits aqueux obtenus par décoction et par extraction assistée aux micro-ondes sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 18: Teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes dans les extraits aqueux obtenus par décoction et par micro-ondes de *Satureja calamintha* récoltée à M'Sila[149].

Extraits	Teneurs en polyphénols totaux mg/g	Teneurs en flavonoïdes mg/g
EaqA ₂ ^d	160,39±6,12	14,26±1,05
EaqA ₂ ^{mo}	128,14±34,77	13,24±2,799

A : partie aérienne ;^d : par décoction ;^{mo} : par micro-ondes

La mise en évidence du pouvoir antioxydant (exprimé en IC₅₀) des extraits aqueux (EaqA₂^d et EaqA₂^{mo}) de l'espèce *Satureja calamintha* a été réalisée par la technique de piégeage du radical libre DPPH. Le butylhydroxytoluène (BHT) a été utilisé comme standard. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Valeurs d'IC₅₀ des extraits (EaqA₂^d et EaqA₂^{mo}) de *Satureja calamintha* récoltée à M'Sila et du standard (BHT).

Extraits /Standard	EaqA ₂ ^d	EaqA ₂ ^{mo}	BHT
IC ₅₀ (mg/ml)	0,026±0,001	0.023±0,0001	0,022±0,001

Les résultats obtenus par cette étude montre que les extraits $EaqA_2^d$ et $EaqA_2^{mo}$ sont dotés d'un pouvoir antioxydant (leur IC_{50} respective est de 0.026 mg/ml et 0.023 mg/ml) très proche à celui du standard BHT ($IC_{50} = 0.022$ mg/ml).

L'activité antioxydante de $EaqA_2^d$ est supérieure que $EaqA_2^{mo}$ à cause de la concentration élevée des polyphénols (160.39 mg/g)

c- Une autre étude a été effectuée sur la teneur en polyphénols totaux et sur l'activité antioxydante de la partie aérienne de l'espèce *Satureja calamintha* provenant de deux régions différentes ; Annaba et Jijel [111].

Les extraits ont été obtenus par extraction à chaud, à l'aide d'un Soxhlet, dans le méthanol absolu. Les deux extraits obtenus sont :

- L'extrait méthanolique de la partie aérienne de l'espèce *Satureja calamintha* récoltée dans la région d'Annaba, EMA_2^{As} .

- L'extrait méthanolique de la partie aérienne de l'espèce *Satureja calamintha* récoltée dans la région de Jijel, EMA_2^{Js} .

Les résultats du dosage des polyphénols et les valeurs de l'activité antioxydante, exprimées en IC_{50} , de ces deux extraits sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 20 : La teneur en polyphénols totaux et les valeurs de l'activité antioxydante des deux extraits méthanoliques de la partie aérienne de l'espèce *Satureja calamintha*, récoltée dans deux régions différentes ; Annaba et Jijel [111].

Extraits	Teneur en polyphénols totaux mg/g	IC_{50} mg/ml
EMA_2^{As}	482,666±2,561	0,169±0,0004
EMA_2^{Js}	264,666±0,577	0,242±0,0005

A : partie aérienne ; As : Annaba par Soxhlet ; Js : Jijel par Soxhlet

D'après ces résultats, on remarque que l'activité antioxydante augmente avec l'augmentation des teneurs en polyphénols. L'extrait méthanolique de *S. calamintha* provenant d'Annaba est riche en composés phénoliques (482,666 mg/g), doté d'un pouvoir antioxydant élevé (IC_{50} est de l'ordre de 0,169 mg/ml) par rapport à l'extrait méthanolique

de la même plante provenant de Jijel avec IC_{50} de l'ordre de 0,242 mg/ml. Donc, on peut déduire que la relation est proportionnelle entre les polyphénols et l'activité antioxydante.

d-On outre, l'étude menée sur la composition chimique et l'activité antioxydante de la partie aérienne de l'espèce *Satureja calamintha* provenant de Constantine, a été effectuée en 2017, dans le cadre de la préparation de mémoire de master en chimie des produits naturels, à l'université de Blida. Les extraits étudiés ont été obtenus, après dégraissage dans l'hexane, par macération à froid dans l'acétate d'éthyle (l'extrait obtenu : EAcA₂^m), suivi par une autre macération du résidu dans le méthanol (l'extrait obtenu : EMA₂^m) [109].

Les résultats du dosage des polyphénols totaux et IC_{50} des extraits obtenus par macération sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Teneurs en polyphénols totaux et valeurs de l' IC_{50} des extraits acétate d'éthyle et méthanolique de l'espèce *Satureja calamintha* provenant de Constantine [109].

Extraits/standard	Teneurs en polyphénols totaux (mg/g)	IC_{50} (mg/ml)
EAcA ₂ ^m	0,230	0,50
EMA ₂ ^m	5,228	0,35
Vit C	-	0.29

A : partie aérienne ; ^m : par macération

L'extrait méthanolique possède une activité antioxydante plus importante très proche à celui du standard Vit C par rapport à l'extrait acétate d'éthyle avec des valeurs d' IC_{50} de l'ordre de 0.35 mg/ml et 0.50 mg/ml.

La concentration des polyphénols est plus élevée dans l'extrait méthanolique et ainsi l'activité antioxydante, on peut déduire que l'activité antioxydante est proportionnelle avec la concentration des polyphénols.

e- Une autre étude sur la composition chimique et l'activité antioxydante des différentes parties de la plante (partie aérienne, feuilles et tiges) *Satureja calamintha* récoltée en 2018, dans la région de Constantine, a été effectuée également à l'université de Blida [131].

Les extraits ont été obtenus par extraction à chaud, à l'aide d'un Soxhlet. Le protocole adopté était comme suit :

1- Extraction de la poudre de plante par l'hexane ;

Partie 2 : Travail personnel

- 2- Extraction du résidu (de la première extraction) par l'acétate d'éthyle ;
- 3- Extraction du résidu (de la deuxième extraction) par l'éthanol.

Les six extraits obtenus dans cette étude sont :

- L'extrait acétate d'éthyle de la partie aérienne (EAcA₂^s).
- L'extrait acétate d'éthyle des feuilles (EAcF₂^s).
- L'extrait acétate d'éthyle des tiges (EAcT₂^s).
- L'extrait éthanolique de la partie aérienne (EEtA₂^s).
- L'extrait éthanolique des feuilles (EEtF₂^s).
- L'extrait éthanolique des tiges (EEtT₂^s).

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait.

Les résultats obtenus du dosage des polyphénols totaux des extraits de *Satureja calamintha* provenant de Constantine, sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 22 : Teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante, exprimée en IC₅₀, des extraits de *Satureja calamintha* récoltée dans la région de Constantine.

Extrait/standard	Teneurs en polyphénols (mg/g)	IC ₅₀ (mg/ml)
EAcA ₂ ^s	11,5	0,35
EAcF ₂ ^s	15	0,22
EAcT ₂ ^s	11,5	0,82
EEtA ₂ ^s	11	0,61
EEtF ₂ ^s	9,5	0,17
EEtT ₂ ^s	8	0,47
Vit C	-	0.12

A : partie aérienne ; F : feuilles ; T : tiges ; ^s : chauffage par Soxhlet

D'après ces résultats, les extraits acétate d'éthyle et éthanolique de la partie aérienne de *Satureja calamintha* possèdent un pouvoir antioxydant nettement inférieur à celle de la vitamine C et que l'extrait acétate d'éthyle (EAcA₂^s), avec une valeur de l'ordre de 0.35

mg/ml, présente une activité antioxydante plus élevée que celle de l'extrait éthanolique (EEtA₂^S) de valeur de 0.61 mg/ml. On peut déduire qu'avec une concentration élevée de polyphénols l'activité antioxydante est élevée donc c'est proportionnel.

D'autre part, les extraits acétate d'éthyle et éthanolique de la partie feuilles (EAcF₂^S et EEtF₂^S) présentent une activité antioxydante très importante avec des valeurs d'IC₅₀ de l'ordre 0.22mg/ml et 0.17mg/ml respectivement. L'extrait EEtF₂^S doté d'un pouvoir antioxydant important bien qu'il possède une faible teneur en polyphénols totaux (9,5 mg/g).

L'extrait éthanolique de la partie tiges de cette espèce (EEtT₂^S), avec une valeur d'IC₅₀ de l'ordre de 0.47mg/ml, présente une activité antioxydante plus élevée que celle de l'extrait acétate d'éthyle de la même partie (EAcT₂^S) de 0.82 mg/ml. On remarque aussi qu'avec une concentration faible de polyphénols, l'activité antioxydante est élevée. Il est bien établi que l'activité antioxydante est corrélée positivement avec la structure des polyphénols d'après Rodriguez-Bernaldo et al., 2010 [150].

La courbe de la relation entre la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydante (exprimée en d'IC₅₀), des extraits de l'espèce *Satureja calamintha* récoltée à Constantine est tracée ci-dessous.

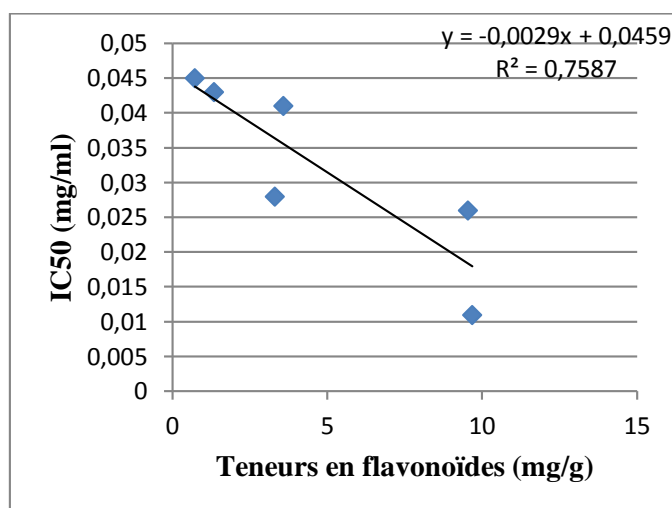


Figure 27 : Variation d'IC₅₀ en fonction des teneurs en polyphénols totaux des extraits de *Satureja calamintha* récoltée à Constantine.

Partie 2 : Travail personnel

D'après cette courbe, nous constatons que la corrélation est très faible entre la teneur en polyphénols totaux et l'activité antioxydant, vu que le coefficient de corrélation est de l'ordre de 0,1448.



Conclusion générale

Conclusion générale

Les plantes médicinales restent toujours une source fiable des molécules bioactives, possédant des propriétés thérapeutiques. Actuellement avec l'apparition de plusieurs maladies, beaucoup de chercheurs essayent de trouver des solutions à partir de la médecine alternative.

Le présent travail est consacré, en premier lieu, à une recherche bibliographique sur la teneur en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tannins condensées, ainsi que les résultats de l'activité antioxydante des extraits de deux plantes aromatiques et médicinales ; *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*. L'étude de la relation entre la composition chimique (teneurs en composés phénoliques) et l'activité antioxydante de ces extraits est abordée en second lieu.

Le dosage des polyphénols totaux, par le réactif de Folin-Ciocalteu, a révélé que la majorité des extraits étudiés pour les deux espèces *Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*, contiennent des quantités très importantes en composés phénoliques. Le dosage des flavonoïdes par la méthode de chlorure d'aluminium a montré que ces espèces renferment une valeur moyennement importante en flavonoïdes.

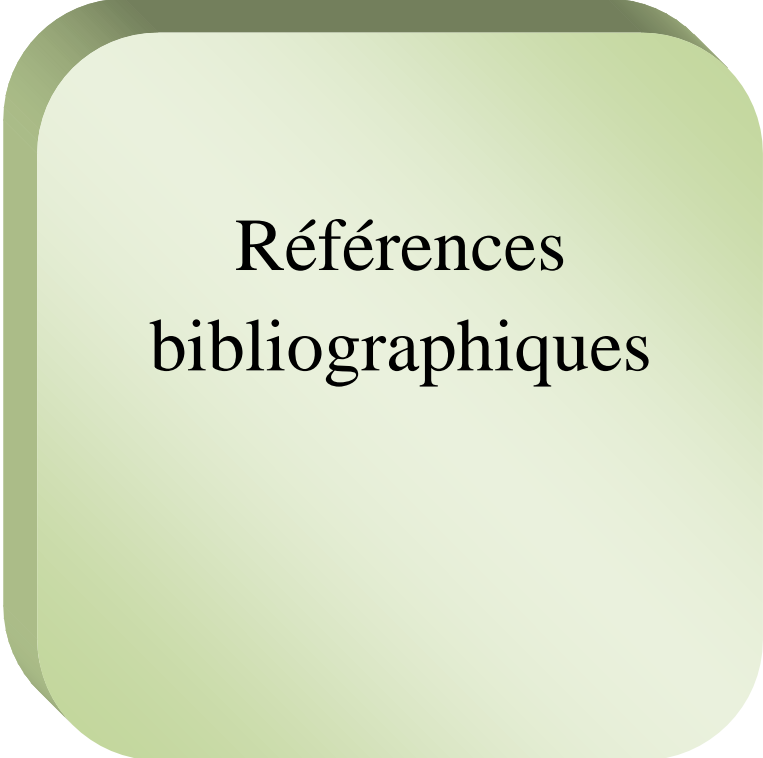
La teneur en composés phénoliques se différencie d'une partie à une autre et selon la période de récolte et les conditions de croissances, ainsi que la région (influence du sol, climat, ...). En général, les polyphénols ne se concentrent pas dans une seule partie de la plante. Ils se présentent avec des concentrations différentes dans les tiges, les fleurs, les racines et les feuilles.

La recherche effectuée sur l'activité antioxydante des extraits des deux plantes étudiées réalisée, plus particulièrement, par la méthode du piégeage du radical libre DPPH, nous a permis de constater que cette activité varie considérablement d'un extrait à un autre. Cette différence pourrait s'expliquer par la différence dans les méthodes d'extractions utilisées, la polarité des solvants, la nature des composés que contient chaque extrait et de leur vulnérabilité au traitement qu'ils subissent lors d'un procédé d'extraction.

Conclusion générale.

L'étude de la relation entre la composition chimique et l'activité antioxydante de quelques extraits obtenus par le même mode d'extraction, nous a permis de conclure que cette dernière est en corrélation moyenne avec la teneur en polyphénols totaux et en très bonne corrélation avec la teneur en flavonoïdes, dont la relation est proportionnelle dans tous les extraits.

Enfin, le travail expérimental qui avait pour objectif, la préparation des extraits (par macération suivi de l'extraction liquide – liquide), le dosage des composés phénoliques et l'étude de l'activité antioxydante de deux plantes de la famille des lamiacées (*Salvia officinalis* et *Satureja calamintha*), s'est arrêté dans la première étape à cause de la pandémie de Covid-19.



Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Sofowora A., **2009**, Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique, 2ème édition. Karthala.
- [2] Meddour A., Yahia M., Benkiki N., Ayachi A., **2013**, Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du *Capparis Spinosa* L. Lebanese Science Journal. Vol. 14, 49-60.
- [3] Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutierrez, A., **2006**, Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees, Journal Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 41, 1220-1234.
- [4] Muanda F.N., **2010**, Identification de polyphénols : évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques, Thèse de Doctorat de l'Université Paul Verlaine-Metz, France, 160.
- [5] Delattre J., Beaudoux J-L., Bonnefort-Rousselot D., **2005**, Radicaux libres et stress oxydant : Aspect biologiques et pathologiques, Ed. Tec et Doc-Lavoisier, Londres -Paris - New York.
- [6] Bougandoura N., Bendimerad N., **2013**. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* sp. Nepeta (L.) Briq., Nature & Technology, 09, 14-19.
- [7] Botineau M., **2010**, Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Ed. Tec et Doc-Lavoisier, Paris, p 1021-1043.
- [8] Nouioua W., **2012**, Biodiversité et ressources phytogénétiques d'un écosystème forestier « *Paeonia mascula* (L.) Mill. ». Mémoire Magister, Université de Sétif, 80p
- [9] Dupont F. et Guignard J.L., **2012** « Botanique : les familles des plantes ». Ed : Elsevier, Masson SAS, Issy. Les moulineaux cedex. France 237-240p.
- [10] Figuerdo G., **2007**, Etude chimique et statistique de la composition d'huile essentielle d'origan (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse Doctorat. Université de Blaise Pascal, 416p
- [11] Hanson J-R., **1997**, In Terpenoids and Steroids Specialist Periodical Reports, The chemical Society, London, and Nat. Prod. Reports, 1984-1995, 1-12.
- [12] Ulbelen A., Topcu G., **1998**, Etude sur la chimie, la structure et la chimie des produits naturels, Elsevier science, 20, 659

- [13]Naghibi F., Mosaddegh M., Mohammadi M-S etGhorbani A., **2005**, Labiatae family In folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology, Iran J. Pharm. Res.2, 63-79.
- [14]Zegorka G. et Glowniak K., **2001**,Variation of free phenolic acids in medecinal plants belonging to the lamiaceae family. J. Pharm. Biomed Anal, 26,176-189;
- [15]Hedge I.C.,**1992**,A global survey of the biography of the Labiatae. In R.M. Harley and T. Reynolds (Editors).*Advances in Labiatae Science*, pp 7-77..
- [16]Kabouche A., **2005**, Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des Lamiaceae, thèse de doctorat, Université de Mentouri Constantine.
- [17]Pistelli L.,**2006**, Photochemicals from lamiaceae: from nutraceutics to Hallucinogens. International symposium The Labiatae: Advances in Production, Biotechnology and Utilization. Sanremo. Italy: 22-25.
- [18]Walker J B., Sytsma K J., Treutlein J., Wink M.,**2004**,Salvia (Lamiaceae) is not monophyletic: implications for the systematics, radiation, and ecologicalspecializations of Salvia and tribe Mentheae. American Journal of Botany. 91(7): 1115-1125.
- [19]Quezel P., Santa S., **1963**,Nouvelle Flore d'Algérie et de régions Désertiques Méridionales. Tomes I et II, Paris (France) Eds du CNRS.
- [20] Salimpour F.,Mazooji A., Darzikolaei S.A., 2011,« **chemotaxonomy of six salvia** (lamiaceae) is not monophyletic : implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of salvia and tribe Mentheae “ ; journal of Medicinal plants Research ; 5, 1795-1805.
- [21]AugeR.M .,Stodola A.J.W., Moore J.L., Klingeman W.E., DuanX., **2003**, “comparative dehydration tolerance of foliage of several ornamental crops “ Scientia Horticulture ; 98 511-516.
- [22]Djerroumi A., Nacef M., **2004**,100 plantes médicinales d'Algérie. Ed Palais du livre. pp.131-135.
- [23]Radulescu V., Silvia C. et Eliza O., **2004**,Capillary gas chromatography-massspectrometry of volatile and semi volatile compound of *Salvia officinalis*. *J. of Chromatography A*, 1027, 121-126.
- [24] Chalcat J.C., Michet A. and Pasquier B.,**1998**, Study of clones of *Salvia officinalis*L. yields and chemical composition of essential oil. *Flav.and Frag. J.*, 13: 68-70.
- [25] Tumen G., Baser K.H.C., Kurkcuoglu M. andDuman H.,**1998**, Composition of the essential oil of *Salvia cedronella*Boiss. *J. of Essent. Oil Res.*, 10: 713-715.

- [26] Alimpić A., Knežević A., Milutinović M., Stević T., Šavikin K., Stajić M., Marković S., Marin P.D., Matevski V., Duletić-Laušević S., **2017**, Biological activities and chemical composition of *Salvia amplexicaulis* Lam. extracts *Industrial Crops & Products* 105, 1-9
- [27] Alimpić A., Kotur N., Stanković B., Marin P.D., Matevski V., Sheef N.B. Al, et Duletić-Laušević S., **2015**, The in vitro antioxidant and cytotoxic effects of selected *Salvia* species water extracts. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 88, 115-119:
- [28] Orhana I.E., Senol F.S., Akaydin G. et Sener B., **2012**, Profiling of in vitro neurobiological effects and phenolic acids of selected endemic *Salvia* species. *Food Chem.* 132, 1360-1367;
- [29] Kontogianni V.G., Tomic G., Nikolic I., Nerantzaki A. A., Sayyad N., Stosic-Grujicic S., Stojanovic I., Gerathanassis I.P. et Tzakos A.G., **2013**, Phytochemical profile of *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* extracts and correlation to their antioxidant and anti-proliferative activity. *Food Chem.* 136, 120-129;
- [30] Achenbach, Walbel R., Nkunya M.H.H., Weenen H., **1992**, Antimalarial compounds from *Hoslundia opposita* *Phytochemistry*, 31:3781-3784
31, 3781.
- [31] Ramamoorthy T.P. et Eliot M., **1993**, Mexican Lamiaceae: Evolution, distribution, endemism. In T.P. Ramamoorthy R. Bye, A. Lot and J. Fa (Editors) *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, New York.
- [32] Kupchan S.M., Karim A. et Marcks C., **1969**, *J. Org. Chem.*, 34, 3912.
- [33] Hanson J.R. et Oliveira B.H., 1993, Stevioside and related sweet diterpenoid glycosides, *Natural Product Reports.*, 10, 301.
- [34] Hanson J.R., **1984-1995**, In *Terpenoids and Steroids Specialist Periodical Reports*, The chemical Society, London, and *Nat. Prod. Reports*, 1-12.
- [35] Al-hazimi H.M.G. et Mianam G.A., **1986**, *J. Chem. Soc. Pak.* 8, 549.
- [36] Lu Y., Foo L.Y., **2002**, Polyphenolics of *Salvia*—a review, *Phytochemistry*, 59, 117.
- [37] Esquivel B., Calderon J.S., Sanchez A.A., Ramamoorthy T.P., Flores E.A., Dominguez R.M., **1996**, Progrés récents en phytochimie et activité biologique des Labiatae mexicains, *Rev. Latinoamer. Quim.*, 24, 44-46.
- [38] Ruzicka L., Escheumoser A., Heuser H., **1953**, The isoprene rule and the biogenesis of terpenic compounds, *Experientia*, 9, 357-396.
- [39] Rowe J.W., **1968**, Common and systematic Nomenclature of Cyclic Diterpenes. *Forest Products Research Laboratory, Wisconsin.*

- [40]Beale M.H., **1991**, Biosynthesis of C5-C20 terpenoid compounds, Nat ProdRep. 8, 455.
- [41] Lee J., Snyder J.K, **1989**, Ultrasound-promoted Diels-Alder reactions,Chem. Soc.111, 1522-1524
- [42]Ulubelen A., Topcu G., Eris C., Sonmez U., Kartal M., Kurucu S., Johansson C. B.,**1994**,Terpenoids from *Salvia sclarea*,Phytochemistry, 36, 971-974.
- [43]Patudin A.V., Romanova A.S., Sokolov V.S. and Pribylova G., **1974**, La distribution des phénanthraquinones dans le genre *Salvia*, *Planta Med.*, **26**, 201-207.
- [44]Shu-yong Cao, Zhong-Lu Ke, Li-Min Xi, **2013**, Anew sesquiterpene lactone from *salvia plebeia* , journal of Asian Natural Products Research, 15 (4): 404-7.
- [45]Mahdi MoridiFarimani, Mansour Miran, SamadEbrahimi**2019**, New Diterpenoids From the Aerial Parts of *Salvia reuterana*, Iranian journal of pharmaceutical research Winter,18(1), 406-411.
- [46]Min F.,Bao Y., Zhang Z.J., Zhang H.B., Zhao Q.S., **2017**, New neoclérodanediterpénoïds with neurotrophic activity from the aerial parts of *Salvia tiliifolia*.Fitoerapia 123.
- [47]Xu G., Peng L.Y.,Shen X.L. and Zhao Q.S., **2010**, Helv.Chim.Acta 93.1773.
- [48] Muhammad S.Ali **2007**, Guainesesquiterpenes lactones from *salvia nubicola*” ,chemistry and biodiversity –vol 4 ;98-104
- [49]Kabouche A., Touafek O., Nacer A., Kabouche Z.,**2005**,*J. Essent. Oil Res.*
- [50]Russo A., Formisano C., Rigano D.,Cardile V., Arnold N.A. et Senatore F., **2016**, Comparative phytochemical profile and antiproliferative activity on humanmelanoma cells of essential oils of three Lebanese *salvia* species “industrial crops and products ; 83,492-499.
- [51]Askun T., Baser K.H.C.,Tumen G. et Kurkcuoglu M., **2010**, Characterization of essential oils of some *salvia* species and their antimycobacterial activities ;TUBITAK; 34;89-95.
- [52]Marchev A., Ivanov I., Denev P., NIKOLOVA M., Gochev V., Stoyanova A., Pavlov,V. et Georgiev A., **2015**, Acetylcholinesterase inhibitory antioxidant, and antimicrobial activities of *salvia tomentosa* Mill essential oil, J.BioSci. Biotechnol, 4(2),219-229.
- [53]Al-jaber H.I., Al-qudah M.A., Barhoumi L.M., Abaza I.F. et Afifi F.U., **2012**, Essential oil composition of the aerial parts of fresh and air-dried *salvia*

palaestina Benth. (Lamiaceae) growing wild in Jordan, Natural product Research; 26, 1179-1187.

[54] Khirdine H., 2013, Comprimés de poudre de dattes comme support universel des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie, Thèse de magister. Université M'Hamed Bougara. p : 11-13.

[55] Bonnier G., 1990, La grande flore en couleurs. Ed. Belin. Paris. 4 tomes. pp. 913-914.

[56] Alloun K., 2013, Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de l'aneth (*Anethum graveolens* L.) de la sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la rue des montagnes (*Ruta montana* L.); thèse de magister Ecole supérieure d'agronomie.

[57] Sura M.K., Mustafa T.M., Omar M.A., Abdulkadir M.N.J., 2016, Study of some *Salvia officinalis* L. (sage) components and effect of their aqueous extract on antioxidant. Sadguru publications, 14(2), 711-719.

[58] Zerrouki K., 2017, L'effet antioxydant de quelques plantes médicinales sur la neurotoxicité et les maladies neurodégénératives dues aux métaux lourds (Aluminium et Plomb): —Etude expérimentale chez les souris. Université Abdlhamid Ibn-Bdis – Mostaghanem-, 272.

[59] Pauline P., 2011, La phytothérapie dans la prise en charge des troubles climatiques de la ménopause: enquête auprès des officinales nantaises. Université de Nantes, 128.

[60] Benkherara S., Bordjiba O. et Djahra A.B., 2015, Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Salvia officinalis*, phytothérapie, lavoisier SAS ;

[61] Lakhel H., Ghorab H., Chibani S., Kabouche A., Semra Z., Semati F., Abuhamdah S. et Kabouche Z., 2013, Chemical composition and biological activities of the essential oil of *Salvia officinalis* from Batna (Algeria); Der Pharmacia letter 5(3):310-314.

[62] Dob T., Berramdane T., Dahmane D., Benabdelkader T. and Chelghoum C., 2007, "composition of the essential oil of *Salvia officinalis* from Algeria chemistry of natural compounds, 43 (4), 491-494

[63] Khyaa Z., Hayania M., Gamara A., Kharchouf S., Amine S., Berrekhis F., Bouzoubae A., Zair T., El Hilali F., 2019, "Valorization of the *Salvia officinalis* L. of the Morocco bioactive extracts: Phytochemistry, antioxidant activity and corrosion inhibition" journal of Saudi University – science 3 ; 322-335;

[64] Fellah S., Romdhane M., Aberraba M., 2006, Extraction et études des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie, J. soc. Alger. chim., 16(2), 193-202

- [65] Bozan B., Ozturk N., Kosar M., Tunalier Z. et Baser K.H.C., **2002**, Activités anti-oxydantes et anti-radicaux libres de huit espèces de *Salvia*. *Chem. Nat. Compd.*, 38, 198
- [66] Gomez P. S., Cano M.C.S., Sanchez J.A.S. et Garcia-Vallejo M.C., 1995, Essential Oils of a New Hybrid: *Salvia officinalis* x *S. lavandulifolia* ssp. *vellerea* J. *Essent. Oil Res.*, 7, 317
- [67] Delamare A.P.L., Moschen-Pistorello I. T., Artico L., Atti-Serafini L., Echeverrigaray S., **2007**, Activité antibactérienne des huiles essentielles de *Salvia officinalis* L. et *Salvia triloba* L. cultivées dans le sud du Brésil, *Food Chemistry*, 100 (2) : 603-608.
- [68] Bayrak A. et Akgul A., **1987**, Composition of essential oils from Turkish *Salvia* species, *Phytochemistry*, 26, 846
- [69] Djarmati Z., Jankov R.M., Djordjevic A., Ribar B., Lazar D., Engel P., **1992**, Carnosic acid 12-methyl ether- γ -lactone, a ferruginol-type diterpene from *Salvia officinalis*, *Phytochemistry*, 31, 1307.
- [70] M. Tada, K. Okuno, K. Chiba, E. Ohnishi, T. Yoshii, **1997**, Antiviral diterpenes from *Salvia officinalis*, *Phytochemistry*, **35**, 539;
- [71] Miura K., Kikuzaki H., Nakatani N., **2002**, Antioxidant activity of chemical components from sage (*Salvia officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) measured by the oil stability index method, *J. Agric. and Food Chem.*, 50, 1845;
- [72] Linde H., **1964**, Stereochemistry of salvin and picrosalvin, *Helv. Chim. Acta.*, 47, 1234.
- [73] Brieskorn C.H., Fuchs A., Bredenberg J. B., McChesney J. D., Wenkert E., **1964**, Diterpenoid total synthesis, an a \rightarrow b \rightarrow c approach V. Total synthesis of d1-carnosol dimethyl ether and d1-carnosic acid dimethyl ether, *J. Org. Chem.*, 29, 2293.
- [74] Tada M., Okuno K., Chiba K., Ohnishi E., Yoshii T., **1994**, A quinonemethide from *Salvia officinalis*, *Phytochemistry*, 45, 1475.
- [75] Ghorbani A. et Esmailzadeh M., **2017**, "Pharmacological properties of *salvia officinalis* and its components" *Journal of traditional and complementary medicine* 7, 433-440.
- [76] Jasicka-Misiak I., Poliwoda A., Petecka M., Buslovych O., Shlyapnikov V.A. and Wiczorek P.P., **2018**, Antioxidant phenolic compounds in *salvia officinalis* L. and *salvia sclarea* L." *ECOL CHEM ENG S.*; 25(1):133-142.
- [77] Wang M., Shao Y., Li J., Zhu N., Rangarajan M., LaVoie E.J. et Ho C.T., **1999**, Antioxidative Phenolic Glycosides from sage (*salvia officinalis*) *J Nat. Prod.*, 62.454-456.

- [78] Qnais E., Bseiso Y., Kayed K., Wedyan M., Alkhateeb H., **2018**, Analgesic effect of quercetin 3,7-o-dimethyl ether isolated from *Salvia officinalis*” *Pharmacology Online*. vol.2-64-73;
- [79] Brieskorn C.H. and Kapadia U., **1979**, Constituents of *Salvia officinalis* 5-Methoxysalvigenin in Leaves of *Salvia officinalis* | Vol. 35, pp. 376-378.
- [80] Varban D-I., Duda M., Varban R. et Muntean S., **2009**, Research Concerning the organic Technology For *Satureja hortensis* L. culture . *Bulletin UASVM Agriculture*. 66(2).225-229.
- [81] Gulluce M., Sokmen M., Daferera D., Agar G., Ozkan H., Kartal N., **2003**, In vitro antibacterial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil, methanol extracts of herbal parts and callus cultures of *Satureja hortensis* L. *J. Agri. Food. Chem.* 51: 3958–3965
- [82] Ayla K., Fatih S., Fatih G. **2009**, Nutlet surface micromorphology of Turkish *Satureja* (Lamiaceae). *Biologia* 64(5), 902—907.
- [83] Momtaz S. et Abdollahi M., **2010**, An update on pharmacology of *Satureja* species; from antioxidant, antimicrobial, antidiabetes and anti-hyperlipidemic to reproductive stimulation. *Int J Pharmacol* 6: 346–53.
- [84] Zargari A., **1990**, *Medicinal Plants*. 4th ed. Tehran: Tehran University Publications, 42–5.
- [85] Padrini F. et Lucheron M. T., **1996**, *Le grand livre des huiles essentielles Guide pratique pour retrouver vitalité bien être et beauté avec les essences et l’aromassage énergétique avec plus de 100 photographies*. Ed. De Vecchi. 15p
- [86] Benkhedimallah R. et Kismoun S., **2014**, *Etude phytochimique et biologique de la plante *satureja calamintha*, mémoire master, université Constantine* .
- [87] Chiej R., **1984**, *Macdonald encyclopedia of medicinal plants*. Ed Macdonald. London. 212p
- [88] Gören, A.C., Topçu, G., Bilsel, G., Bilsel, M., Wilkinson, J.M., Cavanagh Heather M.A. **2004**, Analysis of essential oil of *Satureja thymbra* by hydrodistillation thermal desorber and headspace GC/MS techniques and its antimicrobial activity. *Natural Product Research*, 18, 189-195
- [89] Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Zlatković, B., Ristić, M., Branković, S. **2009**, Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Cent. Eur. J. Biol.*, 4, 411-416
- [90] Nancy Alonso-Carrillo, Ma. de los Angeles Aguilar-Santamaria, E. Jaime Vernon-Carter, Rubén Jiménez-Alvarado, Francisco Cruz-Sosa, Angélica Roman-Guerrero. **2017**,

Extraction of phenolic compounds from *Saturejamacrostema* using microwave-ultrasound assisted and reflux methods and evaluation of their antioxidant activity and cytotoxicity ; industrial crops & products 103,213-221

[91] Lamendin H. **2007**, Soignez votre bouche par les plantes : remède d'hier et aujourd'hui. 5ème Ed. L'Harmattan. Paris. 34p.

[92] Perrucci S., Mancianti F., Cioni P.L., Flamini G., Morelli I., et Macchioni G. **1994**, In vitro antifungal activity of essential oils against some isolated of *Microsporum canis* and *Microsporum gypseum*. *Planta Medica*. 60, 184-187

[93] De Pooter H.L. et Schamp N. **1986**, Comparaison of the volatils composition of some *Calaminthasatureja* species. In : Progress in essential oil research. Ed. E-J. Brunk, Walter De Gruyter, Berlin. 139-150p

[94] Perez-Alonso M.J., Velasco-Neguerula A., et Lopez Saez J.A. **1993**, The volatiles of two *Calamintha* species growing in Spain, *Calaminthanepeta* (L.) Savi. *Acta horticulturae*. 333, 255-260.

[95] Ristorecelli D., Tomi F., et Casanova J., **1996**, Essential oils of *calaminthanepetasubspnepeta* and subsp. *Glandulosa* from Corsica (France). *Journal of Essential oil Research*. 8, 363- 366.

[96] Ildiko B., Maria-Loredana S., Dominca R., Simona et Codruta C., **2009**, HPTLC quantification of some flavonoids in extracts of *Saturejahortensis* L. obtained by use of different techniques. *Journal of Planar Chromatography-Modern TLC*. 22(1), 25-28

[97] Abou Baker D.H., Al-Moghazy M. et ElSayed A.A.A., **2020**, The in vitro cytotoxicity, antioxidant and antibacterial potential of *Saturejahortensis* L. essential oil cultivated in Egypt. *Bioorganic Chemistry journal*.

[98] Mazarei Z. Et Rafati H., **2019**, Nanoemulsification of *Saturejakhuzestanica* essential oil and pure carvacrol; comparison of physicochemical properties and antimicrobial activity against food pathogens" *LWT-Food Science and Technology* 100 328-334

[99] Satrani B., Farah A., Fechtal M., Talbi M., Blaghen M. et Chaouch A., **2001**, Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Saturejacalamintha* et *Saturejaalpina* du Maroc. *Ann. Fals. Exp. Chim.* 94(956): 241-250.

[100] Bruneton J., **2008**, Acides phénols. In: Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Ed: Tec & Doc. Lavoisier, Paris. pp 198-260.

[101] Malmir M., Gohari A.R., Saeidnia S., Silva O., **2015**, A new bioactive monoterpene-flavonoid from *Satureja khuzistanica*. *Fitoterapia* 105 107-112.

- [102] Gohari A.R., Saeidnia S., Gohari M.R., Moradi –afropoli F., Malmir M., hadjiakhoondi A., **2010**, Bioactive flavonoids from *Satureja atrorotunda* , natural product research, 18(2), 189-195.
- [103] Speck B., Ursula., Fotsch C., **2008**, Connaissance des herbes sarriette. EGK Caisse de Santé., série de brigittespeck, 5.
- [104] Baldovini N., Ristorcelli D., Tomi F., Casanova J., **2000**, Intraspecific variability of the essential oil of *Calamintha nepeta* from Corsica (France). *Flav. Fragr. J.* 15 :50-54.
- [105] Guignard J.L., et Dupont F., **2004**, Botanique: Systématique moléculaire. 13^{ème} éd. Masson. p. 237.
- [106] Adzet T., et Passet J., **1972**, Chemotaxonomie du genre *Satureja Calamintha*. *Rivista Italiana ERROS*, 54, 482 - 486
- [107] Baba Aïssa F., **1999**, Encyclopédie des plantes utiles: Flore d'Algérie et du Maghreb. Ed. Librairie Moderne-Rouiba. p. 46-47, 194-195-231
- [108] Ech-chahad A., Farah H., Bouyazza L., **2013**, Composition chimique de l'huile essentielle de *Satureja calamintha* (L.) Scheele du Maroc, *Afrique Science*, 09(3), 77-81.
- [109] Bouslami Kh., **2017**, Etude de la composition chimique de l'activité biologique de l'huile essentielle et des extraits de l'espèce *Satureja calamintha* (Lamiacées) mémoire de fin d'études, université de Saad Dahleb Blida.
- [110] Kerbouche L., Hzzit M. et Baaliouamer A., **2013**, Essential oil of *Satureja calamintha* subsp. *Nepeta* (L.) Briq from Algeria : Analysis, Antimicrobial and Antioxydant Activities, *J Har Krishan Bhalla & Sons*, 3(4), 266-272.
- [111] Labiod R., **2016**, Valorisation des huiles essentielles et des extraits de *Satureja calamintha* : activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide. Thèse de doctorat université Badji Mokhtar-Annaba.
- [112] Saverina P., Silvia G., Simona P., Nadine K., San-Po P., Sabina M., Rudolf B. et Pietro M., **2015**, Seasonal variation in phenolic composition and antioxydant and anti-inflammatory activities of *Calamintha nepeta* (L.) Savi, *Food Research International*, 69, 121-132.
- [113] Pisoschi A.M, Pop A. **2015**, The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. *Eur J Med Chem*, **97**, 55-74.
- [114] Smaga I., Niedzielska E., Gawlik M., Moniczewski A., Krzek J., Przegaliński E., Pera J., Filip M., **2015**, Oxidative stress as an etiological factor and a potential treatment target of psychiatric disorders. Part 2. Depression, anxiety, schizophrenia and autism. *Pharmacol Reports*, **67**, 569-580.

- [115]Favier A .,1997,Le stress oxydant : intérêt de sa mise en évidence en biologie médicale et problèmes posés par le choix d'un marqueur. *Ann Biol Clin* **55**, 9-16.
- [116]Berger M.M.,2006,Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. *Nutr.Clin. Métabolisme*, 20, 48–53.
- [117]Sherwin E-R., 1990,In *Food Additives*, Ed. by L. Barnen. Marcel Dekker New York, 139-193
- [118] Skandrani I., Limem I., Neffati A., Boubaker J., Ben Sghaier M. et Bhourri W.,2010, Assessment of phenolic content, free-radical-scavenging capacity genotoxic and antigenotoxic effect of aqueous extract prepared from *Moricandiaarvensis* leaves. *Food and Chemical Toxicology* 48: 710–715.
- [119]Ribereau–Gayon P. 1968, Notion générale sur les composés phénoliques. In : « Les composés phénoliques des végétaux ». Ed. Dunod. 1-40..
- [120]Boizot N., and Charpentier J.P., 2006. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. *Le cahier des techniques de l'Inra*.79- 82.
- [121] Lagnika L., 2005, "*Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises*" Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg,, page :249.
- [122]Zhishen J., Mengcheng T., Jianming W., 1999,"*The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals*" *J Food Chem*,64, 555.
- [123]Kim D., Chun O., Kim Y., Moon H., Lee C., 2003, "*Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums*" *J. Agric. Food Chem.*,(51), 6509.
- [124] Swain T., Hillis W.E., 1959,Les constituants phénoliques de *Prunus Domestica*.I- L'analyse quantitative des constituants phénoliques. *Journal of science of food and agriculture*, 10, 63-68.
- [125] Oueslati S., Riadh K., Falleh H., Pichette A., 2012, Phenolic content, antioxydant, antiinflammatory and anticancer activities of the edible halophyte *Suaeda Fruticosa* Forssk. *Food chemistry* 132(2) :943-947.
- [126] Schofield P, Mbugua D. M., et Pell A. N.,2001, Analyses of condensed tannins: a review *Animal. Food and Technology*, 91 : 21-40.
- [127]Julkunen-Titto, R., 1985, Phenolics constituents in the leaves of northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 33, 213-217.

- [128] Antolovich M., prenzer P-D., patsalides E., McDonald S., Robards K.,**2002**, Methods for testing antioxidant activity .Analyst ;127,183-198.
- [129]Wu H.,**2007**.*Isolation and characterization of natural products from inger and Allium Ursinum*.ProQuest Edition..
- [130] Hadbaoui Z.,**2012**,Evaluation de l'activité antioxydante des fractions lipidiques, protéiques et phénoliques de sorgho et de mil locaux. *Thèse de Doctorat Université deKasdiMerbah*.
- [131]Laimouche N., Rezzoula M., **2019**,Etude de l'efficacité antioxydante synergique des extraits de *Saturejacalamintha* et *Ajugaiva* (Lamiaceae). Mémoire de master. Université de Saad Dahleb Blida.
- [132] Nickavar B., Abolhasani L. et Izadpanah H., **2008**, α -Amylase InhibitoryActivities of Six SalviaSpecies; Iranian journal of pharmaceuticalresearch, 7(4):297-303.
- [133] Veličković D.T., Karabegović I.T., Stojičević S.S., Lazić M.L., Marinković V.D., Veljković V.B., **2011**, Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained from *Salvia glutinosa* L. and *Salvia officinalis* L., *Hem. Ind.* 65 (5) 599–605.
- [134]Bouchouka E., **2016**,Extraction des polyphénols et étude des activités antioxydante et antibactérienne de quelques plantes Sahariennes. Thèse de Doctorat, Université Annaba.
- [135] Rasmy N.M., Hassan A.A., Foda M.I. et El-Moghazy M., **2012**,Assesment of the Antioxydant Activity of Sage (*Salvia officinalis* L.) Extracts on the Shelf Life of Mayonnaise. World Jornal of Diary & Food Sciences 7(1) :28-40.
- [136]Smach M.A., Hafsa J., Charfeddine B., Dridi H., Limem K., **2015**, Effects of sage extract on memory performance in mice and acetylcholinesterase activity. Ann Pharm Fr. 8p.
- [137]Et-Touys A., Fellah H., Mniouil M., Bouyahya A., Dakka N., Abdennebi E., Sadak A. et Bakri Y., **2016**,Screening of Antioxydant, Antibacterial and Antileishmanial Activities of *Salvia officinalis* L. Extracts from Morocco. British MicrobiologyResearch Journal 16(5) :1-10.
- [138]Ghorabi A., Cherouana M., **2018**, Etude de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de deux plantes : *Salviaofficinaliset Drimiamaritima*. Mémoire de master, Université des frères Mentouri Constantine 1.
- [139]Ghedadba N., Bousselsela H., Hambaba L., Benbia S., Mouloud Y.,**2014**,Évaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des feuilles et des sommités fleuries de marrubiumvulgar L.Phytothérapie. 12 :15-24.

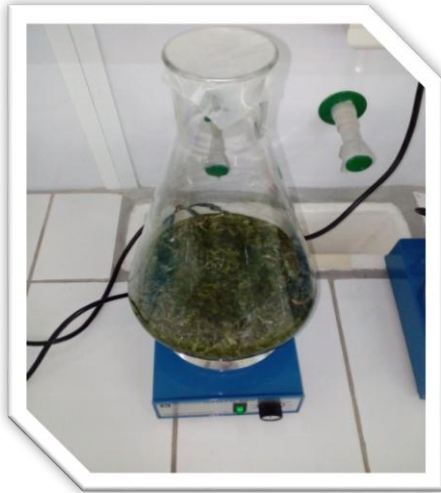
- [140] Amri, O., Elguiche, R., Tahrouch, S., Zekhnini, A. et Hatimi, A. **2015**, Antifungal and antioxidant activities of some aromatic and medicinal plants from the southwest of Morocco. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(7): 672-678.
- [141] Guettaf S., Abidli N., Kariche S., Bellebcir L. et Bouriche H., **2016**, Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous extract of *Genista Saharæ* (Coss. & Dur.). *Der Pharmacia Lettre* 8 (1):50-60.
- [142] Kalia K., Sharma K., Singh HP. et Singh B., **2008**, Effects of extraction methods on phenolic contents and antioxidant activity in aerial parts of *Potentilla aegyptiaca* Lodd. and quantification of its phenolic constituents by RP-HPLC. *J. Agric. Food Chem.* 56: 10129– 10134.
- [143] Katsube T., Tabata H., Ohta Y., Yamasaki Y., Anuurad E. et Shiwaku K., **2004**, Screening for antioxidant activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay and Folin–Ciocalteu assay. *J Agri Food Chem* 52: 2391–2396.
- [144] Stagos D., Portesis N., Spanou C., Mossialos D., Aligiannis N. et Chaita E., **2012**, Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology* 50: 4115- 4124.
- [145] Dahmani S., Dahmani F., **2018**, Evaluation de l'activité biologique des différents extraits et des huiles essentielles de la plante : *Salvia officinalis* L. Mémoire de Master Académique, Université Mohammed boudiaf- m'sila.
- [146] Afonso A.F., Pereira O.R., Fernandes A., Calhela R.C., Silva A.M.S., Ferreira I.C.F.R., Cardoso S.M., 2019, Phytochemical Composition and Bioactive Effects of *Salvia africana*, *Salvia officinalis* 'Icterina' and *Salvia mexicana* Aqueous Extracts, *Molecules*, 224,4327.
- [147] Tachakittirungrod S., Ikegami F. et Okonogi S., **2007**, Antioxidant Active Principles Isolated from *Psidium guajava* Grown in Thailand. *Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.)* 75:179-193.
- [148] Majhenic L., Kerget M.S., et Knez Z., **2007**, Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*. 104, 1258–1268.
- [149] Abderrezak R., Aib S, **2019**, Analyse phytochimique et activités biologiques des extraits aqueux de *Satureja calamintha* des monts de Maadid (région de Hodna), Mémoire de Master Académique, Université Mohammed boudiaf – M'sila.

[150] Rodriguez-Bernaldo A. Q. F. S., Frecha P. A., Vidal., et Lopez H. J. 2010, Antioxydant compounds in edible brownseeds. *European Food Research & Technology*, **231** (3), 495 –498.



Annexes

Annexes



Extraction par macération



Filtration



**FiltratEvaporation du solvant avec
un évaporateur rotatif**



Reprise avec de l'eau bouillante



Extrait obtenu



Extraction liquide-liquide avec le chloroforme



Extraction liquide-liquide avec le n-butanol