

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie
Département : Sciences de
l'Environnement et Sciences
Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم: علوم البيئة والعلوم
الفلاحية

Mémoire de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Toxicologie Fondamentale et Appliquée

Thème

Étude comparative de la composition chimique et de
l'activité biologique des huiles essentielles de *Satureja*
hispidula (Boiss. et Reut.) et *Mentha pulegium* (L.)

Membres de Jury

Président : M^r Sebti M.
Examinatrice : M^{me} Benabelkader M.
Encadrante : M^{me} Benterrouche I.

Présenté par :

Badache Rabiha
Bakiri Rania

Année Universitaire 2018-2019

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Laboratoire d'Ecotoxicologie et Laboratoire de Contrôle de Qualité d'Université de Jijel

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon dieu tout puissant de nous avoir donné courage, volonté et patience pour accomplir ce modeste travail.

Nous voudrions remercier particulièrement M^{me} Benterrouche pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant. On vous exprime, toutes nos gratitudees pour tous vos efforts, compréhension, et précieux conseils qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés aux membres de jury :

M^r Sebti qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

M^{me} Benabdelkader d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Enfin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité et qui m'a appris les sens de la persévérance tout au long de mes études

A ma très chère sœur : Houda

A mes frères : Yazid, Mohamed et Hakim

A ma très chère amie Hiba

A mon binôme Rania

A toute ma famille et tous mes amis

Rabiha

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes Parents (Abdelmadjid, Leila)

*Pour leurs soutiens et sacrifices qui m'ont supporté et m'ont aidé dans les pires des
moments*

A mes frères (Amine, Wassim, Rami)

A mon binôme Rabiha

A tous mes amis d'hier, d'aujourd'hui et de demain.

Rania

Liste des abréviations	i
Liste des tableaux	ii
Liste des figures	iii
Introduction	1

Partie 1 : Recherche bibliographique

Chapitres 1 : Plantes médicinales

1- Définition des plantes médicinales	3
2- Formes d'utilisation des plantes médicinales.....	3
3- Principes actifs des plantes médicinales.....	4
4- Plantes médicinales sélectionnées	6
4-1- L'espèce <i>Satureja hispidula</i>	6
4-2- L'espèce <i>Mentha pulegium</i>	7

Chapitre 2 : Les huiles essentielles

1- Définition des huiles essentielles.....	10
2- Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.....	10
3- Facteurs de variation des huiles essentielles au sein des espèces.....	14
4- Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	15
5- Techniques d'extraction des huiles essentielles	15
6- Domaines d'utilisation et mode d'emploi des huiles essentielles.....	17
7- Activité biologique des huiles essentielles	17
8- Toxicité des huiles essentielles.....	17

Partie 2 : Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

1- Matériel végétal	19
2- Échantillonnage et conditions écologiques.....	19
3- Détermination de la teneur en eau des plantes étudiées.....	20
4- Extraction des huiles essentielles.....	21
4-1- Description du dispositif d'extraction.....	21
4-2- Principe de l'appareil de Clevenger.....	21
4-3- Méthode d'extraction.....	22
4-4- Séparation de l'huile.....	22
4-5- Conservation de l'huile essentielle obtenue.....	22

4-6- Détermination du rendement d'extraction.....	22
5-Analyse des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse-CPG-SM.....	22
6- Préparation des dilutions d'huiles essentielles	23
7- Méthodes d'évaluation de l'activité biologique.....	24
7-1- Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante.....	24
7-1-1- Méthode d'évaluation de l'effet Scavenger du radical DPPH.....	24
7-1-2- Méthode d'évaluation du pouvoir réducteur du Fer	25
7-2- Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne.....	26
8- Analyses statistiques.....	27

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1- Taux d'humidité.....	28
2- Rendement d'extraction des huiles essentielles.....	29
3- Analyse chromatographique des huiles essentielles.....	30
4- Activité biologique des huiles extraites.....	35
4-1- Activité antioxydante des huiles extraites	35
4-1-1- Effet Scavenger du radical DPPH.....	35
4-1-2- Pouvoir réducteur.....	37
4-2- Activité antibactérienne des huiles essentielles	39
Conclusion.....	45
Références bibliographiques.....	47

Annexes

CMI	Concentration minimale inhibitrice
Gps	Globale Positioning Systeme
AFNOR	Association Française de Normalisation
Ae	Absorbance de l'échantillon
At	Absorbance du témoin
ATCC	American type culture collection
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
Fe²⁺	fer ferreux
Fe³⁺	fer ferrique
G	grame
G-	grame négative
G+	<i>grame positive</i>
GC / MS	Chromatographe en phase gazeuse / spectrométrie de masse
HE	Huile essentielle
IC₅₀	Concentration à 50% de DPPH perdu
<i>K. pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
L	litre
M	mètre
M	masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme
M'	masse d'huile essentielle en gramme;
Mg	millier grame
ml	millilitre
Mm	millimètre
Nm	nanomètre
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Pf	poids de matière fraîche
pH	potentiel hydrogène
Ps	poids de matière sèche
RHE	rendement en huile essentielle
<i>S. aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
TE (Pf)	Teneur en Eau par rapport à la masse fraîche
µl	microlitre
DPPH	2, 2-diphényl -1- picrylhydrazyl
TCA	Trichloracétique

Tableau	Titre	Page
1	Types de terpènes	11
2	Quelque paramètre écologique des stations d'étude	20
3	Liste des bactéries testées	26
4	Composition des huiles essentielles de <i>Satureja hispidula</i>	31
5	Composition des huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i>	34
6	Niveau d'activité antibatérienne	39
7	Diamètres des zones d'inhibition (mm) de l'huile essentielle de <i>Satureja hispidula</i>	41
8	Diamètres des zones d'inhibition (mm) de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i>	41

Figure	Titre	Page
1	Photo originale de <i>Satureja hispidula</i>	6
2	Photo originale de <i>Mentha pulegium</i>	7
3	Structure chimique de quelques monoterpènes	12
4	Structure chimique de quelques sesquiterpènes	13
5	Image satellitaire des trois stations de la récolte à Jijel	19
6	Diapositif d'extraction des huiles essentielles	21
7	Préparation des dilutions de l'huile essentielle des deux espèces	23
8	Protocole d'étude de l'activité anti-radicalaire	24
9	Protocole du pouvoir réducteur	25
10	Taux d'humidité des deux plantes étudiées	28
11	Rendement d'extraction de l'huile essentiel de <i>Satureja hispidula</i> et <i>Mentha pulegium</i>	29
12	Chromatogrammes des huiles essentielles de <i>Satureja hispidula</i>	30
13	Chromatogrammes des huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i>	33
14	Variation du pourcentage d'inhibition du DPPH· en fonction de différentes concentrations des huiles essentielles et de l'α-tocopherol	35
15	IC ₅₀ des huiles essentielles et de l'α-tocophérol	36
16	Pouvoir réducteur en fonction de différentes concentrations des huiles essentielles et de l'α-tocophérol	38
17	CR _{0,5} des huiles essentielles et de l'α-tocophérol	38
18	Diamètres des zones d'inhibition des huiles essentielles testées vis-à-vis des souche bactérienne	40

Introduction

En raison des croyances et des pratiques locales ainsi que des considérations de coût, les médicaments à base de plantes restent un mode de traitement populaire dans les pays en développement. Même dans la société industrialisée, le coût croissant des médicaments sur ordonnance et les effets secondaires du traitement qui en résultent rendent l'utilisation de la médecine traditionnelle extrêmement intéressante, en particulier pour les affections mineures (**De Silva, 2009**).

Alors que dans les plantes alimentaires, notre principal intérêt est les glucides, les protéines, les lipides et autres vitamines, dans les plantes médicinales, nous recherchons des produits chimiques thérapeutiquement utiles qui sont généralement qualifiés de métabolites secondaires. Les plantes synthétisent ces composés pour se protéger, pour s'adapter ou pour se défendre, des organismes ou maladies hostiles ou de l'environnement (**De Silva, 2009**).

Les plantes médicinales représentent un réservoir immense de composés potentiels qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques. Parmi ces métabolites secondaires on distingue les huiles essentielles.

Les huiles essentielles sont connues pour être douées de propriétés biologiques. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antiseptiques, antimicrobiennes, antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydants et antiparasitaires. Plus récemment, on leur reconnaît également des propriétés anticancéreuses, cette activité biologique est due à sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants.

C'est pourquoi nous nous sommes intéressés dans ce travail à la composition chimique de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* poussant à l'état spontané dans trois stations différentes de la région de Jijel (Algérie) et à évaluer l'activité antioxydante et antibactérienne de leurs huiles essentielles, et faire comparer la composition chimique et l'activité antioxydante et antibactérienne sur les huiles essentielles de ces deux plantes qui peut être variée en fonction de plusieurs facteurs.

Notre travail a été divisé en deux parties ; nous aborderons dans une première partie une étude bibliographique qui regroupe deux chapitres dont le premier concerne des généralités sur les plantes médicinales et une description détaillée des plantes étudiées. Le deuxième chapitre est consacré aux huiles essentielles, leurs classifications et leurs propriétés pharmacologiques.

La deuxième partie regroupe un chapitre qui décrit le matériel et les méthodes utilisées dans ce travail qui porte sur :

- L'extraction des huiles essentielles ;
- L'identification des composés par CPG/SM ;
- Une étude de l'activité antioxydante par deux méthodes, le piégeage du radical libre DPPH. et la réduction de fer ;
- Une étude de l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur disques.

Enfin dans le dernier chapitre nous présenterons les résultats obtenus et leurs discussions.

Partie I : Recherche

bibliographique

Chapitres I :

Plantes médicinales

1- Définition des plantes médicinales

Les plantes médicinales sont toutes les plantes qui contiennent une ou des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont des précurseurs dans la synthèse de drogues utiles (Sofowora, 2010). Elles contiennent généralement des mélanges de différents composés chimiques qui peuvent agir individuellement, de manière additive ou en synergie pour améliorer la santé (Gurib-Fakim, 2006).

2- Formes d'utilisation des plantes médicinales

Au total, 14 parties de plantes peuvent être utilisées en médecine traditionnelle notamment le bulbe, la graine, le rhizome, les racines, l'écorce, la plante entière, la partie aérienne, la tige feuillée, les sommités fleuries, la tige, la feuille, la fleur, le tubercule et le fruit. La feuille et la graine sont les plus utilisées suivi par la tige feuillée et le fruit (Benkhniue *et al.*, 2010). Pour assurer l'action voulue de la plante, il est nécessaire de choisir la méthode d'extraction appropriée :

2-1- Décoction

Le processus d'extraction par décoction consiste à faire bouillir, dans de l'eau, la matière végétale, pendant un temps déterminé (10 à 30 mn), de la laisser ensuite macérer pendant un autre laps de temps et de procéder enfin au filtrage (Chiej, 1982).

2-2- Infusion

L'infusion est la forme de préparation la plus simple qui permet d'assurer une diffusion optimale des substances volatiles : essences, huiles, ...etc. (Baba Aissa, 1999). L'infusion s'obtient en versant de l'eau bouillante sur une quantité spécifique de matière végétale, en laissant reposer la mixture pendant 10-15 minutes (Sofowora, 2010).

2-3- Macération

La macération concentre généralement les plantes dont les substances actives risquent de disparaître ou de se dégrader sous l'effet de la chaleur (Baba Aissa, 1999). Celle-ci est préparée en plaçant la matière végétale avec la totalité du liquide d'extraction dans un récipient fermé, et en laissant reposer pendant 7 jours, en le secouant de temps à autre. Le contenu est ensuite filtré (Sofowora, 2010).

2-4- Extraction des sucs

Les sucs contiennent les sels minéraux et les vitamines que la plante a élaborées, ainsi que les autres substances obtenues par pression. On peut extraire les sucs en procédant à une ébullition rapide de la plante fraîche, suivie de pressions successives (**Chiej, 1982**).

2-5- Autres modes de préparation

- **Poudre** : les plants desséchés (entières, feuilles, graines, racines ou écorces) sont broyés, puis incorporés aux aliments (marmelade, confiture) (**Baba Aissa, 1999**).
- **Cataplasme** : Il consiste à appliquer sur la peau des préparations de consistance molle et pâteuse ou encore des préparations de plantes râpées ou écrasées (**Debuigue, 1984**).
- **Fumigation** : on fait bouillir ou brûler des plantes, de façon à bénéficier des propriétés thérapeutiques des vapeurs ou fumées produits. Ces vapeurs des plantes aromatiques ont un grand pouvoir désinfectant (**Debuigue, 1984**).

3- Principes actifs des plantes médicinales

Dans chaque cellule végétale, une multitude de réactions chimiques se produisent à tout moment. La somme des réactions et des processus chimiques est appelée métabolisme. Le métabolisme primaire produit principalement des glucides, des lipides, des protéines et des acides nucléiques, en tant que composés primaires à partir desquels des organismes vivants sont fabriqués. Le métabolisme secondaire produit quant à lui une vaste gamme de composés que l'on ne retrouve pas chez toutes les espèces (**Máthé, 2015**). Les métabolites secondaires sont des composés organiques naturellement présents dans les plantes, qui résultent de la méthylation, de l'hydroxylation, de la glycosylation ou d'autres réactions biochimiques des métabolites primaires (**Korkina, 2007**). Les principes actifs des diverses plantes médicinales issues de ce métabolisme secondaire, possèdent des propriétés physiologiques importantes pour l'homme et les animaux (**Guignard, 2000**).

Une seule plante peut contenir des substances amères stimulant la digestion, des composés anti-inflammatoires réduisant le gonflement et la douleur, des composés phénoliques pouvant agir en tant qu'antioxydants et veinotoniques, des tanins antibactériens et antifongiques agissant en tant qu'antibiotiques naturels, substances diurétiques qui favorisent l'élimination des déchets, des toxines et des alcaloïdes qui améliorent l'humeur et procurent une sensation de bien-être (**Gurib-Fakim, 2006**). Il est indispensable de connaître la composition des plantes pour comprendre comment elles agissent sur l'organisme (**Chevalier, 2001**).

Parmi ces principes actifs contenus dans les plantes médicinales, on peut citer :

3-1- Les phénols

Il existe une très grande variété de phénols, de composés simples comme l'acide salicylique, ou plus complexes comme les composés phénoliques. Les phénols sont anti-inflammatoires, antiseptiques, antioxydants et peuvent avoir des propriétés antivirales (**Chevalier, 2001**).

3-2- Les flavonoïdes

Les flavonoïdes, présents dans la plupart des plantes, sont des pigments polyphénoliques qui contribuent, entre autres, à colorer les fleurs et les fruits en jaune ou en blanc (**Chevalier, 2001**). Les flavonones et les flavonols représentent environ 80% des flavonoïdes connus dont la principale activité attribuée à ces composés est une propriété vitaminique P veinoactive, anti-inflammatoires, antiallergiques, hépato-protecteurs, antispasmodiques, diurétiques, antibactériens, antiviraux et diminue la perméabilité des capillaires sanguins et renforce leur résistance (**Bruneton, 1999**).

3-3- Les tanins

Toutes les plantes contiennent des tanins à un degré plus ou moins élevé. Ceux-ci donnent un goût amer à l'écorce ou aux feuilles et les rendent impropres à la consommation pour les insectes ou les bétails. Ils permettent de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections (**Chevalier, 2001**). Ils peuvent précipiter les protéines à partir de leurs solutions aqueuses et possèdent des propriétés antiseptiques mais également antibiotiques, astringentes, anti-inflammatoires, ...etc. (**Perroti et al., 1999**).

3-4- Les alcaloïdes

Formant un groupe très large, les alcaloïdes possèdent presque tous une molécule d'azote qui les rend pharmaceutiquement très actifs. Certains sont des médicaments connus qui ont des vertus thérapeutiques avérées (**Chevalier, 2001**). Les effets thérapeutiques des alcaloïdes sont nombreux et peuvent être aussi des poisons mortels. Au niveau du système nerveux central ils agissent comme dépresseurs (morphine, scopolamine) ou comme stimulants (caféine, strychnine,...etc.). Au niveau du système nerveux autonome comme sympathomimétiques (éphédrine), anticholinergiques (atropine). Certains jouent le rôle d'anesthésiques locaux (cocaïne), d'antipaludiques (quinine) (**Kansole, 2009**).

3-5- Les huiles essentielles

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie (**Chevalier, 2001**). Les

principaux constituants des huiles essentielles sont des terpènes qui sont connus par leurs activités cytostatiques, insecticides, anti-inflammatoires, molluscicides et analgésiques (**Bruneton, 1999**).

4- Plantes médicinales sélectionnées

4-1- L'espèce *Satureja hispidula*

Le genre *Satureja* appartenant à la famille des Lamiacées, et comporte 200 espèces qui sont largement répandues dans les régions méditerranéennes, Sud –ouest de l'Asie et d'Amérique (**Kaya et al., 2009**).



Figure 1 : Photo originale de *Satureja hispidula* (Boiss. et Reut.) .

4-2-1- Classification taxonomique de *Satureja hispidula*

Règne :	Plantae
Embranchement :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiaceae
Genre :	<i>Satureja</i>
Espèce :	<i>Satureja hispidula</i> (Boiss. et Reut.)

- Synonyme de *Calmintha hispidula*
- Nom commun : sarriette, baume sauvage, pouliot de montagne (**Benkhedimallah et Kismoun, 2014**)
- Nom vernaculaire : Touret (**Quezel et Santa, 1963**).

4-2-2- Description morphologique et caractéristiques de *Satureja hispidula*

Plante annuelle courtement hispide. Inflorescences subsessiles à l'aisselle des feuilles. Calice d'abord tubuleux, ensuite bossu à la base à maturité long de 4 mm. Corolle rosée dépassant peu le calice (Quezel et Santa, 1963).

4-2-3- Distribution et habitats

Cette plante appartient aux espèces indigènes très rares qui pousse dans les forêts de chêne liège dans le Nord Est de l'Algérie, Sa répartition géographique s'étend de la petite Kabylie jusqu'à les frontières tunisienne (Quezel et Santa, 1963).

4-2-4- Composition chimique

Les huiles essentielles de *Satureja hispidula* contient beaucoup de composants, les plus abondants sont : Menthone, piperitone oxide, pulegone et cyclohexanone 2 (1-methylethylidene) (Sebti *et al.*, 2013).

4-2-5- Utilisations

La tige feuillée de *Satureja hispidula* est utilisée en infusion contre, les douleurs gastriques et les troubles digestifs, fatigue psychique, diarrhée, et stresse.

4-2- *Mentha pulegium*

Mentha pulegium est une plante odorante qui appartient à la famille des lamiacées. Sa saveur est fortement aromatique et son odeur est intense, fraîche et pénétrante.

Le nom de « pouliot » vient du latin *pulegium*, qui dérive de pulex ce qui signifie la puce ; car la plante ayant la propriété d'éloigner les puces (Sutour, 2010).



Figure 2 : Photo originale de *Mentha pulegium*

4-2-1- Classification taxonomique

La position systématique de *Mentha pulegium* est la suivante :

Règne :	Plantae
Embranchement :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiaceae
Genre :	Mentha
Espèce :	<i>Mentha pulegium</i> (L.)

- Nom commun : Menthe Pouliot (**Chevalier, 2001**), Pennyroyal (**Miraj et Kiani, 2016**)
- Nom vernaculaire : Feliou (**Quézel et Santa, 1963**)

4-2-2- Description morphologique et caractéristiques de *Mentha pulegium*

C'est une plante vivace aromatique (**Chevalier, 2001**), elle est de 10-30 cm de haut, inflorescences formées de nombreux verticillastres denses, feuillés, avec un calice presque bilabié (**Quzel et santa, 1963**), et velu à la gorge (**Dechambre, 1873**). Ces tiges, couchées ou radicales à la base, sont assez épaisses, rameuses et pubescentes. Elle porte des feuilles elliptiques obtuses, atténuées à la base en un court pétiole, pourvue de dentelures très petites et écartées. Les fleurs, roses ou lilacées, sont disposées en verticilles épais, qui occupent une grande partie de la longueur des tiges (**Dechambre, 1873**). Les fleurs apparaissent à l'été (**Chevalier, 2001**).

4-2-3- Distribution et habitats

Le pouliot est une espèce de plante herbacée, à croissance sauvage, répandue dans la nature. Cette plante couvre de vastes zones de tout le bassin méditerranéen, d'Europe occidentale, centrale et orientale, d'Asie Mineure, des parties du Nord d'Iran, du Proche-Orient (Syrie, Ethiopie) et d'Afrique du Nord (**Chalchat, 2000 ; Deghani et al., 2018**). On peut le trouver sur des terrains humides (**Ducarf, 2010**).

4-2-4- Composition chimique

L'huile essentielle de l'espèce *Mentha pulegium* est constituée principalement du pulegone c'est l'un des composés organiques naturels les plus précieux de cette plante (**Hajlaoui et al., 2009 ; Roy et al., 2018**), c'est un composé volatil hautement toxique qui affecte les fonctions hépatique et utérine (**Kamkar et al., 2010**), il est déconseillé pendant la grossesse ou en cas de prédispositions aux règles abondantes (**Chevalier, 2001**).

Outre le pulegone, l'analyse de la *Mentha pulegium* a montré que la menthone (**Chalchat et al., 2000**) et le pipéritone (**Bouhaddouda, 2015**) sont également des composants major.

4-2-5- Utilisations

La *Mentha pulegium* L. est surtout connue pour ces qualités culinaires pour aromatiser les sauces, les desserts et les boissons (**Sivropoulou et al., 1995**). Elle est célèbre par le plat très populaire (le ragout de pomme de terre au pouliot) « Batata Feliou » (**Baba aïssa, 2000**). La menthe est utilisée dans les produits cosmétiques et considérée également bénéfique pour la santé (**Sivropoulou et al., 1995**). Ces parties aériennes sont traditionnellement utilisées comme des antispasmodiques, sédatives (**Rabiei, 2016 ; Hadi, 2017**) et abortives (**Miraj et Kiani, 2016**). Il est également employé pour le traitement des rhumes, de la grippe, des crampes abdominales, ainsi que pour la variole et la tuberculose (**Miraj et Kiani, 2016**).

La menthe pouliot est un excellent digestif. Elle stimule les sécrétions gastriques, réduit les flatulences et les coliques, et élimine les vers intestinaux. Elle fait baisser la fièvre, favorise la sécrétion des muqueuses et constitue un bon remède contre les maux de tête et les infections respiratoires bénignes et elle favorise l'apparition des règles. En infusion, la menthe pouliot apaise les démangeaisons et les sensations de picotement, et les rhumatismes, dont la goutte (**Chevalier, 2001**). Les études ont confirmé que l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. est un antioxydant (**Dehghani et al., 2018**).

Chapitre 2 :

Les huiles essentielles

1- Définition des huiles essentielles

L'huile essentielle est un liquide huileux aromatique (**Burt, 2004**), résultant de la distillation d'une plante aromatique (par exemple la sauge), d'une fleur (par exemple la rose), d'une semence (par exemple la carotte), d'un bois (par exemple le santal), d'un fruit (par exemple la bergamote), d'une baie (par exemple le genièvre) ou encore d'une sève d'arbre (par exemple la térébenthine) (**Grosjean, 2015**).

Le terme « huile essentielle » a été conçu empiriquement. Le mot « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances ; cependant, le mot « essentielle » se comprenant comme étant le caractère principal de la plante (**Bernard *et al.*, 1988**).

Une définition alternative des huiles essentielles, établie par le professeur Gerhard Buchbauer de l'Institut de chimie pharmaceutique de l'Université de Vienne, inclut la suggestion suivante : "Les huiles essentielles sont des substances plus ou moins volatiles ayant un impact plus ou moins odorant, produites soit par distillation à la vapeur soit par distillation à sec, soit par un traitement mécanique d'une seule espèce" (**Buchbauer *et al.*, 1994**).

2- Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

2-1- Propriétés physiques des huiles essentielles

Les HE sont des substances à consistance huileuse, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes, généralement incolores ou jaunes pâles, leur densité est généralement inférieure à 1. Elles sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les huiles végétales et dans la plupart des solvants organiques. Elles peuvent être oxydées rapidement par la lumière (**Bekhechi et Abdelouahid, 2014**).

Elles s'évaporent très facilement, leurs molécules aromatiques ont la propriété de se volatiliser dès lors qu'elles sont exposées à la lumière du soleil ou non conservées hermétiquement (**Huete, 2012**).

2-2- Composition chimique des huiles essentielles

Les composés présents dans les huiles essentielles appartiennent à diverses classes chimiques, principalement les terpènes, mais aussi les phénylpropanoïdes qui sont beaucoup moins fréquents, elles peuvent également renfermer divers produits issus de processus dégradatifs mettant en jeu des constituants non volatils (**Bruneton, 2009**).

2-2-1- Les terpènes

Tous les terpènes sont des hydrocarbures constitués uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène (**Price et Price, 2007**), dont l'unité de base est une isoprène (composée de cinq atomes de carbone qui constitue le bloc de construction de base des terpènes) (**Williams, 1996**), de formule générale $[C_5H_8]_n$ (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013**).

Les terpènes comprennent des monoterpènes avec deux unités d'isoprène (10 atomes de carbone dans la molécule), des sesquiterpènes avec trois (15 atomes de carbone), des diterpènes avec quatre (20 atomes de carbone)...etc. (**Buckle, 2003 ; Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013**) (**Tableau1**).

Tableau 1 : Types de terpènes

Nombre de carbone	Nombre d'isoprènes	Type de terpènes
10	2	Monoterpènes
15	3	Sesquiterpènes
20	4	Diterpènes
30	6	Triterpènes
40	8	Tetraterpènes

Les monoterpènes sont les terpènes les plus répandus dans les huiles essentielles, suivis des sesquiterpènes (**Thormar, 2011**). Ces deux types de terpènes sont les seuls qui peuvent être extraits par distillation (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**), les autres terpènes ne se trouvent pas dans les huiles essentielles car leur poids moléculaire dépasse la limite imposée par le processus de distillation (**Price et Price, 2007**).

2-2-1-1- Les monoterpènes

Les monoterpènes constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**). Ils se forment lorsque deux unités d'isoprène C5 sont jointes, ce qui donne un squelette de formule moléculaire $C_{10}H_{16}$ (**Waksmundzka-Hajnos et Sherma, 2010**).

D'après **Clarke (2009)**, les propriétés physiques, chimiques et thérapeutiques sont les suivants :

➤ Propriétés physiques et chimiques des monoterpènes

- Liquides mobiles et incolores ;
- Très volatil, à bas point d'ébullition, s'évapore très rapidement ;
- Odeurs faibles et sans intérêt ;
- Assez réactif, enclin à l'oxydation (réaction avec l'oxygène) même par temps froid.

➤ Propriétés thérapeutiques

- Antiseptique ;
- Bactéricide, antiviral ;
- Peut-être :
 - Analgésique ;
 - Expectorant ;
 - Décongestionnant ;
 - Stimulant.

Des exemples de quelques monoterpènes sont présentés dans la figure 3.

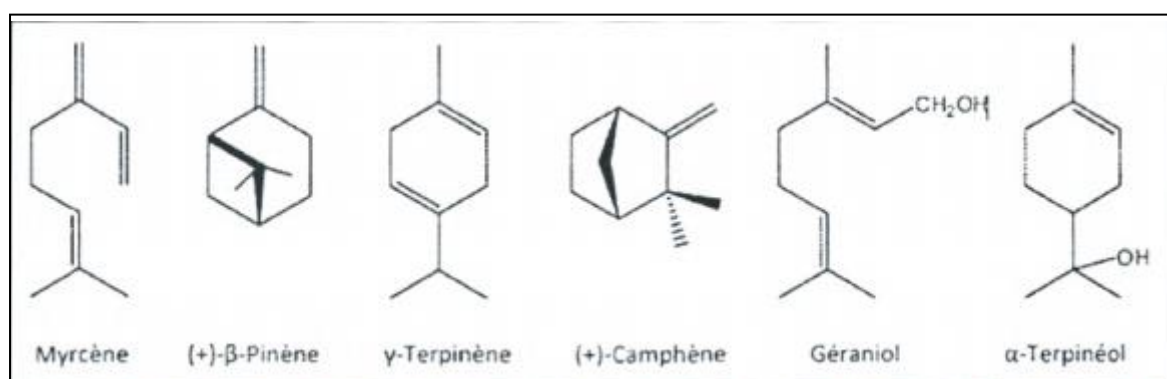


Figure 3 : Structure chimique de quelques monoterpènes (Bruneton, 1999)

2-2-1-2- Les sesquiterpènes

Le préfixe « sesqui » signifie « un et demi » (McGuinness, 2003), c.-à-d. une fois et demie un monoterpène (Clarke, 2009). Les sesquiterpènes sont formés par la combinaison de trois unités d'isoprène, ce qui leur donne la formule moléculaire $C_{15}H_{24}$. Ils peuvent être linéaires, ramifiés ou cycliques (Thormar, 2011). Les propriétés physiques, chimiques et thérapeutiques proposés par Clarke (2009) sont les suivants :

➤ Propriétés physiques et chimiques

- Plus grand poids moléculaire que les monoterpènes, donc moins volatil avec des points d'ébullition plus élevés ;
- Toujours sujet à l'oxydation mais plus lentement à l'oxygène atmosphérique ;

- Odeurs fortes.

➤ **Propriétés thérapeutiques**

- Antiseptique ;
- Antibactérien ;
- Anti-inflammatoire ;
- Calmant et légèrement hypotenseur ;
- Certains peuvent être analgésiques et antispasmodiques.

Les exemples les plus courants de sesquiterpènes comprennent le chamazulène (présent dans les camomilles), le bisabolène (présent dans le poivron noir et citron) et le caryophyllène (présent dans la lavande, la marjolaine et la sauge sclarée) (figure 2) (McGuinness, 2003).

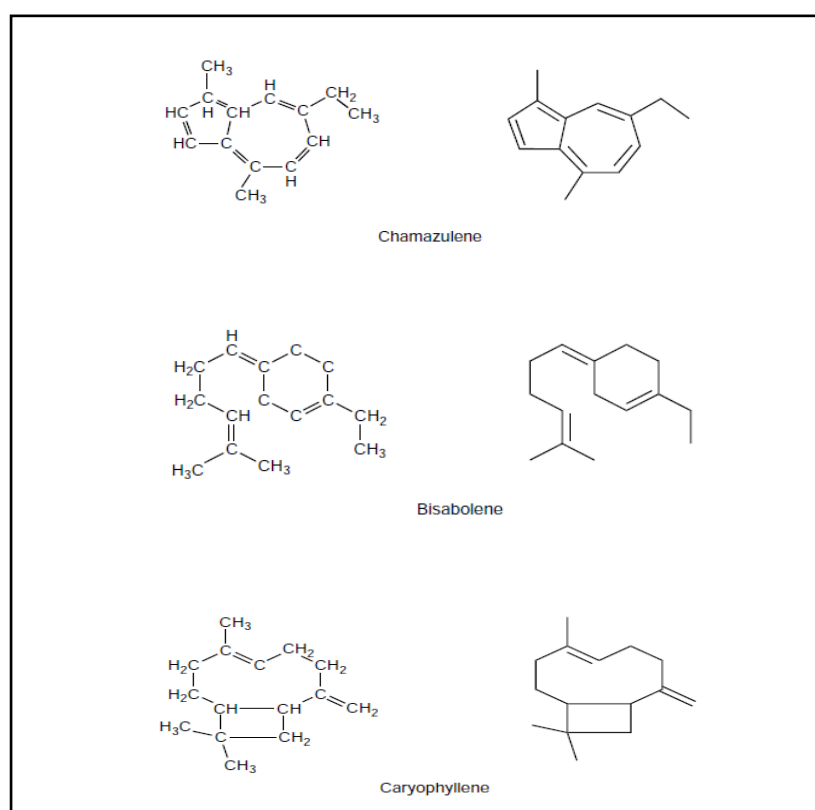


Figure 4 : Structure chimique de quelques sesquiterpènes (Clarke, 2009).

2-2-2- Composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane sont beaucoup moins fréquents dans les huiles essentielles que les monoterpènes et les sesquiterpènes (Couic-Marinier et Lobstein, 2013). Les phénylpropanoïdes ont un squelette C_6C_3 composé d'un cycle aromatique à six carbones avec une chaîne latérale à trois carbones (Thormar, 2011).

3- Facteurs de variation des huiles essentielles au sein des espèces

Dans les plantes aromatiques, la composition des huiles essentielles des plantes de la même espèce peut être différente en raison de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques.

3-1- Facteurs intrinsèques

Parmi les exemples de facteurs intrinsèques, les facteurs génétiques et le stade de développement de la plante jouent un rôle important.

3-1-1- Variations génétiques

Les variations génétiques peuvent influencer les voies de biosynthèse des terpènes et, par conséquent, des variations quantitatives et qualitatives de la composition des huiles essentielles peuvent se produire (Salgueiro *et al.*, 2010 ; De sousa, 2015 ; Aissi *et al.*, 2016).

3-1-2- Age de la plante

L'âge des plantes influence également la composition de l'huile essentielle (Chauhan *et al.*, 2016). Pour une espèce donnée, la proportion des constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du développement. Des variations parfois très importantes sont couramment observées dans certaines espèces (Bruneton, 2009).

3-2- Facteurs extrinsèques

Parmi les facteurs extrinsèques, on peut citer :

3-2-1- Altitude

L'altitude semble être le facteur environnemental le plus important influant sur la teneur en huile et leur composition chimique, cette variation entre les différentes altitudes peut être attribuée à l'adaptation à des habitats particuliers. La basse altitude est la condition la plus préférable pour plus de rendement (Vokou *et al.*, 1993 ; Sadeghi *et al.*, 2014 ; Chauhan *et al.*, 2016 ; Melito *et al.*, 2016 ; El-Jalel *et al.*, 2018 ; Yahia *et al.*, 2019).

3-2-2- Conditions météorologiques

Le climat, les précipitations, la température, l'humidité relative, la durée totale d'insolation, le régime hydrique et le régime des vents et la saison de récolte jouent un rôle très important dans le rendement et la composition chimique des huiles essentielles des plantes et donc sur leur activité biologique (Vokou *et al.*, 1993 ; Kamatou *et al.*, 2008 ; Russo *et al.*, 2013 ; Riahi *et al.*, 2015 ; S. Sá *et al.*, 2016 ; Smitha et Tripathy, 2016 ; Gomes *et al.*, 2019 ; Yahia *et al.*, 2019).

3-2-3- Type du sol

La taille des particules, le pH et les nutriments jouent un rôle aussi dans le rendement et la composition chimique des huiles essentielles (**Salgueiro *et al.*, 2010**). Aussi, les engrais organiques et les pesticides peuvent affecter le produit final. (**Jenkins, 2006**).

3-2-4- Procédés d'extraction

Certains travaux de recherche ont prouvé l'influence de la technique et du temps d'extraction sur la qualité des huiles essentielles (**Memarzadeh *et al.*, 2015 ; Chouaibi *et al.*, 2019**).

4- Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles sont extraites de diverses plantes aromatiques, elles peuvent être présentes dans tous les organes de la plante, y compris les bourgeons, les fleurs, les graines, les brindilles, les tiges, les fruits, les racines, le bois ou l'écorce (**Bouyahya *et al.*, 2018**). Elles se trouvent dans des cellules sécrétrices spécifiques. Ce sont des structures histologiques spécialisées servant à leur synthèse et à leur stockage. Les cellules sécrétrices sont rarement à l'état isolé, mais le plus souvent regroupées dans des poches (Myrtacées, Rutacées), dans des canaux sécréteurs (Apiacées, Composées) ou dans des poils sécréteurs (Lamiacées) (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013**).

Les structures sécrétoires minimisent le risque d'autotoxicité et peuvent être trouvées à la surface des organes de la plante ou dans les tissus de la plante, et sont classées respectivement en structures de sécrétion externe ou interne. Les structures sécrétoires internes comprennent les cellules sécrétrices (souvent des idioblastes), les cavités sécrétoires et les canaux sécréteurs. Tandis que les cavités externes comprennent les trichomes glandulaires, les cellules épidermiques et les osmophores (**De sousa, 2015**).

La partie de la plante utilisée pour obtenir l'huile essentielle doit être précisée, soit pour des questions de rendement, soit parce que la composition chimique de la partie considérée conduira à une application spécifique très intéressante (**Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013**).

5- Techniques d'extractions des huiles essentielles

5-1- Par entraînement à la vapeur d'eau

5-1-1- Hydrodistillation simple

L'hydrodistillation consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile se sépare par différence de densité (**Bruneton, 2009**).

5-1-2- Distillation à vapeur saturée

Dans une distillation à vapeur saturée, le végétale n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées (**Bruneton, 2009**).

5-1-3- Hydrodiffusion

Cette technique consiste à pulser de la vapeur d'eau à très faible pression à travers la masse végétale, du haut vers le bas. La composition des produits obtenus est qualitativement sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques. Le procédé permet un gain de temps et d'énergie (**Bruneton, 2009**).

5-2- Expression

Cette méthode est utilisée pour les fruits de la famille des Rutacées, à savoir l'orange, le citron, la lime, ...etc. Elle consiste à briser les poches à essence des zestes frais pour en extraire les essences (**Huete, 2012**).

5-3- Extraction au moyen de solvant organique

Ce procédé consiste à faire passer des solvants à travers les plantes afin de pouvoir en extraire les substances aromatiques. Les huiles essentielles fabriquées ainsi ne doivent jamais être utilisées par voie interne à cause de la présence de traces de solvants (**Huete, 2012**).

5-4- Enfleurage

L'enfleurage à chaud ou à froid, adopté essentiellement en cosmétique et en parfumerie, permet de traiter des fleurs fragiles qui ne peuvent supporter les températures élevées de la distillation à la vapeur (**Huete, 2012**).

5-5- Extraction au dioxyde de carbone supercritique

L'extraction au dioxyde de carbone supercritique permet d'obtenir des parfums, fragrances et ingrédients actifs sans résidus à partir d'un solvant d'origine naturelle : le dioxyde de carbone. À la fin du procédé, on obtient donc des extraits 100 % naturels, sans traces de solvant, étant donné la faible température, tous les composés, même les plus fragiles, sont préservés (**Huete, 2012**).

6- Domaines d'utilisation et mode d'emploi des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont responsables de l'attrait sensoriel de l'odeur et de la saveur des plantes et, pour ces propriétés organoleptiques et leurs larges activités biologiques reconnues, elles sont utilisées dans les industries pharmaceutique, agronomique, alimentaire (aromatisation des aliments et des boissons), sanitaire, cosmétique et de la parfumerie (**buchbauer, 2000**).

Elles sont présentes aussi dans les articles ménagers, l'industrie de la conserve et la fabrication des bougies et des savons (**Buckle, 2003**).

Les huiles essentielles peuvent être utilisées de différentes manières :

- **Topique** : utiliser la peau externe au toucher, aux compresses ou au bain ;
- **Interne** : utilisation de la peau interne via des bains de bouche, des douches, des pessaires ou des suppositoires ;
- **Orale** : via des capsules de gélatine ou diluée dans du miel ou un dispersant ;
- **Inhalé** : directement ou indirectement, avec ou sans vapeur.

Chaque méthode d'application a son propre processus physiologique, ses avantages et ses inconvénients (**Buckle, 2003**).

7- Activité biologique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des sources riches en composés biologiquement actifs. De nombreuses huiles et extraits de différentes plantes ont été étudiés pour leurs propriétés antioxydantes (**C'avar et al., 2008 ; Alves-Silva et al., 2013 ; Kazemi, 2015 ; Benabdallah et al., 2018 ; Bouyahya et al., 2019 ; Luo et al., 2019**) et antimicrobienne (**Burt, 2004 ; Oussalah et al., 2007 ; C'avar et al., 2008 ; Alves-Silva et al., 2013 ; Lin et al., 2016 ; Delfine et al., 2017 ; Hashim et al., 2017 ; Gupta et Kumar, 2017 ; Bouyahya et al., 2019 ; Luo et al., 2019**).

Mais aussi anti-inflammatoire (**Kazemi, 2015 ; Delfine et al., 2017 ; Luo et al., 2019**), anticancéreux (**Yu et al., 2011**), antifongique, insecticide, herbicide et larvicide (**Mohammad hosseini et al., 2017**).

8- Toxicité des huiles essentielles

Si une huile est utilisée pendant une très longue période, il peut y avoir un risque de sensibilisation même s'il n'en existe pas pour une utilisation normale (**Price et Price, 2007**).

8-1- Toxicité aigüe

En règle générale, les huiles essentielles ont une toxicité aigüe par voie orale faible ou très faible, la majorité de celle qui sont couramment utilisées ont une DL₅₀ comprise entre 2 et 5 g/kg (anis, eucalyptus, girofle, etc.). Les observations cliniques chez l'homme montrent que des intoxications aiguës sont possible, même lorsque la DL₅₀ est élevée surtout chez les jeunes enfants (**Bruneton, 2009**).

8-2- Toxicité chronique

La toxicité chronique des huiles essentielles est assez mal connue, au moins en ce qui concerne leur utilisation dans le cadre de pratique comme l'aromathérapie, quelle que soit la voie d'administration. Les éventuels effets indésirables ne sont que rarement signalés (**Bruneton, 2009**).

- Cancérogénicité

La cancérogénicité de quelques huiles a été testée sur les animaux, et les composants des huiles essentielles safrole et dihydrosafrole ont été impliqués dans la formation de tumeurs hépatiques chez les rats (**Price et Price, 2007**).

- Neurotoxicité

Un soin particulier doit être exercé lors de l'utilisation d'huiles contenant de l'apiol. Les molécules des huiles essentielles sont solubles dans les lipides et peuvent donc franchir la barrière hémato-encéphalique et accéder au système nerveux central (**Price et Price, 2007**).

- Hépatotoxicité

La toxicité hépatique semble se produire lorsque des composants inoffensifs d'huiles essentielles sont métabolisés en produits chimiques toxiques, comme le pulegone, présent dans de nombreuses huiles de menthe (**Price et Price, 2007**).

- Néphrotoxicité

Certaines huiles essentielles ont un effet sur les reins qui est considéré comme stimulant et bénéfique à faible dose, mais elles pourraient être classées comme toxiques si la quantité d'huile utilisée est excessive ou si elle est utilisée pendant trop longtemps. De grandes quantités d'ester méthylique de salicylate et de safrole sont néphrotoxiques (**Price et price, 2007**).

Partie 2 :

Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

1- Matériel végétal :

Notre étude a porté uniquement sur les parties aériennes de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium*. Le choix de nos plantes est basé sur :

- Leur utilisation comme remèdes traditionnels par la population de la région ;
- Leur pouvoir curatif et guérisseur ;
- La disponibilité de la plante ;
- La présence de substances aromatiques (huiles essentielles) avec un rendement satisfaisant.

2- Échantillonnage et conditions écologiques

Les échantillons ont été récoltés manuellement au mois d'Avril et Mai 2019 durant laquelle les plantes étaient en pleine phase végétative dans trois stations différentes de la wilaya de Jijel (à raison de deux stations par espèce) : El Milia (Ouled-Ali-ou-Brahem) et Kaous (Beni-Ahmed) pour la Sariette ; Djimla (Bouafroune) et Kaous (Beni-Ahmed) pour la menthe. La localisation géographique précise des lieux d'échantillonnage est illustrée sur la figure 5 et leurs données écologiques sont rapportées dans le tableau 2.

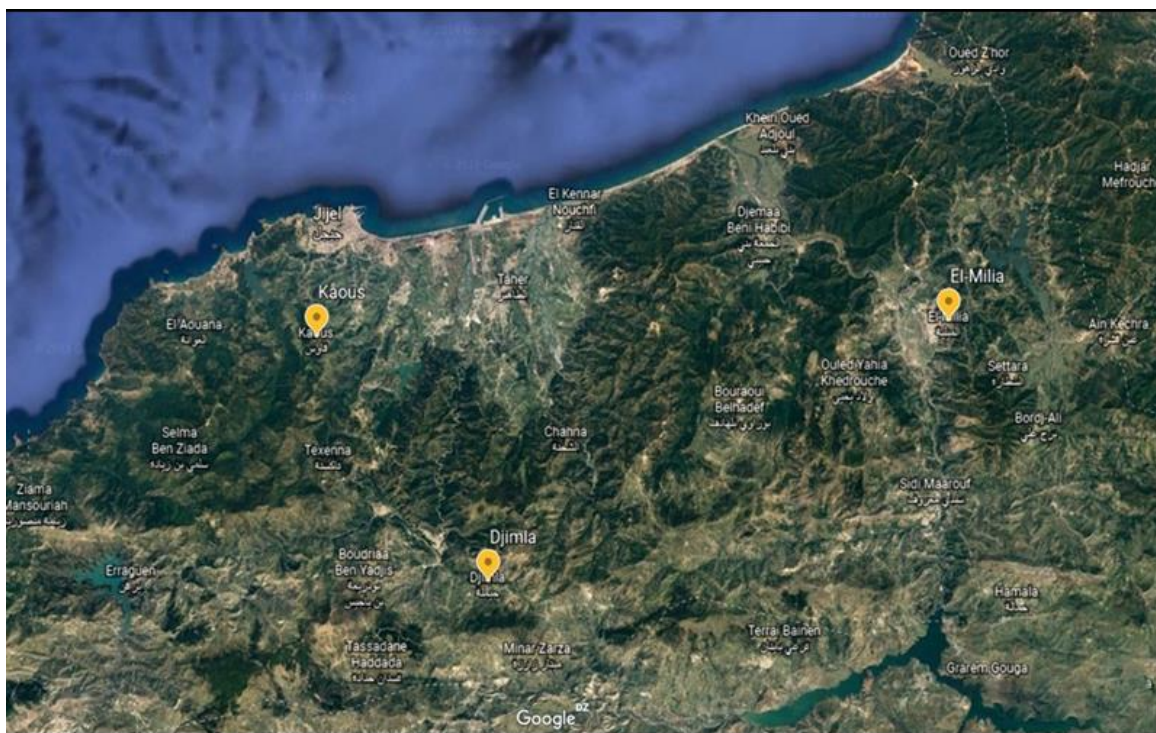


Figure 5 : Image satellitaire des trois stations de la récolte à Jijel (Google earth).

Certains facteurs ont été pris en considération lors du prélèvement des échantillons :

- Le prélèvement des échantillons a été fait d'une manière aléatoire dans différents endroits de la même station.

- Le pH de chaque station a été pris en considération. De ce fait, un échantillon a été prélevé manuellement, à environ 15 cm à 20 cm profondeur, mis dans des sachets en plastique étiquetés. Les échantillons du sol ont été séchés à l'air libre pendant quelques jours, puis tamisés à 2mm, et enfin conservés dans des sachets pour la détermination de son pH.
- Les altitudes et les coordonnées géographiques sont mesurées avec un GPS (*Global Positioning System*).

Tableau 2 : Quelques paramètres écologiques des stations d'étude

Espèce	Nom de la plante	Nom de la station	Données géographiques	pH
<i>Satureja hispidula</i>	<i>Satureja 1</i>	Station 1 : El Milia (Ouled-Ali-ou-Brahem)	Altitude : 61m Latitude : 36 ° 45'50.0" N Longitude : 6 ° 16'11.2 "E	6,22
	<i>Satureja 2</i>	Station 2 : Kaous (Beni-Ahmed)	Altitude : 78m Latitude : 36°45'07.5"N Longitude : 5°46'49.0"E	7.83
<i>Mentha pulegium</i>	<i>Mentha 1</i>	Station 1 : Djimla (Bouafroune)	Altitude : 910m Latitude : 36°34'11.3"N Longitude : 5°54'20.0"E	6.25
	<i>Mentha 2</i>	Station 2 : Kaous (Beni-Ahmed)	Altitude : 66m Latitude : 36°45'02.2"N Longitude : 5°47'04.1"E	7,12

Les parties aériennes des plantes ont été nettoyées des poussières et autres impuretés, et laissées sécher à l'ombre dans un endroit sec et aéré à température ambiante pendant une semaine. Elles ont ensuite été pesées, coupées en petites parties et récupérées dans des sacs propres afin de les conserver jusqu'au moment de l'extraction.

3- Détermination de la teneur en eau des plantes étudiées

La teneur en eau est la quantité d'eau contenue dans la matière végétale. Elle est exprimée par le poids d'eau en rapport avec le poids de matière sèche ou de matière fraîche. Elle a été réalisée avec des échantillons de 10g séchés jusqu'au poids constant et calculée par la formule suivante (**Heller, 1998**) :

$$TE (Pf) = (Pf - Ps) \times 100 / Pf$$

TE (Pf) : teneur en eau par rapport à la masse fraîche

Pf : poids de matière fraîche

Ps : poids de matière sèche

4- Extraction des huiles essentielles

4-1- Description du dispositif d'extraction

L'extraction des huiles essentielles est réalisée par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger (figure 6). Il est constitué d'une chauffe Ballon qui permet la distribution homogène de la chaleur dans le ballon. Celui-ci est en général en verre pyrex dans lequel on place le matériel végétal séché et l'eau distillée, une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant) qui vient de l'échauffement du ballon et un collecteur qui reçoit les produits de la distillation.



Figure 6 : Dispositif d'extraction des huiles essentielles

4-2- Principe de l'appareil de Clevenger

Les végétaux sont introduits dans le ballon réacteur et immergés dans un bain d'eau, en présence de pierre ponce ou de billes de verre. Lors de la distillation, les vapeurs d'eau et d'huile essentielles se condensent dans le réfrigérant. L'hydrolat refroidi retourne dans le ballon (Kaloustain et Minaglou, 2013).

4-3- Méthode d'extraction

Dans un ballon, 50 g des parties aériennes sèches de la plante sont mis en contact avec 1.5l d'eau distillée dans le ballon. L'ensemble est porté à ébullition pendant 2h. L'huile essentielle est alors entraînée par la vapeur d'eau. Elle est ensuite condensée en passant par le condensateur.

4-4- Séparation de l'huile

Le liquide recueilli résulte en un distillat avec une couche d'huile mince à la surface qui sera par la suite séparée, après repos du liquide. L'huile essentielle (phase surnageant) est séparée de l'eau à l'aide d'une pipette pasteur. La séparation entre eau et huile essentielle se fait par différence de densité, ce qui permet de le récupérer facilement.

4-5- Conservation de l'huile essentielle obtenue

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables : l'HE ainsi obtenue est mise dans des tubes en verre bien fermés et étiquetés, recouverts par papier aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière (agents de dégradation) et conservés à une température voisine de 4°C jusqu'à son utilisation.

4-6- Détermination du rendement d'extraction :

Selon la norme **AFNOR (1987)**, le rendement en huile essentielle (**RHE**) est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après l'extraction (**M'**) et la masse de la matière végétale utilisée (**M**).

Le rendement est exprimé en pourcentage, et il est donné par la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = \text{M}'/\text{M} \times 100$$

RHE: rendement en huile essentielle;

M': masse d'huile essentielle en gramme;

M: masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme.

5- Analyse des huiles essentielles par chromatographie en phase gazeuse-CPG-SM

Chromatographe en phase gazeuse / spectrométrie de masse (GC / MS) est la combinaison synergique de deux techniques analytiques puissantes. Le chromatographe en phase gazeuse sépare les composants d'un mélange, et le spectromètre de masse fournit des informations facilitant l'identification structurale de chaque composant (**Kitson et al., 1996**).

La composition chimique des huiles essentielles a été déterminée par la technique de chromatographie en phase gazeuse (CG) et la technique de chromatographie en phase gazeuse couplée avec la spectrométrie de masse (CG/SM) sous les conditions opératoires suivantes :

La détermination des pourcentages relatifs des constituants et la comparaison entre les différents chromatogrammes ont été effectuées à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse de type shimadzu QP2010 de type EI 70ev quadripole, équipé d'un détecteur relatif et d'un injecteur split/splitless. La colonne utilisée est de type OV1701 de 25 cm de long et de 0,25 mm de diamètre intérieur. La phase stationnaire a une granulométrie de 0,25m. Le gaz vecteur est l'Hélium (He) avec un débit de 0.80 ml/min, vitesse linéaire de 35.9cm/sec et une pression de 31.7 kPa, et avec le rapport fondu 20.0. Le temps de coupe dissolvant est 2,00 min et la vitesse de balayage est 666.

Les conditions d'analyse sont :

- ❖ Température de l'injecteur : 250.00 °C
- ❖ Température de four de la colonne : 70.0 °C
- ❖ Température d'ion source : 200.00 °C
- ❖ Température d'interface : 250.00 °C

6- Préparation des dilutions d'huiles essentielles

En se basant sur des essais préalables, une gamme de dilutions de concentrations allant de 0.1 mg/ml à 10 mg/ml a été préparée (figure 7).

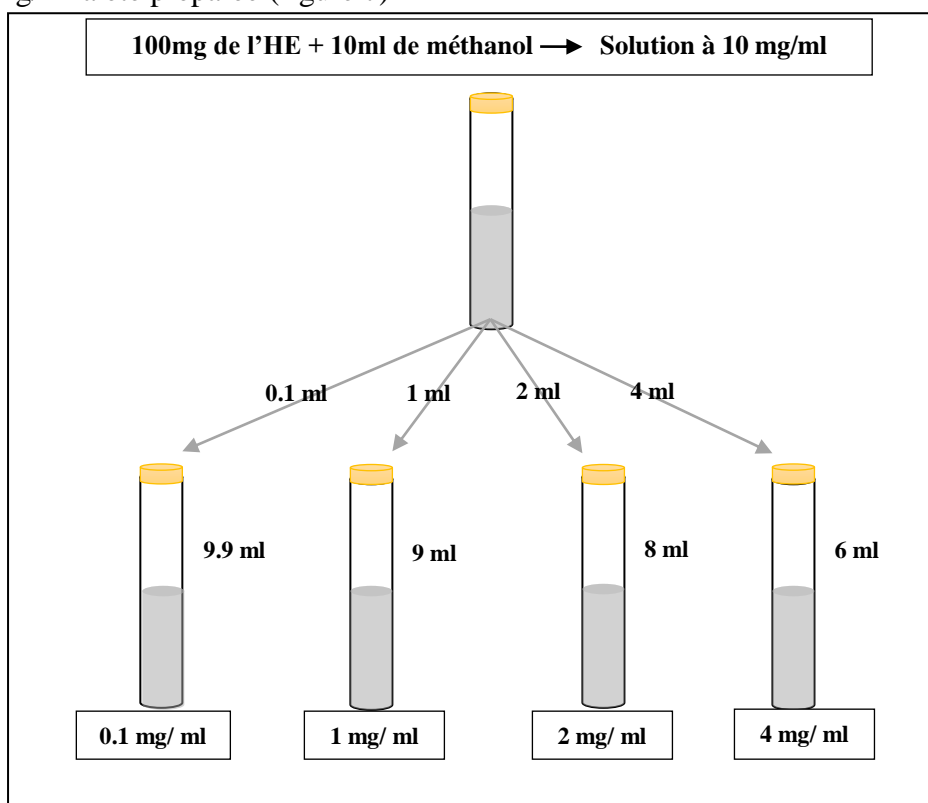


Figure 7 : Préparation des dilutions de l'huile essentielle des deux espèces.

7- Méthode d'évaluation de l'activité biologique

7-1- Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

7-1-1- Méthode d'évaluation de l'effet Scavenger du radical DPPH

L'activité antiradicalaire des huiles essentielles a été mesurée par la méthode décrite par **Ba et al., (2010)**. Le protocole est illustré par la figure 8. Le pouvoir antioxydant de l'huile essentielle testée a été estimé par comparaison avec un antioxydant standard (α -tocophérol).

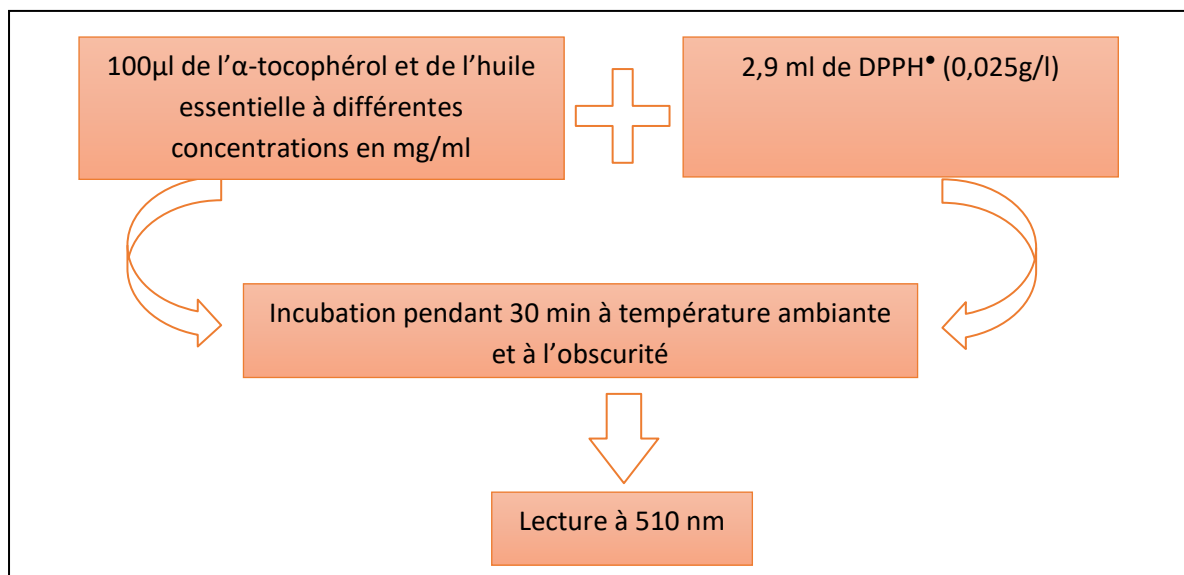


Figure 8 : Protocole d'étude de l'activité anti-radicalaire.

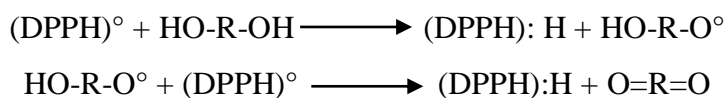
Le pourcentage de réduction du radical DPPH[•] est donné par l'équation suivante :

$$\text{Pourcentage de réduction du DPPH} = \frac{[At - Ae]}{At} \times 100$$

At : Absorbance du témoin (solution de DPPH et du méthanol)

Ae : Absorbance de l'échantillon

Le DPPH est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie. Cette décoloration est représentative de la capacité des extraits à piéger ces radicaux libres indépendamment de toute activité enzymatique (**Molyneux, 2004**).



7-1-2- Méthode d'évaluation du pouvoir réducteur du Fer

Le pouvoir réducteur des extraits de plantes est déterminé selon la méthode décrite par **Karagozler *et al.*, (2008)**. Le protocole d'évaluation du pouvoir réducteur est illustré par la figure suivante :

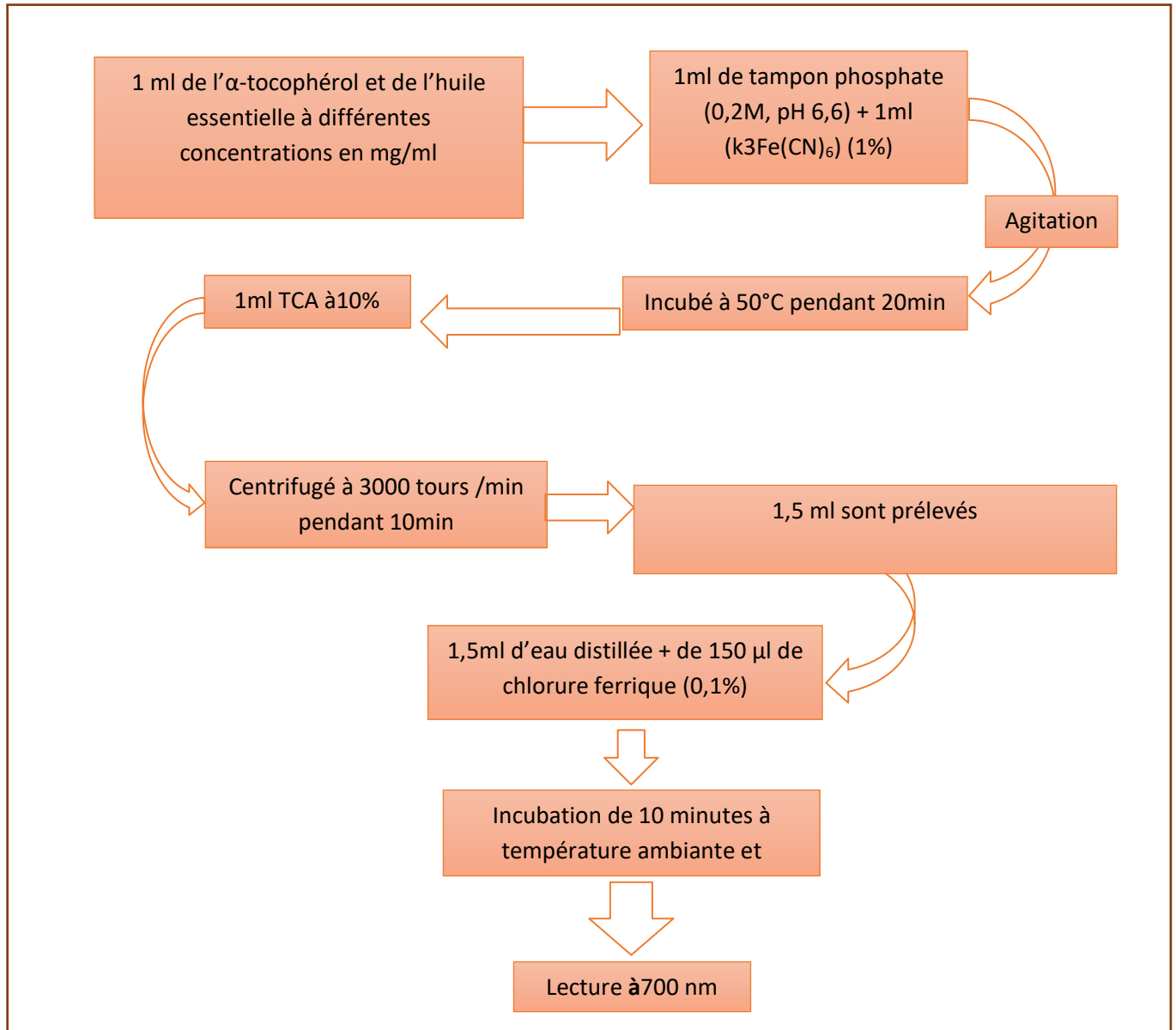


Figure 9 : Protocole du pouvoir réducteur

La méthode est basée sur la réaction de réduction du Fe^{3+} présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en Fe^{2+} , la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe^{3+}) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe^{2+}), l'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotométrie à 700 nm. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés.

7-2- Méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne

Le test antibactérien a pour but de rechercher l'activité de chaque extrait en huile essentielle de la partie aérienne de l'espèce *Satureja hispidula* et *Mentha pèlegium* vis-à-vis des différentes bactéries. Ce test est effectué selon la méthode de diffusion sur disque en milieu Mueller-Hinton de **Burt (2004)**.

7-2-1- Souches bactériennes testées :

Pour mettre en évidence la capacité antibactérienne des huiles essentielles de la sarriette et de la menthe, un total de 4 souches microbiennes ont été utilisées (3 bactéries à Gram- et 1 à Gram+) comme montré dans le tableau 3.

Tableau 3 : Liste des bactéries testées

Type	Espèce	Famille
Bactéries à Gram négatif	<i>Escherichia coli</i> (ATCC) (American type culture collection)	Enterobacteriaceae
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (souche clinique isolée de patients hospitalisés)	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (souche clinique isolée de patients hospitalisés)	Pseudomonadaceae
Bactéries à Gram positif	<i>Staphylococcus aureus</i> (souche clinique isolée de patients hospitalisés)	Staphylococcaceae

7-2-2- Préparation des bactéries :

- Les bactéries

Une aliquote bactérienne (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*) a été mise en culture dans des tubes à essais contenant 5 ml de boillon nutritif, ces derniers ont été ensuite incubés à l'étuve pendant 17-24 heure à 37C°.

- Aromatogramme sur milieu solide

L'étude a été réalisée par la méthode de diffusion, conçue initialement pour les Antibiotiques, mais en substituant les disques d'antibiotiques par d'autres imprégnés d'huiles essentielles. La méthode d'aromatogramme consiste à :

- **Une préparation des disques**

Les disques, d'un diamètre de 6mm, ont été fabriqués à l'aide d'un perforateur à partir du papier Wattman. Ces derniers ont été placés dans un tube à essais et stérilisés à l'autoclave pendant 20 min à une température de 120C°, puis stockés dans un tube à essai hermétiquement fermé.

- **Une préparation des boîtes de Pétri**

La gélose de Muller-Hinton stérile prête à l'usage a été coulée dans des boîtes de Pétri stériles à une épaisseur de 4-5mm répartie uniformément dans des boîtes. Ces derniers ont placé à côté du bec bunsen jusqu'à solidification de la gélose.

- **Un ensemencement des souches**

L'ensemencement a été effectué à l'aide d'une pipette Pasteur, à partir de quelques gouttes d'une suspension fraîchement préparée, puis le froter après l'avoir reprise sur la totalité de la surface gélosée de façon à former des stries.

- **Un dépôt des disques**

Dans des conditions aseptiques et à l'aide d'une pince stérile, des disques du papier Wattman imbibé par 10µL de l'huile essentielle à différentes concentrations (4 disques pour chaque boîte) précédemment inoculé avec les microorganismes choisis ont été déposés. Les boîtes ont été maintenues à 4C° pendant 1 heure pour assurer une bonne diffusion de l'huile essentielle dans la gélose.

- **Une incubation des boîtes**

Les boîtes ont été ensuite incubées pendant 17 à 24 heures à 37C°

- **Lecture**

La lecture des résultats a été effectuée par mesure des diamètres d'inhibition des disques.

8- Analyses statistiques

Les résultats ont été exprimés en moyenne \pm écart type et calculés par l'Excel. Le test de la corrélation a été réalisé par Excel et qui nous permet de compléter l'interprétation et d'établir les liens existants entre les différents paramètres.

Chapitre 4 : Résultats et discussion

Le présent travail s'articule sur trois parties, on retrouvera ainsi les résultats concernant l'extraction et la composition chimique des huiles essentielles, ceux relatifs à l'activité antioxydante des extraits et enfin les résultats de l'activité antimicrobienne.

1-Taux d'humidité

Les végétaux sont connus par leur richesse en eau, elle présente une partie majoritaire de leur composition. Le résultat du taux d'humidité de *Satureja hispidula1* est plus important que celui de *Satureja hispidula 2* avec des valeurs de 82.4% et 77.17% respectivement. A partir de ce taux, on a pu déterminer le taux de la matière sèche qui est environ 18% et 23% de la masse de matière fraîche des parties aériennes pour *Satureja hispidula1* et *Satureja hispidula 2* (Figure10).

Nos résultats sont proches de ceux obtenus par **Labioud (2016)** pour l'espèce *Calamintha nepeta* de Taher (Jijel), appartenant au même genre, situé à une altitude de 47 m (74.66%). Néanmoins, il est supérieur à celui obtenu par **Bouttine (2018)** qui a travaillé sur *Satureja hispidula* de la station de Borj T'har (Jijel) (67.1%).

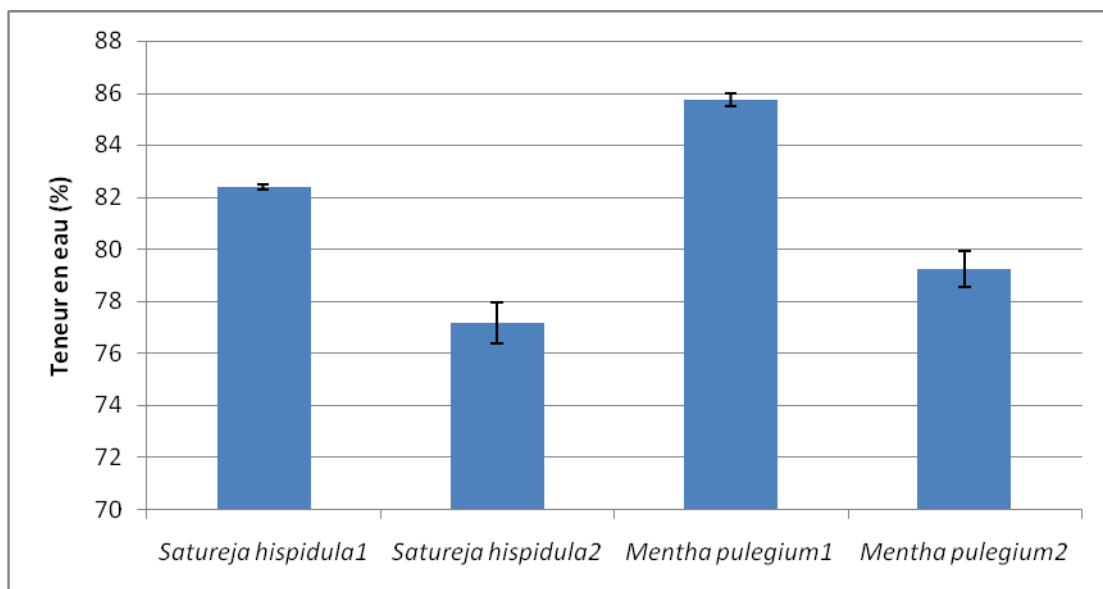


Figure 10 : Taux d'humidité des deux plantes étudiées.

Pour l'espèce *Mentha pulegium* le taux d'humidité trouvé chez *Mentha pulegium1* est plus important que le taux de *Mentha pulegium2* avec des valeurs de 85.73% et 79.23% respectivement. Le taux de matière sèche est d'environ 14% et 21% de la masse de matière fraîche des parties aériennes pour respectivement *Mentha pulegium 1* et *Mentha pulgium 2*. Ce résultat est différent de celui trouvé par **Bouttine (2018)** à Borj T'har (Jijel) qui indique un taux d'humidité de 63.4%.

Les teneurs en eau obtenues à partir des parties aériennes des deux plantes sont plus faibles pour la station 2 de Beni-Ahmed ce qui indique un taux de matière sèche plus important. Les

raisons pour cette variabilité peuvent être expliquées par les différences de conditions environnementales (climat et situation géographique) (Vokou *et al.*, 1992).

2-Rendement d'extraction des huiles essentielles

Les rendements moyens en huile essentielle ont été calculés par rapport à la plante séchée. En remarque d'après la figure 11 que le rendement d'extraction de *Satureja hispidula* 2 (0,92%) est plus important que celui de *Satureja hispidula* 1 (0,65%).

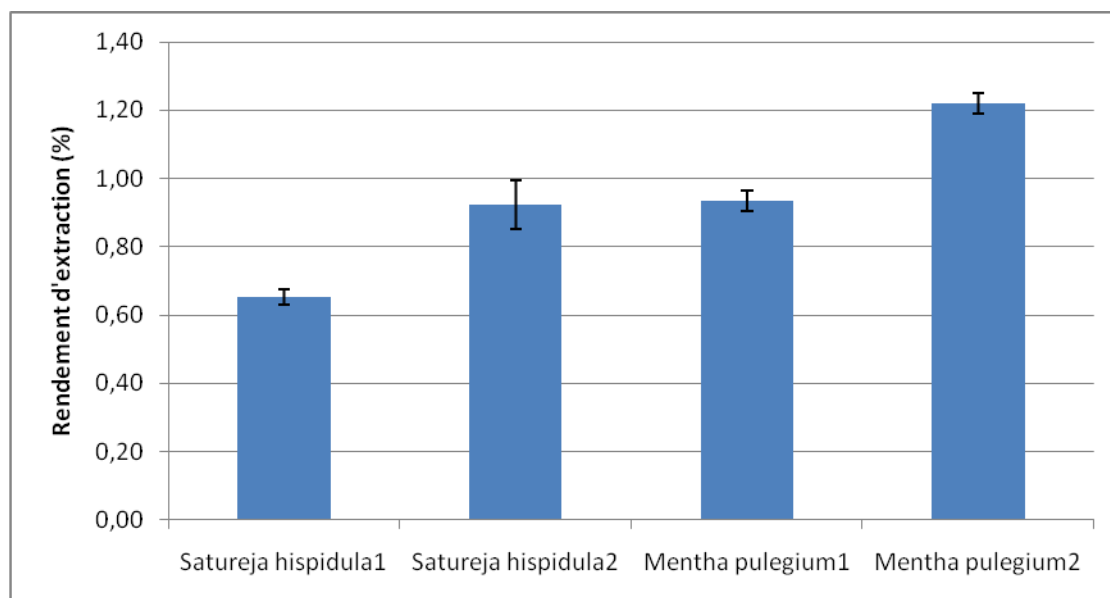


Figure 11 : Rendement d'extraction de l'huile essentiel de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium*

Le même résultat a été obtenu pour *Mentha pulegium*. En effet, on remarque que le rendement de *Mentha pulegium* 2 (1,22%) se trouvant dans la station de Beni-Ahmed est plus important que le rendement de *Mentha pulegium* 1 (0,93%) de la station de Bouafroune.

Sebti *et al.* (2013) ont travaillé sur *Satureja hispidula* de la même station d'El-Milia, mais récoltée au mois de Janvier, ont donné un rendement de 0.35%, nettement inférieur à notre résultat. Cette variation peut être due à la saison de récolte (**Smitha et Tripathy, 2016**).

Néanmoins, il est supérieur à celui obtenu par **Labiod (2016)** (1,48%) qui a travaillé sur l'espèce *Calamintha nepeta* de Jijel situé à une basse altitude (47 m).

De même, **Bouhaddouda (2015)** a travaillé sur la partie aérienne au stade de floraison (feuilles et fleurs) de *Mentha pulegium* dans la région de Nechmeya dans les montagnes de Houara de la région de Guelma, situé à 380 m d'altitude a donné un rendement de 2.69%, nettement supérieure à notre résultat.

Le rendement en huile essentielle semble dépendre donc de la nature des parties utilisées, de la période de récolte et de l'origine de la plante qui influencent la sécrétion d'huiles essentielles chez ces plantes (Smitha et Tripathy, 2016).

3-Analyse chromatographique des huiles essentielles

Les résultats de la chromatographie sont représentés sous forme de graphes avec une série de pics, où chaque pic représente un composé chimique bien définie. Les chromatogrammes obtenus lors de l'analyse en chromatographie en phase gazeuse de l'huile essentielle de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* sont illustrés dans la figure 12 et la figure 13 et dont la composition est regroupée dans le tableau 4 et le tableau 5

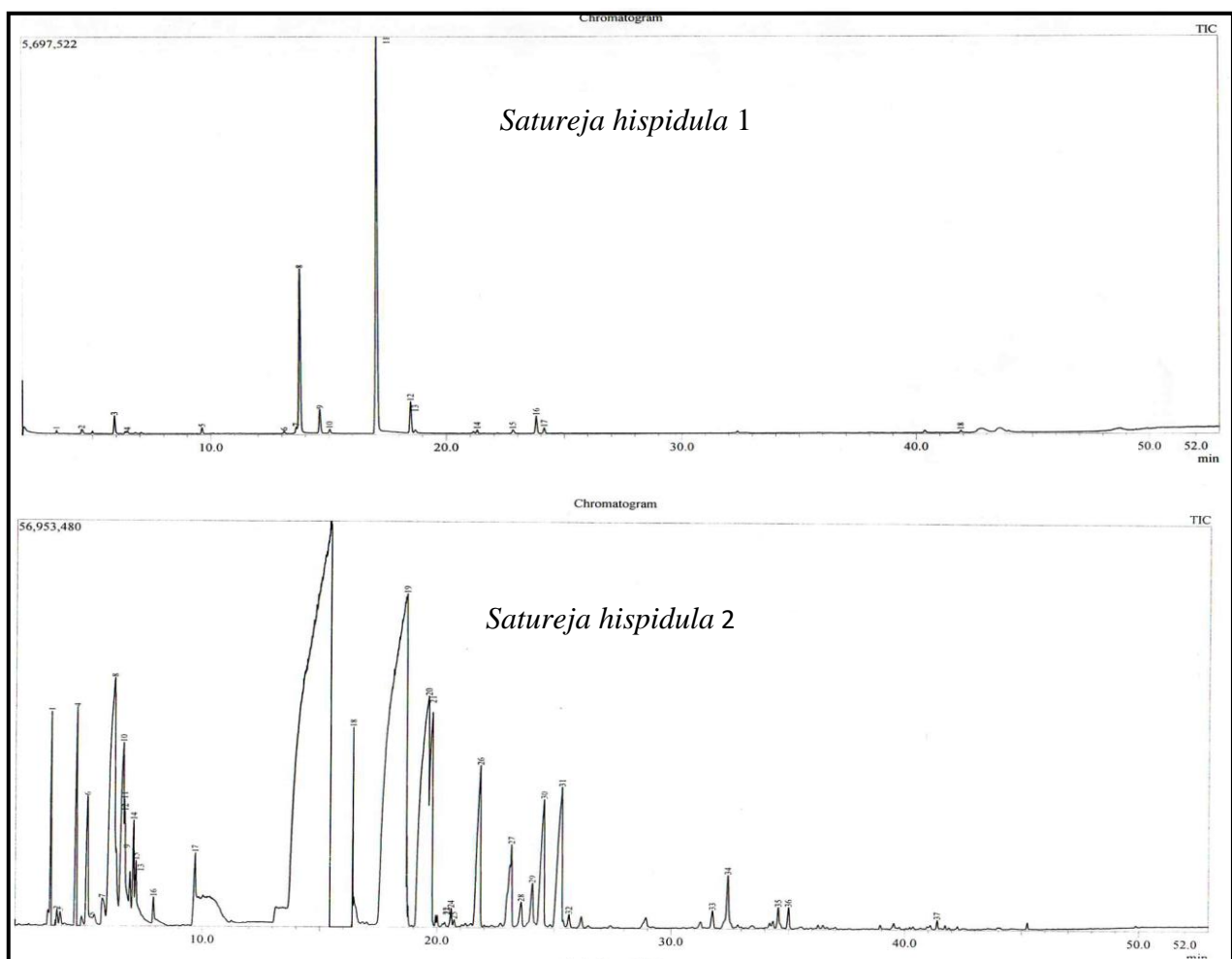


Figure 12 : Chromatogrammes des huiles essentielles de *Satureja hispidula*

3-1- Analyse chromatographique des huiles essentielles de *Satureja hispidula*

L'hydro-distillation de la partie aérienne de *Satureja hispidula* a donné une huile essentielle jaunâtre, et dont l'analyse par CPG/SM nous a permis d'identifier 47 composés (figure 12 et tableau 4) dont le constituant majoritaire de *Satureja hispidula* 1 est le Pulegone avec un taux de 56.96% suivi par le D-menthone (23.59%), le Piperitone oxide (4,48 %) et le Isopulegone (3.4%).

Tableau 4 : Composition des huiles essentielles de *Satureja hispidula* des deux stations.

N° Composé	Temps de rétention	Noms du composé	Formule chimique	Taux (%)	
				Satureja1	Satureja2
1	3.475	β -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	0,48	-
2	3.550	α - pinene	C ₁₀ H ₁₆	-	6.48
3	3.795	2-hexenal,(E)-	C ₆ H ₁₀ O	-	0.45
4	3.928	bicyclo[2.2.1]heptane,2,2-dimethyl-3-methylene,(1s)-	C ₁₀ H ₁₆	-	0.40
5	4.633	L- β -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	0,6	6.61
6	5.099	β -Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	-	3.74
7	5.737	α -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	-	0.77
8	6.244	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	2,55	7.31
9	6.318	β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	-	2.59
10	6.466	1,3,8-p-Menthatriene	C ₁₀ H ₁₄	0,36	-
11	6.622	trans- β -Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	-	5.24
12	6.665	o-Cymene	C ₁₀ H ₁₄	-	3.49
13	6.697	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	-	3.12
14	6.697	1,7-octadien-3-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	-	1.21
15	7.065	γ -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	-	2.74
16	7.160	3-octanol	C ₈ H ₁₈ O	-	1.48
17	7.920	Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	-	0.74
18	9,623	trans-4-Thujanol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,87	
19	9.706	cis-4-Thujanol	C ₁₀ H ₁₈ O	-	1.64
20	13.103	Menthone (p-Menthone)	C ₁₀ H ₁₈ O	0,32	
21	13.618	L-4-terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,83	-
22	13.758	D-menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	23,59	-
23	15.029	menthen-9-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	0,56	-
24	16.394	Isopulegone	C ₁₀ H ₁₆ O	3.4	6.03
25	18.671	Pulegone	C ₁₀ H ₁₆ O	56.96	10.05
26	18.704	3-cyclohexen-1-one, 2-isopropyl-5-methyl-	C ₁₀ H ₁₆ O	0,4	
27	19.619	Piperitone oxide	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	4,48	6.98
28	19.786	Piperitone	C ₁₀ H ₁₆ O	-	6.48
29	19.943	Diosphenol	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	-	0.33
30	20.014	β -Bourbonene	C ₁₅ H ₂₄	-	0.33
31	20.599	β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	-	0.50
32	20.723	2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-, (S)-	C ₁₀ H ₁₆ O	-	0.18
33	21.821	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,5	4.89
34	22.793	Eucarvone	C ₁₀ H ₁₄ O	0,52	-
35	23.165	1,4,7,-Cycloundecatriene, 1,5,9,9-tetramethyl-, Z,Z,Z-	C ₁₅ H ₂₄	-	2.47
36	23.581	m-Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	-	0.74
37	23.801	Cyclohexanone,2-(1-methylethylidene)-	C ₉ H ₁₄ O	2,47	1.28
38	24.148	D-Germacrene	C ₁₅ H ₂₄	0,81	-
39	24.558	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a α ,3b β ,4 β ,7 α ,7aS*)]-	C ₁₅ H ₂₄	-	3.82
40	25.329	Elixene	C ₁₅ H ₂₄	-	4.09
41	25.637	β -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	-	0.38
42	31.774	1(10),5-Germacradien-4-ol	C ₁₅ H ₂₆ O	-	0.52
43	32.432	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	-	1.61
44	34.572	6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-naphthalen-2-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	-	0.63
45	34.996	α -Cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	-	0.64
46	41.390	9 12 15-octadecatrien-1-ol (z z z)-	C ₁₈ H ₃₂ O	-	0.27
47	41.894	1 2-benzenedicarboxylic acid bis(2-methylpropyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0,29	-
Monoterpènes				95.92	76.63
Monoterpènes hydrocarbonés				3.99	39.87
Monoterpènes oxygénés				91.93	36.76
Sesquitérènes				1.31	19.88
Sesquitérènes hydrocarbonés				1.31	16.48
Sesquitérène oxygénés				0.00	3.4
Autres				2.76	3.48
Totale identifié				100	100

Tandis que le constituant majoritaire de *Satureja hispidula 2* est le pulegone (10.05%), le Limonene (7.31%), le Piperitone oxide (6.98%), le L- β -Pinene (6.61%), l' α -pinene (6.48%), le Piperitone (6.48%), l'Isopulegone (6.03%) et le trans- β -Ocimene (5.24%).

D'autres constituants sont présents avec des taux moins importants, c'est le cas du L- β -Pinene (0.6%), β -Thujene (0.48%) et le Caryophyllene (0.5%) chez *Satureja hispidula 1* et α -Terpinene (0.77%), Terpinolene (0.74%), β -Bourbonene (0.33%), β -Elemene (0.5%), m-Eugenol (0,74%) et β -Cadinene (0,38%) chez *Satureja hispidula 2*.

Les monoterpènes sont plus nombreux et représentent environ 95.92 % et 76.63% de l'huile essentielle totale de *Satureja hispidula 1* et *Satureja hispidula 2* respectivement (tableau 4) dont les monoterpènes majoritaires de *Satureja hispidula 1* sont des composés oxygénés (91.93%). Les monoterpènes hydrocarbonés et monoterpènes oxygénés sont presque égaux de l'ordre de 39.87% et 36.76% pour *Satureja hispidula 2*.

Les mêmes constituants de cette espèce ont été trouvés par la bibliographie mais avec des taux différents. **Sebti et al. (2013)** travaillant sur la partie aérienne de la même plante de la station d'El-Milia (Jijel), ont trouvé 44 composants dont les plus importants sont aussi le Menthone avec un taux très important (33.59%) par rapport à nos résultats suivi par le piperitone oxide (24.72 %), pulegone (12.75 %) et le cyclohexanone,2-(1-methylethylidene) (9.77%).

3-2-Analyse chromatographique des huiles essentielles de *Mentha pulegium*

L'hydro-distillation de la partie aérienne de *Mentha pulegium* a donné aussi une huile essentielle jaune pale. L'analyse de cette huile par CPG/SM nous a permis d'identifier 36 composés (figure 13 et tableau 5).

Il ressort du tableau 5 que l'huile essentielle de *Mentha pulegium* est composée majoritairement de monoterpènes oxygénés. En effet, sur 90.77% et 89.69% de monoterpène, ils représentent 84.82% et 76,31% pour respectivement *Mentha pulegium1* et *Mentha pulegium*. Parmi ce groupe chimique, le principal composé de *Mentha pulegium1* est le Pulegone (37,6%), le Menthol (35,97%) et le D-menthone (9,23%) tandis que le Pulegone (48,75%), l'Eucalyptol : (11,39%) et le Menthol (8,09%) sont les principaux composés de *Mentha pulegium 2*. Ces résultats sont parfaitement différents de ceux obtenus par d'autres auteurs. Néanmoins, il faut signaler que les mêmes molécules sont présentes mais à des pourcentages différents.

Ainsi, **Brahmi et al. (2016)** ont trouvé comme composé majoritaire de l'huile essentielle des feuilles de *Mentha pulegium* de la région de Béjaia le Pulegone (70.4%), le Neo-Menthol

(13.4%), le Menthone (2.7%), le Neomenthol acetate (3.5%), l'Humulene epoxide II (1.1%), le trans-Isopulegone (1.0%) et l' α -Humulene (1.0%).

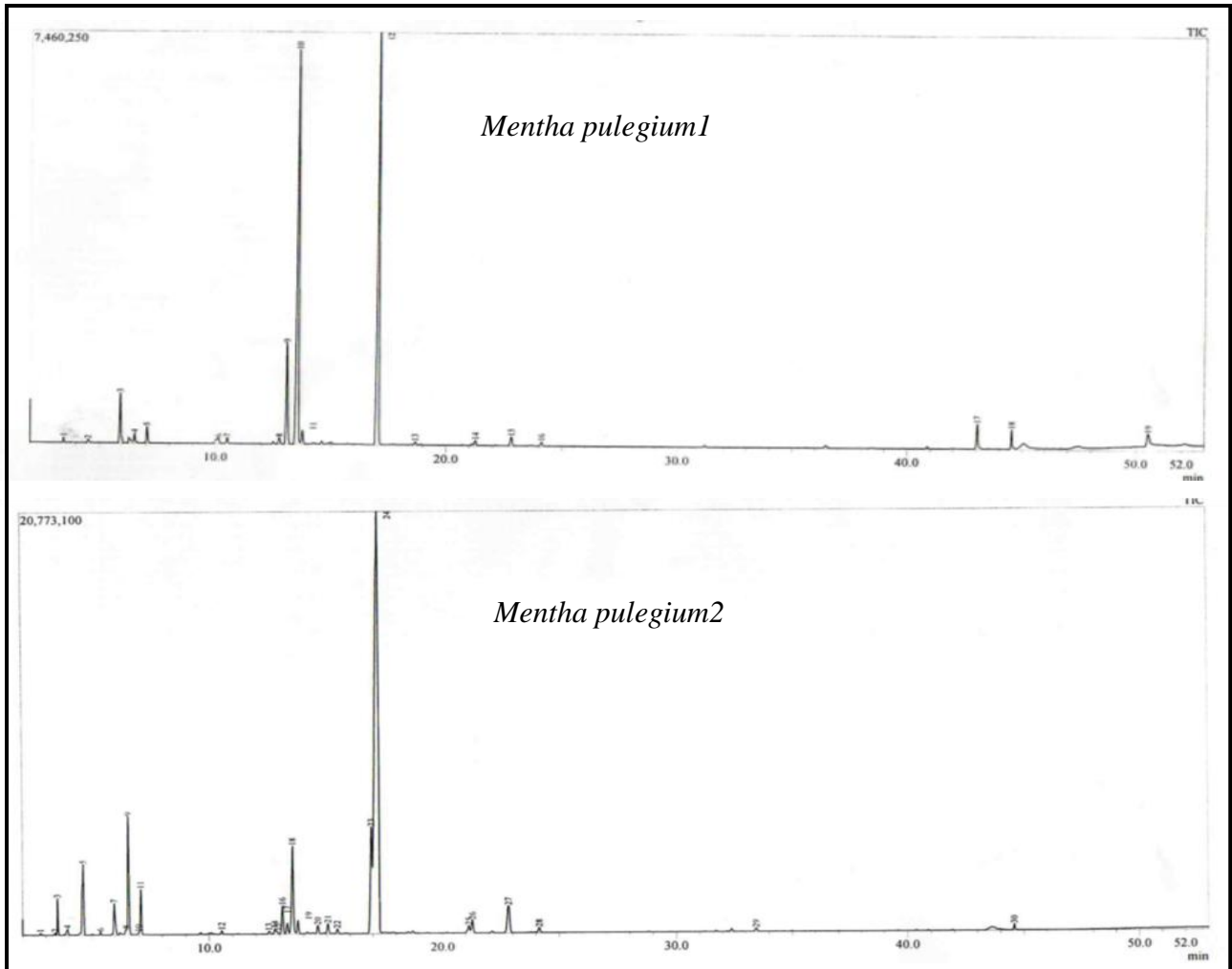


Figure 13 : Chromatogrammes des huiles essentielles de *Mentha pulegium*

Par ailleurs, l'étude faite par **Cherrat (2014)** au Nord du Maroc a montré une majeure composition en pulegone (33.65%), α -terpinenyl acetate (24.29%), bicyclo[3.1.0]hexane, 6-isopropylidene-1- methyl- (12.59%), 1,8-cineole (10.53%), α -humulene (5.58%) et α -pinene (5.34%).

L'étude faite par **Chalchat (2000)** au sud-est de la Serbie, en période de pleine floraison, a montré une majeure composition en menthone (30.9%), pulegone (14.1%), neomenthol (13.8%), caryophyllene oxide (9.0%) et isomenthone (5.5%).

Il est clair d'après ces résultats que la molécule principale qui caractérise l'huile essentielle de ces deux plantes médicinales est le pulegone.

Il est aussi à noter que la production des huiles essentielles et aromatiques à partir de la plante résulte d'une série de régulations physiologique, biochimique, métabolique et génétique (Costa *et al.*, 2003).

Tableau 5 : Composition des huiles essentielles de *Mentha pulegium* des deux stations.

N° du composé	Temps de rétention	Nom du composé	Formule chimique	Taux (%)	
				Mentha1	Mentha2
1	2.777	Cyclofenchene	C ₁₀ H ₁₆	0,49	0,2
2	3.416	Thujene	C ₁₀ H ₁₆	-	0,19
3	3.523	1R- α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	-	3,37
4	3.941	B- terpinene	C ₁₀ H ₁₆	-	0,54
5	4.533	L- β -Pinene	C ₁₀ H ₁₆	0,29	-
6	4.631	β -Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	-	6,44
7	5.368	Sylvestrene	C ₁₀ H ₁₆	-	0,26
8	5.961	cyclobutane 1 2-bis(1-methylethenyl)-, trans-	C ₁₀ H ₁₆	4.59	2,84
9	6.458	Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	-	11,39
10	6.529	3-Octanone	C ₈ H ₁₆ O	0,81	-
11	6.983	Non identifié	-	-	0,13
12	7.093	3-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	1.49	4,14
13	10.131	2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy-	C ₇ H ₁₀ O ₂	0,47	-
14	10.546	3-Octanol,acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0,53	0,31
15	12.542	Non identifié	-	-	0,24
16	12.779	Isolimonene	C ₁₀ H ₁₆	0,58	-
17	12.800	α -Terpineol acetate	C ₁₀ H ₁₈ O	-	0,45
18	12.900	Non identifié	-	-	0,22
19	13.095	D-menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	9,23	-
20	13.321	Menthol, trans-1,3,cis-1,4-	C ₁₀ H ₂₀ O	-	0,96
21	13.556	Menthol	C ₁₀ H ₂₀ O	35,97	8,09
22	13.775	L-Menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	1,22	3.82
23	14.624	Menthone	C ₁₀ H ₁₈ O	-	1,66
24	15.458	Myrtenal	C ₁₀ H ₁₄ O	-	0,42
25	16.956	Pulegone	C ₁₀ H ₁₆ O	37,6	48,75
26	18.685	3-Cyclohexen-1-one, 2-isopropyl-5-methyl-	C ₁₀ H ₁₆ O	0,27	-
27	21.136	Bicyclo[3.2.0]heptane-2-one,5-formylmethyl-6 hydroxy-3,3-dimethyl-6-vinyl-	C ₁₃ H ₁₈ O ₃	-	0,68
28	21.219	Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,43	1,18
29	22.838	α -Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0,78	2,46
30	24.126	D-Germacrene	C ₁₅ H ₂₄	0,34	-
31	24.145	γ -Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	-	0,43
32	33.453	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	-	0,29
33	43.060	9-octadecenoic acid (z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	2,22	-
34	44.566	11- octadecenoic acid (z)-, methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1,69	-
35	44.575	8-octadecenoic acid,methyl ester	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	-	0,53
36	50.541	1,2-benzenedicarboxylic acid, mono (2-ethylhexyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1	-
Monoterpènes				90,77	89,69
Monoterpènes hydrocarbonés				5,95	13,84
Monoterpènes oxygénés				84,82	75,85
Sesquitérpènes				1,55	4,36
Sesquitérpènes hydrocarbonés				1,55	4,07
Sesquitérpène oxygénés				0	0,29
Autres				7,68	5,35
Totale identifié				100	99,4

Donc, la composition chimique des huiles essentielles de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* varie d'une station à une autre. Cette variation de composition n'est que le reflet de la biodiversité moléculaire rencontrée chez ces deux plantes médicinales due au climat et au biotope approprié.

4- Activité biologique des huiles extraites

La grande variabilité dans le taux des principaux composés présents dans les quatre huiles essentielles nous a conduits à évaluer leurs activités biologiques (activité antioxydante et antibactérienne).

4-1- Activité antioxydante des huiles extraites

4-1-1- Effet Scavenger du radical DPPH

Les résultats de l'activité antiradicalaire des huiles essentielles et de l' α -tocophérol sont représentés par la figure 15. On peut constater que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente en fonction de la concentrations des huiles essentielles et de l' α -tocophérol.

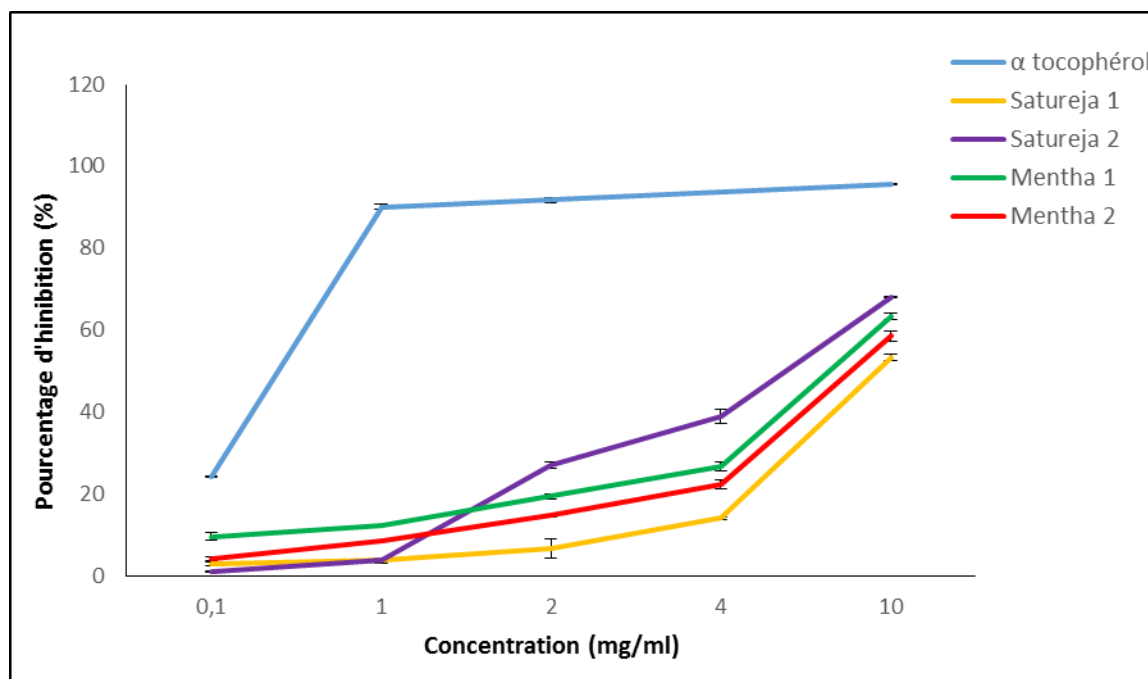


Figure 14 : Variation du pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des huiles essentielles et de l' α -tocophérol.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH \cdot par les huiles essentielles est inférieur à celui de l' α -tocophérol pour toutes les concentrations utilisées. Il oscille entre 2.89% et 53.28% pour *Satureja hispidula*1 et entre 0.9 % et 68.02% pour *Satureja hispidula* 2. Le pouvoir de piégeage du radical DPPH pour *Mentha pulegium* varie entre 9.561% et 63.292% pour *Mentha pulegium*1 et entre 4.127% et 58.534% pour *Mentha pulegium*2.

Détermination de l'IC₅₀ (Concentration d'inhibition à 50%)

La cinétique du pourcentage d'activité antiradicalaire nous a permis de déterminer l'IC₅₀, qui est définie comme étant la concentration de la substance nécessaire à diminuer 50% du radical DPPH \cdot présent dans le milieu. Les IC₅₀ sont inversement proportionnelles à l'effet scavenger dont les valeurs faibles reflètent un effet anti-radicalaire important. La IC₅₀ des huiles essentielles est déduite à partir des équations de la droite de régression, et à partir de la fonction exponentielle pour l' α -tocophérol (Figure 1-5 en annexe).

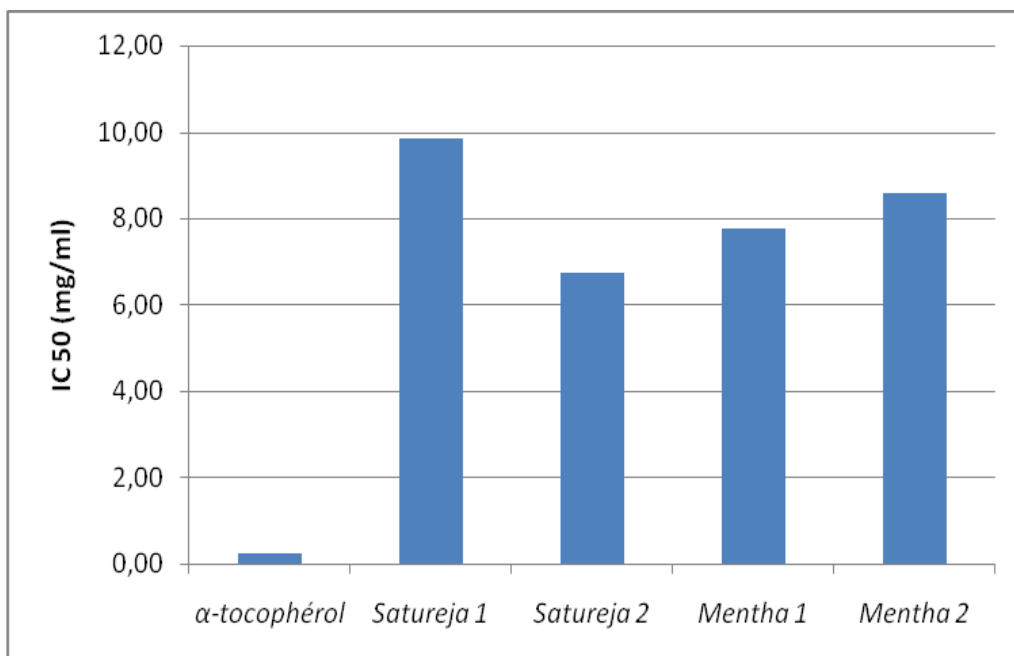


Figure 15 : IC₅₀ des huiles essentielles et de l' α -tocophérol

Les résultats des propriétés antioxydantes des huiles essentielles des deux espèces étudiées et de l' α -tocophérol sont présentés par la figure 15.

L'huile essentielle de *Satureja hispidula* 2 a montré la meilleure activité antioxydante sur le radical DPPH \cdot avec une IC₅₀ de 6.75 mg/ml par rapport à *Satureja hispidula* 1 (9.83 mg/ml). Cependant, cette capacité antioxydante reste moindre par rapport à l'antioxydant synthétique de référence (α -tocophérol) (IC₅₀ = 0,25 mg/ml).

Une étude réalisée par **Labioud (2016)** sur les huiles essentielles de *Satureja calamintha* de deux régions différentes (Jijel et Annaba) a montré que cette espèce a un meilleur pouvoir antiradicalaire avec une IC50 comprise entre 0.88 et 2.72 mg/ml, que celui de *Satureja hispidula* des deux stations étudiées (6.75 et 8.83mg/ml).

L'huile essentielle de *Mentha pulegium 2* a montré activité antioxydante sur le radical DPPH modérée avec une IC50 de 8.60 mg/ml alors que *Mentha pulegium 1* a montré activité antioxydante meilleure avec IC50 de 7,75 mg/ml. Tandis que l'antioxydant de référence présente un pouvoir antioxydant plus important (0.25mg/ml).

Comparé aux précédents travaux, l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a développé une activité moindre. En effet, des études menées par **Ouakouak et al. (2015)** et **Chaouche et al. (2017)**, sur différentes populations du sud d'Algérie (El-Oued et Ain Defla.) ont montré un fort pouvoir antioxydant des huiles essentielles qui ont donné des IC50 variant de 0.157 mg/ml à 1.210 mg/ml.

D'après les résultats obtenus, on peut classer la capacité antioxydante des huiles essentielles et de la substance de référence comme suit :

$$\alpha\text{-tocophérol} > \text{Satureja 2} > \text{Mentha 1} > \text{Mentha 2} > \text{Satureja 1}$$

Par ailleurs, l'activité antiradicalaire des extraits suit le même ordre que celui du pulegone. La IC₅₀ augmente avec l'augmentation du pulegone. Ces résultats sont confirmés par l'étude de corrélation où un coefficient de corrélation linéaire élevé a été obtenu entre le taux de la pulegone et le pouvoir antiradicalaire (figure 11 en annexe).

D'après ces résultats, il semble que les huiles essentielles testées ont une activité antioxydante mais elles sont moins efficaces que celle de l' α -tocophérol. Il semble aussi que cette activité est liée à la présence de certains composés se trouvant dans l'huile essentielle.

4-1-2- Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur mesure la capacité que possède un antioxydant à donner un électron. Il peut servir comme indicateur du potentiel antioxydant. La réduction du fer ferrique Fe³⁺ en fer ferreux Fe²⁺ est mesurée par l'intensité de la coloration bleue qui en résulte. Donc une augmentation de la l'absorbance est indicatrice d'un pouvoir réducteur élevé.

D'après la figure 16, on remarque en premier lieu que l'augmentation de la réduction du fer est proportionnelle aux concentrations des huiles essentielles testées et à la substance de référence (α -tocopherol). En second lieu, on remarque que toutes les huiles essentielles ont des activités moins importantes que l' α -tocopherol. En effet, la réduction est presque totale à une concentration de 1mg/ml.

Les absorbances de *Satureja hispidula 1* oscillent entre 0.09 et 0.506, de *Satureja hispidula2*, entre 0.04 et 0.49, *Mentha pulegium 1* entre 0.05 et 0,5 et *Mentha pulegium 2* entre 0.01et 0,42.

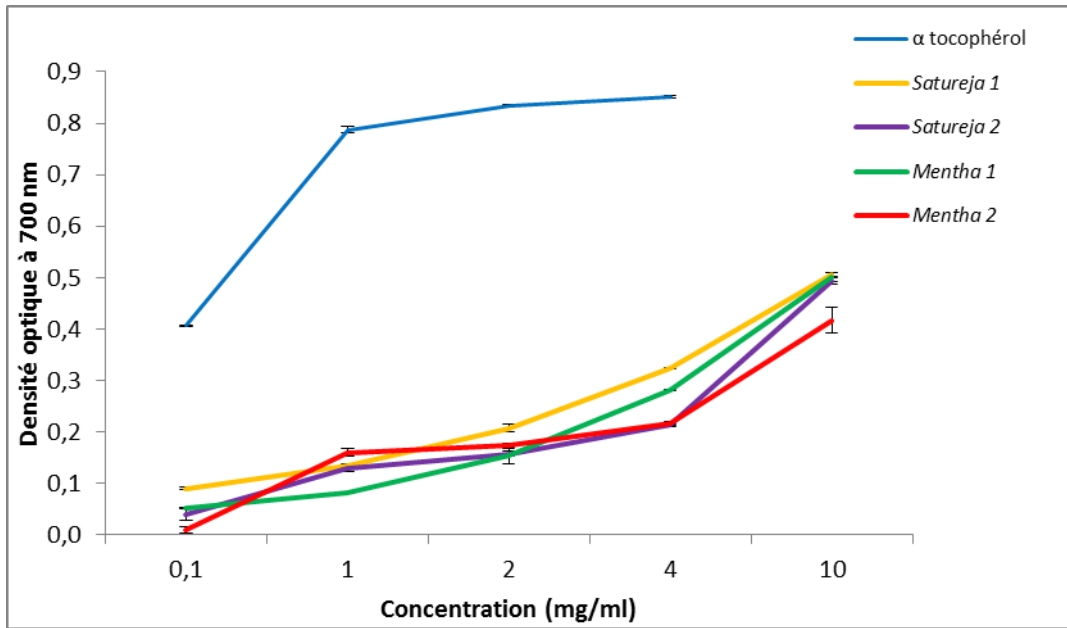


Figure 16 : Pouvoir réducteur en fonction de différentes concentrations des huiles essentielles et de l'α-tocophérol

Détermination de CR_{0.5} :

La cinétique du pouvoir réducteur nous a permis de déterminer la CR_{0.5} qui est considérée comme la concentration qui donne une absorbance de 0.5 à 700 nm qui représente la réduction de 50% du fer présent dans le milieu. Les CR_{0.5} sont proportionnelles à l'effet réducteur dont les valeurs faibles reflètent une activité réductrice importante.

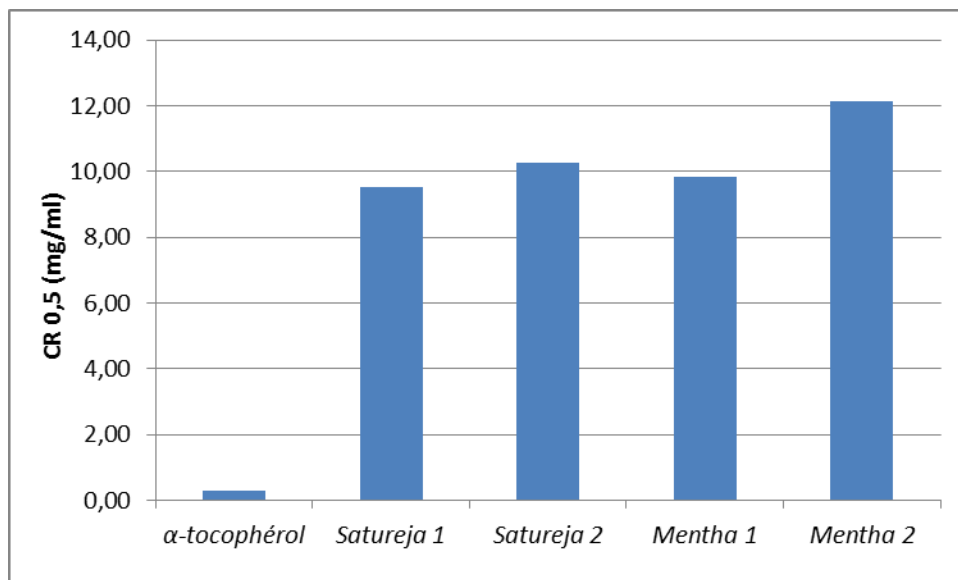


Figure 17 : CR_{0.5} des huiles essentielles et de l'α-tocophérol

La $CR_{0.5}$ des huiles essentielles des deux espèces et de l' α -tocophérol est déduite à partir des équations de la droite de régression (Figure 6-10 en annexe) dont les résultats sont représentés dans la figure 18. L'huile essentielle de *Satureja hispidula* 1 a montré la meilleure activité antioxydante de réduction de fer avec une $CR_{0.5}$ de 9.51 mg/ml par rapport à *Satureja hispidula* 2 (10.28 mg/ml). De même que *Mentha pulegium* 1 et *Mentha pulegium* 2 avec des $CR_{0.5}$ de 9.84 et 12.14 mg/ml respectivement. Cependant, cette capacité antioxydante reste moindre par rapport à l'antioxydant synthétique de référence (α -tocophérol) ($IC_{50} = 0.29$ mg/ml).

Nous pouvons donc classer la capacité antioxydante des huiles essentielles et de la substance de référence comme suit :

$$\alpha\text{-tocophérol} > \text{Satureja 1} > \text{Mentha 1} > \text{Satureja 2} > \text{Mentha 2}$$

D'après ces résultats, il semble que les huiles essentielles testées ont un pouvoir réducteur mais il est moins efficace que celle de l' α -tocophérol. Cette activité peut être probablement liée à la présence de groupement hydroxyle donneur d'électron se trouvant dans les huiles essentielles. Une éventuelle synergie entre les composés majoritaires et minoritaires peut être aussi à l'origine de cette différence.

4-2- Activité antibactérienne des huiles essentielles

La méthode de diffusion sur disques a été étudiée pour évaluer le pouvoir antibactérien des huiles essentielles vis-à-vis de quatre souches bactériennes : trois souches à Gram- (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa*) et une souche à Gram+ (*Staphylococcus aureus*). L'activité antibactérienne se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour du disque de papier imprégné d'une dilution de l'huile essentielle étudiée.

Donc, nous avons considéré qu'un extrait a une activité antibactérienne si son diamètre d'inhibition est supérieur ou égal à 9 mm (tableau 6). Les résultats de diamètres des zones d'inhibition en mm obtenus de cette activité sont illustrés les tableaux 7, 8 et la figure 18.

D'après les résultats, on constate que le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et elle est proportionnelle à la concentration en huiles essentielles testées.

Tableau 6 : Niveau d'activité antibactérienne (Ponce *et al.*, 2003).

Zone d'inhibition	Transcription	Niveau d'activité
$D < 8$ mm	-	Souche résistante
$9\text{mm} \leq D \leq 14\text{mm}$	+	Souche sensible
$15\text{mm} \leq D \leq 19$ mm	++	Souche très sensible
$D > 20$ mm	+++	Extrêmement sensible

Selon le tableau 7 et la figure 18, on remarque que toutes les bactéries sont sensibles à l'huile essentielle de *Satureja hispidula* à une concentration de 4mg/ml quel que soit la station d'étude. La plus grande surface d'inhibition est enregistrée par la souche *E. coli* (15.33-13.67mm), suivie par *P. aeruginosa* (12.67-13.67mm), *K. pneumoniae* (12-11,33mm) et *S. aureus* (11.33-9mm) pour respectivement *Satureja hispidula*1 et *Satureja hispidula*2. Pour *Satureja hispidula* 1, toutes les bactéries sont sensibles à partir de la concentration de 2mg/ml sauf *K. pneumoniae* qui développe une sensibilité à plus faible concentration (0.1 mg/ml).

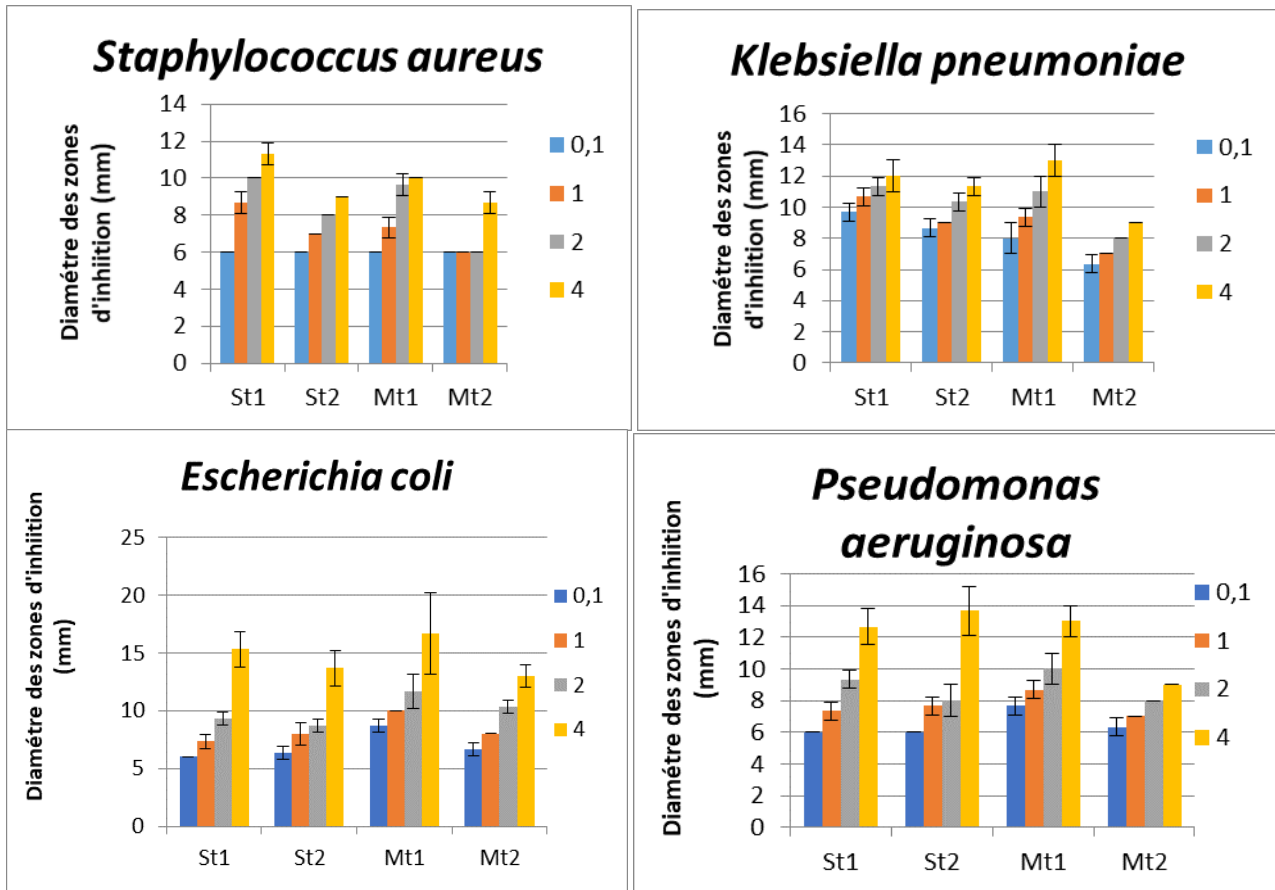


Figure 18 : Diamètres des zones d'inhibition des huiles essentielles testées vis-à-vis des souches bactériennes.

Selon une étude réalisée par **Kerbouche et al. (2013)** sur une espèce appartenant au même genre, il apparaît que l'huile essentielle de *Satureja calamintha* a un effet sur *Escherichia coli* avec un diamètre de 16.33 mm, Ceci confirme ce que nous avons obtenu.

Donc, l'activité antibactérienne l'huile essentielle de *Satureja hispidula* d'El Milia est plus importante que celle de l'huile essentielle de *Satureja hispidula* de Beni-Ahmed. Cette variation peut être due à la variabilité des composés chimiques majoritaire (Pulegone et D-menthone).

Tableau 7 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) de l'huile essentielle de *Satureja hispidula*

Huiles essentielles	Souches bactériennes testées	Concentration (mg/ml)			
		0.1	1	2	4
<i>Satureja hispidula 1</i>	<i>E. coli</i>	6±0.00	7.33±0.58	9.33±0.58	15.33±1.53
	<i>K. pneumoniae</i>	9.67±0.58	10.67±0.58	11.33±0.58	12±1.00
	<i>P. aeruginosa</i>	6.00±0.00	7.33±0.58	9.33±0.58	12.67±1.15
	<i>S. aureus</i>	6 ±0.00	8.67±0.58	10±0.00	11.33±0.56
<i>Satureja hispidula 2</i>	<i>E. coli</i>	6.33±0.58	8.00±1.00	8.67±0.58	13.67±1.53
	<i>K. pneumoniae</i>	8.67±0.58	9.00±0.00	10.33±0.58	11.33±0.58
	<i>P. aeruginosa</i>	6.00±0.00	7.67±0.58	8.00±1.00	13.67±1.53
	<i>S. aureus</i>	6.00±0.00	7.00±0.00	8.00±0.00	9.00±0.00

Pour *Mentha pulegium* et selon le tableau 8 et la figure 18, on remarque que toutes les bactéries sont sensibles à l'huile essentielle de *Mentha pulegium1* à une concentration de 2mg/ml. La plus grande surface d'inhibition est enregistrée à une concentration de 4mg/ml par la souche *E. coli* (16.67mm), suivie par *P. aeruginosa* et *K. pneumoniae* (13mm) et *S. aureus* (10mm).

Pour l'huile essentielle de *Mentha pulegium2*, à une concentration 4mg/ml on enregistre de faibles diamètres par rapport *Mentha pulegium1* *E. coli* (13mm), *K. pneumoniae* et *P. aeruginosa* (9mm). *S. aureus* présente une résistance (8.67mm) à cette huile.

Tableau 8 : Diamètres des zones d'inhibition (mm) des bactéries en présence de l'huile essentielle de *Mentha pulegium*

Huiles essentielles	Souches bactériennes testées	Concentration (mg/ml)			
		0.1	1	2	4
<i>Mentha pulegium1</i>	<i>E. coli</i>	8.67±0.58	10±0.00	11.67±1.53	16.67±3.51
	<i>K. pneumoniae</i>	8±1.00	9±0.58	11±0.00	13±1.00
	<i>P. aeruginosa</i>	7.67±0.58	8.67±0.58	10±1.00	13±1.00
	<i>S. aureus</i>	6±0.00	7.33±0.58	9.67±0.58	10±0.00
<i>Mentha pulegium2</i>	<i>E. coli</i>	6.67±0.58	8±0.00	10.33±0.58	13±1.00
	<i>K. pneumoniae</i>	6.33±0.58	7±0.00	8±0.00	9±0.00
	<i>P. aeruginosa</i>	6.33±0.58	7±0.00	8±0.00	9±0.00
	<i>S. aureus</i>	6±0.00	6 ±0.00	6±0.00	8.67±0.58

Les résultats obtenus par **Bouhadoudda, (2015)** montrent que l'huile essentielle de *Mentha pulegium* à un effet sur *Escherichia coli* qui est en accord avec notre résultat mais avec un diamètre plus important (22.83 mm).

Toutefois, ce même auteur a trouvé un effet sur *Staphylococcus aureus* (17mm) ce qui est différent de notre résultat. Ceci est peut-être dû à la composition chimique de l'huile essentielle qui est différente de la nôtre (piperitone, sabinene, limonène, etc.).

Donc, cette activité antibactérienne de *Mentha pulegium* est peut-être attribuée principalement à ses constituants majoritaires (Menthol, D-menthone), composants qui ne retrouves pas ou se retrouve en concentrations faibles.

Aussi, l'activité des huiles essentielles est plus importante contre les bactéries à G-, et moindre contre celle à G+.

Nos résultats sont en accord avec ceux de **Marzouk et al. (2006)** qui ont trouvé que les bactéries G+ sont plus résistantes aux huiles essentielles que les bactéries G-. Cependant, **Cosentino et al. (1999)** ont trouvé que les bactéries G- sont plus résistantes aux huiles essentielles que les bactéries G+.

Nous pouvons donc classer la capacité antibactérienne des huiles essentielles et de l'antibiotique comme suit :

- *Escherichia coli*: *Mentha 1* > *Satureja 1* = *Mentha 2* > *Satureja 2*
- *Klebsiella pneumoniae* : *Satureja 1* > *Mentha 1* = *Satureja 2* > *Mentha 2*
- *Pseudomonas aeruginosa*: *Mentha 1* = *Satureja 1* > *Satureja 2* = *Mentha 2*
- *Staphylococcus aureus* : > *Satureja 1* = *Mentha 1* > *Satureja 2* > *Mentha 2*

Donc, les deux huiles essentielles ont montré une activité inhibitrice vis-à-vis des 4 souches bactériennes testées. L'huile essentielle de *Satureja hispidula* d'El-Milia et *Mentha pulegium* de Bouafroune ont montré une activité inhibitrice sur les bactéries testées plus élevée que celle de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* de Beni-Ahmed, et que la bactérie à Gram positif *Staphylococcus aureus* s'est avérée plus résistante que les bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*).

L'activité antibactérienne trouvée est suffisamment importante pour permettre l'utilisation de ces plantes comme nouvelle source d'antibiotique dans divers domaines a savoir en pharmacie, cosmétologie et industries agroalimentaires.

En comparaison avec les deux stations choisies, les huiles essentielles de Beni-Ahmed semblent présenter une certaine originalité. En effet, elles sont plus diversifiées, présentent presque les même activités antioxydante et antibactérienne, avec une abondance moins importante du pulégone, pouvant être ainsi mieux vendu dans l'industrie (le pulégone étant toxique)

Conclusion

Les plantes médicinales étaient et restent toujours une source inépuisable de principes actifs. Ils jouent un rôle important dans de nombreuses applications à savoir l'industrie pharmaceutique, l'industrie agroalimentaire, l'industrie cosmétique, la parfumerie, etc.

Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur les huiles essentielles extraites de ces produits naturels. Les différents résultats publiés indiquent quelles sont douées de plusieurs propriétés biologiques et l'évaluation de celles-ci demeure une tâche intéressante et utile, en particulier pour trouver de nouvelles sources d'agents antioxydants et antibactériens naturels.

Dans ce contexte, nous avons essayé d'évaluer la composition chimique, les activités antioxydante et antibactérienne des huiles essentielles extraites à partir de deux plantes qui appartiennent à la famille des Lamiacées très fréquemment employées et qui poussent spontanément dans deux stations différentes dans la région de Jijel.

Il ressort de l'analyse des résultats obtenus que les teneurs en eau obtenues à partir des parties aériennes des deux plantes sont plus faibles pour la station de Beni-Ahmed ce qui indique un taux de matière sèche et un rendement en huiles essentielles plus importants.

L'hydro-distillation de la partie aérienne de *Satureja hispidula* a donné une huile essentielle jaunâtre, et dont l'analyse par CPG/SM nous a permis d'identifier 18 composés dans les huiles essentielles de *Satureja hispidula* d'El-Milia, 36 composés dans les huiles essentielles de *Satureja hispidula* de Beni-Ahmed, 18 composés dans les huiles essentielles de *Mentha pulegium* de Bouafroune et 26 composés dans les huiles essentielles de *Mentha pulegium* de Beni-Ahmed. Les quatre huiles essentielles des deux espèces sont constituées majoritairement de pulegone à des pourcentages différents : *Satureja hispidula*1 (56.96%), *Satureja hispidula* 2 (10.05%), *Mentha pulegium*1 (37,6%) et *Mentha pulegium* 2 (48,75%).

Cette variation de composition n'est que le reflet de la biodiversité moléculaire rencontrée chez les huiles essentielles de ces deux plantes médicinales due au climat et au biotope approprié et qui nous a poussés à étudier leur activité biologique (antioxydante et antibactérienne).

Le potentiel antiradicalaire des huiles essentielles a été déterminé par deux méthodes. De cette étude ressortent le résultat suivant : nos huiles essentielles possèdent une bonne activité, donc ces molécules sont considérées comme des agents antioxydants et peuvent être employées dans l'industrie agroalimentaire et pour des applications thérapeutiques sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires.

L'étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles testées a été évaluée par un test de sensibilité par la méthode d'aromatogramme vis à vis de quatre souches bactériennes. De cette étude découle les points suivants :

- Les deux huiles essentielles ont montré une activité inhibitrice vis-à-vis des 4 souches bactériennes testées. L'huile essentielle de *Satureja hispidula* d'El-Milia et *Mentha pulegium* de Bouafroune ont montré une activité inhibitrice sur les bactéries testées plus élevée que celle de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* de Beni-Ahmed. Toutefois, les résultats restent rapprochés.
- La bactérie à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) s'est avérée plus résistante que les bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*).

L'activité antibactérienne trouvée est suffisamment importante pour permettre l'utilisation de ces plantes comme nouvelle source d'antibiotique dans divers domaines à savoir en pharmacie et industries agroalimentaires.

En comparaison avec les deux stations choisies, les huiles essentielles extraites des plantes qui poussent dans la station de Beni-Ahmed semblent présenter une certaine originalité. En effet, elles sont plus diversifiées et présente presque les mêmes activités avec une abondance moins importante du pulégone ainsi pouvant être mieux vendu dans l'industrie (le pulégone étant toxique).

Enfin, les résultats restent préliminaires et notre travail ouvre de nombreuses perspectives :

- Etude in vivo par une administration orale des huiles essentielles testées pour déterminer les niveaux de toxicité ;
- Etudier les différents facteurs qui peuvent influencer la variabilité de la composition des huiles essentielles ;
- Elargir l'étude sur d'autres organes des plantes étudiées afin de déterminer l'organe le plus riche en composés antioxydants ;
- Evaluer l'effet antioxydant en employant d'autres tests ;
- Etudier l'activités antibactérienne sur d'autre souches ;
- Etudier d'autres propriétés biologiques de ces plantes à savoir les propriétés antifongiques, anti-inflammatoire et d'autres ;
- D'isoler et identifier les principes actifs responsables des activités biologiques.
- Déterminer de nouvelles substances bioactives naturelles qui pourront répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif des médicaments synthétiques ;

A travers ce modeste travail, nous espérons avoir contribué à la valorisation de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium* comme plantes largement utilisée par la population Jijélienne.

Références

bibliographiques

AFNOR : Association Française de Normalisation, 1987. Tour Europe, Cedex 7 - 92080 Paris.

Aissi, O., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2016). Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus* L. from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and antiacetylcholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 91, 56-65.. *Industrial Crops and Products*, 91, 56-65.

Alves-Silva, J. M., dos Santos, S. M. D., Pintado, M. E., Pérez-Álvarez, J. A., Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M. (2013). Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. *Food Control*, 32(2), 371-378.

Ba, K., Tine, E., Destain, J., Cissé, N., & Thonart, P. (2010). Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(1), 131-139.

Baba Aissa, F. (1999). Encyclopédie des plantes utiles. *Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident"*, Librairie Moderne Rouiba, EDAS, Alger. 368 p.

Baba Aissa, F. (2000). Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et du Maghreb, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. *Ed Librairie moderne Rouiba*, p 46.

Bekhechi, C., et Abdelouahid, D., 2014. Les huiles essentielles, *Ed. office des publication universitaire, Alger*, p 55

Benabdallah, A., Boumendjel, M., Aissi, O., Rahmoune, C., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2018). Chemical composition, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibitory of wild *Mentha* species from northeastern Algeria. *South African journal of botany*, 116, 131-139.

Benkhedimallah R. et Kismoun S., 2014. Étude phytochimique et biochimique de satureja calamintha, mémoire en biologie, université costantine 1, 86p

Benkhnigue, O., Zidane, L., Fadli, M., Elyacoubi, H., Rochdi, A., & Douira, A. (2010). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Botanica Barcinonensia*, 53, 191-216.

Bernard, T., Perineau, F., Bravo, R., Delmas, M., & Gaset, A. (1988). Extraction des huiles essentielles : chimie et technologie. *Informations chimie*, (298), 179-184.

- Bouhaddouda N. (2015).** Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*, thèse de doctorat en biochimie, sous la direction de Aouadi, Université Badji Mokhtar -Annaba
- Bouttine, I. (2018).** Constituants bioactifs et activités biologiques de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium*. Mémoire en biologie, Université de Med Seddik Benyahia–Jijel-
- Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Khouchlaa, A., Charfi, S., Abrini J. & Dakka, N. (2018).** Résistance aux antibiotiques et mécanismes d'action des huiles essentielles contre les bactéries. *Phytothérapie*, 16(S1), S173-S183.
- Bouyahya, A., Belmehdi, O., El Jemli, M., Marmouzi, I., Bourais, I., Abrini, J., Faouzi M.E.A., Dakka N. & Bakri, Y. (2019).** Chemical variability of *Centaurium erythraea* essential oils at three developmental stages and investigation of their in vitro antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective and antibacterial activities. *Industrial Crops and Products*, 132, 111-117.
- Brahmi, F., Abdenour, A., Bruno, M., Silvia, P., Alessandra, P., Danilo, F., Drifa Y. J., Fahmie E. M., Madani Khodira M. & Mohamed, C. (2016).** Chemical composition and in vitro antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Huds growing in Algeria. *Industrial Crops and Products*, 88, 96-105.
- Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 2eme édition, Paris : Ed. médicales internationales, *Tec et Doc Lavoisier*, p 1120.
- Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes Médicinales, 4 e éd. *Tec & Doc/Lavoisier, Paris*, p 1292.
- Buchbauer, G., Jager, W., Jirovetz, L., Nasel, B., Nasel, C., Ilmberger, J., and Diertrich, H., 1994.** 25th International Symposium on Essential Oils. Aromatherapy Research: Studies on the Biological Effects of Fragrance Compounds and Essential Oils upon Inhalation, Grasse, France. In : **Buchbauer, G., et Baser, K., 2016.** Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications.p 1109.
- Buchbaure, G. (2000).** The detailed analysis of essential oils leads to the understanding of their properties. *Perfum Flav*, 25, 64-87. In: **De Sousa, D. P. (Ed.). (2015).** *Bioactive essential oils and cancer*. Springer.

- Buckle, J. (2003).** Clinical Aromatherapy: Essential Oils in Practice. 2nd. *New York, NY, USA: Churchill Livingstone Elsevier Science.* P 416.
- Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.
- Ćavar, S., Maksimović, M., Šolić, M. E., Jerković-Mujkić, A., & Bešta, R. (2008).** Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two Satureja essential oils. *Food Chemistry*, 111(3), 648-653.
- Chalchat, J. C., Gorunovic, M. S., Maksimovic, Z. A., & Petrovic, S. D. (2000).** Essential oil of wild growing *Mentha pulegium* L. from Yugoslavia. *Journal of Essential Oil Research*, 12(5), 598-600.
- Chaouche, F. S. A., Mouhouche, F., Hazzit, M., & Ferradji, A. (2017).** Optimization of extraction yield of Algerian *Mentha pulegium* L. essential oil by ultrasound-assisted hydrodistillation using response surface methodology. *Research Journal of Phytochemistry*, 11, 142-149.
- Chauhan, R. S., Nautiyal, M. C., Cecotti, R., Mella, M., & Tava, A. (2016).** Variation in the essential oil composition of *Angelica archangelica* from three different altitudes in Western Himalaya, India. *Industrial crops and products*, 94, 401-404.
- Cherrat, L., Espina, L., Bakkali, M., Pagán, R., & Laglaoui, A. (2014).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Mentha pulegium*, *Lavandula stoechas* and *Satureja calamintha* Scheele essential oils and an evaluation of their bactericidal effect in combined processes. *Innovative food science & emerging technologies*, 22, 221-229.
- Chevalier, A. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales Identification, Préparation, Soins. *Edition Larousse, Paris*, 95-335.
- Chiej R., 1982.** Les plantes medicinales. Ed. solar.
- Chouaibi, M., Rezig, L., Hamdi, S., & Ferrari, G. (2019).** Chemical characteristics and compositions of red pepper seed oils extracted by different methods. *Industrial crops and products*, 128, 363-370.
- Clarke, S. (Ed.). (2009).** *Essential Chemistry for Aromatherapy E-Book.* Elsevier Health Sciences. P 302.

Cosentino, S. C. I. G., Tuberoso, C. I. G., Pisano, B., Satta, M. L., Mascia, V., Arzedi, E., & Palmas, F. (1999). In-vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian thymus essential oils. *Letters in applied microbiology*, 29(2), 130-135.

Costa M., Nogueira J. M. F., Miguel M. G. , Romano A. (2003). In vitro mass clonal propagation of *Dittrichia viscosa* subsp. *revoluta* and analysis of its secondary metabolites. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78(3): 310-314.

Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013). Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.

De Silva, T. (2009). *Traditional and alternative medicine: research and policy perspectives*. Centre for Science & Technology of the Non-Aligned and Other Developing Countries. P 594.

De Sousa, D. P. (Ed.). (2015). *Bioactive essential oils and cancer*. Springer. P 292.

Debuigne, G. (1984). Larousse des plantes qui guérissent—Librairie Larousse.

Dechambre, A. 1873. Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales. (vol. 2), P. Asselin et G. Masson, Paris, 790p

Dehghani, N., Afsharmanesh, M., Salarmoini, M., & Ebrahimnejad, H. (2018). Characterization of pennyroyal (*Mentha pulegium*) essential oil as an herbal, antibacterial, and antioxidant substance. *Comparative Clinical Pathology*, 27(6), 1575-1581.

Delfine, S., Marrelli, M., Conforti, F., Formisano, C., Rigano, D., Menichini, F., & Senatore, F. (2017). Variation of *Malva sylvestris* essential oil yield, chemical composition and biological activity in response to different environments across Southern Italy. *Industrial crops and products*, 98, 29-37.

Ducerf, G. (2010). L'Encyclopédie des Plantes Bio-indicatrices. *Alimentaires et médicinales*.Ed., Promonature. P 349.

El-Jalel, L. F., Elkady, W. M., Gonaïd, M. H., & El-Gareeb, K. A. (2018). Difference in chemical composition and antimicrobial activity of *Thymus capitatus* L. essential oil at different altitudes. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 156-160.

- Gomes, A. F., Almeida, M. P., Leite, M. F., Schwaiger, S., Stuppner, H., Halabalaki, M., Amaral J. G. & David, J. M. (2019).** Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of *Lippia alba*. *Food chemistry*, 273, 186-193.
- Grosjean, N. (2015).** *Les huiles essentielles: se soigner par l'aromathérapie*. Ed. Eyrolles. P 218.
- Guingnard J.L. (2000).** *Biochimie végétale*. 2e Ed. Dunod, Paris.
- Gupta, D., & Kumar, M. (2017).** Evaluation of in vitro antimicrobial potential and GC–MS analysis of *Camellia sinensis* and *Terminalia arjuna*. *Biotechnology reports*, 13, 19-25.
- Gurib-Fakim, A. (2006).** Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular aspects of Medicine*, 27(1), 1-93.
- Hadi, M. Y., Hameed, I. H., & Ibraheem, I. A. (2017).** *Mentha pulegium*: Medicinal uses, Anti-Hepatic, Antibacterial, Antioxidant effect and Analysis of Bioactive Natural Compounds: A Review. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 10(10), 3580-3584.
- Hajlaoui, H., Trabelsi, N., Noumi, E., Snoussi, M., Fallah, H., Ksouri, R., & Bakhrouf, A. (2009).** Biological activities of the essential oils and methanol extract of two cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(12), 2227-2238.
- Hashim, G. M., Almasaudi, S. B., Azhar, E., Al Jaouni, S. K., & Harakeh, S. (2017).** Biological activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil. *Saudi journal of biological sciences*, 24(7), 1458-1464.
- Heller, R., Esnault, R., & Lance, C. (1998).** *Physiologie végétale: nutrition*, Vol. 1.
- Huete A. (2012).** *Huiles essentielles pour tous les jours*, Losange, Chamalières, France. P 224.
- Jenkins, N. (2006).** *aromatherapy in Essence*. Hodder Arnold. P 158.
- Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2013).** *La connaissance des huiles essentielles: qualilogie et aromathérapie: Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*. Springer Science & Business Media. P 226.

Kamatou, G. P. P., Van Zyl, R. L., Van Vuuren, S. F., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Viljoen, A. M. (2008). Seasonal variation in essential oil composition, oil toxicity and the biological activity of solvent extracts of three South African *Salvia* species. *South African Journal of Botany*, 74(2), 230-237.

Kamkar A, Javan AJ, Asadi F. (2010). Kamalinejad M. *Food Chem Toxicol.*;48(7):1796-800.

Kansole, M.M.R. (2009). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.

Karagözler, A. A., Erdağ, B., Emek, Y. Ç., & Uygun, D. A. (2008). Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastata*. *Food Chemistry*, 111(2), 400-407.

Kaya, A., Satil, F., & Gogel, F. (2009). Nutlet surface micromorphology of Turkish *Satureja* (Lamiaceae). *Biologia*, 64(5), 902-907.

Kazemi, M. (2015). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L., and *Carum copticum* L. essential oils. *Journal of Herbal Medicine*, 5(4), 217-222.

Kerbouche, L., Hazzit, M., & Baaliouamer, A. (2013). Essential oil of *Satureja calamintha* subsp. *nepeta* (L.) Briq. from Algeria: Analysis, antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 3(4), 266-272.

Kitson, F. G., Larsen, B. S., & McEwen, C. N. (1996). *Gas chromatography and mass spectrometry: a practical guide*. Academic Press. P 381.

Korkina, L. G. (2007). Phenylpropanoids as naturally occurring antioxidants: from plant defense to human health. *Cell Mol Biol*, 53(1), 15-25.

Labiod R. (2016). *Valorisation des huiles essentielles et des extraits de Satureja calamintha nepeta: activité antibactérienne, activité antioxydante et activité fongicide* (Doctoral dissertation, Université BADJI Mokhtar Annaba).

Lin, P. C., Lee, J. J., & Chang, I. J. (2016). Essential oils from Taiwan: Chemical composition and antibacterial activity against *Escherichia coli*. *Journal of food and drug analysis*, 24(3), 464-470.

Luo, W., Du, Z., Zheng, Y., Liang, X., Huang, G., Zhang, Q., Liu Z., Zhang K., Zheng X., Lin L. & Zhang, L. (2019). Phytochemical composition and bioactivities of essential oils from six Lamiaceae species. *Industrial Crops and Products*, 133, 357-364.

Marzouk Z., Neffati A., Marzouk B. (2006) chemical composition and antibactériale and Antimutge activity of Tunusiçan rosmarinus officinalis L .oil from kasrine. *Journal of food agriculture Environnement* 4 : 61- 65

Máthé, Á. (2015). *Medicinal and aromatic plants of the world*. Germany : Springer. P 460.

McGuinness, H. (2003). *Aromatherapy therapy basics*. Hodder & Stoughton. P 247.

Melito, S., Petretto, G. L., Podani, J., Foddai, M., Maldini, M., Chessa, M., & Pintore, G. (2016). Altitude and climate influence Helichrysumitalicum subsp. microphyllum essential oils composition. *Industrial Crops and Products*, 80, 242-250.

Memarzadeh, S. M., Pirbalouti, A. G., & AdibNejad, M. (2015). Chemical composition and yield of essential oils from Bakhtiari savory (Saturejabachtiarica Bunge.) under different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 76, 809-816.

Miraj, S., & Kiani, S. (2016). Study of pharmacological effect of Mentha pulegium: A review. *Der Pharmacia Lettre*, 8(9), 242-245.

Mohammadhosseini, M., Sarker, S. D., et Akbarzadeh, A. (2017). Chemical composition of the essential oils and extracts of Achillea species and their biological activities: A review. *Journal of ethnopharmacology*, 199, 257-315.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.

Ouakouak H., Chohra M., Denane M. (2015). Chemical Composition, Antioxidant Activities of the Essential Oil of *Mentha pulegium* L. South East of Algeria. *International Letters of Natural Sciences*, 39 : 49-55.

Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., et Lacroix, M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: E. coli O157: H7, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes. *Food control*, 18(5), 414-420.

Perroti C., Caraffa N., Aili S. (1999). *Se soigner par les plantes*. Ed. Berti, Alger.

- Ponce A. G., Fritz R., Del Valle C. E. & Roura S. I. (2003).** Lebensmittel-wissenschaft und-Technologie, 36, 679
- Price, L., & Price, S. (2007).** *Aromatherapy for Health Professionals* (Ed. 3). Elsevier Health Sciences. P 576.
- Quezel, P., & Santa, S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et Méridionales, Tome II. Ed. CNRS, Paris.
- Rabiei, Z., Gholami, M., & Raffieian-Kopaei, M. (2016).** Antidepressant effects of Mentha pulegium in mice. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 11(3), 711-715.
- Riahi, L., Ghazghazi, H., Ayari, B., Aouadhi, C., Klay, I., Chograni, H., Cherif A. & Zoghlami, N. (2015).** Effect of environmental conditions on chemical polymorphism and biological activities among Artemisia absinthium L. essential oil provenances grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*, 66, 96-102.
- Roy, A., Park, H. J., Abdul, Q. A., Jung, H. A., & Choi, J. S. (2018).** Pulegone Exhibits Anti-inflammatory Activities through the Regulation of NF-κB and Nrf-2 Signaling Pathways in LPS-stimulated RAW 264.7 cells. *Natural Product Sciences*, 24(1), 28-35.
- Russo, A., Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Delfino, S., Cardile, V., Rosselli S. & Bruno, M. (2013).** Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 42-47.
- Sá, S. D., Fiuza, T. S., Borges, L. L., Ferreira, H. D., Tresvenzol, L. M., Ferri, P. H., Rezende M. H. & Paula, J. R. (2016).** Chemical composition and seasonal variability of the essential oils of leaves and morphological analysis of *Hyptis carpinifolia*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(6), 688-693.
- Sadeghi, H., Jamalpoor, S., et Shirzadi, M. H. (2014).** Variability in essential oil of *Teucrium polium* L. of different latitudinal populations. *Industrial Crops and Products*, 54, 130-134.
- Salgueiro, L., Martins, A. P., & Correia, H. (2010).** Raw materials: the importance of quality and safety. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 253-271.

- Sebti, M., Amar, Z., Mesbah, L., & Noureddine, G. (2013).** Ethnopharmacology and essential oils composition of *Calamintha hispidula* (Boissier and Reuter) Maire. growing in Algeria. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 3(5-6), 339-344.
- Sivropoulou A., Kokkini S., Lanaras T. and Arsenakis M. (1995).** Antimicrobial Activity of Mint Essential Oil. *J, Agric. Food Chem.*, 43, 2384-2388
- Smitha, G. R., & Tripathy, V. (2016).** Seasonal variation in the essential oils extracted from leaves and inflorescence of different *Ocimum* species grown in Western plains of India. *Industrial crops and products*, 94, 52-64.
- Sofowora, A. (2010).** *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. KARTHALA Ed. p 109.
- Sutour, S. (2010).** Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de Kumquats (Doctoral dissertation, Université de Corse).
- Thormar, H. (Ed.). (2011).** *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons. P 315.
- Vokou, D., Kokkini, S., & Bessiere, J. M. (1993).** Geographic variation of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) essential oils. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(2), 287-295.
- Waksmundzka-Hajnos, M., & Sherma, J. (2010).** *High performance liquid chromatography in phytochemical analysis*. CRC press.
- Williams, D. G (1996).** The chemistry of essential oils. *England: Micelle*. In: **Buckle, J. (2003).** *Clinical Aromatherapy: Essential Oils in Practice*. 2nd. *New York, NY, USA: Churchill Livingstone Elsevier Science*.
- Yahia, I. B. H., Jaouadi, R., Trimech, R., Boussaid, M., & Zaouali, Y. (2019).** Variation of chemical composition and antioxidant activity of essential oils of *Mentha x rotundifolia* (L.) Huds.(Lamiaceae) collected from different bioclimatic areas of Tunisia. *Biochemical Systematics and Ecology*, 84, 8-16.
- Yu, J. Q., Lei, J. C., Zhang, X. Q., Yu, H. D., Tian, D. Z., Liao, Z. X., & Zou, G. L. (2011).** Anticancer, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Lycopus lucidus* Turcz. var. *hirtus* Regel. *Food Chemistry*, 126(4), 1593-1598

Annexes

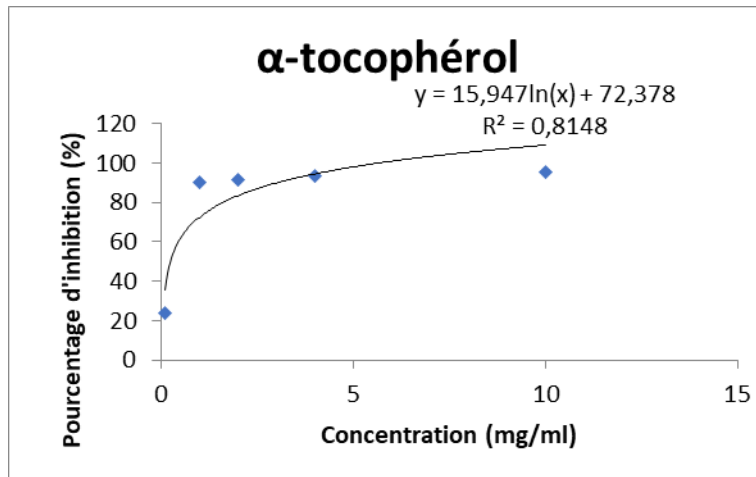


Figure 1 : Pourcentage d'inhibition du DPPH Par l' α -tocophérol

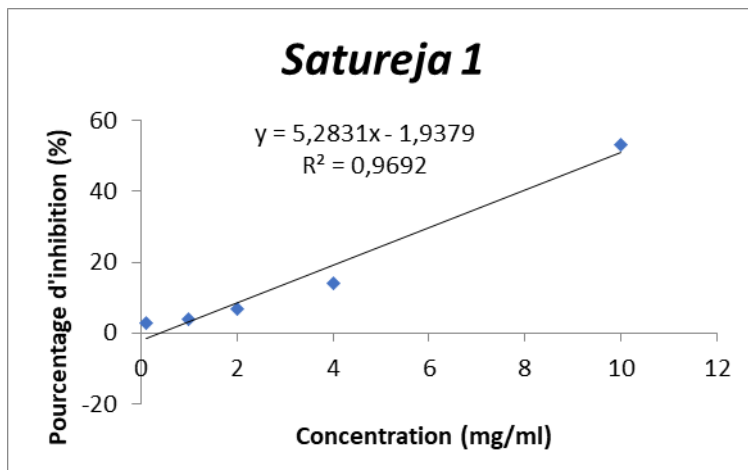


Figure 2 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'huile essentielle de *Satureja 1*

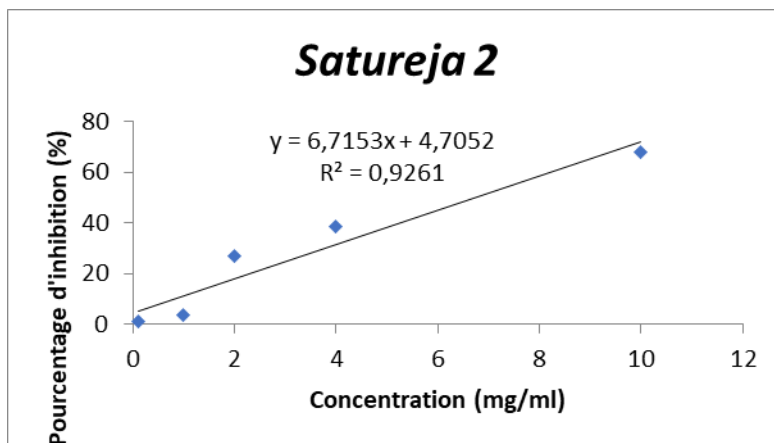


Figure 3 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'huile essentielle de *Satureja 2*

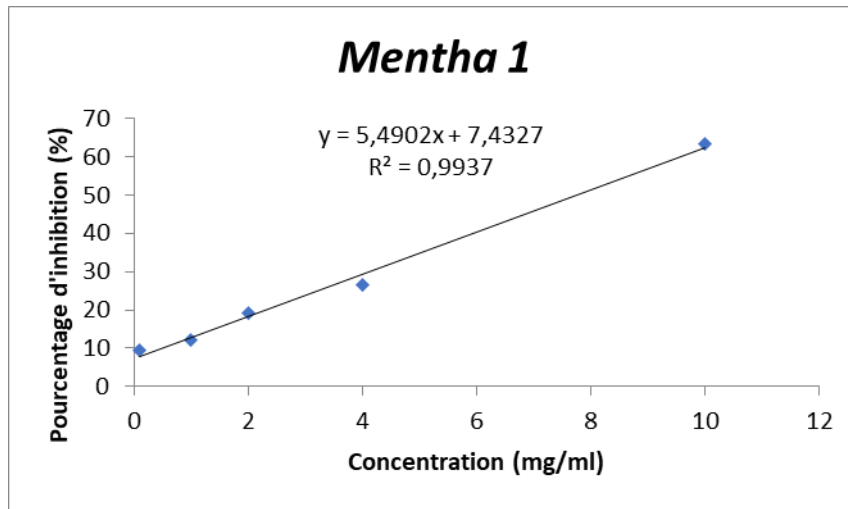


Figure 4 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'huile essentielle de *Mentha 1*

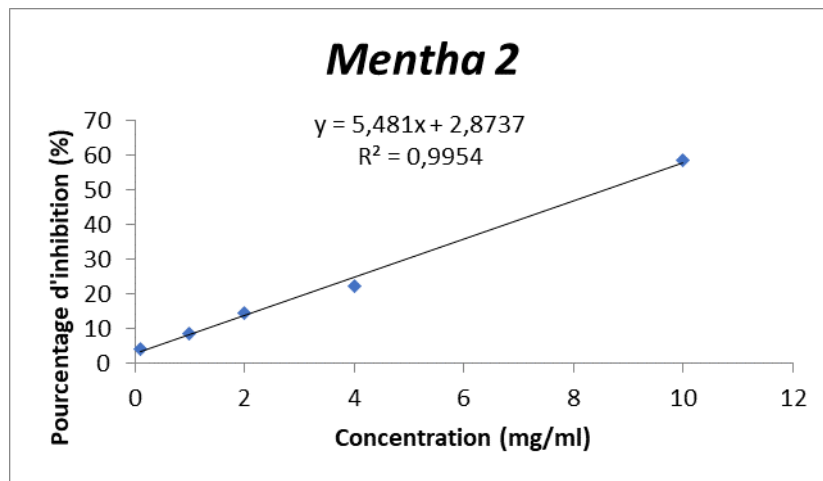


Figure 5 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'huile essentielle de *Mentha 2*

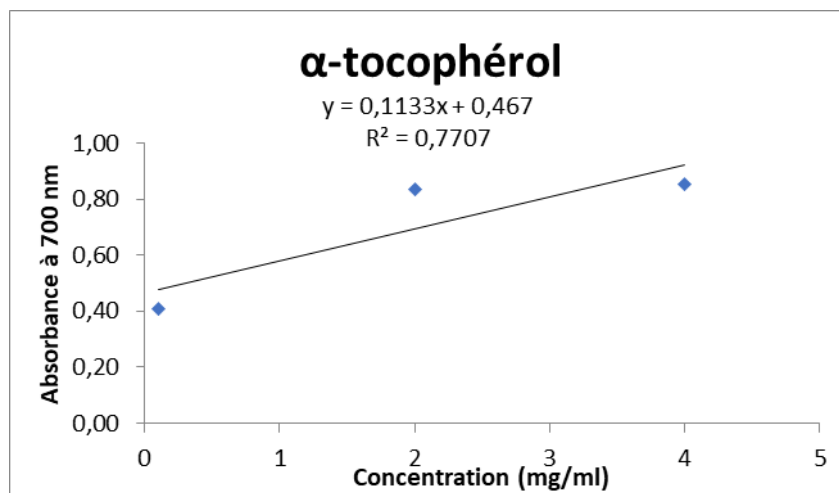


Figure 6 : Pouvoir réducteur de l' α -tocophérol

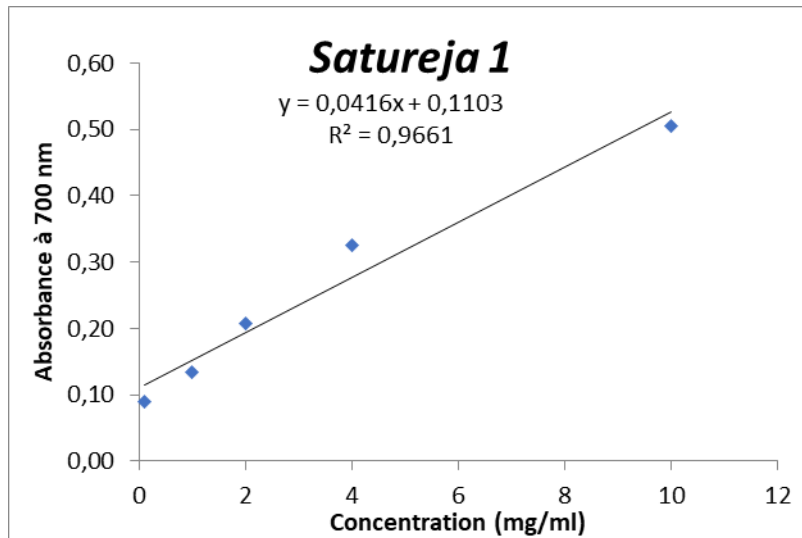


Figure 7 : Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de *Satureja 1*

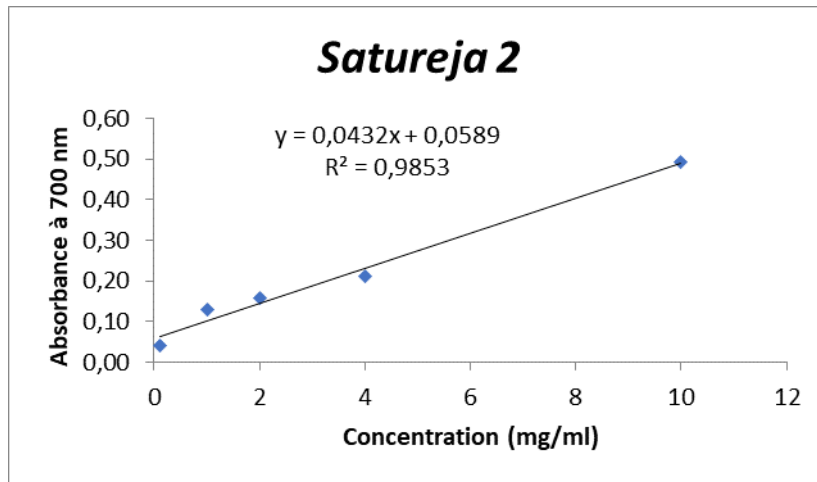


Figure 8 : Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de *Satureja 2*

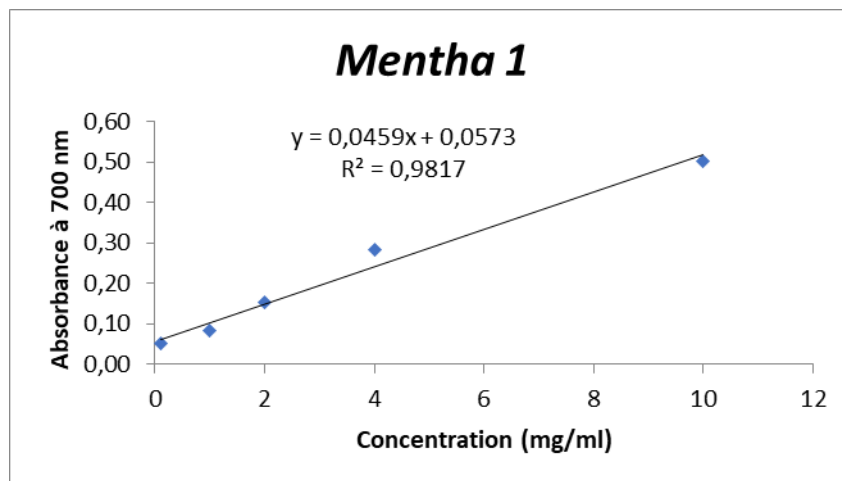


Figure 9 : Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de *Mentha 1*

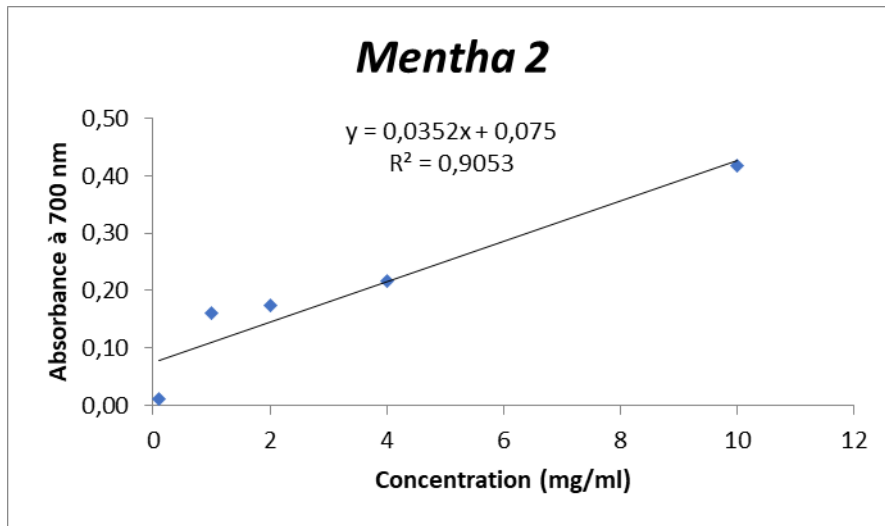


Figure 10 : Pouvoir réducteur de l'huile essentielle de *Mentha 2*

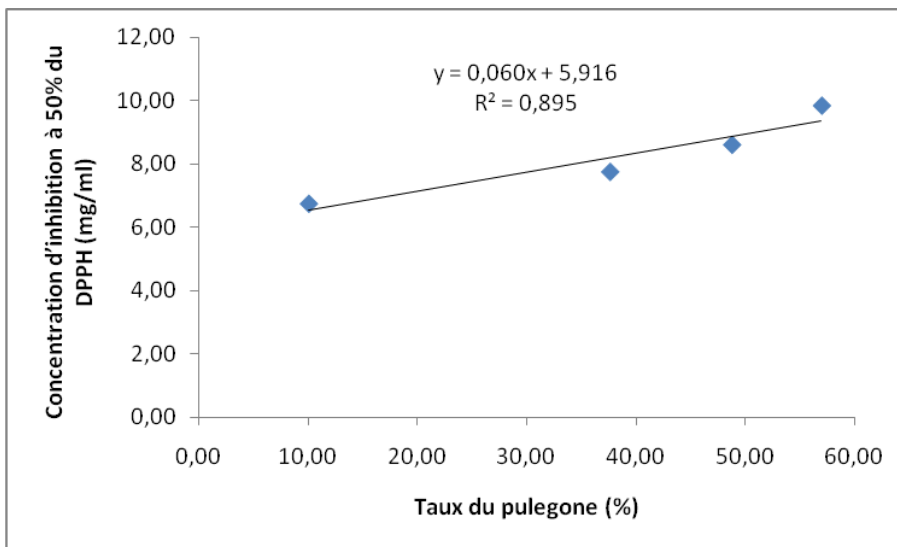


Figure 11 : Corrélation entre le pulegone et le pouvoir antiradicalaire

Thème : Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles de *Satureja hispidula* et *Mentha pulegium*

Résumé

Les plantes aromatiques sont une source inépuisable de substances naturelles douées de propriétés biologiques importantes. Dans ce contexte, l'hydrodistillation de la partie aérienne de la sarriette (*Satureja hispidula*) et de la menthe (*Mentha pulegium*) poussant spontanément dans deux stations différentes, a permis l'obtention d'huiles essentielles. L'analyse effectuée par CPG/SM des huiles obtenues a montré que le contenu terpénique change d'une région à l'autre. 47 composants ont été identifiés pour *Satureja hispidula* et 36 composants pour *Mentha pulégium* dont le constituant majeur est le Pulegone (10.05%-56.96%).

L'Activité antioxydante a été déterminée par 2 méthodes (test du DPPH et pouvoir réducteur) et l'activité antibactérienne par la méthode de diffusion en milieu gélosé testée vis-à-vis de trois souches à Gram- (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa*) et une souche à Gram+ (*Staphylococcus aureus*).

L'activité biologique trouvée est suffisamment importante pour permettre l'utilisation de ces plantes comme nouvelle source naturelle d'antioxydant et d'antibactérien dans divers domaines : en pharmacie, cosmétologie, industries agroalimentaires, l'industrie des boissons et confiserie.

Mots clés : *Satureja hispidula*, *Mentha pulegium*, huiles essentielles, activité antioxydante, activité antibactérienne.

Summary

Aromatic plants are an inexhaustible source of natural substances with important biological properties. In this context, the hydrodistillation of the aerial parts of savory (*Satureja hispidula*) and pennyroyal (*Mentha pulegium*), growing spontaneously in two different stations, made it possible to obtain essential oils. GC / MS analysis of the resulting EO showed that terpene content change from a region to another. 47 compounds were identified for *Satureja hispidula* and 36 components for *Mentha Pulegium*, the major constituent is Pulegone (10.05% - 56.96%).

The antioxidant activity was determined by two methods (DPPH test and reducing power) and the antibacterial activity by the diffusion method in agar tested against three Gram- strains (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*) and a Gram + strain (*Staphylococcus aureus*).

The biological activity found in these plants is sufficiently important to allow their use as a new natural source of antioxidant and antibacterial in various fields: pharmacy, cosmetology, agri-food industries, beverage industry and confectionery.

Keywords: *Satureja hispidula*, *Mentha pulegium*, essential oils, antioxidant activity, antibacterial activity.

ملخص :

النباتات العطرية هي مصدر لا ينفى من المواد الطبيعية ذات الخصائص البيولوجية الهامة. في هذا السياق ، فإن التقطير المائي للأجزاء الهوائية من الثورت (*Satureja hispidula*) و قليو (*Mentha pulegium*) ، اللتين ينموان تلقائياً في مناطق مختلفة جعل من الممكن الحصول على الزيوت الأساسية. كشف تحليل GC / MS لهذه الزيوت أن محتوى التربين يتغير من منطقة إلى أخرى. تم تحديد 47 مكوناً بالنسبة لزيوت *Satureja hispidula* و 36 مكون بالنسبة لزيوت *Mentha pulegium* حيث كان المكون الرئيسي هو pulgone بنسبة (10.05%-56.96%).

تم تحديد نشاط مضادات الأكسدة بطريقتين (اختبار DPPH واختبار قوة الأرجاع) ونشاط مضاد للجراثيم من خلال طريقة الانتشار في وسط جيلوزي و تم هذا الاختبار ضد ثلاث سلالات سالبة الجرام (*Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* و *Pseudomonas aeruginosa*) وسلالة موجبة الجرام *Staphylococcus aureus*. النشاط البيولوجي الموجود في هاته النباتات مهم بما فيه الكفاية للسماح باستخدامها كمصدر طبيعي جديد لمضادات الأكسدة ومضادات الجراثيم في مختلف المجالات: الصيدلة ، مستحضرات التجميل، صناعات الأغذية الزراعية، و صناعة المشروبات و الحلويات.

الكلمات الرئيسية: *Satureja hispidula* ، *Mentha pulegium* ، الزيوت الأساسية، النشاط المضاد للاكسدة، النشاط المضاد للبكتريا.

