

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique



جامعة البليدة 1

Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

Option : Agro -environnement et bio indicateur

Thème

**Effet du stress hydrique sur le rendement des huiles essentielles d'une
espèces aromatique**

Présenté par :

Slimi wiam

Boukercha Afraa

Devant le jury composé de :

Mme Ouanighi Hakima MAA

USDB 1

Président

Mme Ghanai Rafika MCB

USDB 1

Promotrice

Mme Bachir Kamila MCB

USDB 1

Examinatrice

Date de soutenance : 14 juillet 2025

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je commence par rendre grâce à Dieu Tout-Puissant pour les multiples bénédictions qui m'ont permis d'achever ce travail.

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de cette recherche.

Tout d'abord merci aux membres du jury d'avoir gentiment accepté d'évaluer mon travail. Merci donc à ma directrice de recherche ,

Mme Ghannai Rafika, qui a été déterminante dans l'achèvement de ce projet. Je lui suis profondément reconnaissant pour ses précieux conseils, son soutien indéfectible et sa patience tout au long de cette aventure.

Je tiens également à remercier chaleureusement les membres du jury pour avoir gentiment accepté d'évaluer mon travail. Merci donc à :

Dr Ounighi Hakima, présidente du jury, pour sa bienveillance, ses précieux conseils et ses remarques constructives.

Dr Bachir Kamila, examinatrice, pour sa rigueur académique et sa capacité à susciter une réflexion approfondie.

À mes enseignants respectés de l'Université Blida 1 Saad Dahlab, qui m'ont transmis leur savoir et leurs connaissances, et qui ont joué un rôle clé dans le développement de mes aptitudes académiques et scientifiques. Je les remercie pour leur dévouement et leur sérieux dans l'enseignement, ainsi que pour leurs orientations éclairées.

Dédicace

À celle qui a cru en moi quand tout semblait flou

À ceux qui ont été mon refuge dans le doute et la fatigue, À tous ceux qui ont vu
dans mon silence de la force, Et dans mon épuisement un espoir discret...

Je dédie ce travail, avec toute sa simplicité, à ceux qui m'ont accompagné, même par un
simple regard de compréhension, sur un chemin loin d'être facile, semé d'embûches

De solitude et d'instant où tout semblait s'effondrer.

À moi-même d'abord, pour avoir tenu bon malgré tout.

À ma famille, source de lumière dans mes moments les plus sombres. Et à tous ceux qui
m'ont offert un mot, un geste, une présence sincère...

Merci à ceux qui ont aidé.

Merci aussi à ceux qui ne l'ont pas fait.

Car chacun, à sa manière, m'a appris quelque chose.

Wiam

Dédicace

Je dédie ce travail à :

La mémoire de mes chers grands-parents, que Dieu ait pitié d'eux, que je ne pourrai jamais oublier.

À mes chers parents, Boukercha Nordin et Ladrâa Salihah, pour leurs sacrifices et leurs encouragements tout au long de mes études.

À ma sœur, mon autre moitié.

À mon frère et toutes mes amies.

Et enfin, à moi-même

Afraa

Résumé

Cette étude a pour objectif d'examiner l'impact du stress hydrique sur la production d'huiles essentielles dans les plantes aromatiques, telles que la menthe verte (*Mentha spicata*), en se concentrant sur la relation entre les conditions environnementales et le rendement quantitatif de ces huiles. Des échantillons de menthe verte ont été collectés dans la région de Blida et traités à l'aide d'un appareil de distillation à vapeur de type Clevenger. L'étude vise à comprendre comment les changements climatiques et le stress hydrique influencent la qualité et la quantité des huiles essentielles produites, contribuant ainsi à améliorer les stratégies de production face aux changements environnementaux futurs. Cette étude contribue à améliorer les stratégies de production agricole et à fournir des solutions pratiques pour l'industrie des huiles aromatiques dans un contexte environnemental changeant.

Mots clés : stress hydrique, huiles essentielles, menthe verte.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى فحص تأثير الإجهاد المائي على إنتاج الزيوت الأساسية في النباتات العطرية، مثل النعناع الأخضر

(*Mentha spicata*)

، مع التركيز على العلاقة بين الظروف البيئية والعائد الكمي لهذه الزيوت. تم جمع عينات من النعناع الأخضر من منطقة البلدية ومعالجتها باستخدام جهاز التقطير المائي من نوع

Clevenger

ستسعى الدراسة لفهم كيف تؤثر التغيرات المناخية والإجهاد المائي على كمية الزيوت الأساسية المنتجة، مما يساهم في تحسين . استراتيجيات الإنتاج في مواجهة التغيرات البيئية المستقبلية

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مردود الزيوت الأساسية من النعناع الأخضر في حالة الشاهد كان أعلى من مردود الزيوت في حالة الإجهاد المائي، مما يوضح

تأثير شدة الإجهاد المائي على المحصول الكمي للزيوت الأساسية

هذه الدراسة تساهم في تحسين استراتيجيات الإنتاج الزراعي وتقديم حلول عملية لصناعة الزيوت العطرية في ظل الظروف البيئية

المتغيرة

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، الزيوت الأساسية، النعناع الأخضر

Abstract

This study aims to examine the effect of water stress on the production of essential oils in aromatic plants such as spearmint (*Mentha spicata*), focusing on the relationship between environmental conditions and the quantitative yield of these oils. Spearmint samples were collected from the Blida region and processed using a Clevenger-type hydro distillation apparatus. The study seeks to understand how climate change and water stress affect the quantity of essential oils produced, contributing to the improvement of production strategies in the face of future environmental changes.

The results obtained showed that the essential oil yield from spearmint under control conditions was higher than under water stress conditions, illustrating the impact of the severity of water stress on the quantitative yield of essential oils. This study contributes to improving agricultural production strategies and providing practical solutions for the essential oil industry under changing environmental conditions.

Keywords: water stress, essential oils, spearmint.

Liste des abréviations

HE : Huile Essentielle

AFNOR : Association Française de Normalisation

dS/m : Décisiemens par mètre (unité de conductivité électrique)

CE : Conductivité Électrique

PH : Potentiel Hydrogène

ABA : Acide Abscissique

UV : Ultra-Violet

C° : degré

Clevenger : Appareil d'hydrodistillation pour extraire les huiles essentielles

MAPK : Mitogen-Activated Protein Kinase

RuBP : Ribulose-1,5-bisphosphate

LEA : Late Embryogenesis Abundant (Protéines de protection)

APG III Angiosperm Phylogeny Group III (classification botanique)

T : témoin

E : essai

TRE : teneur relative en eau

Liste des Figures

N°	Titre	page
1	Aire de répartition de la menthe dans le monde.	4
2	Feuilles de <i>Mentha spicata</i>	6
3	Fleur de <i>Mentha spicata</i>	6
4	Inflorescence et feuille de la menthe verte	8
5	Répartition des huiles essentielles dans la menthe verte	14
6	Montage de l'appareil de type cleverger utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de <i>Mentha spicata</i>	26
7	Ependorffs couverts par un papier aluminium contenant les huiles essentielles de <i>Mentha spicata</i>	27
8	Aspect visuel des huiles essentielle extraites des échantillons témoin et essai.	32
9	Teneur en eau (%) des plants témoins et essais en fonction de temps (par semaine)	34
10	Histogramme du rendement en huiles essentielles de <i>Mentha spicata</i> en condition témoin et essai	36

Répertoire des Tableaux

N°	Titre	page
01	De point de vue taxonomique, <i>Mentha spicata</i> L	05
02	Classification et conductivité électrique du sol	30
03	Moyennes des longueurs (cm) des tiges et des racines de la variété- <i>Mentha spicata</i>	34
04	Caractéristiques physique des huiles essentielles de <i>Mentha</i> <i>spicata</i> (témoin et essai)	34
05	Résultat de rendement des huiles essentielles	36
06	Résultat de rendement des huiles essentielles	36

Sommaire

Résumé Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie 01 : Rappels bibliographiques

Généralités sur <i>Mentha spicata</i>	4
Origine et répartition géographique	4
I .2 Systématique.....	5
I .3 Description botanique et morphologique	6
I .4 Culture et récolte	8
I .5 Exigences pédoclimatique.....	8
Stress.....	9
II .1 Notion de stress hydrique	10
II .2 Réponse des plantes au stress hydrique	10
II .3 Effet du stress hydrique sur la quantité d'huile essentielle et leur composition Biochimique.....	11
II.5 Effet du stress hydrique sur la plante.....	11
II.4 Déficit hydrique et gestion de l'eau.....	12
II .6 Mécanismes d'adaptions des plantes au stress hydrique.....	12
III. L'huile essentielle	14
III .1 Définition.....	14
III.2 Localisation des huiles essentielles dans le plant	14
III.3 Rôles et propriétés des huiles essentielles.	15
3.1 Rôle biologique.....	15
3.2 Propriétés physiques des huiles essentielles.....	15

III.4Composition chimique des huiles essentielles.....	16
III.5Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles.	15
5.1 Facteurs extrinsèques.....	16
5.2 Facteur intrinsèque	17
.III.6. La toxicité des huiles essentielles	17
III.7 Conservation des huiles essentielles	17
III.7 Extraction des huiles essentielles.....	17
III.8 Domaines d'utilisation des huiles essentielles	18

Partie 02 : Etude expérimentale

Matériel et méthodes

I .1 Matériel biologique.....	22
II Méthode	22
II .1 Préparation des échantillons.....	23
II .2 Application de stress	23
II.3 Caractéristiques du sol.....	23
II .4 Paramètres morphologiques.....	25
II .5 Calcul de la teneur en eau.	26
II .6 Extraction des huiles essentielles.....	26
II .7 Procédés d'extraction.....	27
II.8 Conservation des huiles essentielles	28
II .9 Calcul du rendement	28
Résultats et discussion	29
I. Analyse physico- chimique du sol.....	30
II. Effet sur les paramètres morphologiques	30
II. 2Effet du stress hydrique sur la teneur en eau de <i>Mentha spicata</i>	32
III. Caractéristiques physico-chimiques d'huile essentielles.....	33
Conclusion	38
Bibliographiques Références.....	41

Introduction

Ces dernières années, le monde a été le théâtre de changements climatiques significatifs, parmi lesquels se distingue la diminution des ressources en eau et la prolongation des périodes de sécheresse. Ces phénomènes exercent une influence directe sur les écosystèmes, touchant l'agriculture ainsi que les plantes aromatiques et médicinales, qui sont particulièrement vulnérables aux variations environnementales.

Dans ce contexte, cette recherche se penche sur l'influence du stress hydrique sur le rendement en huiles essentielles d'une plante aromatique couramment employée : la menthe verte (*Mentha spicata*). Ce choix repose sur la valeur économique et industrielle de cette plante, dont les huiles essentielles sont très recherchées dans les secteurs pharmaceutiques, cosmétiques et agroalimentaires.

À travers ce mémoire, nous allons aborder la question suivante : "Quel est l'effet du stress hydrique sur la quantité des huiles essentielles extraites de la menthe verte ?

Pour répondre à cette interrogation, le travail a été organisé en deux grandes parties. La première se concentre sur le cadre théorique, traitant du stress hydrique, des plantes aromatiques et des caractéristiques spécifiques de la menthe verte. La deuxième partie se consacre à l'étude expérimentale, au cours de laquelle nous examinerons l'impact du déficit en eau sur la production d'huiles essentielles, en soulignant les variations observées et en discutant des résultats obtenus.

Cette étude s'inscrit dans une démarche visant à comprendre l'interaction entre les facteurs environnementaux et la productivité des plantes aromatiques, avec pour objectif de contribuer à l'amélioration des pratiques agricoles durables dans un contexte climatique en perpétuelle mutation.

Les plantes aromatiques englobent un groupe de végétaux dont l'utilisation se manifeste tant en cuisine qu'en médecine douce, réputés pour les senteurs qu'ils produisent et les huiles essentielles qu'il est possible d'en extraire. Ces végétaux sont cultivés en fonction des exigences de leurs feuilles, tiges, bulbes, racines, graines, fleurs, écorces, entre autres (Bremness, 2005).

Une plante est dite médicinale lorsqu'elle est inscrite à la pharmacopée et qu'elle présente des propriétés préventives ou curatives à l'égard des maladies humaines ou animales (Nedjai et Nedjai, 2017)

Ce travail s'appuie sur une approche expérimentale menée en conditions contrôlées, visant à évaluer l'effet de différents niveaux de stress hydrique sur le rendement et la composition des huiles essentielles de la menthe verte. Nous formulons l'hypothèse que le déficit hydrique influence négativement la quantité produite, tout en modifiant potentiellement les profils chimiques des huiles. Cependant, certaines limites méthodologiques, notamment liées à la durée de l'expérimentation ou aux contraintes environnementales, doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats.

Les huiles essentielles, appelées aussi essences, sont des mélanges de substances Aromatique produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules Gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches, les bois. Elles sont Présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal : elles sont odorantes et très Volatiles, c'est-à-dire qu'elles s'évaporent rapidement dans l'aire (Bekhichi et Abdelouahid, 2010).

Synthèse bibliographique



I Généralités sur la *Mentha spicata*

Mentha spicata L., est une plante aromatique pérenne appartenant à la Famille des lamiacées. Elle croît naturellement dans les zones à climat tempéré et est Largement cultivée à l'échelle mondiale (Laggoune et al., 2016).

Bien que les variétés de Menthes se distinguent facilement grâce à leur parfum unique, il est en revanche plus complexe de les identifier les unes des autres à cause de la présence de formes hybrides intermédiaires qui les relient (Benayad, 2008).

On compte 18 espèces de Menthe ainsi qu'environ 11 hybrides, qui se répartissent en sous-espèces, formes, variétés, sous-variétés, cultivars et sélections (Sutour, 2010)

I.1 Origine et répartition géographique

L'origine de la menthe verte demeure indéterminée, mais elle est probablement un Croisement entre *M. longifolia* et *M. suaveolens* (Anton, 2005). Sa culture se concentre principalement aux États-Unis, en Angleterre, aux Pays-Bas ainsi qu'en Afrique du Nord (Algérie, Maroc...), tant dans de nombreux jardins que dans un cadre industriel. La menthe verte s'épanouit à l'ombre et n'a pas de grandes exigences concernant la qualité du sol (Anton, 2005).



Figure 01 : Aire de répartition de la menthe dans le monde. (TuckerAOEFRFC.2007)

En Algérie, on observe plusieurs variétés de menthe (environ 20 espèces), qu'elles soient cultivées ou sauvages ; les plus renommées sont la menthe verte, la menthe aquatique et la menthe pouliot (Baba Aïssa, 1999).

La menthe verte prospère dans des environnements humides, en particulier en montagne (Polese, 2006). On la trouve principalement sur des sols riches et frais, ensoleillés ou légèrement ombragés, surtout à basse altitude dans les régions tempérées, avec une élévation variant de 400 à 1800 mètres (Douay, 2008). Sa culture s'effectue généralement dans des jardins potagers ou des pots proches des habitations (Walter et Lebot, 2003). Elle n'apprécie pas les sols calcaires, préférant les sols sableux et meubles, humides, profonds et riches en humus, avec un pH oscillant entre 5,5 et 7 (Small et Deutsch, 2001). Les menthes se plaisent dans des sols siliceux, riches, aérés et bien préparés. Ces plantes sont néanmoins robustes, s'adaptant à une variété de terrains, à l'exception des terres très argileuses et des sols trop secs. L'exposition idéale pour elles est une mi- ombre, mais elles peuvent également croître sans difficulté en plein soleil, à condition d'être suffisamment arrosées. Toutes résistent correctement au froid et sont souvent observées à l'état sauvage en montagne à des altitudes dépassant 1000 mètres (Bourgeois, 2013).

I.2 Systématique

Tableau 01 : De point de vue taxonomique, *Mentha spicata* L. est classée comme suit, selon la classification APG III:

Règne : végétal
Embranchement : spermaphytes
Sous –embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Ordre : Lamiales
Sous-classe : Dialypétales
Famille : Labiées, lamiacées
Genre : *Mentha*
Espèces : *Mentha spicata* L

Nom vernaculaire (selon Seidemann, 2005).

Arabe : naânaâ نعناع

Anglais : spearmint

Français : la Menthe en épi ou menthe verte

□

I .3 Description botanique et morphologique

La menthe verte (*Mentha spicata*), appartenant à la famille des Lamiacées, est une plante Aromatique largement répandue et cultivée pour ses usage médicaux, culinaires et industriels. Sa description morphologique détaillée est la suivante :

Tige

Les tiges présentent une section quadrangulaire, sont presque glabres, érigées (orthotropes) et souvent ramifiées. Leur coloration est généralement pourpre.

Feuilles

Le feuillage présente généralement une couleur verte vive des deux côtés, bien que les jeunes feuilles aient tendance à être plus claires. Les feuilles affichent une texture plissée, sont sub- sessiles, ovales-lancéolées ou oblongues-lancéolées, mesurant entre 4 et 9 cm de long. Elles possèdent des bords profondément dentelés en scie, sont acérées et sans poils (Grosjean 1990). Organisées par paires, elles se dressent opposées et décussées à chaque nœud. La base des feuilles s'enroule légèrement autour de la tige

. Ces feuilles révèlent un parfum et une saveur aromatiques caractéristiques



Figure 02 : Feuilles de *Mentha spicata* (Baudrin, 2015)

Fleurs

Selon Baudrin (2015), les fleurs sont de petites dimensions, allant du blanc au mauve, et se regroupent en épis fins et acérés. Elles présentent une symétrie zygomorphe et possèdent des organes reproducteurs des deux sexes. Les épis sont peu fournis, allongés, fins et irréguliers (disposés par niveaux, avec des intervalles entre eux). Leur période de floraison s'étend de juillet à octobre.



Figure03 : Fleur de *Mentha spicata* (Baudrin, 2015)

Inflorescence

L'inflorescence apparaît sous une forme indéterminée, ressemblant à un épi cylindrique compact.

Tige

La tige de la menthe verte se distingue par sa section carrée et son orientation droite. Sa teinte est pourpre. Cette plante peut atteindre une hauteur maximale de 1,20 mètre, mais elle est généralement comprise entre 0,30 et 0,60 mètre. Les tiges peuvent être glabres ou légèrement glabres, et elles présentent des ramifications. La menthe verte est une espèce dotée de rhizomes traçants.

Racines

La racine est de type pivotant et peut vivre plus de 3 ans. Des rhizomes, qui sont des tiges souterraines, se trouvent sous chaque plante et contribuent à sa propagation (Douay, 2009)



Figure 04 : Inflorescence et feuille de la menthe verte

I .4 Culture et récolte

La menthe verte est une plante vivace qui pousse essentiellement sur des sols riches, profonds et frais. Elle forme des stolons aériens ou souterrains, avec un port buissonnant ou rampant. Le développement des menthes étant assez prolifique, il est recommandé de placer des ardoises verticalement dans le sol pour contrôler l'étalement des plantes (Teuscher, 2005).

I.5 Exigences pédoclimatiques

La menthe verte peut se développer dans sols soit humides, soit secs selon les variétés. Elle a besoin d'un sol bien drainé, riche et frais, avec peu de calcaire et d'argile, et préfère les expositions ensoleillées à semi-ombragées (Abbas, 2005). Elle redoute les températures froides et passe en dormance pendant la saison hivernale.

II Stress

Un Stress fait référence à la fois à l'agression d'un facteur externe et aux réactions qu'elle provoque dans l'organisme affecté, une force qui tend à freiner les fonctionnements habituels. Le stress dérègle les structures normales et la coordination des divers processus au niveau moléculaire, cellulaire et de l'organisme dans son ensemble (Larcher, 2001). On distingue deux principales catégories de stress : le stress biotique, engendré par d'autres organismes (insectes, herbivores, etc.), et le stress abiotique, défini comme l'ensemble des facteurs environnementaux (sécheresse Températures extrêmes, salinité, etc.)

Parmi les types de stress abiotiques pouvant affecter les végétaux, on peut mentionner le stress hydrique, le stress salin et le stress thermique.

Stress biotique

Le stress biotique se définit comme l'ensemble des contraintes exercées sur les plantes par des organismes vivants tels que les virus, les bactéries, les champignons ou les insectes

Phytophages. Ces agents pathogènes perturbent la croissance et le développement des plantes en provoquant des maladies ou des dommages physiques aux tissus végétaux.

Stress abiotique

Le stress abiotique désigne les effets délétères des facteurs environnementaux non vivants sur les plantes, incluant le déficit hydrique, les températures extrêmes, la salinité excessive et les carences en éléments nutritifs. Ces facteurs limitent la croissance végétale et altèrent la physiologie de la plante, influençant ainsi son développement et sa productivité.

II .1Notion de stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des principaux éléments environnementaux qui entravent la productivité agricole à l'échelle mondiale (Boyer, 1982). Il peut être perçu comme le rapport entre la quantité d'eau requise pour la croissance des plantes et celle qui est disponible dans leur environnement. Il convient de noter que la réserve d'eau utile pour la plante est définie comme la quantité d'eau du sol accessible par les racines (Laberche, 2004).

D'après Girardin (1999), cité par Pindard (2000), une plante connaît un stress lorsque son état hydrique perturbe son métabolisme. Cela signifie qu'il y a des effets directs, plus ou moins rapides, sur la croissance et le développement des organes. La première manifestation du stress hydrique chez une plante est le flétrissement des feuilles, mais cela ne signifie pas que d'autres organes ne sont pas touchés. Il est observé que le stress n'apparaît pas toujours de manière évidente à travers le flétrissement, et il est nécessaire d'avoir recours à des mesures concernant la plante, le sol ou à des estimations (Pindard, 2000).

II .2Réponse des plantes au stress hydrique

Un manque d'eau dans le sol se traduit par une réduction de l'eau disponible pour la plante, pouvant même entraîner sa mort. À l'échelle cellulaire, ce stress peut induire une hausse des concentrations en solutés, une déformation cellulaire, une perte de turgescence, une altération de l'intégrité des membranes et finalement la dénaturation des protéines (Gill et Tuteja, 2010).

Les mécanismes d'adaptation face à un déficit en eau varient en fonction de la gravité du stress, de la sensibilité de la plante et de son stade de croissance. La détection du stress osmotique entraîne l'activation de nombreux gènes. Ces différentes étapes, spécifiques à chaque type de stress, illustrent la complexité des mécanismes impliqués

En résumé, un stress hydrique se manifeste d'abord par une perte de turgescence à l'échelle cellulaire, une modification du volume cellulaire et un changement des connexions entre la paroi et le plasmalemme.

À ce moment, la machinerie d'adaptation aux contraintes d'humidité s'active, ce qui implique la production de molécules protectrices comme les solutés compatibles (osmolytes), les protéines LEA (Abondantes à la Fin de l'Embryogenèse) ainsi que l'établissement d'un système de défense antioxydante. Ces protéines peuvent agir comme des osmosenseurs

Ce qui a déjà été démontré chez les levures et semble également exister chez les plantes supérieures. La deuxième étape mène à l'activation de gènes spécifiques qui provoqueront la production d'ABA (Acide abscissique) au niveau des racines. Cela favorisera la fermeture des stomates et également la synthèse de la phospholipase C, ainsi que des Map Kinases qui jouent un rôle dans la transmission du signal pour l'activation de la production des molécules protectrices des cellules.

II.3 Effet du stress hydrique sur la quantité d'huile essentielle et leur composition biochimique

De manière générale, un stress hydrique appliqué après la période de floraison conduit à une augmentation de la concentration en huile essentielle, laquelle est définie comme des substances volatiles et odorantes produites par les plantes aromatiques afin d'interagir avec leur environnement (El Haib, 2011)

II.4 Effet du stress hydrique sur la plante

Les tensions causées par le manque d'eau représentent une menace permanente pour la survie des plantes. L'effet de cette tension dépend de son intensité, de sa durée, du stade de croissance de la plante, de son génotype et de son interaction avec l'environnement (Hopkins, 2003)

Tous les mécanismes végétaux subissent les conséquences du déficit en eau, qu'il s'agisse du métabolisme ou de la morphogenèse, c'est-à-dire le processus de différenciation et de développement qui mène à la formation d'organes matures (Doré et al. 2006).

Un abaissement de la disponibilité en eau perturbe le métabolisme ainsi que les fonctions Physiologiques qui régulent la croissance et l'évolution des végétaux.

Ces déséquilibres se traduisent généralement par un déclin du rendement, de ses éléments constitutifs et de la qualité globale. Le stress hydrique modifie divers processus biochimiques

Essentiels au fonctionnement des plantes, incluant le potentiel foliaire, la résistance stomatique, la transpiration et la Photosynthèse

Nette Le seuil critique de potentiel foliaire, qui indique le début de l'augmentation de la résistance stomatique, est fréquemment utilisé comme indicateur de l'apparition de stress hydrique

En outre, cela impacte aussi les caractéristiques physiques des plantes, telles que le diamètre de la tige, telles que le diamètre de la tige, la température des surfaces foliaires et la structure du couvert végétal. Par exemple, pour les céréales, cela peut entraîner des variations diurnes de La surface foliaire dues à des changements dans la position des feuilles, comme l'enroulement des limbes (Aidaoui et Hartani, 2000).

4.1 Sur la surface assimilatrice

La croissance des plantes en période de sécheresse est sévèrement affectée. Par exemple, chez le tournesol, la croissance des feuilles cesse rapidement lorsqu'elles subissent un stress hydrique et que le potentiel hydrique foliaire atteint $-0,4$ MPa (Boyer, 1968). La sécheresse impacte négativement : la hauteur de la plante (Ijaz Rasool, 2012), la matière sèche (Kramer, 1983 ; Chowdhry et al., 1999 ; Hassan, 2003 ; Noorka et al., 2009a, b ; Moharram et al., 2011) ainsi que la surface foliaire.

4.2 Sur la photosynthèse

La photosynthèse se déroule dans les chloroplastes des parties vertes des plantes En général, ces parties sont les feuilles, mais il peut aussi s'agir de tiges comme chez *Lepatdenia hastata*. C'est un ensemble de mécanismes qui, sous l'effet de la lumière, du CO_2 et minéraux, permettent aux plantes vertes de produire des molécules organiques telles que le glucose, les lipides et les protéines. Ce processus implique la fixation du CO_2 sur le RuBP (Ribulose bi-phosphate), ainsi que la libération d'oxygène O_2 dans l'air, sous la lumière et en présence d'un élément minéral spécifique

Pendant une période de sécheresse, la diminution de la photosynthèse est liée à un abaissement du potentiel hydrique des feuilles. Cela est également associé à la fermeture des stomates, proportionnelle à la diminution du potentiel hydrique et à la restriction des métabolismes du carbone et enzymatiques (Zinselmeyer et al., 1999 ; Kim et al., 2000). La réduction de l'absorption du CO_2 empêche la régénération du RuBP (Ribulose biphosphate), qui est le substrat du cycle de Calvin.

4.3 Sur la respiration

La respiration s'effectue au sein des mitochondries, qui sont des organites présents dans toutes les cellules effectuant la respiration. Ce processus correspond à la dégradation complète des substances organiques, menant à la production de particules minérales, responsable de l'oxydation des composés organiques (utilisation d'O₂, production de CO₂).

La respiration peut être influencée par la diminution de l'oxygène et l'absorption des nutriments dissous dans l'eau (Hopkins et al., 2003).

Toutefois, l'absorption de CO₂ peut aussi se heurter à des contraintes non stomatiques (conductance réduite au sein du mésophylle, limitations photochimiques et enzymatiques), surtout lorsque le stress hydrique persiste sur des périodes prolongées (Flexas et al., 2006, Peguero-Pina et al. 2008).

II .5 Déficit hydrique et gestion de l'eau dans la plante

L'eau représente un facteur fondamental pour tous les végétaux, et sa gestion est vitale pour la survie de la plante, surtout en période de pénurie. Quand la quantité d'eau absorbée par la plante est inférieure à celle perdue par évapotranspiration, un déficit hydrique se manifeste. Les conséquences de ce déficit varient selon l'âge, l'organe concerné, l'intensité et la durée du stress. De manière générale, pour l'ensemble des espèces, le déficit hydrique provoque une baisse voire une interruption de la croissance (Singh-sangwan et al. 1994 ; Costa França et al. 2000 ; Baher et al. 2002), un flétrissement des parties aériennes et, si le stress est trop sévère ou persistant, la mort de la plante. Toutes les espèces ne répondent pas de la même manière au stress. Nous examinerons donc dans la suite de ce chapitre les diverses réponses des végétaux face au stress hydrique

II6 Les mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique

Les mécanismes d'adaptation des plantes face au stress hydrique En cas de stress hydrique, les plantes mettent en œuvre diverses stratégies d'adaptation, leur efficacité variant

Selon l'espèce et les conditions environnementales. Généralement, ces réponses se classifient en trois grandes Catégories : l'esquive, l'évitement et la tolérance, qui aident les végétaux à diminuer Les effets du manque d'eau. Sur le plan physiologique, la tolérance à ce type de stress se définit comme la capacité d'une plante à survivre et à poursuivre sa croissance même avec un approvisionnement en eau limité. Du point de vue agronomique, elle se réfère à l'aptitude à conserver un bon rendement par rapport à des espèces plus vulnérables.

Cette capacité Générale repose sur un ensemble de transformations - phénologiques, anatomiques

Morphologiques, physiologiques et biochimiques -qui fonctionnent en synergie pour favoriser la croissance, le développement et la productivité de la plante (Passioura, 2004).

II L'huile essentielle

II.1 Définition

Une huile essentielle(HE), également connue sous le nom « d'essence végétale » ou « D'huile volatile », représente la composante odorante d'une plante aromatique.

Il s'agit d'un mélange naturel relativement complexe, composé de molécules aromatiques volatiles (Ben Abdelkader, 2012).

Les huiles essentielles se définissent comme des substances obtenues à partir de matières premières végétales, séparées de la phase aqueuse par des méthodes physiques. Ces procédés incluent l'entraînement à la vapeur d'eau, les méthodes mécaniques (Afnor, 2010). Appliquées à l'épiderme des plantes contenant des citrals, ou encore la distillation sèche.

II.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante

Ces composés se trouvent dans différents organes de la plante. Ils peuvent exister dans des parties végétatives ou dans les organes de reproduction. On les retrouve dans les feuilles et les fleurs, ainsi que dans les graines, les racines, les fruits, les écorces, les tiges, le bois, etc. Ils s'accumulent également dans des cellules particulières ou dans des agrégats spécifiques de cellules (glandes). Les huiles essentielles sont des produits naturels dérivés des plantes qui s'accumulent dans des structures spécialisées comme les cellules oléifères (Verbois, 2001).

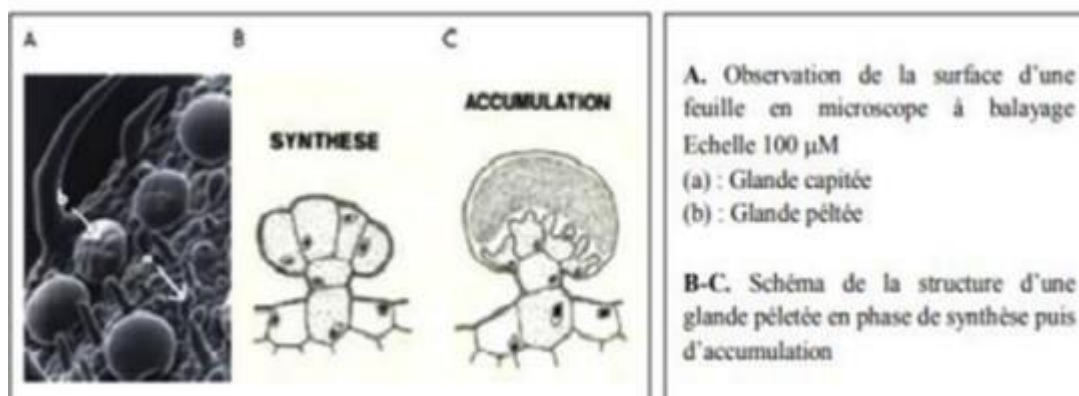


Figure 05 : Répartition des huiles essentielles dans la menthe verte (Moja et jullien, 2014)

III.3 Le rôle et propriété des huiles essentielles

3.1 Le rôle biologique

La fonction biologique des terpènes présents dans les huiles essentielles reste souvent cachée. Cependant, il est probable qu'elles jouent un rôle écologique bien défini dans le domaine des interactions végétales (agent allopathie, notamment inhibiteur contre les prédateur, insectes, champignons et attraction des pollinisateurs). De nombreuses plantes régissent aux attaques des insectes en produisant plus de métabolites toxiques. Malheureusement, dans certains cas, la production de tels composés dissuasifs peut nuire à la plante. En effet, des insectes acquis aux attaques des insectes en produisant plus de métabolites uni ont acquis une résistance contre l'un deux, sont capables de le percevoir comme signale de reconnaissance e la plante, ce qui leur permet délocaliser l'hôte dont ils peuvent se nourrir sans dommages (Anonyme, 1981).

3.2 Propriétés physiques des huiles essentielles

La majorité des huiles essentielles ont une densité inférieure à celle de l'eau et peuvent être transportées par la vapeur d'eau ; toutefois, certaines comme celles de Sassafras, de Girofle et de Cannelle présentent une densité plus élevée. Elles se distinguent par un indice de réfraction souvent élevé et possèdent un effet rotatoire (Amiour, 2017). Ces huiles s'évaporent et se vaporisent à température ambiante. Très faiblement solubles dans l'eau, elles lui transmettent leurs fragrances, créant ce qu'on désigne par « eau distillée florale ».

Les huiles essentielles se mélangent avec les alcools, les huiles fixes ainsi que la plupart des solvants organiques (Amiour, 2017). Leur point d'ébullition est systématiquement supérieur à 100°C et varie en fonction de leur poids moléculaire. Par exemple, les points d'ébullition du caryophyllène, du géraniol, du citral et du α -pinène sont respectivement 260°, 230°, 228° et 156°C (Amiour, 2017). Cependant, selon Valnet (1984), les huiles essentielles s'oxydent facilement sous l'effet de la lumière et se résinifient en absorbant de l'oxygène, ce qui entraîne une modification de leurs arômes, une élévation de leurs points d'ébullition et une réduction de leur solubilité. Elles absorbent le chlore, le brome et l'iode tout en dégagent de la chaleur (Duraffourd et al., 1990).

III. 4Composition chimique des huiles essentielles

Comme toutes les substances, les huiles essentielles possèdent une structure biochimique distincte.

Chaque huile essentielle, essence ou baume est élaboré à partir d'une multitude de Molécules aromatiques qui agissent de manière synergique. Concernant les mélanges d'huiles essentielles, ceux-ci renferment les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire des terpènes avec une masse moléculaire relativement faible (mono- et sesquiterpènes).

Le précurseur universel des terpènes est en réalité l'acide mévalonique. Les terpènes peuvent être presque totalement dissociés en unités isopréniques, permettant une classification claire basée sur le nombre de ces unités (Runeton, 1993 et Jose Tiesseire, 1991)

III.5 Les facteurs influençant la composition des huiles essentielles

Il existe de nombreux éléments externes susceptibles d'affecter la composition chimique et le rendement de l'huile essentielle. La température, l'humidité, la durée d'exposition au soleil et la nature du sol sont autant de facteurs environnementaux d'entraîner des modifications chimiques (Piochon, 2008). D'autres éléments comme le génotype, l'origine géographique, le moment de la récolte, ainsi que les conditions de séchage, incluant le lieu et la durée, sans oublier les parasites, virus et mauvaises herbes, jouent aussi un rôle. En conséquence, l'effet des huiles est déterminé par l'interaction des composés actifs et inactifs. La composition des huiles essentielles Chez différents individus peut afficher des profils chimiques où Chémotypes distincts

5 .1 Facteurs extrinsèques

Il s'agit des impacts provenant de l'environnement et des techniques de culture. La température, l'humidité relative, la durée totale d'ensoleillement et les mouvements des vents influencent directement, particulièrement chez les espèces avec des structures histologiques de stockage peu profondes (par exemple : poils sécréteurs des Lamiaceae). Quand l'emplacement est plus profond, la qualité reste beaucoup plus stable.

Les techniques de culture jouent également un rôle crucial sur la quantité et la qualité du produit final. L'application d'engrais et les fluctuations des éléments nutritifs (N, P, K) ont été examinées pour plusieurs espèces. L'expérience démontre qu'il n'existe pas de règles universelles applicables dans toutes les situations (Bruneton, 1999) Procédé d'obtention

D'après Zhiri et Boudoux (2005), la composition des huiles essentielles peut être influencée par la méthode d'extraction utilisée : distillation, hydro-distillation, percolation, expression

- Origine géographique et méthode de culture

Une bonne compréhension du biotope (l'endroit où la plante a grandi) est essentielle. Une variation d'origine géographique entraîne des différences dans les conditions de biogenèse aromatique et, par conséquent, des variations dans la composition chimique de l'huile essentielle.

5.2 Facteur intrinsèque

Une unique plante aromatique peut produire des essences aux compositions complètement divergentes selon ses divers organes (par exemple, l'essence du zeste d'orange amer est distincte de celle de la fleur ou de la feuille) ou en fonction du lieu géographique et du biotope (type de sol, climat, altitude, autres végétaux à proximité...) où elle est cultivée.

- Chémotype

Pour une espèce botanique donnée, on peut retrouver plusieurs variétés chimiques ou chimiotypes qui résultent de. Légères variations dans les parcours de biosynthèse, conduisant à l'accumulation de métabolites secondaires distincts Ainsi, il est essentiel, pour certaines huiles essentielles, de bien identifier le chimiotype car cela peut influencer l'activité et/ou la toxicité (Laurent et Delerme, 2008).

- Cycle végétatif

Selon Bruneton (1999), pour une espèce particulière, la proportion des divers éléments d'une huile essentielle peut changer au cours de son développement. Des fluctuations, parfois très significatives, sont fréquemment remarquées chez d'autres espèces : fenouil, carotte, coriandre (dans le cas de celle-ci, la concentration en linalol est plus élevée dans les fruits mûrs que dans les fruits verts), etc.

III.6 La toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles ne sont pas des produits à utiliser sans précautions. Comme c'est le cas pour tous les produits naturels : "ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour l'organisme". Cet aspect est d'autant plus crucial que l'usage de ces huiles devient de plus en plus répandu, avec l'émergence de nouvelles pratiques thérapeutiques telles que l'aromathérapie (Piochon, 2008).

III.7 Conservation des huiles essentielles

L'instabilité des molécules contenues dans les huiles essentielles rend leur conservation difficile. Les voies de dégradation sont nombreuses et peuvent être facilement identifiées. Grâce à des indices (comme les peroxydes, l'indice de réfraction, etc.) et à l'évaluation des propriétés physiques (telles que la viscosité, la solubilité dans l'alcool, etc.).

Il est possible de prévenir ces dégradations par différentes méthodes : utilisation de récipients de petite taille en aluminium, en acier inoxydable ou en verre foncé, soigneusement remplis et scellés hermétiquement, stockage à des températures basses, et conservation dans une atmosphère d'azote (Bruneton, 1993).

III.8 L'extraction des huiles essentielles

Le choix de la technique d'extraction des huiles essentielles est principalement déterminé par la nature de la matière végétale employée, son état (frais ou sec) et ses propriétés physicochimiques. Le rendement, compris comme le rapport entre la quantité d'huile essentielle produite et la masse de la matière première, peut varier de manière significative selon les espèces végétales. Cette décision technique impacte directement les caractéristiques de l'huile essentielle résultante, telles que la viscosité, la couleur, la solubilité, la volatilité, et la concentration de certains composants, influençant ainsi ses utilisations et applications possibles (Desmares et al., 2008). Par conséquent, plusieurs méthodes d'extraction ont été conçues pour s'ajuster à ces critères.

Hydro distillation

Distillation par entraînement à la vapeur

Turbo hydro distillation

Expression à froid

Extraction assistée par micro-ondes

Extraction au dioxyde de carbone

III. 9 Domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés naturels actifs qui trouvent leur place dans divers secteurs industriels en raison de leurs nombreuses caractéristiques biologiques et chimiques (Bessah et Benyoussef, 2015).

En agriculture :

Selon les recherches de Nedjai et Nedjai (2017), les huiles essentielles servent de pesticides biologiques naturels, offrant des alternatives prometteuses aux produits chimiques pour la lutte contre les insectes, les plantes indésirables et les champignons.

Dans l'industrie agroalimentaire :

Les huiles essentielles sont utilisées pour rehausser le goût des aliments et en prolonger la durée de conservation grâce à leurs propriétés antimicrobiennes et antioxydants. Elles peuvent se substituer aux conservateurs chimiques, qui peuvent être nuisibles pour la santé (Bessah et Benyoussef, 2015).

Elles trouvent également leur place dans le secteur des arômes alimentaires, principalement dans les arômes salés (comme les épices et les herbes aromatiques), et, dans une moindre mesure, dans ceux sucrés, où les huiles essentielles d'agrumes sont particulièrement présentes (Fernandez et Chemat, 2012).

Dans l'industrie chimique :

Les huiles essentielles représentent des mélanges complexes de molécules actives. Il est possible d'extraire des composés d'intérêt à des fins d'utilisation directe ou comme point de départ pour des héli-synthèses, permettant de produire de nouvelles molécules qui peuvent s'avérer plus rentables que les méthodes de synthèse chimique traditionnelles (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

Etude expérimental

Partie 02

Matériel et méthode



Notre recherche s'est déroulée au sein de la serre du département d'agronomie de l'Université Saad Dahlab de Blida1. Cette étude a été menée pour évaluer l'impact du stress hydrique sur la menthe verte (*Mentha spicata*), en exposant les plants. A divers systèmes d'irrigation pour réguler la quantité d'eau fournie. L'intention est d'explorer la résistance de cette espèce face aux situations de manque d'eau et d'examiner les changements morphologiques et physiologiques, ainsi que le rendement en huile Essentielle obtenue dans nos conditions d'expérimentales.

I. Matériel

I 1 Matériel végétal (*Mentha spicata* L)

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué des graines de *Mentha spicata* Semées dans des pots sous serre. Cela permet de garantir des conditions de croissance contrôlées durant l'expérimentation

II. Méthode d'étude

II.1 Préparation des échantillons

L'expérimentation a été réalisée dans des conditions climatiques naturelles concernant la température et la luminosité, et l'essai a été effectué dans des pots (de grande taille et profonds) à l'intérieur d'une serre.

Une couche de gravier a été disposé au fond des pots pour garantir un bon drainage, après quoi ceux-ci ont été remplis de terre prélevée dans la région d'Oued Alleug, soigneusement préparée et tamisée avant son utilisation. Le semis des graines de *Mentha spicata* a été effectué de manière régulière dans chaque Pot pour assurer une distribution uniforme des plants pendant toute la durée de l'expérimentation. Cette tâche a eu lieu durant le mois de mai de l'année 2025.

Un Total de 29 pots a été utilisé pour la culture des plantes, répartis en deux groupes expérimentaux selon les modalités d'irrigation

II.2 Application de stress

L'expérience a été réalisée en serre afin de contrôler les paramètres environnementaux. Les 29 pots accueillant des plants de *Mentha spicata* ont été organisés selon un schéma de randomisation complète, avec un espacement régulier entre les unités pour réduire les interférences microclimatiques. Les modalités d'irrigation ont été établies comme suit

Groupe1 : 14 pots arrosés chaque jour avec 200ml d'eau par pot.

Groupe2 :15pots arrosés tous les trois jours avec la même quantité d'eau.

Le stress hydrique a été appliqué en réduisant progressivement la fréquence

D'irrigation dans le groupe 2, limité en suite à un arrosage une fois par semaine tout en maintenant le volume d'eau constant. Cette approche avait pour objectif de simuler des conditions de sécheresse et d'évaluer la réponse physiologique et morphologique des plants au déficit hydrique.

II.3Caractéristiques du sol

Le substrat employé dans cette recherche à, au sein des laboratoires d'écopédologie de l'université Blida, a été choisi en fonction de son potentiel agricole Avant d'installer les jeunes plants, une analyse physico-chimique du sol a été effectuée. Les investigations ont porté sur deux éléments fondamentaux :

PH

➤ Principe

Cette méthode est basée sur la loi de NERNST et consiste à mesurer à l'aide d'un PH-mètre, dans des conditions déterminées (dans l'eau suivant un rapport la sol/eau=1/2,5), Différence de potentiel existant entre une électrode de mesure et une électrode de référence Plongée dans une suspension de l'échantillon de sol

➤ Mode Opératoire

- placer 25g de sol séché à l'air dans un flacon à agitation.
- ajouté 50ml d'eau distillé
- agiter pendant un demi-heure dans un agitateur mécanique et laisser reposer
- filtrer et conserver l'extrait de sol
- Allumer le PH-mètre pendant un quart d'heure.
- Reprendre l'extrait de sol et mesurer le ph, noter la valeur après stabilisation.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.
- la même opération a été réalisée pour témoin et l'essai.

II.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique est influencée par la concentration en électrolytes (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+}) ; l'expression salé suggère fréquemment la prépondérance du chlorure de sodium (Benabadjetal,1996)

➤ Principe

La présence d'ions en solution est à l'origine d'une conductivité électrique ; c'est pour quoi cette propriété est utilisée pour caractériser les sols. Plus la quantité des sels dissous est grande et plus la CE de la pâte saturée est grande (Calvet,2003).

La conductivité électrique est également une constante physique traduisant la concentration. En sel ou électrolyte dans les solutions. Elle est donnée par la formule :

$$CE_{\text{mmho/cm}} = CE \times Kf(ft)$$

K : constante d'étalonnage du conductimètre.

CE : conductivité électrique mesuré en mhos/cm sur l'appareil

C.E(mmhos)/cm : conductivité électrique en mmho/cm ou mS/

La température de la solution est de 18°C , ce qui correspond au facteur correctif $f(t)=1,163$

➤ Mode opératoire

- Placer 25g de terre sèche dans un flacon propre.
- Ajouter 100ml d'eau distillée.
- Mélanger énergiquement, puis laisser poser durant 30 minutes afin de garantir un bon contact entre l'eau et la terre.
- Filtrer le mélange à l'aide d'un filtre pour obtenir un extrait transparent.
- Mettre en marche le conductimètre.
- Plonger les électrodes dans l'extrait filtré, sans toucher le fond du bécher.
- Lire et enregistrer la valeur de la conductivité électrique indiquée sur l'appareil ainsi que la Température de la solution.
- Estimer la concentration totale en sels dissous en utilisant l'échelle des salinités des sols.

II.4 Paramètres morphologiques

Tout au long de l'expérimentation, les plants ont été observés pour noter d'éventuels Symptômes de stresses. Au moment de croissance et dès l'apparition de la partie verte de La plantule, des mesures morphologiques ont été réalisées chaque semaine jusqu'à 3 Semaines.

- Hauteur de la plante (cm)
- La hauteur de la tige a été mesurée en cm à l'aide d'un papier millimètre
- La longueur de la racine
La longueur de la racine aussi a été mesurée en cm l'aide d'un papier millimétré
- Poids frais de la biomasse aérienne (g)
Après récolte, la partie aérienne (tiges + feuilles) de chaque plant mesuré a été Immédiatement pesée à l'aide d'une balance de précision
- Poids sec de la biomasse aérienne (g)

Les mêmes échantillons ont été séchés à l'aide de l'air. Après séchage, ils ont été pesés À nouveau. Le rapport entre poids frais et poids sec permet d'estimer la teneur en eau

II.5 Calcul de la teneur en eau

La teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

Teneur en eau (%) = $(\text{Poids frais} - \text{Poids sec}) / \text{Poids frais} \times 100$

Poids frais : poids de l'échantillon juste après la récolte, avant séchage (en grammes).

Poids sec : poids de l'échantillon après séchage complet (en gramme).

Le pourcentage de la matière sèche peut être obtenu à partir de ces résultats.

II.6 Extraction des huiles essentielles

L'extraction et la caractérisation préliminaire de l'huile essentielle issue de la partie aérienne de *Mentha spicata* ont été réalisées au niveau de laboratoire d'analyses. L'extraction effectuée par hydrodistillation en utilisant un appareil de type cleverger.

Parmi la méthode :

❖ Hydrodistillation

D'après (Hajji et al., 1989), cette méthode implique de plonger la matière première dans de l'eau. L'ensemble est chauffé jusqu'à ébullition et le processus se déroule généralement sous pression ambiante. Pendant la distillation des huiles essentielles, divers phénomènes permettent des échanges de matière entre les phases solide, liquide et gazeuse, ce qui entraîne une grande variété de paramètres influençant la qualité, le rendement et la production.

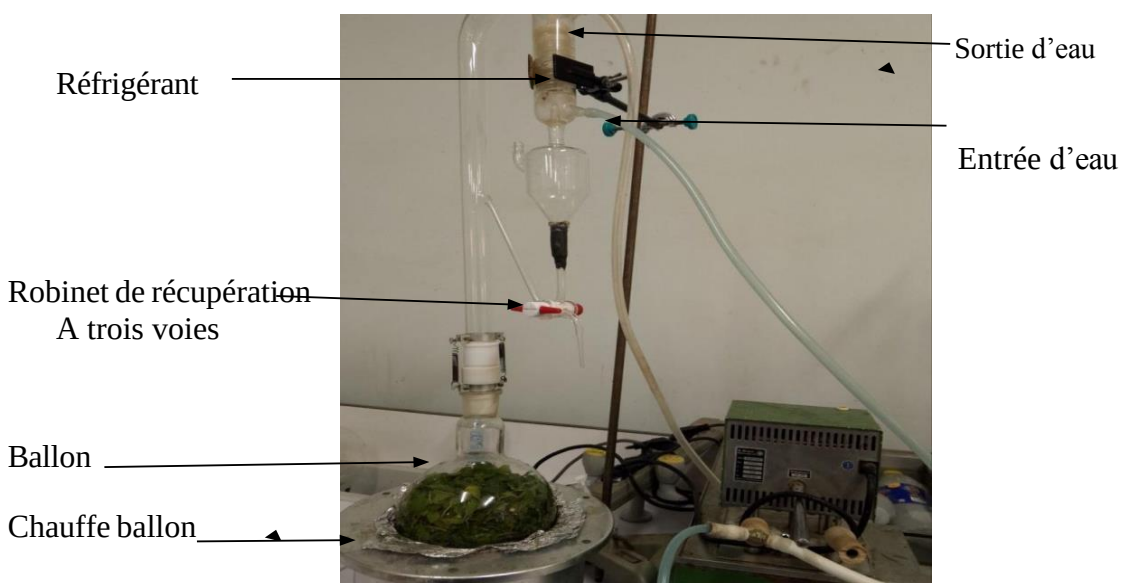


Figure06 : Montage de l'appareil de type cleverger utilisé pour l'extraction des huiles essentielles de *Mentha spicata* (Photo personnelle)

II. 7 Procédés d'extraction

A-Mode opératoire

➤ Préparation de la plante :

Les substances apolaires telles que les acides gras ne se dissolvent pas dans l'eau. La cuisson de l'eau provoque la rupture des cellules végétales et la libération des huiles. La condensation de la vapeur dans le réfrigérant permet l'extraction goutte à goutte jusqu'à obtenir un hydrolat. Les étapes de cette extraction selon ce processus se déroulent comme suit

Témoin : 205g de feuille fraîches

L'essai : 105g de feuille fraîches (1 arrosage chaque 3 jours, puis 1 par semaine).

➤ Distillation

-chaque l'échantillon dans un ballon et ajouter 1L d'eau

-Mettre en place le ballon dans le montage d'hydrodistillation, équipé d'un réfrigérant haut, d'un ballon et d'un chauffe-ballon en bas

-L'eau va s'évaporer puis se refroidir, et le liquide riche en lipides s'écouler dans le bécher à travers le réfrigérant.

➤ Condensation et récupération :

-Après la période requise pour l'évaporation complète de l'eau (environ 3 heures), récupérer l'extrait

-Passer la solution obtenue dans une ampoule à décanter et laisser reposer pendant 24 heures pour séparer l'eau et récupérer la couche d'huile dans un flacon

-Éliminer les dernières gouttes d'eau distillée en aspirant avec une seringue

-L'huile ainsi obtenue est placée dans un flacon hermétiquement fermé et enveloppé dans du papier parafilm.

II.8 Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles extraites des feuilles de *Mentha spicata* L. ont été stockées dans des épandorffs hermétiquement fermés au réfrigérateur (4°C). Ces épandorffs ont été recouverts de papier aluminium pour protéger les huiles essentielles de l'air et de la lumière (Fig. 7)

II.9 Calcul du rendement

Pour illustrer les fluctuations du rendement en huile essentielle, des extractions ont été réalisées sur les échantillons exposés à divers niveaux de concentration de sel. Le rendement en huile essentielle est défini comme le rapport entre le volume de l'huile essentielle obtenue et la masse de la matière sèche. Le rendement est déterminé grâce à la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Poids d'huile essentielle(g)}}{\text{Poids de matière végétale(g)}} \times 100$$

I Analyse physico-chimique du sol

I.1Présentation des mesures

Dans cette partie, nous présent les mesures du pH et de la conductivité électrique des échantillons des sols afin de caractériser le milieu pédologique des sites d'étude.

I .2Résultats des mesures du pH et de la conductivité électrique

- **pH**

Echantillon	pH	Classe de sol
Témoin	6	Légèrement acide
Essai	6.44	Faiblement acide

Tableaux02 : Classification et conductivité électrique du sol

- **Conductivité électrique**

Echantillon	Conductivité électrique(dS/m)	Classe de sol
Témoin	0.649	Sols non salés
Essai	1.749	Sols salés

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que les plantes de *Mentha spicata L* se sont développées sur un sol légèrement acide (pH=6.44) et se caractérise par une conductivité électrique de 1.749 dS/m, indiquant un sol moyennement salé.

Comparativement à l'échantillon témoin (pH= 6; CE=0.49 dS/m), une augmentation du PH et de la salinité a été observée au niveau du sol cultivé, ce qui pourrait être lié à l'influence de l'activité racinaire ou à une modification des propriétés Physico-chimiques du sol suite à la culture.

II Effet sur les paramètres morphologiques

II.1 Impact du stress hydrique sur la croissance longitudinale

La capacité des plantes à tolérer le stress hydrique représente un indicateur clé, se traduisant par son influence sur le développement végétatif. Dans cette recherche, des évaluations hebdomadaires de la longueur des tiges et des racines de la menthe verte (*Mentha spicata L*) ont été effectuées afin d'évaluer l'effet de la diminution de l'apport en eau sur le développement de la plante.

Les évaluations ont été réalisées pendant trois semaines consécutives sous des conditions de stress hydrique, où les longueurs moyennes des tiges et racines ont été calculées pour chaque groupe expérimental.

Tableaux03 : Moyennes des longueurs (cm) des tiges et des racines de la variété-*Mentha spicata L*

Semaine	Tige témoin	Racine témoin	Tige essai	Racine essai	Ecart type
Semaine 1	67.20	57.90	69.15	32.62	±18.35
Semaine 2	96.6	24.72	100.62	31.75	±37.8
Semaine 3	118.7	47.37	100.55	20.5	±43.94

Dès la première semaine, nous constatons que les plants soumis au stress hydrique présentent des valeurs relativement proches de celles des témoins au niveau des tiges, avec une moyenne de 69,15mm contre 67,20mm. En revanche, les racines des témoins atteignent 57,90mm, tandis que celles des plants stressés mesurent 32,62mm, soit une réduction d'environ 43,7%.

À partir de la deuxième semaine, les différences deviennent plus marquées : la longueur des tiges témoins atteint 96,6mm, contre 100,62mm chez les plants soumis au stress. Quant aux racines, elles mesurent 24,72mm en condition témoin, contre 31,75mm en condition de stress, correspondant à une baisse d'environ 28,3%.

Au cours de la troisième semaine, l'effet cumulatif du stress hydrique devient évident. Les tiges témoins atteignent 118,7mm, tandis que celles des plants stressés plafonnent à 100,55mm, soit une réduction relative de 15,3%. Les racines, quant à elles, affichent une chute marquée de 47,37mm (témoin) à seulement 20,5mm sous stress, soit une réduction de près de 56,7%.

L'écart type le plus élevé est enregistré à la troisième semaine ($\pm 43,94$ mm), traduisant une variabilité notable entre les individus, probablement liée à des différences physiologiques internes ou à une réponse différée au stress.

Ces résultats confirment que le stress hydrique exerce un effet inhibiteur sur la croissance morphologique de *Mentha spicata*, tant au niveau aérien que racinaire, ce qui se manifeste par une réduction de la longueur des deux organes.

II.2 Effet du stress hydrique sur la teneur en eau de *Mentha spicata* L

La teneur en eau (%) des tissus végétaux a été mesurée chaque semaine pendant l'expérimentation. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la teneur en eau (%) des plants de *Mentha spicata* des témoins (en vert) et des essais sous stress hydrique (en orange), Durant trois semaines.

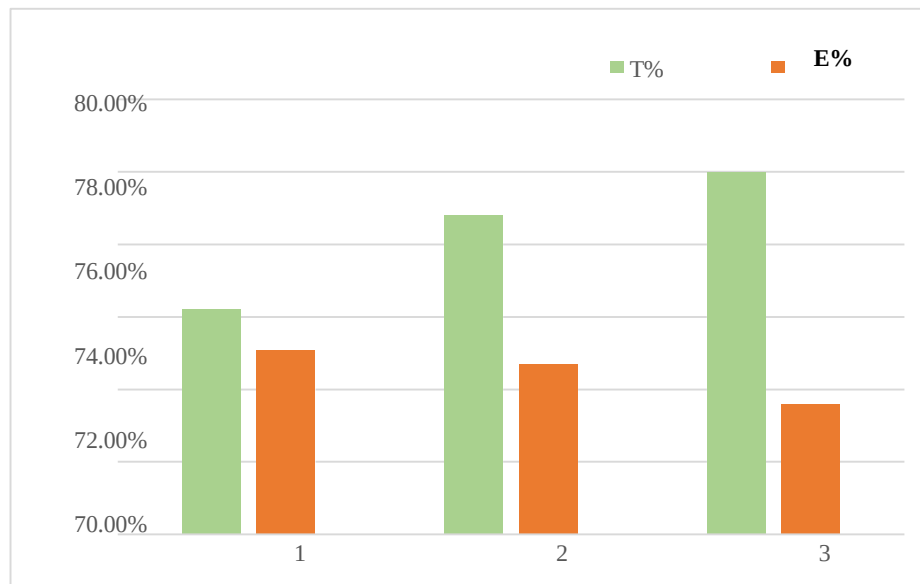


Figure 08 : Teneur en eau (%) des plants témoins et essais en fonction de temps par semaine

Semaine 1 :

La teneur en eau des témoins est légèrement supérieure à celle des plants soumis au stress hydrique ($\approx 76,2\%$ vs $\approx 75,1\%$), soit une différence d'environ $1,1\%$.

Semaine 2 :

Les témoins présentent une teneur en eau plus élevée ($\approx 78,8\%$) par rapport aux essais ($\approx 74,7\%$), avec un écart de $4,1\%$, indiquant un impact progressif du déficit hydrique.

Semaine 3 :

On observe une augmentation continue de la teneur en eau chez les témoins ($\approx 80,0\%$), tandis que les essais restent plus faibles ($\approx 73,6\%$), soit une différence de $6,4\%$, confirmant l'effet du stress hydrique sur la capacité de rétention d'eau des feuilles de *Mentha spicata*.

La teneur en eau des plants soumis au stress hydrique est globalement inférieure à celle des témoins tout au long de la période expérimentale. Les variations observées de la teneur en eau indiquent une réponse physiologique différenciée au stress hydrique appliqué par un arrosage hebdomadaire de 250ml .

Caractéristique physico- chimique de l'huile essentielle de *Mentha spicata*

III. 1 Caractéristique organoleptique

Le tableaux (04) montre une comparaison entre les caractéristiques de notre huile essentielle extraite de la menthe verte avec les normes d'AFNOR.

Tableaux04: caractéristiques physique des huiles essentielles de *Mentha spicata* (témoin et essai)

L'HE caractéristique	Témoin	Essai	Norme AFNOR (2000)
Couleur	Jaune pâle	Jaune foncé	Jaune p�le
Mobile	Moins mobile	Mobil	Mobil
Odeur	Légère menthol	Forte odeur de menthol	Caractéristique Aromatique Fraîche
Volatile	Volatile	Moins volatile	Volatil à température ambiante

Les résultats obtenus au cours de notre expérimentation sur *Mentha spicata* montrent que l'huile essentielle extraite de la partie aérienne présente un aspect liquide mobile, avec une odeur aromatique. La couleur de cette huile essentielle était jaune pâle pour le témoin et jaune foncé.

Concernant la mobilité, l'huile essentielle était mobile pour le témoin et moins mobile pour l'essai. Tandis que sur le plan de la volatilité, elle était volatile pour l'essai et moins volatile pour le témoin. (Fig 9).



Figure09 : Aspect visuel des huiles essentielles extraites des échantillons témoin et essai. (Photo personnelle)

III.2 Effet de stress hydrique sur le rendement en huiles essentielles des plantes utilisées

2.1 Rendement en huile essentielle d'*Mentha spicata*

Tableaux05 : Résultat de rendement des huiles essentielles

Echantillon	Rendement
Matière fraîche témoin de <i>Mantha spicata L</i>	0.195%
Matière fraîche essais de <i>Mentha spicata L</i>	0.105%

Le tableaux 5 présent le rendement en huiles essentielles de *Mentha spicata L*, avec une valeur de 0.195% pour les témoins cultivés dans des conditions optimales et 0.105% pour les plantes soumis au stress hydrique. Le graphique 10 illustre visuellement cette variation, mettant en évidence la réduction de rendement en huiles essentielles sous l'effet du déficit hydrique.

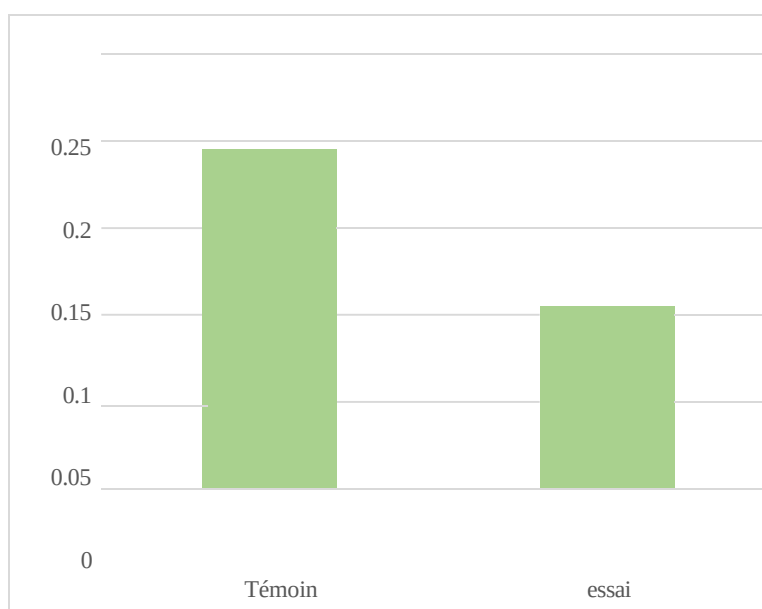


Figure10 : Histogramme du rendement en huiles essentielles de *Mentha spicata* en condition témoin et essai

Selon nos résultats, le rendement en huiles essentielles de *Mentha spicata* cultivée dans la région de Blida a montré une différence significative entre le témoin et le traitement soumis au stress hydrique. En effet, le témoin a présenté le rendement le plus élevé avec 0,195 %, tandis que le traitement a enregistré un rendement plus faible de 0,105 %.

Discussion

Le *Mentha spicata* L préféré un pH de sol compris entre 6 et 7.5, ce qui permet une bonne disponibilité bénéfique, Contribuant ainsi à un développement optimal de la plante Et la qualité des huiles essentielles (AFNOR, 2000).

Il est recommandé que la conductivité électrique (CE) du sol reste inférieure à hydrique et minéral Adéquate par *Mentha spicata*. Cette espèce tolère des niveaux modérés de salinité mais peut être affectée négativement lorsque ces niveaux sont dépassés (Misra et al., 1996).

Nos résultats sont presque en accord avec ceux répertoriés dans les normes AFNOR (2000) (tableaux 04). Les quelques différences observés dans la couleur Et l'odeur et volatile la menthe verte peuvent être dues aux région et aux climatique Différentes des lieux de prélèvement des plantes lamiacées (AFNOR, 2000). Tisserand et Young (2014) signalent que la majorité des huiles essentielles sont Incolores ou jaune pâle, bien que quelques-unes soient profondément colorées.

Selon Li et al. (2014), l'odeur typique des huiles essentielles dépend des organes, des Espèces et des origines des plantes. Leur densité relative est généralement inférieure à celle de L'eau, mais il existe plusieurs exceptions. Elles sont généralement reconnues comme Hydrophobes, mais elles sont en grande partie solubles dans les alcools et la plupart des solvants Organiques. De plus, ils sont sensibles à l'oxydation Ces résultats confirment que la menthe verte contient généralement de faibles teneurs en huiles essentielles, ce qui est en accord avec les données rapportées dans la littérature scientifique. En Algérie, des rendements variables ont été enregistrés

Selon les régions, avec 1,1 % à Bejaia (Brahmi et al., 2016), 0,9 % à Sétif (Boukhebt et al., 2011) et 1,3 % à Saida (Allali et al., 2013). Par rapport à ces valeurs, le rendement obtenu dans cette étude dans la région de Blida peut être considéré comme étant dans les valeurs attendues, tout en tenant compte de l'influence des conditions climatiques locales, de la nature du sol et des conditions culturales appliquées.

Les plantes ont pu restaurer une partie de l'eau perdue par évapotranspiration grâce à une forte absorption racinaire, ce qui entraîne une diminution progressive de la quantité d'eau du sol chez les plantes Stressées durant cette période. Levitt (1980) constate que la capacité de maintenir un potentiel hydrique élevé a été considérée comme un mécanisme qui permet à la plante d'esquiver la déshydratation

Le manque d'eau est un facteur limitant de la croissance des plantes, particulièrement en régions méditerranéennes. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000). La teneur relative en eau (TRE) est l'un des paramètres d'évaluation de la tolérance à la sécheresse, proposé par Clarke et McGaig (1982). Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des plantules de a montré une diminution de la TRE en fonction de l'intensité du déficit hydrique. Cette diminution reste relativement faible durant les trois premières semaines d'arrêt d'arrosage.

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent une diminution notable des paramètres biométriques de *Mentha spicata* sous l'effet du stress hydrique, notamment en ce qui concerne la hauteur des tiges, la longueur des racines, la surface foliaire et la biomasse sèche des parties aériennes par rapport au témoin. Cette réduction traduit la sensibilité de cette plante aux conditions de déficit hydrique, particulièrement pendant les phases critiques de croissance.

Ces observations sont en accord avec l'étude réalisée par Marino et al. (2019), qui a montré que le stress hydrique entraîne une réduction significative de la biomasse totale et foliaire, de la hauteur des plants ainsi que de l'indice de surface foliaire chez *Mentha spicata*, avec une diminution de 40 % de la biomasse sèche et de 31 % de la biomasse foliaire sous irrigation restreinte par rapport au témoin irrigué. De plus, l'impact du stress hydrique sur la hauteur des plants et la surface foliaire a été observé dès 35 jours après transplantation, reflétant la sensibilité de cette espèce au déficit hydrique.

conclusion

Cette recherche a révélé la diversité florale de l'Algérie, particulièrement en ce qui concerne les plantes aromatiques et médicinales, où la menthe verte (*Mentha spicata L*) représente une ressource essentielle pour la fabrication des huiles essentielles. L'objectif fondamental de cette étude était d'examiner l'effet du déficit hydrique sur la production d'huiles essentielles de la menthe verte, en comparant les résultats des plantes cultivées dans des conditions optimales et celles exposées à un stress hydrique.

Les résultats ont indiqué que le déficit hydrique cause une réduction notable de la production d'huiles essentielles. En effet, les plantes cultivées dans des conditions optimales ont généré 0,195% d'huiles essentielles, alors que celles ayant subi un stress hydrique n'ont produit que 0,105%, ce qui représente une diminution d'environ 46% de la quantité d'huile produite en conditions de stress par rapport aux conditions optimales.

Des modifications morphologiques claires ont été constatées chez les végétaux soumis à un stress hydrique, se traduisant par un abaissement de la hauteur de la plante, une réduction de la dimension des feuilles, ainsi que l'apparition de symptômes de flétrissement sur les structures végétales. Cela illustre la tentative de la plante de minimiser la perte d'eau en réduisant la surface des feuilles.

Néanmoins, malgré cette baisse de quantité, des variations dans la composition chimique des huiles issues de plantes soumises au stress hydrique ont été notées, suggérant une adaptation des plantes à des conditions difficiles. Ces variations pourraient offrir des opportunités pour l'utilisation spécifique des huiles essentielles dans des domaines tels que l'aromathérapie, la cosmétique et la médecine.

Cette recherche met en évidence l'importance d'une gestion adéquate de l'irrigation pour assurer une production efficace et durable d'huiles essentielles de menthe verte. Elle souligne également le besoin de réaliser des études supplémentaires pour examiner l'effet des différentes méthodes d'irrigation sur la qualité des huiles essentielles. Une compréhension approfondie de ces éléments permettra d'optimiser les rendements tout en préservant la qualité des huiles, répondant ainsi aux exigences des secteurs liés à l'aromathérapie et aux produits cosmétiques.

Référence bibliographique

Abbas, A. (2005). *Variation in the amount of yield and in the extract composition between conventionally produced and micro propagated peppermint and spearmint.* Journal of Essential Oil Research, 17(1), 66–70

AFNOR. (2000). *Huiles essentielles – Mentha spicata – Spécifications.* Paris : Association Française de Normalisation.

AFNOR. (2000). *Huiles essentielles : Monographies relatives aux huiles essentielles (Tome 2, 6^e éd.).* Paris : Association Française de Normalisation.

Allali, H., Chikhi, I., Dib, M. A., Muselli, A., Fekhi, N., Meliani, N., Kamal, M. A., Tabti, B., & Costa, J. (2013). *Antioxidant activity and chemical analysis of Mentha spicata cultivated from west northern region of Algeria by headspace solid phase micro-extraction and hydro-distillation.* Natural Product : An Indian Journal, 9(6), 258–263.

Albouchi, A., Sebei, H., Mezni, M. Y., & El Aouni, M. H. (2000). *Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de la biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'Acacia cyanophylla.* Annales de l'INRGREF, 4, 138–161.

Aubert, G. (1978). *Méthode d'analyse des sols.* Marseille : C.R.D.P.

Aidaoui, H., & Hartani, T. (2000). *Contribution à l'étude des effets de la sécheresse sur la croissance et le développement du blé dur (Triticum durum Desf.)* [Thèse de doctorat, Université de Batna]. Université de Batna.

Amiour, A. (2017). *Les plantes aromatiques et les antioxydants* [Mémoire de master, Université des Frères Mentouri Constantine]. Algérie

Anonyme. (1981). *Abrégé de matière médicale (pharmacognosie),* Tome 1. Masson, Paris, New York, 19–191

Anton, R & Annelise, L (2005). *Plantes aromatiques, épices, aromates, condiments et huiles essentielles,* Lavoisier, édition Tec& Doc.

Baba Aissa. F (1999). *Encyclopédie des plantes utiles (flore d'Algérie et de Maghreb).* Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Ed. Edas. Alger

Baher, Z. F., Mirza, M., Ghorbanli, M., & Bagher Rezaii, M. (2002). *The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in Satureja hortensis L.* Flavour and Fragrance Journal, 17(4), 275–277

Baudrin, E. (2015). *Mentha spicata : Description et utilisations en thérapeutique et en agriculture comme antigerminatif sur la pomme de terre* (p. 100)

Bekhechi, C., & Abdelouahid, D. (2010). *Les huiles essentielles*. Office des Publications Universitaires.

Ben Abdelkader, T. (2012). *Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, Lavandula stoechas sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique* [Thèse de l'École Normale Supérieure]. Kouba, Alger.

Benabadji, N., Bouazza, M., Metge, G., & Loisel, R. (1996). *Description et aspect des sols en région semi-aride et aride au sud de Sebdou (Oranais-Algérie)*. Bulletin de l'Institut de Rabat, 20, 77–86.

Benayad, N (2008). *Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées*. Université Mohammed V- Agadir.

Bessah, R., & Benyoussef, E. H. (2015). La filière des huiles essentielles : Etat de l'art, impacts et enjeux socioéconomiques. *Revue des énergies renouvelables*, 18(3), 513– 528.

Benhammou, N., Bekkara, F. A., & Panovska, T. K. (2008). *Antioxidant and antimicrobial activities of the Pistacia lentiscus and Pistacia atlantica extracts*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(2), 22–28.

Bourgeois, L. (2013). *Remèdes et recettes à la menthe*. Paris: Éditions Rustica

Boukhebt, H., Chaker, A. N., Belhadj, H., Sahli, F., Ramdhani, M., Laouer, H., & Harzallah, D. (2011). *Chemical composition and antibacterial activity of Mentha pulegium L. and Mentha spicata L. essential oils*. *Der Pharmacia Lettre*, 3(4), 267–275.

Boyer, J. S. (1982). *Plant productivity and environment*. Science, New Series, 218, 443–448.

Boyer, S. (1968). *Plant water status, hydraulic resistance and capacitance* (pp. 445–453).

Bremness, L., Fletcher, N., Ward, M., Griggs, P., Desgranges, T., Baudoux, M., & Garnaud, V. (2005). *Les plantes aromatiques et médicinales : 700 espèces*. Larousse

Bruneton, J. (1993). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (2e éd.). Tec & Doc.

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 3^{ème} Edition Paris pp533-536.

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (3e éd.). Paris : Tec & Doc.

Calvet, R. (2003). *Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques (Tome 2).* Paris : France Agricole.

Clarke, J. M., & McCaig, T. N. (1982). *Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat.* *Crop Science*, 22, 1036–1040.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200030015x>

Costa França, M. G., Pham Thi, A. T., Pimentel, C., & Laffray, D. (2000). *Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress.* *Environmental and Experimental Botany*, 43(3), 227– 237.

Costa França, M. G., Pham Thi, A. T., Pimentel, C., & Laffray, D. (2000). *Differences in growth and water relations among Phaseolus vulgaris cultivars in response to induced drought stress.* *Environmental and Experimental Botany*, 43(3), 227– 237.

Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). *Natural products (secondary metabolites).* In B. B. Buchanan, W. Gruissem, & R. L. Jones (Eds.), *Biochemistry and molecular biology of plants* (pp. 1250–1319). American Society of Plant Physiologists.

Desmares C., Laurent A. et Delerme C., (2008). *Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles.* Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), France. 17p.

Ditomaso, J. M., & Healy, E. (2007). *Weeds of California and other Western States (Vol. 2).* University of California Agriculture and Natural Resources.

Doré, T., Dubois, J. P., & Willocquet, L. (2006). *Méthodes D'expérimentation en sciences du sol.* Éditions Quae.

Douay, S. (2008). *Onographie de la menthe verte.* Université de Lille, France.

Douay, S. (2009). *Monographie de la menthe verte : fiche systématique des Angiospermes.* L3 SVB

Duraffourd, C., D'Hervicourt, L., & Lapraz, J. C. (1990). *Cahiers de phytothérapie clinique : Examens de laboratoires galéniques, éléments thérapeutiques synergiques (2ème éd.).* Masson.

eFloras. (2008). *eFloras.org. Missouri Botanical Garden & Harvard University Herbaria.* <http://www.efloras.org> (Consulté le 6 décembre 2010)

El Haib, A. (2011). *Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques* (Doctoral dissertation, Université de Toulouse).

Fernandez, X., & Chemat, F. (2012). *La chimie des huiles essentielles*. Vuibert

Flexas, J., Bota, J., Galmés, J., Medrano, H., & Ribas-Carbó, M. (2006). *Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: Responses of photosynthesis and respiration to water stress*. *Physiologia Plantarum*, 127(3), 343–352.

Hajji, F., El Idrissi, A., Fkih-Tetouani, S., & Bellakhdar, J. (1989). *Étude des compositions chimiques de quelques espèces d'Eucalyptus du Maroc*. *Al Biruniya, Revue Marocaine de Pharmacie*, 5(2), 125–132.

Hopkins, W. G. (2003). *Physiological mechanisms regulating water and solute movement*. In *Plant physiology* (2nd ed., pp. 68–69). Wiley.

Hopkins, W. G., et al. (2003). *Physiologie végétale* (2^e éd.). De Boeck.
<https://books.google.com>

Ijaz, R. (2012). *Mechanistic insight of water stress induced aggregation in wheat (Triticum aestivum L.) quality: The protein paradigm shift* (Vol. 76). ISMANTPEONY PRESS.

Tiesseire, J.P. (1991) *Chimie des substances odorantes*. Ed. Lavoisier, Paris, PP25-

Tisserand R. and Young, R., (2014). *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals*. Elsevier Health Sciences, United Kingdom. 783 p.

Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F. (2012). *La connaissance des huiles essentielles : Qualitologie et aromathérapie ; entre science et tradition pour une application médicale raisonnée*. Springer-Verlag France

Kramer, A. (1983). *Caractérisation morphologique des accessions d'arachide (Arachis hypogaea L.) pour la teneur en huile et la tolérance à la sécheresse*.

Laberche, J.-C. (2004). *La nutrition de la plante*. In *Biologie* (2^e éd., pp. 154– 163). Paris : Dunod.

Laggoune, S., Öztürk, M., Erol, E., Duru, M. E., Abaza, I., Kabouche, A., &

Kabouche, Z. (2016). *Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oil of Mentha spicata L. from Algeria*. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(11), 4205–421

Landsdown, R. V. (2014). *Mentha spicata*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org>

Laurent, A., & Delerme, C. (2008). *Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles*. Saint-Denis : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. Lavoisier, Paris, P503

Levitt, J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses: Water, radiation, salt, and other stresses* (Vol. 2, 2nd ed.). New York, NY : Academic Press.

Li Y., Fabiano-Tixier A.-S. and Chemat F., (2014). *Essential Oils: From Conventional to Green Extraction*. Springer, New York, NY. 70 p

Marino, S., Foschi, L., Bastioli, L., Brugnoli, E., Petrucci, R., & Saccardo, F. (2019). *Effects of Water Stress on Plant Growth and Essential Oil Content in Mentha spicata L.* **Water**, 11(11), 2264. <https://doi.org/10.3390/w11112264>

Moja, S., & Jullien, F. (2014). *Les Menthes, diversité des espèces et composition chimique*. Dossier Simple et Aromatique – Jardins de France.

Moon, H. K., Hong, S. P., Smets, E., & Huysmans, S. (2009). *Micromorphology and character evolution of nutlets in Tribe Mentheae (Nepetoideae, Lamiaceae)*. *Systematic Botany*, 34(4), 760–776. <https://doi.org/10.1600/036364409790139679>

Misra, A., Srivastava, N. K., & Srivastava, A. K. (1996). *Influence of water stress on Japanese mint*. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 4(1), 27–35. https://doi.org/10.1300/J044v04n01_05

Nedjai, I., & Nedjai, S. (2017). *Activité antimicrobienne des huiles essentielles* [Mémoire de Master en sciences biologiques, Université A. Mira, Bejaia].

Passioura, J. B. (2004). Increasing crop productivity when water is scarce—from breeding to field management. *Agricultural Water Management*, 80(1–3), 176–196.

Peguero-Pina, J. J., Flexas, J., Galmés, J., Ribas-Carbó, M., & Gil-Pelegrín, E. (2008). *Leaf morphological and physiological adaptations to summer drought in two*

Pindard, A. (2000). *La relation stress hydrique–rendement du maïs en Bresse : quelle perspective de spatialisation ? Utilisation d’un simulateur de culture (SnCS)* [Mémoire d’ingénieur, Établissement National d’Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon]. 61 p.

Piochon, M. (2008). *Étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne : Composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse.* Université du Québec à Chicoutimi.

Polese, J.M. (2006). *La culture des plantes aromatique* A rtemi37

Runeton, J. (1993). *Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales.* 2eme Ed.

Seidemann, J. (2005). *World spice plants: Economic usage, botany, taxonomy.* Berlin, Germany: Springer-Verlag

Singh-Sangwan, N., Abad Farooqi, A. H., & Singh-Sangwan, R. (1994). *Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses.* New Phytologist, 128(1), 173–179.

Small, E., & Deutsch, G 2001, *Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid.*

Sutour. S (2010). *Etude de la composition chimique d’huiles essentielles et d’extraits de menthes de corse et de kumquats.* Thèses de doctorat, l’université de corse
co-occurring Mediterranean oaks: Quercus ilex and Quercus pubescens. Annals of Botany, 102(6), 925–935.

Teuscher, E., Anton, R., & Lobstein, A. (2005). *Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Paris : Tec & Doc.

Tuker, A.O, EF RFC. (2007). *Mentha : un Aperçu de la classification Et Les Relation En 16-17 : Laurent, BM, Ed, Monnaie. Du gener Mentha 16-17.*

Valnet, J. (1984). *Aromathérapie : Traitement des maladies par les essences des plantes* (p. 544). Maloine

Verbois, S. (2001). *Huiles essentielles et parfums qui guérissent et qui relaxent : La voie de l'Ayurveda.* Trajectoire.

Walter A., & Lebot, V, (2003). *Ardin d’Océanie.* IRD Edition, Paris.

Zekri, N., Elazzouzi, H., Drioche, A., Satrallah, A., Belghiti, M. A., & Zair, T. (2016). *Effect of geographic locations on chemical composition of Mentha spicata L. essential oils from Moroccan Middle-Atlas.* Der Pharmacia Lettre, 8(4), 146–150

Zhiri, A., & Baudoux, D. (2005). Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies (N° 1). Aromathérapie scientifique.

Zinselmeyer, C., et al. (1999). *Grain yields with limited water.* Journal of Experimental Botany, 2, 158

ANNEXES

Tableau N°01. Classe de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25°C (1.5) (Aubert ,1978)

CE ds/mà25°C	Degrés de salinité
$CE < 0.6$	Sols non salés
$0.6 < CE < 1.2$	Sols peu salés
$1.2 < CE < 2.4$	Sols salés
$2.4 < CE < 6$	Sol très salés
CE plus de 6	Sols extrêmement salés



Figure1 : Appareil de mesure de la conductivité

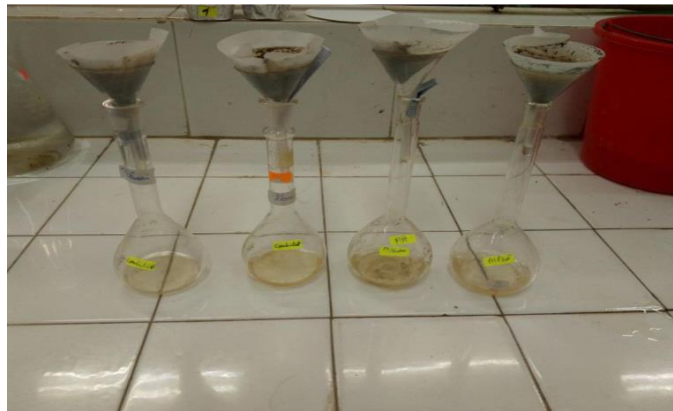


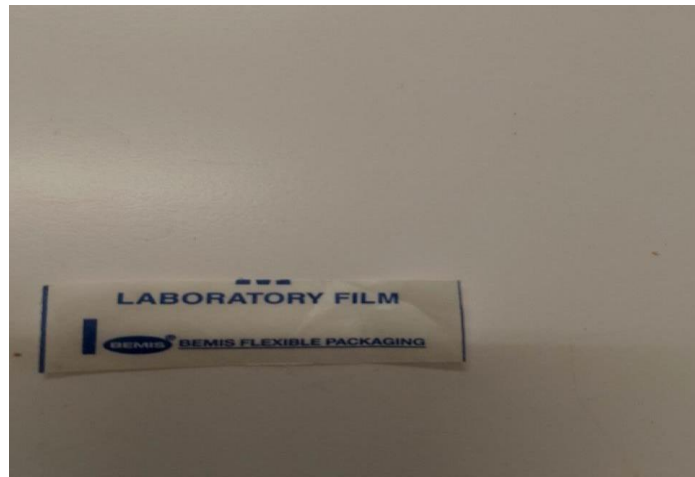
Figure2 : Filtration des échantillons de sol



Figure3 : Meseur de la PH



Figure4 : Pesée de la menthe et appareil d'hydro distillation



Parafilm



Epondorffs

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique



جامعة البليدة 1

Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master académique

Option : Agro -environnement et bio indicateur

Thème

Effet du stress hydrique sur le rendement des huiles essentielles d'une
espèces aromatique

Présenté par :

Slimi wiam

Boukercha Afraa

Devant le jury composé de :

Mme Ouanighi Hakima MAA

USDB 1

Président

Mme Ghanaï Rafika MCB

USDB 1

Promotrice

Mme Bachir Kamila MCB

USDB 1

Examinatrice

Date de soutenance : 14 juillet 2025

Année universitaire : 2024/2025

Mme. BACHIR
A/F
Bachir