



République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Abbès Laghrou Khenchela Faculté des Sciences
de la nature et de la vie
Département d'écologie et environnement



Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de
Master académique en écologie

OPTION : Ecologie Fondamentale et Appliquée

Thème

Effets des factures abiotiques (climatique et édaphiques) sur le rendement des huiles essentielles du Romarin (Salvia rosmarinus)

Présenté par :

- Laiche Hamida
- Tlaes Chaima

Soutenu le 23 / 06 / 2024

Soutenu devant le jury composé de

<i>Président</i>	<i>M^{me} KADI Kenza</i>	<i>Professeur</i>	<i>Univ. Abbès Laghrou – Khenchela</i>
<i>Encadrant</i>	<i>M^{me} DIB Dounia</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. Abbès Laghrou – Khenchela</i>
<i>Examineur</i>	<i>M^{me} BERKANI Cherifa</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. Abbès Laghrou – Khenchela</i>

Année universitaire 2023/ 2024



Dédicace

À qui la préfère- je à moi- même, et pourquoi pas ; Elle s'est sacrifiée pour moi et n'aménagé aucun effort pour toujours me rendre heureuse (Ma mère bien-aimée Chrifa).

Nous marchons sur les chemins de la vie, et ce lui qui contrôle nos esprits dans chaque chemin que nous empruntons reste celui qui à un bon visage et de bonnes actions. Il n'a pas lésiné sur moi tout au long de sa vie (Mon cher père, Ammar).

À mes frères ; Et mes sœurs, Sara et Hanane.

À mes compagnes d'âme, Rania ; Que Dieu nous garde proches.

À toute ma famille, mes tantes mes oncles, mes cousins et toutes leurs familles ; je vous aime tellement.

À Ma collègue en mémoire de fin d'études : Chaima.

À mes amis, et à tous ceux qui ont été à mes côtés et m'ont aidé de toutes les manières possibles, dans de nombreuses situations, je vous présente cette recherche, et j'espère qu'elle répondra à vos attentes.

Hamida





Dédicace

Après avoir remercié Allah pour son aide et pouvoir qui nous a accordé jusqu'à la fin de notre étude.

Je dédie ce modeste travail à :

- L'esprit de ma plus chère mère et père qu'Allah les accorde ses miséricordes et les accueille dans ses vastes paradis...

- Tous mes frères et sœurs,

- Tous ce qui me connais et m'aime...

- Tous mes collègues...

Chaima





Remerciements

Avant toute chose, nous rendons grâce à Allah le tout puissant qui nous a fait ouvrir les portes du savoir, qui nous a donné le courage, la volonté, la force nécessaire durant tout notre cursus pédagogiques.



Tout d'abord, Mes Nous tenons à remercier notre encadreur de mémoire, Dr. Dib Dounia, pour son soutien, ses précieux conseils et son expertise qui ont grandement contribué à la réussite de ce projet.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers le Président de la commission, Mme KADI Kenza, Professeur à l'Université Abbès Laghrour – Khenchela, ainsi qu'à l'Examineur, Mme BERKANI Cherifa, MCA à l'Université Abbès Laghrour – Khenchela, pour leur suivi et leur disponibilité tout au long de notre parcours universitaire. pour leur suivi et leur disponibilité tout au long de notre parcours universitaire.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à nos collègues, pour leur soutien, leur encouragement et leur aide.

Enfin, Nous n'oublierons jamais la contribution de nos parents, pour leur amour, leur soutien et leur encouragement sans faille tout au long de mes études.

Merci à tous pour votre soutien et votre contribution à la réussite de ce projet.



Résumé

Cette étude examine l'impact des facteurs climatiques et édaphiques sur le rendement en huiles essentielles du romarin dans trois régions d'Algérie : Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi. Les données montrent des climats distincts : méditerranéen à Alger (température moyenne annuelle de 20,2°C, précipitations de 582,8 mm) et continental à Khenchela et Oum El Bouaghi (températures moyennes de 16,0°C et 16,9°C, précipitations de 304,2 mm et 308,8 mm). Les sols diffèrent également : sableux à Alger, limono-argileux à Khenchela, et limoneux à Oum El Bouaghi. Les rendements en huiles essentielles sont de 0,16% à Alger, 0,60% à Khenchela et 0,80% à Oum El Bouaghi. Les analyses révèlent que les précipitations, températures, et nutriments du sol (Mg^{2+} , Ca^{2+}) sont déterminants. Pour améliorer les rendements, notamment à Alger, il est recommandé de gérer l'irrigation et d'enrichir le sol en nutriments essentiels.

Mots clés : *Facteurs climatiques, Facteurs édaphiques, Huiles essentielles de romarin, Algérie, Types de sol, Rendement*

Abstract

This study examines the impact of climatic and edaphic factors on the yield of rosemary essential oils in three regions of Algeria: Algiers, Khenchela, and Oum El Bouaghi. The data show distinct climates: Mediterranean in Algiers (average annual temperature of 20.2°C, precipitation of 582.8 mm) and continental in Khenchela and Oum El Bouaghi (average temperatures of 16.0°C and 16.9°C, precipitation of 304.2 mm and 308.8 mm). The soils also differ: sandy in Algiers, loamy-clay in Khenchela, and loamy in Oum El Bouaghi. The essential oil yields are 0.16% in Algiers, 0.60% in Khenchela, and 0.80% in Oum El Bouaghi. Analyses reveal that precipitation, temperatures, and soil nutrients (Mg^{2+} , Ca^{2+}) are key determinants. To improve yields, especially in Algiers, it is recommended to manage irrigation and enrich the soil with essential nutrients.

Key words: *Climatic factor, Edaphic factors, Rosemary essential oils, Algeria, Soil types, Yield*

الملخص

تهدف هذه المدكرة الى دراسة تأثير العوامل المناخية ونوعية التربة على إنتاج الزيوت الأساسية لنبات اكليل الجبل في ثلاث مناطق بالجزائر: الجزائر العاصمة, خنشلة وأم البواقي. تُظهر البيانات مناخات مختلفة: مناخ البحر الأبيض المتوسط في الجزائر العاصمة (متوسط درجة الحرارة السنوية 20.2 درجة مئوية، وهطول الأمطار 582.8 ملم) ومناخ قاري في خنشلة وأم البواقي (متوسط درجات الحرارة 16.0 درجة مئوية و 16.9 درجة مئوية، وهطول الأمطار 304.2 ملم و 308.8 ملم). تختلف التربة أيضاً: رملية في الجزائر العاصمة، طينية في خنشلة، وطينية في أم البواقي. يبلغ مردود الزيوت الأساسية 0.16% في الجزائر العاصمة، 0.60% في خنشلة، و 0.80% في أم البواقي. تكشف التحليلات أن هطول هي عوامل حاسمة. لتحسين الإنتاج، خاصة في الجزائر العاصمة، يُوصى الأمطار ودرجات الحرارة والمغذيات في التربة بإدارة الري وتغذية التربة بالمغذيات الأساسية.

الكلمات المفتاحية العوامل المناخية, نوعية التربة, الزيوت الأساسية, اكليل الجبل, الجزائر, مردود

Table des Matières

Introduction générale	1
Introduction	4
1. Les plantes médicinales	4
1.1 Définition d'une plantes médicinales	4
2. Etude de la plante romarin	4
2.1 Définition et origine de la plante	4
2.2 Normes vernaculaires	4
2.3 Classification botanique	4
2.4 Description botanique de romarin	5
2.5 Diagramme florale	6
2.6 Répartition géographique dans le monde et dans l'Algérie	6
2.7 Écologie de la plante	7
2.8 Facteurs influencent la composition chimique de romarin	7
2.9 Les activités biologique de romarin	8
2.9.1 Activités anti-inflammatoires	8
2.9.2 Activités anti-cancéreuse	8
2.9.3 Activités anti-microbienne	8
2.10 Utilisation de romarin	8
2.10.1 Dans la médecine	9
2.10.2 Agriculture	9
2.10.3 Parfumerie et cosmétique	9
2.10.4 Alimentation	9
3. L'influence des facteurs d'environnement sur les plantes	9
3.1 Les factures abiotiques	9
3.1.1 Les facteurs climatiques	9
3.1.2 Les factures abiotiques édaphiques	12
4. Les huiles essentielles	12
4.1 Définition	12
4.2 Localisation et repérage des HEs dans les plantes	13
4.3 La composition chimique des HEs	13
4.3.1 Composés terpéniques	13
4.3.2 Composés Aromatiques	14
4.3.3 Composés d'origine divers	14
4.4 Les caractéristiques physicochimiques	14
4.5 Marché mondial des HEs	15
4.6 Méthodes d'extraction des HEs	15
4.6.1 Distillation par entraînement à la vapeur d'eau	15
4.6.2 L'hydro distillation	16
4.6.3 Extraction sans solvant assistée par micro-onde	16
Conclusion	17
1/ L'objectif du travail	19
2/ Présentation des sites d'études	19
.2.1 La région de l'Alger	19

2.1.1 Situation géographique de l'Alger	19
2.1.2 Relief.....	19
2.1.3 Les caractéristiques climatiques	20
2.2 La région de Khenchela	20
2.2.1 Situation géographique de Khenchela	20
2.2.2 Reliefs	20
2.2.3 Les caractéristiques climatiques	21
2.3 La région d'OumELBoughi	21
2.3.1 Situation géographique d'OumELBoughi.....	21
2.3.2 Relief.....	21
2.3.3 Les caractéristiques climatiques	22
3. Technique de prélèvement du sol.....	22
4. L'analyse de sol.....	22
4.1 . L'analyse physique	22
4.1.1. Le pourcentage d'humidité.....	22
4.1.2 L'analyse granulométrie(L'analyse mécanique du sol)	23
4.1.3 Détermination de la matière organique	24
4.2.2 Les analyses chimiques du sol.....	25
4.2.1 Mesurer la conductivité électrique CE	25
4.2.2 Mesurer l'acidité du sol pH.....	26
4.2.3 Dosage du calcaire total(Caco3).....	26
4.2.4 Dosage des cations et anions	27
4.2.4.1 Phosphore	27
4.2.4.2. Dosage du calcium et magnésium	28
4.2.4.3 Dosage des chlorures	28
4.2.4.4. Dosage des sulfates	28
5. Matériel végétale	29
5.1 Récolte et séchage.....	29
5.2 L'extraction des huiles essentielles	29
5.3 Le rendement des huiles essentielles de romarin	30
Conclusion	30
1. Discussion des Données Météorologiques des Stations d'Alger, Khenchela et Oum el Bouaghi.....	32
1.1 Températures Moyennes.....	32
1.1.1 Station d'Alger	32
1.1.2 Station de Khenchela	32
1.2.1 Station d'Alger	33
1.2.2 Station de Khenchela	33
1.2.3 Station d'Oum el Bouaghi.....	33
1.4 Diagramme EMBERGER (les étages bioclimatiques	36
2. Résultats des analyses physico-chimiques du sol.....	37
2.1 La Granulométrie.....	37
2.2 Les résultats de l'électrochimie, humidité, matière organique et calcaire	39
2.3 Résultats du dosage d'ions	40

2.4 Le rendement en huiles essentielles.....	40
2.5 Interprétation des Résultats de l'ACP (Effet des facteurs climatiques et édaphiques sur le rendement)	41
Conclusion	43
Conclusion générale	47
Références bibliographiques	50
ANNEXES	57

Listes des figures

N°	Titre	page
01	Fleurs et feuilles de romarin	05
02	Diagramme florale de la romaine	06
03	Répartition géographique de la romaine	07
04	Phytocomposés présents dans R.Officinalis (romarin)	07
05	Les facteurs qui influencent le métabolisme secondaires de la plante	10
06	Montage d'entraînement à la vapeur d'eau	16
07	Montage de L'hydrodistillation	16
08	Les situations géographiques des sites d'études Alger	19
09	La situation géographique de station de Khenchela	20
10	La situation géographique de station d'Oum El Bouaghi	21
11	Les étapes pour déterminer l'humidité de sols	23
12	L'étape réalisée l'analyse granulométrie des sols.	24
13	Les étapes pour déterminer la matière organique de sols (photo originale 2024)	25
14	Les étapes pour mesurer la conductivité électrique (photo originale 2024)	26
15	Calcimètre de brand(photo originale 2024)	27
16	Les étapes réalisés l'analyse de phosphore(photo originale 2024)	28
17	Photo originale de romarin (2024)	29
18	Montage de l'extraction par hydrodistillation	30
19	Variation mensuelle des températures moyennes des trois stations (2014-2023)	32
20	Variation mensuelle des précipitations des trois stations (2014-2023)	34
21	Diagramme Ombrothermique des trois stations (moyennes de la période 2014-2023)	35
22	Diagramme EMBERGER des trois stations (dans la période 2014-2023)	37
23	Rendement en huiles essentielles	37
24	Projection des variables et individus sur le plan 1-2	41

Liste des tableaux

N°	Titre	page
01	Résultats de l'analyse granulométrie	38
02	Résultats de l'électrochimie, humidité, matière organique et calcaire	39
03	Résultats du dosage d'ions	40
04	Cosinus carré des variables	42

Liste des Acronymes

HEs : Les huiles essentielles.

PM: plantes médicinales.

MS2 : Métabolites secondaires.

T: Température.

°C: Degré celcui.

Ph: Potentiel Hydrique.

RS: Rosmarinus Officinalis.

CE: Conductivité électrique.

H: Humidité.

M.O: Matière organique.

P: Phosphore.

Caco3: Calcaire total.

%: Pourcentage.

T: Taux.

EDTA: Éthylène diamine téra-acétique.

NaOH: Hydroxide Sodium.

OEB: OumElBouaghi.

A.A:Acide Ascorbique.

H2SO4 :Acide Sulfurique.

Introduction Générale

Introduction générale

En Algérie, la médecine traditionnelle a été largement utilisée en raison de la richesse et de la diversité de la flore du pays, qui représente un important réservoir phytothérapeutique, comportant environ 3000 espèces provenant de diverses familles botaniques. **(OULD Beziou, W. MEVHTED, C. 2019)**

Dans cette raison, l'Algérie présente une diversité végétale abondante. De nombreuses plantes aromatiques y poussent naturellement, parmi lesquelles on compte le romarin, le thym, la lavande...etc. L'intérêt pour ces plantes aromatiques et médicinales n'a cessé de croître au fil des années récentes. **(AIYCHAUCHE, 2018)**

Les plantes médicinales ont toujours été au cœur du développement humain, étant utilisées depuis les temps préhistoriques jusqu'à nos jours. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), 80% de la population dépend des médecins traditionnels, principalement à base de plantes médicinales, pour leurs soins de santé primaires. Actuellement, au moins 25 médicaments dans le monde sont issus directement ou indirectement de plantes médicinales, qui demeurent la principale source de médicaments. **(OMS ; 2002)**

Les plantes médicinales font partie de bases de la médecine depuis l'Antiquité toutes les sociétés humaines. Avec les progrès rapides de la technologie médicale, les préparations à base de plantes sont également appelées "médecines alternatives ou complémentaires". **(BettaiEbR et al., 2017)**

Les huiles essentielles et les extraits végétaux sont désormais utilisés pour préserver les aliments et protéger les stocks, grâce à leur large gamme d'activités biologiques. **(Sriti EL-Hadi, J et al., 2018)**

Les HEs qui se composent de métabolites secondaires sont des mélanges volatiles qui se trouvent dans différents organes de plantes aromatiques. **(DAMYEH et al., 2016)**

Cependant, la qualité et la quantité de ces HEs peuvent être influencées par différentes conditions environnementales abiotiques, notamment les facteurs climatiques et édaphiques tels que la température, la texture du sol, la lumière...etc.

Parmi ces plantes, le romarin (*Rosmarinus Officinalis*) est une plante médicinale originaire de la région méditerranéenne. L'appareil végétatif et productif et les HEs de cette plante sont utilisés en phytothérapie.

Dans cette recherche, nous explorons les effets de ces facteurs sur le rendement des huiles essentielles du romarin, en examinant comment les variations climatiques et du sol peuvent modifier la production de composés actifs dans la plante. Cette étude revêt une importance

particulière dans un contexte où le changement climatique impact de manière significative les écosystèmes, y compris.

Ce mémoire est composé de trois chapitres:

- Le premier chapitre, sera consacré à la recherche bibliographique, il comportera des généralités sur les huiles essentielles, les plantes médicinales avec les facteurs abiotiques qui influencent sur le rendement des HEs, ainsi que la description de la romaine (*Rosmarinus Officinalis*).
- Le dixième, est un chapitre expérimental consacré aux méthodes et matériels utilisés pour l'étude.
- Le troisième chapitre concerne les résultats et discussion.



Chapitre I

Synthèse bibliographique

Introduction

Les plantes médicinales comme le romarin sont utilisées depuis des siècles pour leurs propriétés thérapeutiques et aromatiques. Cependant, leur production d'huile essentielle peut être affectée par divers facteurs abiotiques, notamment les conditions climatiques et pédologiques. Dans cette partie nous présenterons une revue de littérature sur les huiles essentielles (désignés HEs), leur intérêt, méthodes d'extraction et l'influence des facteurs abiotiques sur leur rendement.

1. Les plantes médicinales

1.1 Définition d'une plantes médicinales

Une plante est considérée comme médicale lorsqu'un de ses organes, comme la racine par exemple, possède des propriétés thérapeutiques. Les parties utilisées des plantes, telles que les feuilles, l'écorce ou les fleurs, sont appelées drogues végétales, et les plantes médicinales sont aussi connues sous le nom de simples. Selon l'agence Française de sécurité sanitaire des produits peut également être utilisé des fins alimentaires, condimentaires ou hygiéniques. (MORGANT, 2020)

2. Etude de la plante romarin

2.1 Définition et origine de la plante

La *Rosmarinus Officinalis*, est une plante médicinale dans la région méditerranéenne et cultivée. D'un but thérapeutique couramment utilisé comme conservation alimentaire. (Jonatas R et al., 2019)

Le romarin nommé d'après les mots latins pour rosée et marin, est un à la rosée maritime. (Leplat, 2017)

2.2 Normes vernaculaires

Il a eu des noms scientifiques différents au cours de temps : Iklil al jabal, Klil, Hatssalouban, Hassalban, Lazir, Azîir, Ouzbir, Aklel, Touzala. (Fedjer et al., 2022)

2.3 Classification botanique

D'après Akshay et al. (2019), la classification Systématique de *Rosmarinus officinalis* est comme suit (Akshay et al., 2019) :

- Royaume: Plantae.
- Division: Trachéophyte.
- Sous-division: Spremathophytina.
- Classe : Magnoliopsida.
- Sous-classe : Asteridae.
- Ordre: Lamiales.

- Famille : Lamiacées.
- Genre: Rosmarinus.
- Espèce: Rosmarinus officinalis.

2.4 Description botanique de romarin

Le romarin, appartenant à la famille des Lamiaceae, est un plant médical originaire du bassin méditerranéen, apprécié pour son caractère aromatique. Traditionnellement utilisé dans la médecine populaire, est aujourd'hui recherché pour sa concentration en composés bioactifs, ce qui en fait une source précieuse pour l'industrie alimentaire. (Borrás et al., 2011)

La plante de romarin possède plusieurs domaines d'utilisation tels que pharmacodynamiques et l'agriculture. Les produits chimiques composants de la plante sont : 20% a-pinene, 20% cineol, 18% Camphre, 6% Bpienen1 borneol, 5% mirsen, 3% acétate de bornicy 1,2% terpeneol ,limonéne , cari-phyllen. (Rutkay et al ., 2020)

Comme toute plante, le romarin est formé d'un appareil végétatif et une autre reproduction :

- **Les feuilles:** sont caractérisés, persistantes, linéaires, Verts, ponctuées et rugueuse sur la page supérieure, blanches et tomenteuses sur la page inférieure. (Métrola , 2018)
- **Les fleurs:** C'est le système reproducteur, Groupes de trois ou quatre. Ils sont disposés brièvement au sommet des branches Les grappes forment un tout en forme de pointe. Ils ont des bractées lancéolées, velues, etc. Court et caduque. Il a une lèvre inférieure avec deux lobes lancéolés et un Toute la lèvre supérieure est de forme ovale. Corolle à double lèvre, de 1,2 cm de large, de couleur tubulaire. Bleu clair. Les étamines sont constituées de deux étamines saillantes et d'anthères allongées télescope monoculaire à fente unique. (Leplat M ; 2017)



Figure 1 : Fleurs et feuilles de romarin. (Leplat , 2017)

- **La tige :** est tortueuse, agnuleuse et fragile.

- **La racine** : est profonde et pivotante.
- **Le fruit**: est un baie ovale, sèche et lisse. (BERBACHE et al ., 2022)

2.5 Diagramme florale

La fleur est tétra cyclique.

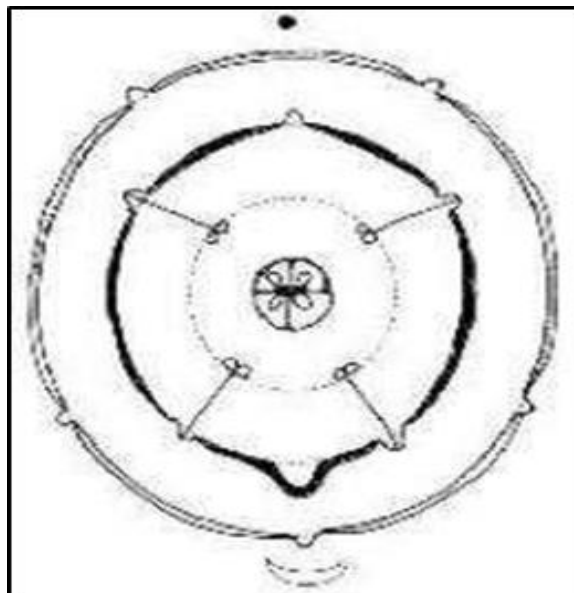


Figure 2 : Diagramme florale de romaine.

(Hammiche,1988)

La formule florale= $5S+5P+4^E+2C$

S : Sépals.

P : Pétals.

E : Étamines.

C : Carpelles.

2.6 Répartition géographique dans le monde et dans l'Algérie

La *Rosmarinus Officinales*, est une plante herbacée persistant originaire de la Méditerranée. Elle pousse dans des régions chaudes et ensoleillées, telles que l'Espagne, Portugal, L'Inde , Maroc, Tunisie, où elle peut atteindre jusqu' 6 pieds de hauteur. Son nom commun romarin, dérivé dans sa proximité avec la mère. (González-Trujano et al ., 2007)

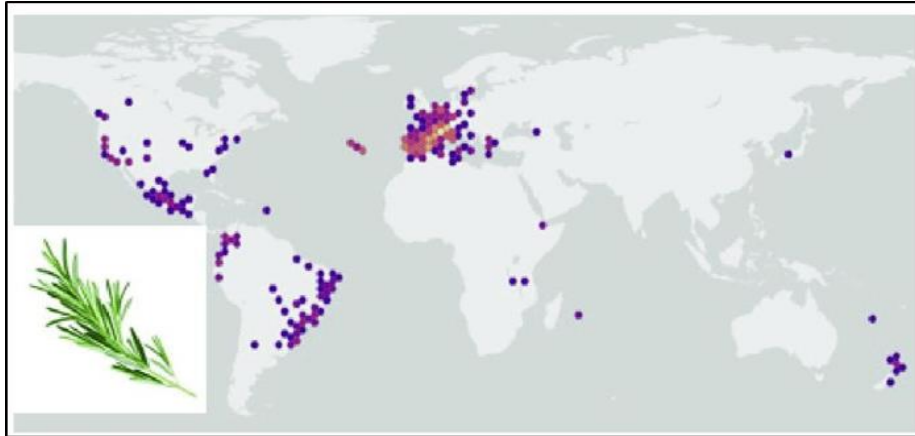


Figure 3 : Répartition géographique de romaine.

(González-Minero et al.,2020)

En Algérie le romarin s'étale sur une superficie excédant 100 000 hectares.(Bensebia et al.,2009)

2.7 Écologie de la plante

La plante persistante est typique des zones boisées ouvertes et peut atteindre jusqu' à 2 m de hauteur. Elle prospère dans des environnements exposé, secs et chaudes, à du niveau de la mère. Elle s'adapte à une variété de sol, y compris sableux, schisteux ou calcaire, avec des niveaux de pH allant de 5.5 à 8. Les précipitations annuelles d'eau moins 50 mm sont généralement suffisantes pour maintenir la survie d'un plante adulte.(Métrola,2018)

La plante est possédé de composants telles que, diterpènes phénoliques tricycliques, Flavonoïdes, Acides phénols (3,5%) tanins des Labiatiées, Triterpènes, Stéroïdes et Lipides. (NADJMAOUI et al., 2022)

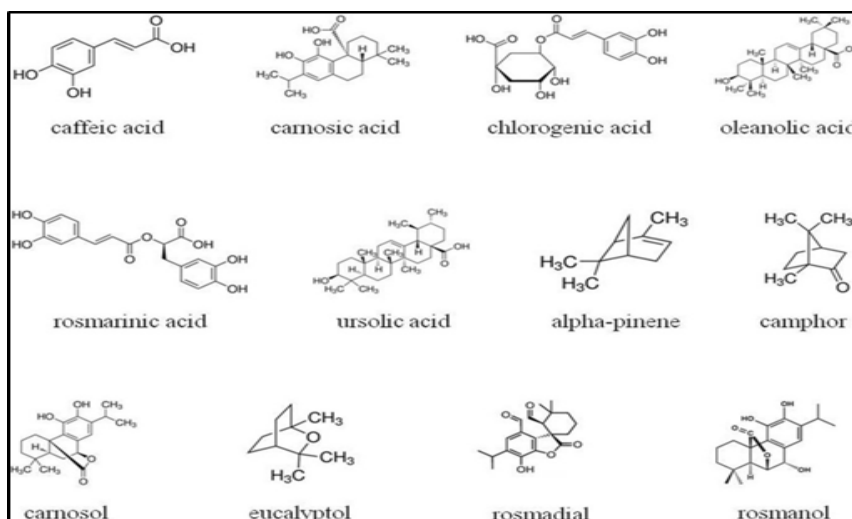


Figure 4 : Phytocomposés présents dans R.Officinalis(romarin).

(De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., de Oliveira, L. D. ,2019)

2.8 Facteurs influencent la composition chimique de romarin

Les principes actifs et le rendement des HEs varient suivant diverses conditions : l'environnement, génotype, la répartition géographique, la période de récolte, méthode et la durée de séchage, la température, les parasites, les virus, les mauvaises herbes. (**Hamidpour et al., 2017**)

2.9 Les activités biologiques de romarin

2.9.1 Activités anti-inflammatoires

Le romarin possède des propriétés anti-inflammatoires puissantes, démontrées par l'huile essentielle et l'extrait de romarin qui réduisent la migration des leucocytes in vivo. Cela conduit à une réponse anti-inflammatoire en diminuant le nombre de leucocytes au site de l'inflammation, tout en inhibant d'autres substances pro-inflammatoires comme l'oxyde nitrique et les gènes associés à l'inflammation. Cette action anti-inflammatoire est probablement due à une interaction synergique entre plusieurs composants du romarin. (**Borrás et al., 2011**)

2.9.2 Activités anti-cancéreuse

Plusieurs études ont confirmé les propriétés anti-cancéreuses du romarin, montrant son efficacité dans la réduction de la croissance des cellules cancéreuses humaines. Les composés principaux de l'extrait de romarin ont été identifiés comme étant capables d'induire la mort cellulaire programmée, ou apoptose, dans les cellules cancéreuses. Ces découvertes suggèrent que le romarin pourrait potentiellement être utilisé dans le développement de nouveaux traitements contre le cancer, justifiant ainsi des recherches plus poussées dans ce domaine. (**Lassal F, 2020**)

2.9.3 Activités anti-microbienne

L'huile et l'extrait de romarin ont démontré des propriétés antibactériennes et antifongiques significatives lors d'essais in vitro, ciblant un large éventail de bactéries à Gram positif et négatif, notamment *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, et d'autres. Les composés actifs responsables de cette activité comprennent des diterpènes phénoliques tels que le carnosol et l'acide Carnosique, ainsi que des composés comme l-pinène, l'acétate de bornyl, le camphore et le 1,8 Cinéole. Ces molécules agissent en altérant la fonction et la composition de la membrane cellulaire, ainsi que la synthèse de l'ADN et de l'ARN, ce qui entrave la croissance et la propagation des bactéries et des champignons. Ces résultats soulignent le potentiel du romarin en tant qu'agent antimicrobien et justifient des recherches supplémentaires pour explorer ses applications dans le traitement des infections microbiennes. (**Borrás et al., 2001**)

2.10 Utilisation de romarin

2.10.1 Dans la médecine

Il est utilisé dans la médecine traditionnelle et moderne pour traitement de diverses maladies et effectuons comme antispasmodique, colique néphrétique, diététique, antiépileptique, contre le diabète, les maladies cardiaques et les troubles respiratoires...etc. Il a également été utilisé à des fins analgésiques contre les douleurs abdominales, les maux d'estomac et les maux de gorg.(**Karadag et al .,2019**)

2.10.2 Agriculture

Les extraits de Rosmarinus Officinales, grâce à leurs acides polyphénoliques, démontrent un fort pouvoir antioxydante. Leur application dans la conservation des aliments et des huiles lipidiques est une solution prometteuse pour prévenir l'oxydation et prolonger la durée de vie de produits alimentaires(rosmarinique, caféique). (**Boumadjen et al ., 2018**)

2.10.3 Parfumerie et cosmétique

Aujourd'hui, le romarin est utilisée dans la production et fabrication des savonneries, détergent crème , des poudres...

2.10.4 Alimentation

Le romarin est utilisé dans l'industrie alimentaire comme alternative aux additifs chimiques pour la préparation de la volaille, de l'agneau, du veau, des fruits de mer, des saucisses et Salades ainsi que des soupes et chapelures. Le romarin est également utilisé comme épice dans Les croustilles, les chipset des frites français.(**Bousbia N, 2011**)

3.L'influence des facteurs d'environnement sur les plantes

Les plantes survivant en interagissant avec leur environnement et sont soumises à l'influence de facteurs d'environnement aux qui contrôlent leurs croissance et la production de métabolites secondaires (les bioactifs). (**F. Brahmi et al., 2022**)

Les conditions environnementales interviennent dans le mécanisme de biosynthèse des métabolites secondaires. Ainsi qu'il est possible d'observer des variations dans les concentrations de composants bioactifs entre les plantes de la même espèce dans des régions différentes. (**J. Radušiene et al ., 2012**)

3.1 Les factures abiotiques

Les plantes interagissent avec divers éléments abiotiques comme température, l'eau, la lumière et les conditions du sol pendant leurs croissances. Le développement des principes bioactifs chez les plantes médicinales est influencé par la disponibilité variable de ces éléments abiotiques.(**KECIS, 2023**)

3.1.1 Les facteurs climatiques

La répartition géographique des végétaux est influencée par les conditions climatiques

notamment la température, l'humidité, lumière et le vent. (KECIS, 2023)

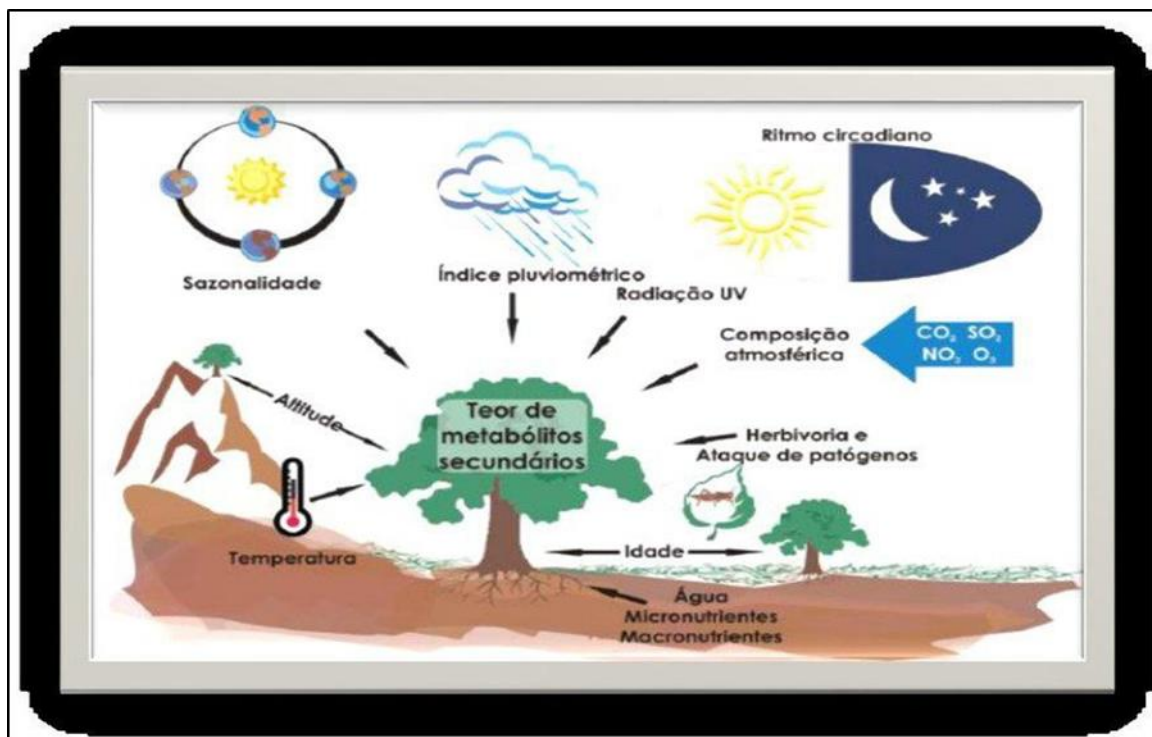


Figure 5 : Les facteurs qui influencent le métabolisme secondaire de la plante.

(Cassia et al., 2016)

Les facteurs abiotiques climatiques sont :

A/la température

Est liée à la croissance et à la production des plantes médicinales, et les seuils de température varient considérablement selon les espèces et l'origine géographique. Les plantes tropicales peuvent atteindre des températures de 15 à 26°C. De plus, les plantes vivantes dans les zones tempérées ont des limites de tolérance au froid et à la chaleur différentes. Elles peuvent résister des températures de -2°C à 0°C en hiver et de 40°C à 50°C en été. Cependant, les plantes tropicales ont une limite de tolérance au froid de +5 à +7°C et une limite de tolérance à la chaleur de +50 à 60°C. (M. Vilain, 1987)

Les températures supérieures et inférieures à l'optimum (20°C à 25°C) diminuent la photosynthèse et par conséquent ont un effet néfaste sur le développement des plantes. (S. K. Yadav et al., 2010)

En revanche, la T basse était associée à des niveaux élevés des composés phénoliques. (M. S. Padda & D. H. Picha; 2008)

Ainsi en fonction de la T, les plantes accumulent plus ou moins de polyphénols, Flavonoïdes et l'acide phénolique, qui contribuent finalement à la défense des cellules végétales. (J. Yang, et al., 2017)

Physiologiquement, les molécules phénoliques sont produits par voie phénylopropanoïd qui implique notamment l'enzyme de PAL. Le degré de T stimulé et régule ces enzymes, mais il à été démontré que un T extrêmement élevée empêche l'action de la PAL, réduis ont ainsi la biosynthèse de ces métabolisme.(**A. Sharma et al., 2019**)

B/Lalumière

La lumière est un élément écologique très important requis par les végétaux par les échanges photosynthétiques et respiratoire.(Hykel M,S et Omar A.A,1993) .Et la fourniture des squelettes carbonés et l'énergie nécessaire à la production des produits bioactifs.(**Ncube N et al .,2012**)

Elle agit inscrire une augmentation des teneurs en composés phénoliques et de Flavonoïdes dans les tissus. Les enzymes de la biosynthèse de polyphénols sont stimulées par la lumière. Classification des plantes selon leur intensité lumineuse (**KECIS , 2023**):

- **Les héliophiles** : ce sont des plantes dont a photosynthèse est efficace eu plein lumière, leur croissance est maximale sous de forts éclairément.
- **Les sciaphiles** : sont des végétaux d'ombre craignant une lumière comme les plantes de sous-bois ou de le stress herbacée d'un forêt.
- **Les photomésophiles**:sont des intermédiaires peuvent être vivre quel que soit l'intensité lumineuse. Lorsque la lumière devient trop intense pour être traitée par les chloroplastes , cela engendre un stress photo-oxydatif, induisant la formation des radicaux libre. Cette accumulation favorite la production des composants bio actifs tels que les Flavonoïdes, caroténoïdes et Anthocyanes. De plus quelques composés phénoliques possèdent une capacité antioxydante mdirect. Il est important de notre que divers facteurs environnementaux, influencent ces processus, modification d'exposition aux UV au rayonnement solaire total.

Les effets de cette farceurs sur les plantes sont (**FELLAH , 2019**) :

- L'effet sur la croissance et la respiration et la dispersion des racines.
- L'effet sur la reproduction ou sur la floraison et la germination des graines (photopériodisme)
- L'effet sur la qualité des plantes médicinales.
- L'effet sur les métabolites secondaires des plantes médicinales aromatiques.

C/L'eau

L'eau est essentielle pour les plantes, participant aux réactions cellulaires et constituant le milieu nécessaire aux solutés vitaux. Elle alimente également la sève, transportant les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, et contribue au maintien structurel

des végétaux. En outre, elle favorise l'allongement cellulaire. L'eau est une substance la plus abondante à la surface de terre représente environ 80% de la surface terrestre offrant un cadre de vie à un grand nombre d'espèces animales et végétales. **(Ghestem et al., 2001)**

Classification des plantes selon leurs exigences hydrique. **(DJEBAILI, 2013) :**

- **Hydrophytes :** sont les plantes qui vivent dans des milieux fortement humides.
- **Mésophytes :** aux végétaux qui ont des besoins moyens en eau de sol et en humidité de l'air.
- **Xérophytes :** qui vivent des habitats classés comme secs, soit par le substrat, soit par l'atmosphère, soit par l'ensemble des deux.

L'effet de stress hydrique sur les plantes médicinales Il réside dans l'inhibition rapide de la croissance aérienne et racinaire, suivie par réduction de la transpiration et l'assimilation du CO₂ pour la photosynthèse avec la diminution de la croissance de l'appareil végétatif **(BEKK Selm Production a, 2021)**.

3.1.2 Les facteurs abiotiques édaphiques

A/ Structure de sol

Le sol est la couche superficielle qui recouvre la roche mère. Il sert de support physique aux plantes et de fournisseur d'éléments minéraux hydratés (azote, phosphore, calcium, magnésium, fer et zinc), d'autres oligo-éléments comme le bore, le fer et le manganèse et les éléments organiques, tels que les êtres vivants et leurs débris **(KECIS ; 2023)**. Les propriétés physico-chimiques du sol jouent un rôle important dans la répartition et la diversité des fonctions végétales, grâce auxquelles les plantes sont réparties en fonction du sol **(FELLAH ; 2019) :**

- **Oxylophytes:** les plantes qui s'installent sur les sols acides.
- **Halophytes:** les plantes qui s'installent sur les sols salins.
- **Psammophytes:** les plantes qui s'installent sur les sols sablonneux.
- **Lithophytes :** les plantes qui s'installent sur les roches. Les sols différents, notamment par leur capacité d'échange cationique et leur PH, chaque espèce de plante médicinale a son propre sol.

L'effet du sol sur les plantes médicinales est Le sol est considéré le support des plantes à racine, cultivées ou non. Il est considéré un réservoir d'eau qui alimente les racines et qui fournisseur de matières alimentaires nécessaires à la croissance des plantes. **(ALNASER, 2018)**

4. Les huiles essentielles

4.1 Définition

Le terme huile essentielle a été inventé par les médecins au XVI^e siècle, pour décrire le

composant efficace d'un médicament appelé Quinta essentiel. **(EL- Tarabily et al., 2021)**
Il existe plusieurs définitions cohérentes concernant la nature des huiles essentielles, qui décrivent les huiles essentielles comme des produits extraits des plantes après avoir été séparées de la phase aqueuse par des processus physiques. Selon la Pharmacopée européenne, ils sont odorants et peuvent être obtenus sans chauffage à partir de matières végétales spécifiées par distillation à la vapeur, carbonisation ou autres procédés mécaniques. **(BENCHEIKJ ,2017)**

L'AFNOR précise que ceux-ci sont généralement odorants et sont obtenus par distillation à la vapeur ou par pressage des parties de la plante à l'exclusion d'autres méthodes d'extraction. Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés tels que les terpènes, les phénols, les éthers méthyliques, les oxydes, les esters et les cétones. **(AFNOR; 2000)**

Il existe 3000 types d'HEs, dont environ 300 ont des applications dans diverses industries telles que la pharmacie, l'agriculture, les cosmétiques et les parfums. Sont utilisés dans de large éventail de produits, y compris des remèdes naturels. **(Nazzaro et al., 2017)**

4.2 Localisation et repérage des HEs dans les plantes

L'huile essentielle peut être obtenue à partir de diverses parties des plantes : les feuilles (par exemple, l'eucalyptus), les fleurs (comme la camomille), l'écorce (tel que la cannelle), le bois (comme le cèdre), le zeste (comme le citron), ainsi que d'autres parties telles que les graines, les baies, les fruits et les bulbes. **(Svoboda et al., 2000)**

La plante produit de très petites quantités d'huile essentielle, ce qui entraîne des taux d'extraction très faibles, généralement moins de 2%. Certains types d'huiles essentielles, comme l'absolu d'iris, nécessitent de grandes quantités de matières premières pour produire de petites quantités d'huile, ce qui explique leur coût élevé. **(Festy , 2018)**

4.3 La composition chimique des HEs

La composition chimique des HE est très complexe et dépend de nombreuses variables. Une

Connaissance précise de la composition d'un HE est essentielle pour vérifier et prédire la toxicité potentielle (François Couic-Marinier). **(François , 2013)**

Les composants fondamentaux sont:

4.3.1 Composés terpéniques

Ce groupe est considéré comme le plus important, avec près de 3000 terpènes répertoriés dans la littérature. Il englobe des mono terpènes (10 atomes de carbone dans la molécule), des sesquiterpènes (15 atomes de carbone), et des di terpènes (20 atomes de carbone). Les

terpènes sont des molécules organiques composées d'un multiple de 5 atomes de carbone avec une formule générale (C₅H₈), basée sur l'isoprène. **(Boyahya et al., 2018)**

- **Les mono terpènes:** contenant 10 atomes de carbone peuvent adopter des structures acryliques, monocycliques ou bi cycliques. Ils représentent plus de 90% des HEs. Ils présentent diverse variation structurelles tels que des alcools, des aldéhydes, des cétones, des phénols et d'autre. **(Sahraoui ; 2015)**
- **Sesquiterpènes:** à C₁₅:les plus répons sont les carbures, les alcools et les cétones. **(Sahraoui ; 2015)**

4.3.2 Composés Aromatiques

Ce groupe dérivé du phénylpropane (C₆H₅ – CH₂-CH₂-CH₃) est moins courant. Sa biosynthèse commence avec l'acide shikimique (ou acide trihydroxy-3, 4, 5- cyclohexane -1- carboxylique), qui est le précurseur de cette série et conduit aux dérivées de l'acide cinnamique (C₆H₅ -CH= CH-COOH).

Les deuxièmes groupes comprend des aldéhydes, des acides, des phénols, etc. **(Boyahya et al., 2018)**

4.3.3 Composés d'origine divers

En règle générale, ils sont caractérisés par leur faible poids moléculaire et peuvent être entraînés lors de l'hydrodistillation. Ce sont des hydrocarbures aliphatiques à chaîne linéaire ou ramifiée, avec diverses fonctions. Par exemple, l'heptane et la paraffine sont présents dans l'essence de coronille. **(Boyahya et al., 2018)**

Ces produits pouvant être azotés, soufrés, caroténoïdes ou acides gras.

- ❖ Alcools: Menthol, géramiol.
- ❖ Aldéhydes: Géramiale. Cétones. Camphre.
- ❖ Phénols: Thymol.
- ❖ Ester: Acétate de géranyle. **(Brunton, 1999)**

1.4 Les caractéristiques physicochimiques

Les HEs possèdent en commun un certain nombre de propriétés : elles sont volatiles, solubles dans l'alcool et dans l'huile. Se caractérisent par **(Coste Hyppolite, 1998)** :

- Un point d'ébullition variant de 160° à 240 c°.
- Une densité générale inférieure à celle de l'eau variant de 0.75 à 0.9.
- Elles sont des ctrogyres ou lévogyres.
- Sont très altérables et sensibles à l'oxydation.
- A température ambiant.
- Une huile essentielle contient de nombreuses molécules chimiques différentes.

4.5 Marché mondial des HEs

Principalement utilisée sur les marchés de l'aromathérapie, de la parfumerie et des cosmétiques. Ils peuvent entrer dans la composition de produits délicats (savons, crème...etc) ou être utilisées directement. Ils sont recherchés pour leurs parfums ou leurs propriétés thérapeutiques. Les principaux marchés de consommation sont les pays développés, qui représente 80% des ventes mondiales(l'Europe représente 30% ,Japon et l'Amérique du Nord 50%) .(USAID et al ., 2008)

Les HEs représentent un marché mondial en croissance qui devrait dépasser 14 milliards de dollars d'ici 2024.(TÛRKMENO et al ., 2021)

La production mondiale des huiles essentielles aurait triplé entre 1990(environ 45000 tonnes).Et 2017 (environ 150000 tonnes). Des études et estimation récents prévoient que volume devrait continuer à augmenter de manière significative un raison de la demande mondiale croissante, pour atteindre potentiellement 473 000 tonnes d'ici 2027.(BARBIERIC et al., 2021)

4.6 Méthodes d'extraction des HEs

L'extraction de HEs est un processus crucial impliquant l'utilisation de différentes méthodes

Dépend de la source végétale. Processus d'extraction une mauvaise utilisation peut entraîner la perte des propriétés naturelles de l'huile. La plupart la distillation à la vapeur est courante, qui peut extraire jusqu'à 93% de pétrole. L'hydrodistillation est utilisé pour les matières végétales à point d'ébullition élevé, d'autres technologies innovantes telles que la diffusion assistée l'eau les micro-ondes (MAHD), la gravité de l'eau et la diffusion d'eau par micro-ondes (MHG) ont également à été développé et démontré sa supériorité par rapport aux méthodes traditionnelles.(Tongnuanchan et al.,2014)

4.6.1 Distillation par entraînement à la vapeur d'eau

La distillation par entraînement à la vapeur d'eau est la méthode la plus utilisée pour l'extraction d'huiles essentielles de plantes. Dans cette technique, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau, la vapeur d'eau traverse la matière végétale disposée sur des plaques perforées. La vapeur l'eau détruit la structure des cellules végétales pour libérer les molécules volatiles. Ces Dernières Sont ensuite entraînées par la vapeur d'eau et condensées par refroidissement dans un condenseur. L'huile essentielle non miscible à l'eau doit ensuite être extraite de la solution aqueuse Par simple décantation ou par une extraction liquide-liquide avec un solvant hydrophobe. Tout au long de la distillation, le ballon contenant la matière végétale est lui-même chauffé pour que la vapeur d'eau Ne se liquéfie pas. (Zélie

TRIAUX, 2019)

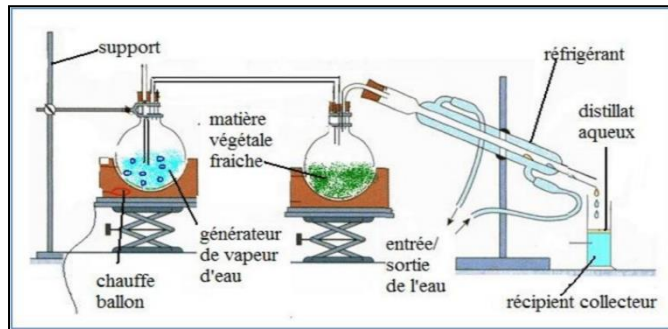


Figure 6 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau.

(Dallel,2010)

4.6.2 L'hydro distillation

Il s'agit là du procédé d'extraction le plus traditionnel. Il consiste à placer le matériel végétal

Directement dans l'eau et à le chauffer jusqu'à ébullition pour effectuer une distillation. Sous l'effet de la chaleur et de l'humidité, les poches à essences se rompent, libérant les vapeurs d'eau et d'essence qui sont ensuite distillées. Après refroidissement, le mélange se condense et est séparé en deux liquides par différence de densité. Cependant, ce processus peut altérer la qualité de l'huile essentielle en raison de réactions chimiques telles que l'hydrolyse des esters ou la polymérisation des Aldéhydes. La durée de distillation reste un facteur crucial, bien que les réactions chimiques puissent varier en fonction de l'acidité de l'eau. Parfois, des artéfacts peuvent se former, et dans certains cas, leur présence peut même être recherchée pour conférer une typicité à l'huile, comme c'est le cas pour la camomille romaine bleue. (H.

Rakotomalala ; 2004)

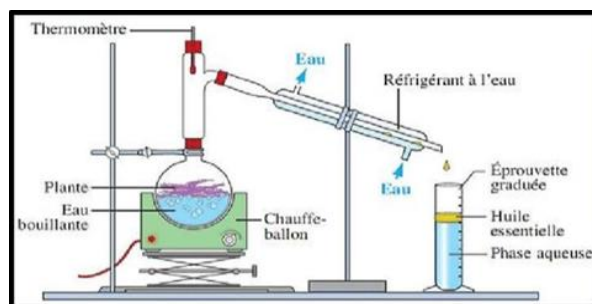


Figure 7 : Montage de L'hydrodistillation.

(Goudjil,201)

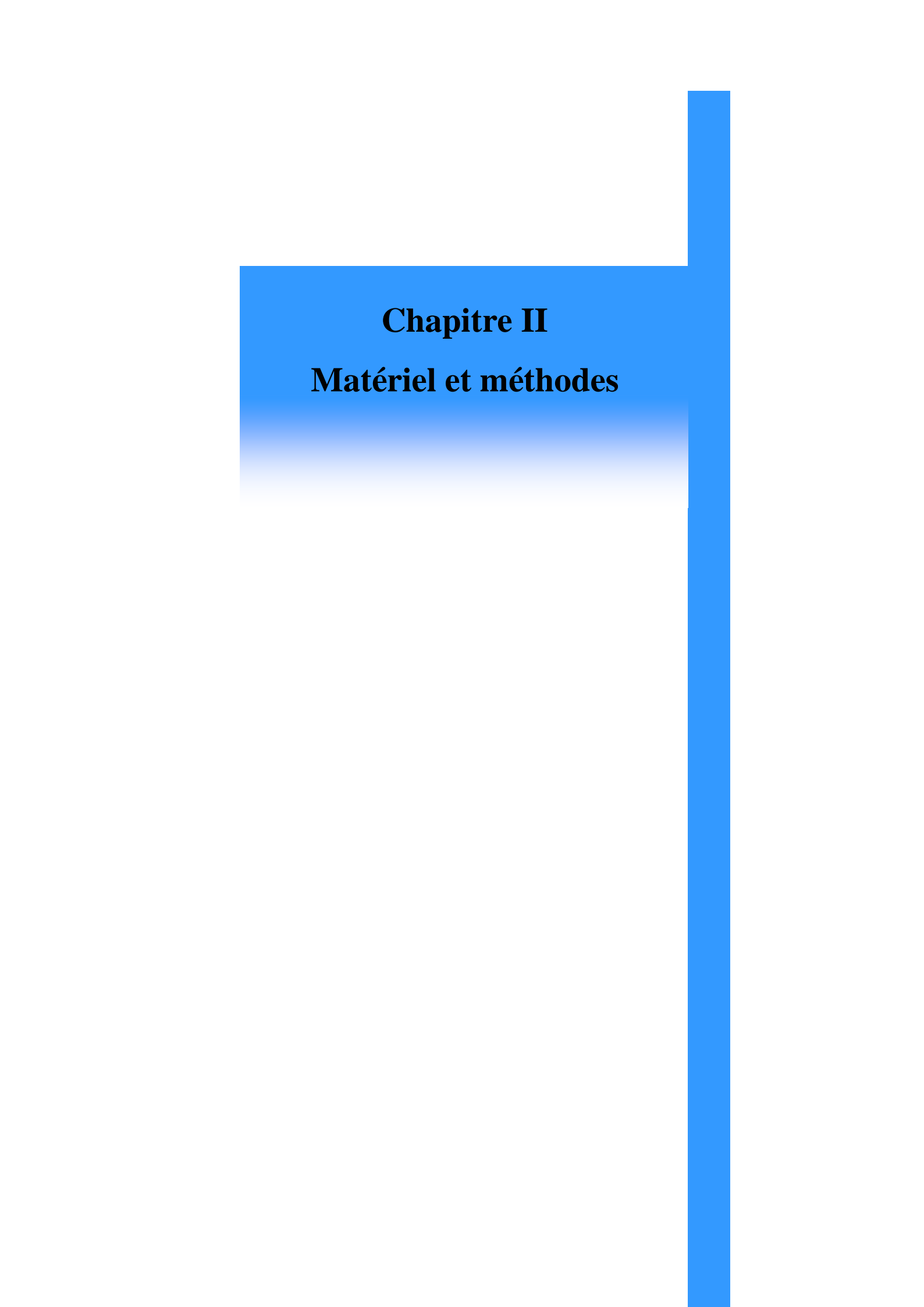
4.6.3 Extraction sans solvant assistée par micro-onde

Cette technique permet d'extraire les composants du matériel végétal frais en utilisant uniquement la pression atmosphérique, sans recourir à l'eau ou à des solvants (Lucchesi M. E; 2005.). La plante est mise dans un conteneur hermétique puis chauffée par micro-ondes. Les

substances volatiles sont évacuées par la vapeur d'eau produit à partir de l'humidité naturelle de la plante (**Piochon,2008**).Un dispositif de refroidissement situé à l'extérieur du four à micro-ondes permet de condenser le distillant, constitué d'eau et d'huile essentielle qui peut ensuite être facilement séparé par décantation. (**Lucchesi , 2005**)

Conclusion

Le rendement des huiles essentielles de romarin au de plante médicinale est influencé par les conditions climatiques et les propriétés du sol(édaphiques), ce qui impacte leur composition chimique et leur qualité. La compréhension de ces interactions est cruciale pour maximiser la production et la qualité des huiles essentielles, avec des implications importantes dans divers domaines industriels, médicaux, agricultures, alimentaires et cosmétiques.



Chapitre II

Matériel et méthodes

1/ L'objectif du travail

Le but de notre travail est étudier les effets des facteurs abiotiques climatique au édaphiques sur le rendement des huiles essentielles de plantes médicinales dans l'espèce *Rosmarinus Officinales* (romarin), récoltés des trois stations des différents étages bioclimatiques.

2/ Présentation des sites d'études

.2.1La région de l'Alger

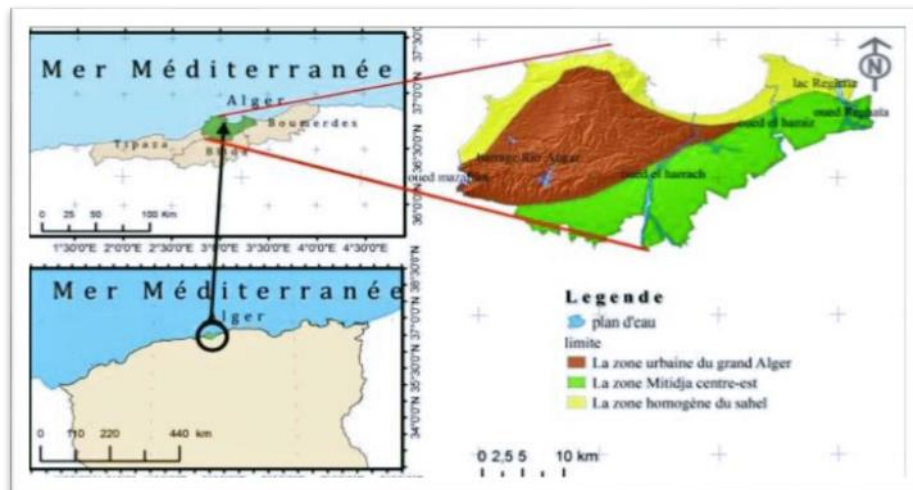


Figure 8: la situation géographique d'Alger (Bachioua;2017)

2.1.1 Situation géographique de l'Alger

La wilaya d'Alger est située dans le nord de l'Algérie sur la côte méditerranéenne. Elle s'étend sur une longueur de 80 Km et superficie 80922Km².

Limitée(SLIMANI,2018) :

- Au Nord par la mer méditerranée.
- Au Sud par la wilaya de Blida.
- Aul'Oust par la wilaya de Tipaza.
- À l'Est par la wilaya de Boumerdes.

2.1.2 Relief

Se caractérise par trois zones longitudinale ((SLIMANI,2018)):

- Le Sahel : en forme de sommets plats, il constitue une région de collines aux formes douces d'altitude variables, généralement plus 200m à l'ouest de la baie d'Alger avec un point culminant de 470m à Bouzaréah.
- Le littoral : constitué d'une terrasse étroite et faible (moins de 25m) et représente des pentes inférieures à 12%et un inclinaison généralement orientée vers le nord.
- La mitidja : est constitué d'alluvions formant des sols fertiles, l'altitude ne dépasse pas

- Les parcours steppiques :Sahariennes et les chotts au sud.

2.2.3 Les caractéristiques climatiques

Le climat de la région de Khenchela varie entre tempéré et chaud et sec. Les températures moyennes oscillent entre -2°C et $+24^{\circ}\text{C}$, avec des extrêmes allant de -4.8°C à $+42^{\circ}\text{C}$. Les précipitations annuelles varient de 200mm dans la moitié Sud de la Wilaya à 700-1200mm dans certaines zones montagneuses du Nord-ouest.

Les données climatiques de la région de khenchela sont enregistrées par une station localisée sur la longitude $35^{\circ}450\text{N}$ et la Latitude $6^{\circ}1048\text{E}$ (Latitude:35.75| Longitude:6.18) Avec une altitude 1052m dans la période 2014-2023. (Infoclimat)

2.3 La région d'OumELBoughi

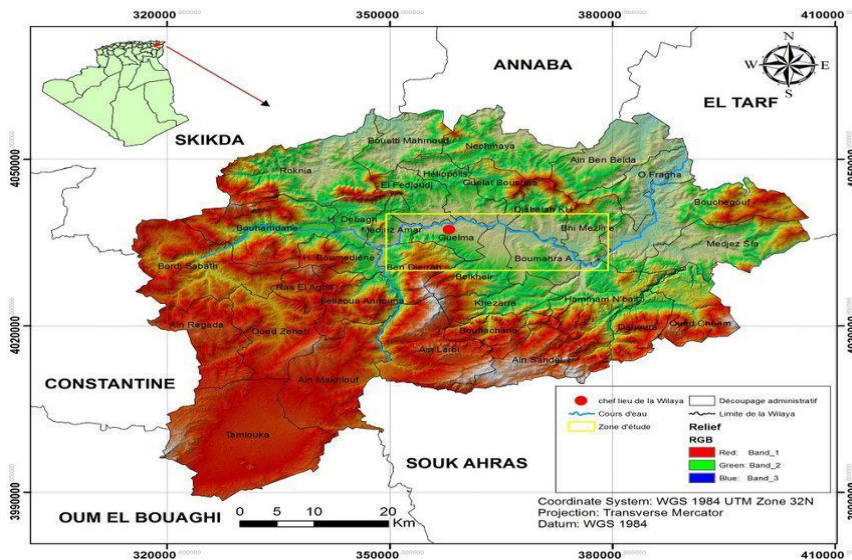


Figure 10: la situation géographique d'Oum ELBoughi

(Aissaoui et al.,2017)

2.3.1 Situation géographique d'OumELBoughi

La wilaya d'Oum ElBouaghi, s'étendant sur 6187,96 km², se trouve dans le Nord-est des hauts plateaux algériens. Elle est bordée au nord par Constantine, au sud par Khenchela, à l'est par Guelma et Souk Ahras, à l'ouest par Mila, au sud-ouest par Batna, et au sud-est par Tébessa. (J. Yang et al.,2017)

2.3.2 Relief

La wilaya est située à la jonction du Tell et des Aurès, avec 63.8% de montagnes, 18.90% de plateaux et plaines, et 17,3% de montagnes. Au nord, les versants méridionaux du Tell dominant, tandis qu'au centre, une haute plaine parsemée de petits massifs montagneux isolés s'étend entre 700 et 900 mètres d'altitude. Au sud, des dépressions endoréiques et des lacs salés sont présents avec des Garaets moins salées que les Sebkhass. Le point culminant, le

Djebel Gueriou, atteint 1 729 mètres près d'Aïn m'lila. Les oueds sont principalement endoréiques, se dirigeant vers les lacs salés plutôt que vers la mer Méditerranée. (J. Yang et al., 2017)

2.3.3 Les caractéristiques climatiques

Le climat de la wilaya d'Oum El Bouaghi est semi-aride, avec des hivers froids et pluvieux propices au verglas fréquent, et des étés chauds et secs. Il se distingue par de fortes variations de température quotidiennes et annuelles, ainsi que par des précipitations.

Nous avons opté à l'exploitation des données météorologiques provenant de la station météorologique d'Oum ElBouaghi dont la localisation est indiquée par les coordonnées géographiques 35°52'N et 07°07'E, avec une altitude de 888.76m dans la période 2014-2023.

**Les données collectées sont la précipitation et la température minimale, moyenne, maximale dans cette période. (Infoclimat)

3. Technique de prélèvement du sol

Placez l'échantillon directement dans le sac en plastique et marquez soigneusement avec un marqueur. Les emballages en plastique sont nécessaires pour maintenir l'humidité relative. L'identification des échantillons est nécessaire pour éviter les risques et les mélanges.

4. L'analyse de sol

L'analyse du sol a été réalisée au laboratoire régional EST d'Oum ELBoughi et laboratoire régional de ELHamma Khenchela relevant de l'institut National des Sols, de l'irrigation et de Drainage. Pour notre recherche, nous prélevons des échantillons juste sous les racines de la plante (romarin) qu'elle étudie, en creusant dans la rhizosphère de 20 à 30cm dans les trois sites.

4.1 . L'analyse physique

La texture et la structure du sol sont des déterminants clés de ses propriétés physiques, affectant l'aération, la longévité des organismes, la résistance à l'érosion, ainsi que la perméabilité et le lessivage.

4.1.1. Le pourcentage d'humidité

Le pourcentage d'humidité, également connu sous le nom de masse d'humidité ou masse gravimétrique, est déterminé en prélevant 16 échantillons, qu'ils soient brûlés ou non, et en les plaçant dans une étuve. Après avoir séché les échantillons à 150°C pendant 24 heures, le pourcentage d'humidité est calculé en comparant le poids perdu au poids sec initial de l'échantillon.



Figure 11 : Les étapes pour déterminer l'humidité de sols.

$$H \% = \frac{\text{Poids de l'échantillon humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids sec}} \times 100$$

4.1.2 L'analyse granulométrie(L'analyse mécanique du sol)

L'analyse granulométrie fournit un représente pondérale de la répartition des particules minérales du sol inférieur à 2mm, classés par différents catégories de taille (grosseurs).Les particules grossières comme les gros sables sont isolées par tamisage, tandis que les particules plus fines, telles que les limons et argiles sont séparés par densimétrie. Le mode opératoire de cette dernière est :

- **Réalisation de test :**

Cette section décrit une méthode pour analyser la granulométrie d'un échantillon de sol en utilisant un tamis à 2 mm. Prélevez 150 g d'échantillon et mettez-le dans l'expérience ce puis remplissez le jusqu'à ce qu'il soit complètement immergé. Ensuite, l'expérience a été secouée vigoureusement pendant 3 minutes, laissée au repos.pendant30 minutes,puisse couée à nouveau pendant 3 minutes. Ensuite, les échantillons ont été laissés au repos pendant 24 heurespour permettre aux particules d'argile les plus fines de se déposer.Enfin, la teneur en éléments brutsaété déterminée par peséede l'échantillon de sol.

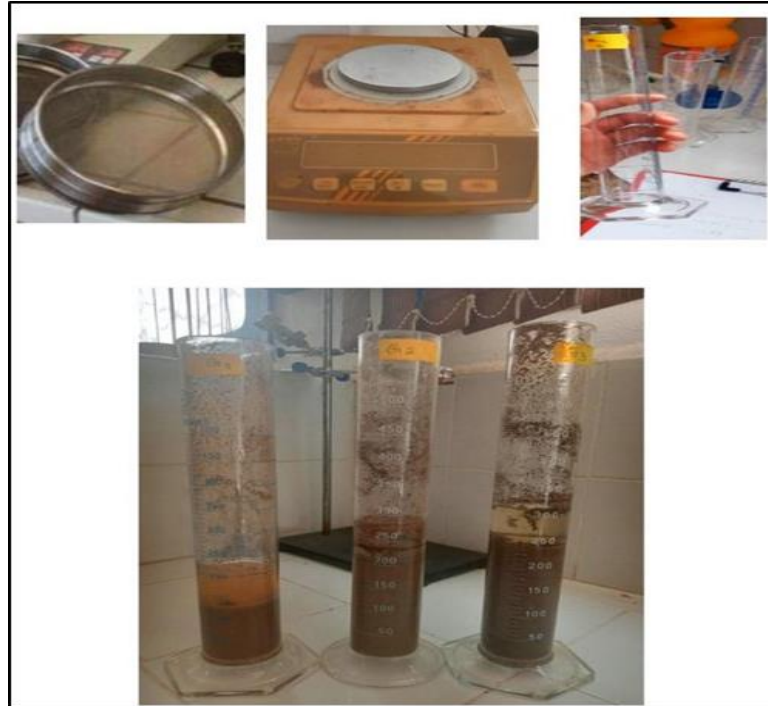


Figure 12 : L'étape réalisée l'analyse granulométrie des sols.

- **Déterminer les proportions Sable-Limon-Argile :**

On utilise une règle plate pour mesurer la hauteur totale dans l'éprouvette, puis on mesure séparément la hauteur du sable, des limons et des argiles. La principale difficulté réside dans l'identification précise des changements entre les couches d'able, de limon et d'argile. Ensuite, en utilisant la règle de trois, nous calculons les proportions de chaque partie. La proportion de chaque type est déterminée par cette loi :

Proportion du sol =	$\frac{\text{Épaisseur de couche en Cm} \times 100}{\text{Épaisseur échantillons en Cm}}$
----------------------------	---

4.1.3 Détermination de la matière organique

La méthode de la "perte au feu" est utilisée pour évaluer la quantité de matière organique présente dans le sol. Elle implique de placer les échantillons dans un four à 375°C pendant 16 heures. La différence de poids observée après calcination indique le pourcentage de matière organique. Ce processus permet d'estimer le taux de carbone organique, mais dans le cas de produits riches en carbonates, d'autres méthodes telles que l'oxydoréduction peuvent également être utilisées pour mesurer le carbone organique.



Figure 13 : Les étapes pour déterminer la matière organique de sols.

La masse de MO = M total – masse de cendre

%de MO = (masse de MO / masse totale) × 100

4.2.2 Les analyses chimiques du sol

4.2.1 Mesurée la conductivité électrique CE

La conductivité reflète la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Saurez la conductivité d'une suspension formée de 10g de terre + 50ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml directement dans un conductimètre, puis agitez-la sur un agitateur pendant 30 minutes (utilisez un aimant), et laissez-la reposer pendant quelques minutes. Effectuez des mesures avec un conductimètre, en rinçant à chaque fois la sonde avec de l'eau distillée.



Figure 14 : Les étapes pour mesurer la conductivité électrique(photooriginale2024).

4.2.2 Mesurer l'acidité du sol pH

pH représente la concentration d'ions H⁺ libérés dans la solution du sol et est l'acidité réelle du sol. Lire directement au pH-mètre la valeur du pH de la suspension formée dans un bécher de 50 ml de 10 g de terre + 25 ml de distillation, puis agiter sur un agitateur pendant 20 min (à l'aide d'un bâton magnétique), laisser reposer quelques minutes et utiliser un compteur pH.

4.2.3 Dosage du calcaire total(CaCO₃)

Principe du dosage du calcaire dans la mesure du CO₂ dégagé par le calcaire. (CaCO₃) est présent dans 0,3g de terre fine (N=1/3) neutralisée avec de l'acide chlorhydrique (HCl). Ce dispositif de réaction s'appelle calcimètre de Bernard ou compteur à gaz et se compose d'une burette pour mesurer le volume de CO₂ libéré, d'un tube à essai pour HCl et d'un flacon Erlenmeyer contenant la dose totale de calcaire (CaCO₃) dans le sol.

Le principe de mesure de la quantité totale de calcaire repose sur la mesure du CO₂ dégagé par 0.3 g de calcaire (CaCO₃) dans un sol fin neutralisé à l'acide chlorhydrique (HCl) (N=1/3). Ce dispositif de réaction, appelé compteur Bernard ou compteur de gaz, se compose d'une burette pour mesurer le volume de CO₂ libéré, d'un tube à essai pour HCl et d'un flacon Erlenmeyer contenant de la terre.



Le taux du calcaire est donné par la formule suivante :

$$\% \text{Caco}_3 = 0.3 \cdot v \cdot 100 / V \cdot P$$

V : Volume en ml de CO₂ dégagé par 0.3g de Caco₃ pur.

v : Volume moyen en ml de CO₂ dégagé par l'échantillon.

P : Prise d'essai en g.



Figure 15 : Calcimètre de brand(photooriginale2024).

4.2.4 Dosage des cations et anions

4.2.4.1 Phosphore

Le dosage du phosphore dans le sol peut être réalisé par plusieurs méthodes:

❖ Réactifs

- OXALATE d'ammonium: 1.42g+100ml d'eau distillée chaude.
- Molybdate d'ammonium: 0.75g+5ml d'eau distillée l.
- H₂SO₄ : 5.6ml+4ml d'eau distillée 2.
- Acide Ascorbique: 0,5g+250ml d'eau distillée.

❖ Principe

- Introduire dans des flacons de 200 ml pour chaque échantillon, 1g de sol, plus de 25 ml de Solution d'oxalate d'ammonium.
- Agiter à l'aide d'un agitateur mécanique pendant 2 heures.
- Introduire dans tubes à essai 1.5 ml de solution de chaque échantillon.
- Ajouter 2 ml de la solution Sulfomolibrique et 6.5 ml d'acide ascorbique dans les tubes à essai.

- Chauffer les tubes dans bain marie à 80°C pendant 10 minutes.
- Faire la lecture de la longueur à 650 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV.



Figure 16 : Les étapes réalisés l'analyse de phosphore (photo originale 2024).

4.2.4.2. Dosage du calcium et magnésium

L'analyse du calcium et du magnésium dans les sols par titrimétrie est une méthode courante et relativement simple qui permet de déterminer la concentration de ces ions. La méthode la plus utilisée pour ce type d'analyse est la titration complexométrique avec l'EDTA (éthylène diamine tétra acétique).

4.2.4.3 Dosage des chlorures

La méthode de Mohr est une titration directe utilisant une solution standard de nitrate d'argent (AgNO_3) pour précipiter les ions chlorure sous forme de chlorure d'argent (AgCl). Un indicateur chromate de potassium (K_2CrO_4) est utilisé pour détecter le point final de la titration. Lorsque tous les ions chlorure ont réagi, l'excès de nitrate d'argent réagit avec l'indicateur pour former un précipité rouge-brun de chromate d'argent (Ag_2CrO_4).

4.2.4.4. Dosage des sulfates

Le dosage des sulfates dans le sol par spectrophotométrie est une méthode courante et précise. Elle implique la formation d'un complexe coloré avec les ions sulfate, dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des sulfates dans l'échantillon. La réaction est assurée en présence de chlorure de baryum (BaCl_2) Le précipité ainsi formé est maintenu en suspension en ajoutant un volume de solution de Tween20.

5. Matériel végétale

5.1 Récolte et séchage

La récolte de cette plante a lieu dans différentes régions climatiques. Pour conserver les propriétés médicinales du romarin, il est important de le récolter et de le sécher. Le romarin est produit en pleine floraison pour maximiser la concentration en principes actifs, et est souvent coupé près des racines pour favoriser la régénération. Le séchage doit être effectué dans un endroit sombre et bien aéré pour éviter la détérioration des principes actifs due à l'humidité. Un séchage lent préserve tous les bienfaits du romarin.



Figure 17 : Photo originale de romarin (2024).

5.2 L'extraction des huiles essentielles

La technique d'extraction des huiles essentielles des feuilles est l'hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Cette méthode consiste à chauffer les feuilles dans l'eau, ce qui crée de la vapeur. La vapeur transporte les composés aromatiques à travers les feuilles, qui refroidissent ensuite et se condensent pour former un mélange d'eau et d'huiles essentielles. Les huiles essentielles sont ensuite séparées et collectées pour être utilisées.



Figure 18 : Montage de l'extraction par hydrodistillation (photo originale 2024).

5.3 Le rendement des huiles essentielles de romarin

Le rendement, exprimé en pourcentage, est déterminé par la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (M') par rapport à la masse de la matière végétale utilisée ou bien le romarin (*Rosmarinus Officinalis*) (M) et est calculé selon la formule suivante:

$$R\% = (M'/M) * 100$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous mettons en lumière l'importance des conditions climatiques et d'isolants les régions étudiées. Notre approche repose sur une étude approfondie du climat de chaque région, une analyse physico-chimique du sol chaque site d'étude, ainsi que l'extraction des huiles essentielles de la plante romarin. Après savoir réalisé ces analyses et collecté les données nécessaires, nous passons maintenant au chapitre trois où nous examinons les résultats et entamons la discussion. Ce chapitre permettra d'analyser les résultats obtenus et de discuter des principales conclusions tirées de notre étude.



Chapitre III
Résultats et discussion

1. Discussion des Données Météorologiques des Stations d'Alger, Khenchela et Oum el Bouaghi

L'analyse des données météorologiques de trois stations en Algérie (Alger, Khenchela et Oum el Bouaghi) révèle des différences significatives dans les températures moyennes et les précipitations annuelles. Ces différences sont importantes pour comprendre les variations climatiques régionales et leurs implications sur l'environnement et la flore.

1.1 Températures Moyennes

1.1.1 Station d'Alger

Alger, située sur la côte méditerranéenne, bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les températures moyennes varient de 14,5°C en janvier à 26,9°C en août, avec une moyenne annuelle autour de 20,2°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, atteignant des températures moyennes maximales de 26,6°C et 26,9°C respectivement.

1.1.2 Station de Khenchela

Khenchela, située dans les Hautes Plaines, présente un climat plus continental. Les températures moyennes varient de 6,7°C en janvier à 28°C en juillet, avec une moyenne annuelle autour de 16,0°C. Les hivers sont beaucoup plus froids comparés à Alger, tandis que les étés peuvent être très chauds.

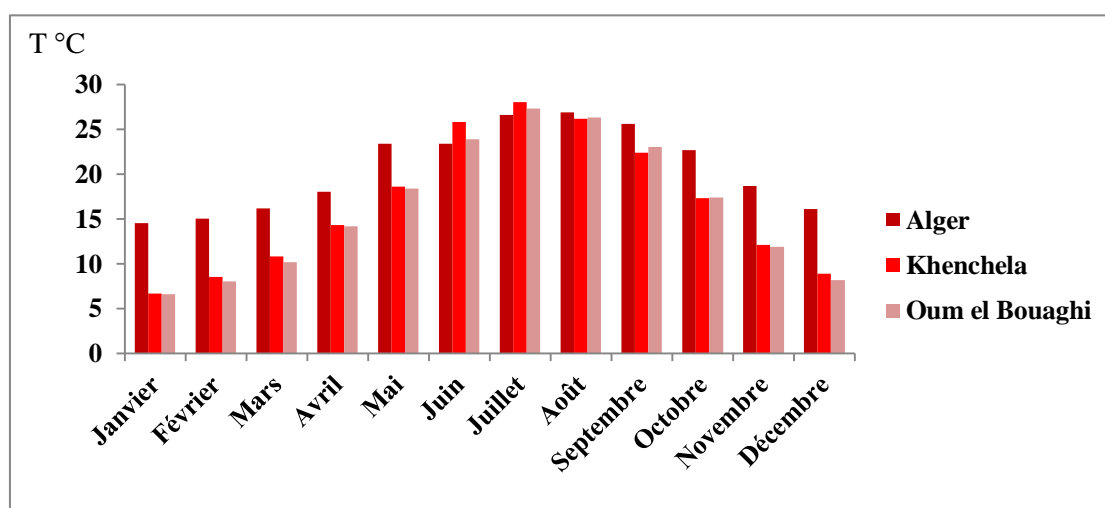


Figure19.. : Variations mensuelles des températures moyennes des trois stations (2014-2023)

Oum el Bouaghi, également située dans les Hautes Plaines, montre des caractéristiques climatiques similaires à celles de Khenchela. Les températures moyennes varient de 6,6°C en

janvier à 27,3°C en juillet, avec une moyenne annuelle de 16,9°C. Les variations saisonnières sont également marquées, avec des hivers froids et des étés chauds.

1.2 Précipitations

1.2.1 Station d'Alger

Les précipitations à Alger sont les plus élevées parmi les trois stations, avec un total annuel de 582,8 mm. Les mois les plus pluvieux sont novembre (127,3 mm) et janvier (82 mm), tandis que les mois d'été, en particulier juillet (1 mm) et août (4,2 mm), sont presque secs. Cette distribution des précipitations est typique d'un climat méditerranéen.

1.2.2 Station de Khenchela

Khenchela reçoit moins de précipitations qu'Alger, avec un total annuel de 304,2 mm. Les précipitations sont plus uniformément réparties tout au long de l'année, mais avec un pic notable en mars (48 mm) et en mai (39,8 mm). Les mois d'été, comme juillet (8,1 mm) et août (20,8 mm), reçoivent également très peu de pluie.

1.2.3 Station d'Oum el Bouaghi

Oum el Bouaghi a un total annuel de précipitations de 308,8 mm, légèrement supérieur à celui de Khenchela. Les mois les plus pluvieux sont mai (41,3 mm) et octobre (34,3 mm). Comme les autres stations, les précipitations estivales sont faibles, mais plus élevées qu'à Alger, avec juillet à 13,5 mm et août à 25,8 mm.

Les données montrent des variations climatiques distinctes entre les stations :

Un climat méditerranéen avec des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides à la station d'Alger et un climat continental des Hautes Plaines avec des étés chauds et des hivers froids, et des précipitations plus uniformément réparties mais moins abondantes qu'à Alger pour les deux autres stations. Ces différences ont des implications sur l'agriculture et la comportement des essences.

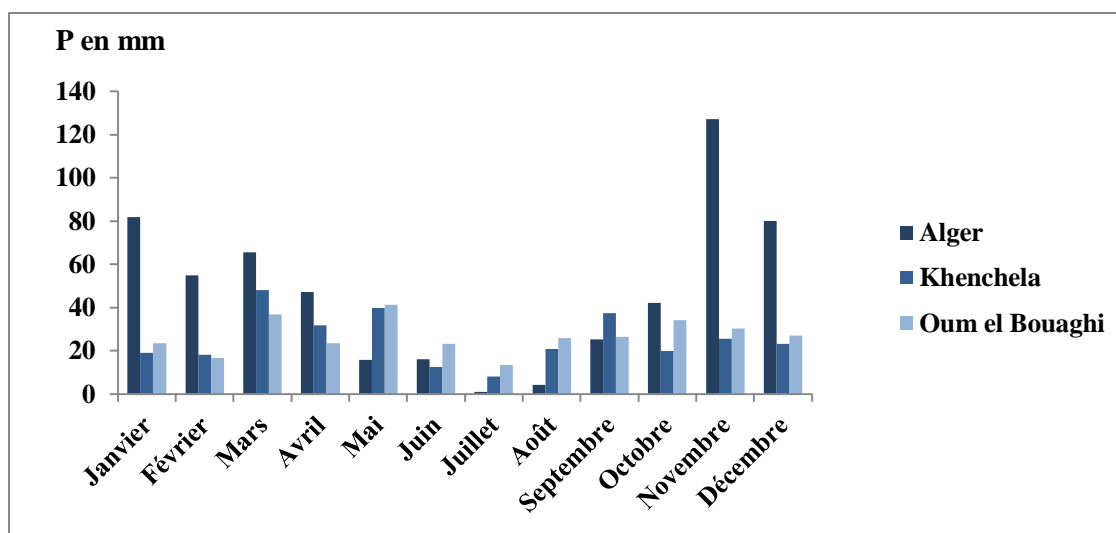


Figure20.. : Variations mensuelles des précipitations des trois stations (2014-2023)

1.3 Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Les diagrammes Ombrothermiques fournissent une représentation graphique des relations entre température et précipitations au cours de l'année, permettant d'identifier les conditions climatiques favorables ou défavorables pour la culture de plantes spécifiques comme le romarin (*Rosmarinus officinalis*). Le romarin, une plante méditerranéenne, préfère des climats chauds et secs avec des hivers doux, mais tolère bien la sécheresse. L'analyse des diagrammes ombrothermiques pour Alger, Khenchela, et Oum el Bouaghi permet de comprendre comment ces climats influencent la culture du romarin.

Pour la station d'Alger Le romarin prospère dans ce type de climats méditerranéens, avec des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides. Les précipitations hivernales fournissent l'humidité nécessaire pour la croissance tandis que la sécheresse estivale réduit le risque de maladies fongiques. La gestion de l'eau durant l'été est essentielle pour prévenir le stress hydrique. L'irrigation goutte-à-goutte pourrait être une solution efficace pour maintenir une humidité optimale du sol sans excès.

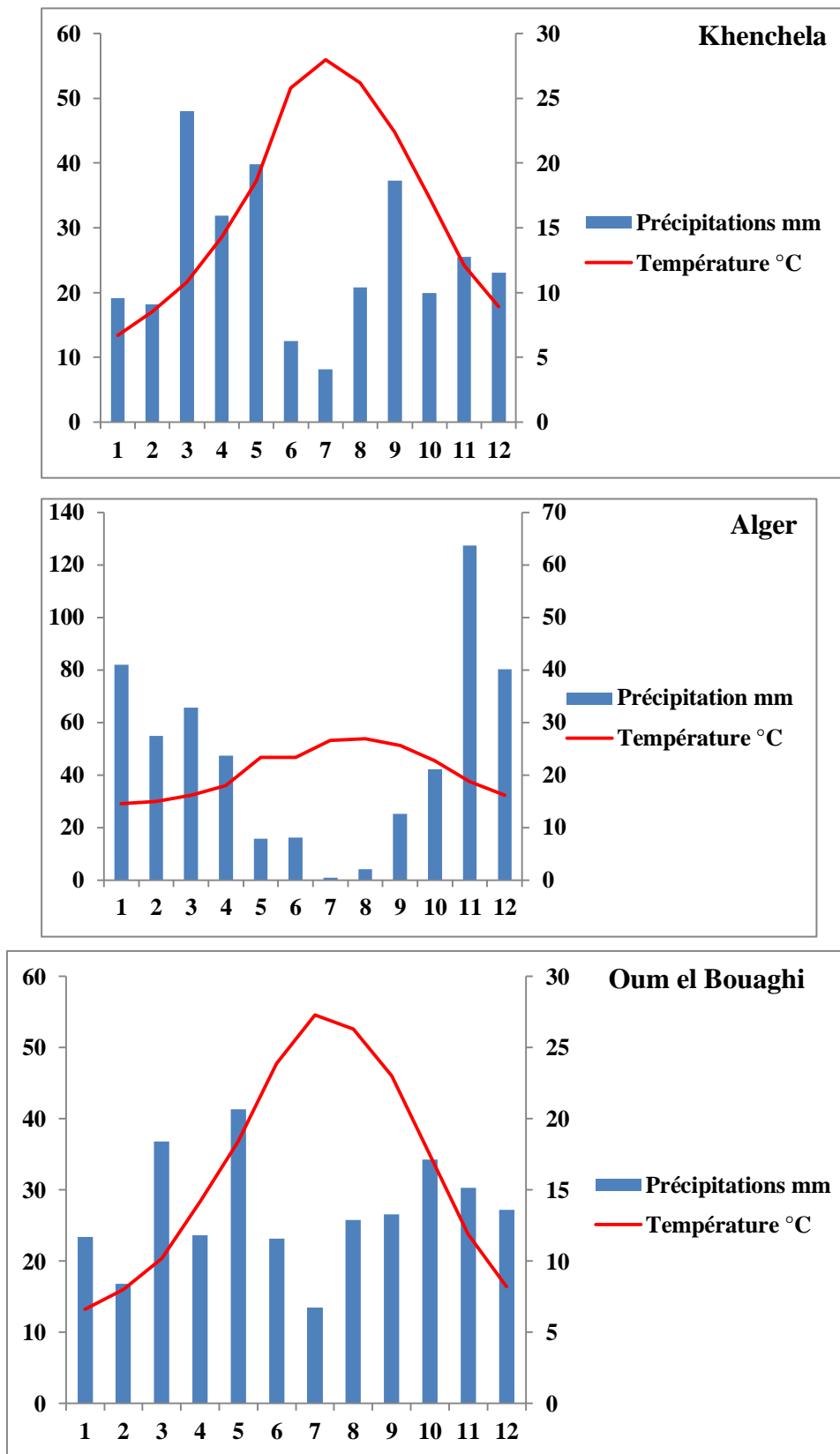


Figure. 21: Diagrammes Ombrothermiques des trois stations (moyennes de la période 2014-2023)

A la station de Khenchela, Les étés chauds sont favorables à la croissance du romarin, et les précipitations printanières peuvent soutenir la plante en début de saison. Les hivers froids peuvent endommager le romarin, qui est sensible au gel. Des mesures de protection comme le paillage ou les tunnels peuvent être nécessaires. La faible pluviométrie totale exige une irrigation supplémentaire, surtout durant les mois secs.

Comme à Khenchela, les étés chauds à Oum el Bouaghi sont bénéfiques pour le romarin. Les précipitations plus uniformes peuvent offrir des avantages pour la gestion de l'eau. Les hivers restent froids, nécessitant des protections contre le gel. L'irrégularité des précipitations et les étés secs nécessitent également une irrigation planifiée.

Les diagrammes Ombrothermiques montrent que le romarin peut être cultivé avec succès dans ces trois régions, mais chaque région présente des défis spécifiques :

Alger : Conditions presque idéales avec une attention particulière à l'irrigation estivale.

Khenchela : Protection contre le gel et irrigation stratégique sont essentielles.

Oum el Bouaghi : Similaire à Khenchela, avec un avantage léger dû à une répartition plus uniforme des précipitations.

Les climats des trois stations météorologiques montrent des différences significatives en termes de températures et de précipitations. Alger bénéficie d'un climat méditerranéen favorable à la culture du romarin, tandis que Khenchela et Oum el Bouaghi présentent des climats continentaux avec des conditions plus extrêmes. Ces différences climatiques nécessitent des stratégies de gestion spécifiques pour optimiser la culture du romarin dans chaque région.

1.4 Diagramme EMBERGER (les étages bioclimatiques)

C'est une grande variation de distribution des végétaux, utilisé pour classer les régions en cinq étages climatiques méditerranéens, repose sur les régimes de précipitations et de température.

Le climat devient plus aride à mesure que Q_2 diminue. Selon les données du climagramme d'EMBERGER des trois régions d'étude durant 10 ans (2014-2023).

Nous pouvons classer les trois stations d'étude:

- Alger appartient à l'étage bioclimatique de végétation aride à hiver chaud de $Q_2=65,82$.
- Khenchela appartient à l'étage bioclimatique de végétation sub-humide à hiver froid de $Q_2=48,04$.

- OumElBouaghi appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi -à-dire à hiver frais Q2=34.

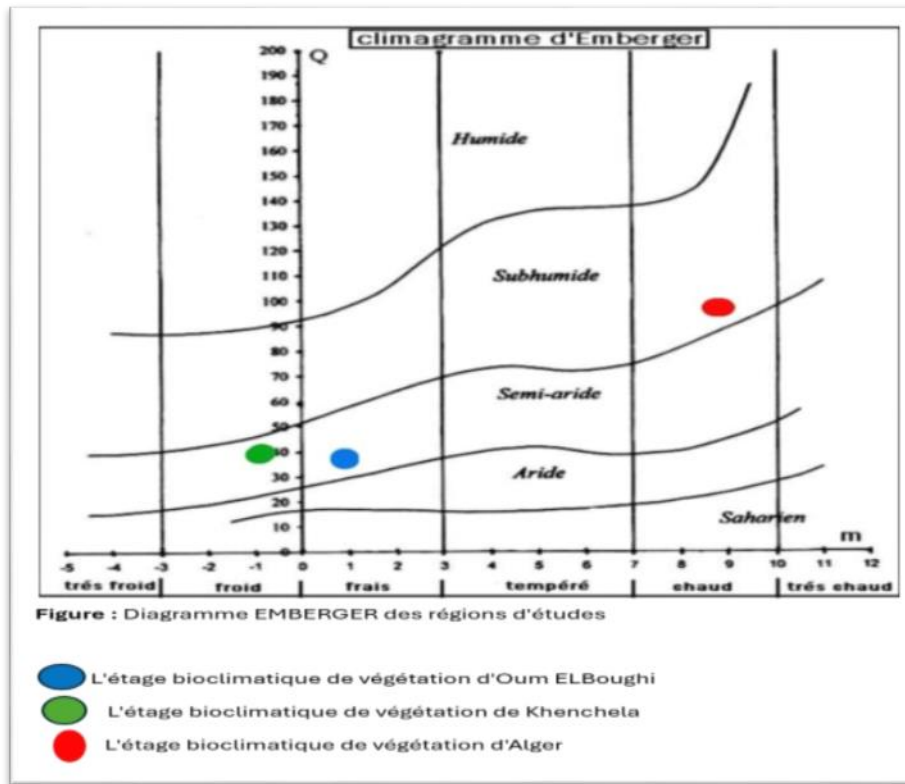


Figure 22 : Diagramme EMBERGER des trois stations (dans la période 2014-2023)

2. Résultats des analyses physico-chimiques du sol

2.1 La Granulométrie

L'analyse granulométrique de ce tableau révèle des variations significatives dans la composition du sol entre les différentes régions étudiées, à savoir Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi.

À Alger, la majorité du sol est constituée de sable, avec un pourcentage impressionnant de 89 %. Cela suggère un sol très drainant, typique des zones arides ou semi-arides. Le limon représente seulement 4 %, ce qui indique une faible rétention d'eau et une perméabilité élevée. L'argile, bien que présente à 7 %, reste en quantité relativement modérée, ce qui confirme la texture sableuse du sol.

En revanche, à Khenchela, la répartition granulométrique est différente. Le pourcentage de sable diminue à 60 %, tandis que celui du limon augmente considérablement à 19 %. De plus, l'argile représente 21 %, ce qui suggère une texture plus équilibrée entre les trois composants.

Cette composition indique un sol limono-argileux, capable de retenir davantage d'eau tout en conservant une bonne perméabilité.

Quant à Oum El Bouaghi, le sol est principalement limoneux, avec une forte proportion de limon (77 %). Bien que le sable soit également présent à 39,5 %, ce qui assure une certaine perméabilité, l'argile représente 21 %, ce qui contribue à la rétention d'eau et à la stabilité structurale du sol.

Tableau . . . 1. . : Résultats de l'analyse granulométrique

Propriétés du sol	Alger	Khenchela	OumElBouaghi
Sable %	89	60	39,5
Limon %	4	19	77
Argile %	7	21	27
Texture du sol	<i>Sable -limoneux</i>	<i>Limon -Argil- Sableux</i>	<i>Limoneux</i>

En somme, cette analyse granulométrique met en évidence les différences notables dans la composition et la texture du sol entre les régions étudiées.

Le romarin (*Rosmarinus officinalis*) est une plante qui peut s'adapter à différents types de sols, mais elle prospère généralement dans des sols bien drainés avec une bonne aération.

Dans le cas des sols sableux, comme à Alger où la texture est principalement sableuse, le romarin peut bien s'épanouir. Les sols sableux offrent un bon drainage, ce qui est bénéfique pour les racines du romarin car cela évite la stagnation de l'eau autour des racines, prévenant ainsi le pourrissement.

Pour les sols limoneux, comme à Khenchela, le romarin peut également bien se développer. Les sols limoneux retiennent mieux l'humidité que les sols sableux, ce qui peut être avantageux pour le romarin pendant les périodes de sécheresse. Cependant, une texture équilibrée entre le limon et l'argile, comme dans ce cas, peut aussi assurer un drainage adéquat pour éviter l'engorgement des racines.

En ce qui concerne les sols limoneux, comme à Oum El Bouaghi, le romarin peut également pousser avec succès. Les sols limoneux offrent une bonne rétention d'eau tout en permettant un drainage suffisant, ce qui peut être bénéfique pour la croissance du romarin, en particulier pendant les périodes de chaleur et de sécheresse.

En résumé, bien que le romarin soit une plante adaptable, il préfère généralement les sols bien drainés. Tant que les sols offrent un bon drainage et une aération adéquate, le romarin peut s'épanouir, qu'il s'agisse de sols sableux, limoneux ou d'une combinaison des deux.

2.2 Les résultats de l'électrochimie, humidité, matière organique et calcaire

L'analyse des propriétés du sol pour les trois régions étudiées (Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi) révèle des différences significatives.

Premièrement, le pH du sol est un facteur crucial pour la disponibilité des éléments nutritifs. À Alger, le pH est légèrement alcalin, mesurant 8,45, ce qui peut influencer la disponibilité de certains nutriments pour les plantes.

À Khenchela et Oum El Bouaghi, le pH est également alcalin, mais légèrement plus élevé à 8,5 et 8,4 respectivement. Ces valeurs de pH peuvent affecter la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol et peuvent nécessiter une gestion particulière.

La conductivité électrique (CE) mesure la salinité du sol et peut indiquer la concentration d'ions dans la solution du sol. À Alger, la CE est de 162 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tandis qu'à Khenchela et Oum El Bouaghi, elle est plus élevée, atteignant respectivement 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 286 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Des valeurs plus élevées de CE peuvent indiquer une plus grande concentration en sels dans le sol, ce qui peut avoir des implications sur la disponibilité de l'eau pour les plantes et sur leur capacité à absorber les nutriments.

Tableau...2. :Résultats de l'électrochimie, humidité, matière organique et calcaire

	Alger	Khenchela	OEB
H%	38,48	29,47	39,51
pH	8,45	8,5	8,4
CE $\mu\text{S}/\text{Cm}$	162	186	286
M.O g/kg	37	29,46	26,42
CaCO₃	0	90	63

Le pourcentage de matière organique (M.O) dans le sol est un indicateur de sa fertilité. À Alger, la teneur en matière organique est relativement élevée à 37 %, ce qui peut contribuer à la fertilité du sol et à la rétention d'eau. À Khenchela et Oum El Bouaghi, les niveaux de matière organique sont légèrement plus bas, à 29,46 % et 26,42 % respectivement.

La teneur en carbonate de calcium (CaCO₃) dans le sol peut influencer son pH et sa structure. À Alger, la teneur en CaCO₃ est de 0 %, ce qui indique l'absence de carbonate de calcium dans le sol. En revanche, à Khenchela et Oum El Bouaghi, les niveaux de CaCO₃ sont plus élevés, atteignant respectivement 90 % et 63 %. Ces valeurs plus élevées peuvent avoir un

impact sur le pH du sol et sur sa structure, ce qui peut nécessiter des pratiques de gestion spécifiques pour assurer une croissance optimale des plantes, y compris le romarin.

En conclusion, ces différences dans les propriétés du sol entre Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi peuvent avoir des implications importantes sur la croissance de la plante. Il est donc essentiel de prendre en compte ces différences lors de la gestion et de l'aménagement des cultures pour garantir des rendements optimaux.

2.3 Résultats du dosage d'ions

L'analyse du tableau 03 montre que les sols d'Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi (OEB) présentent des variations significatives dans les concentrations de certains éléments nutritifs. Les niveaux de phosphates (PO_4^{3-}) sont relativement similaires entre les trois régions, avec des valeurs proches de 16 mg/kg. En revanche, le magnésium (Mg^{2+}) et le calcium (Ca^{2+}) varient considérablement, Khenchela ayant les plus hauts niveaux de magnésium (131 mg/kg) et OEB les plus hauts niveaux de calcium (40,08 mg/kg), tandis qu'Alger a les niveaux les plus bas pour ces deux éléments (48,6 mg/kg de magnésium et 8,01 mg/kg de calcium). Les concentrations en chlorures (Cl^-) augmentent de 10 mg/kg à Alger à 40 mg/kg à OEB, et les niveaux de sulfates (SO_4^{2-}) varient également de manière significative, avec Alger à 57,2 mg/kg, Khenchela à 42 mg/kg et OEB à 107,2 mg/kg. Ces différences dans les nutriments du sol peuvent influencer la croissance des plantes et la production d'huiles essentielles, suggérant que des niveaux plus élevés de magnésium, calcium et sulfates sont associés à de meilleurs rendements.

.s

	Alger	Khenchela	OEB
PO_4^{3-}	16,027	16,695	16,167
Mg^{2+}	48,6	131	63,2
Ca^{2+}	08,01	32	40,08
Cl^-	10	20	40
SO_4^{2-}	57,2	42	107,2

2.4 Le rendement en huiles essentielles

L'analyse des données climatiques, de la composition en ions et granulométrie des sols d'Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi (OEB) révèle des variations qui influencent les rendements en huiles essentielles de romarin. Les températures moyennes annuelles montrent que les trois régions ont des conditions climatiques distinctes : Alger (17,94°C), Khenchela (11,26°C) et OEB (9,57°C), avec des précipitations annuelles de 561,8 mm, 304,2 mm et

322,8 mm respectivement. Les sols d'Alger ont des niveaux relativement bas de magnésium (48,6 mg/kg) et de calcium (8,01 mg/kg), comparés à Khenchela (131 mg/kg de magnésium, 32 mg/kg de calcium) et OEB (63,2 mg/kg de magnésium, 40,08 mg/kg de calcium).

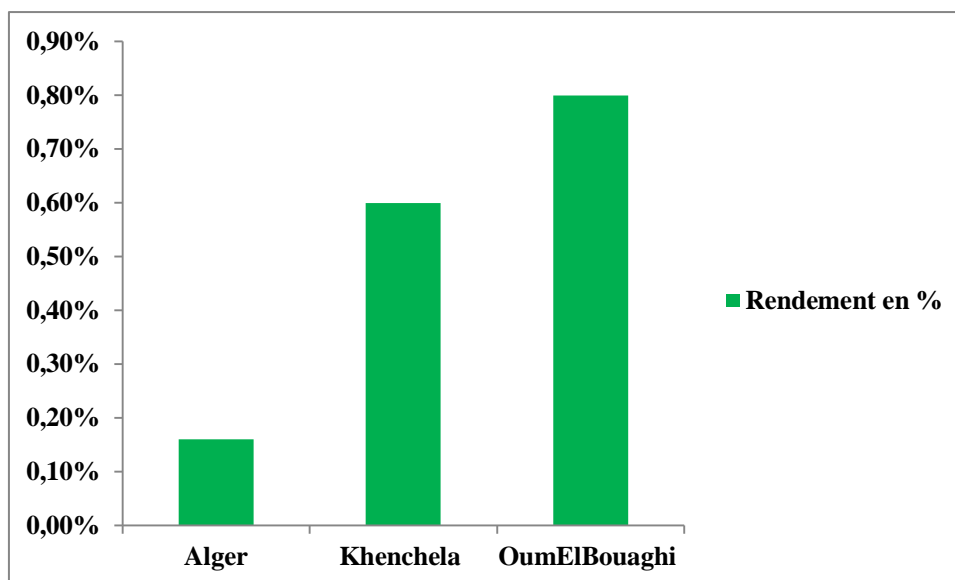


Figure ...23.. : Rendement en huiles essentielles

Les sulfates sont également plus élevés à OEB (107,2 mg/kg) par rapport à Alger (57,2 mg/kg) et Khenchela (42 mg/kg). Ces différences, combinées aux données climatiques, influencent les rendements en huiles essentielles : Alger (0,16%), Khenchela (0,60%) et OEB (0,80%). Les températures plus basses et les précipitations modérées de Khenchela et OEB semblent favoriser une meilleure croissance du romarin et une plus grande production d'huiles essentielles, soutenue par une meilleure nutrition des plantes grâce à des sols plus riches en magnésium et calcium.

Par conséquent, pour améliorer le rendement en huiles essentielles à Alger, il serait recommandé d'enrichir le sol avec des nutriments comme le magnésium et le calcium, et de gérer l'irrigation pour optimiser les conditions de croissance du romarin.

2.5 Interprétation des Résultats de l'ACP (Effet des facteurs climatiques et édaphiques sur le rendement)

Première Composante Principale (PC1)

PC1 représente une combinaison des variables ayant la plus grande variance dans les données. Souvent, cela inclut des facteurs climatiques et des nutriments du sol qui influencent significativement les rendements.

- **Facteurs Climatiques** : Les précipitations et les températures moyennes pourraient avoir une forte charge sur PC1. Des précipitations élevées à Alger (561,8 mm) par rapport à Khenchela (304,2 mm) et OEB (322,8 mm) et les températures moyennes plus élevées à Alger (20,59°C) peuvent expliquer en partie le faible rendement d'Alger (0,16%).

Tableau.. 4: Cosinus carré des variables

	F1	F2
R	0,9291	0,0709
Precipitations	0,9889	0,0111
Températures	0,9990	0,0010
PO₄	0,3980	0,6020
Mg	0,3657	0,6343
Ca	0,9983	0,0017
Cl	0,6117	0,3883
SO₄	0,1111	0,8889
H	0,1440	0,8560
pH	0,9983	0,0017
CE	0,4627	0,5373
MO	0,9426	0,0574
CaCO₃	0,8903	0,1097

- **Composition du Sol** : Des nutriments essentiels comme le Mg²⁺ et le Ca²⁺ montrent des variations importantes. Khenchela a des niveaux élevés de Mg²⁺ (131 mg/kg) et Ca²⁺ (32 mg/kg), ce qui est corrélé avec un rendement élevé (0,60%). OEB a également des niveaux élevés de Ca²⁺ (40,08 mg/kg) et SO₄²⁻ (107,2 mg/kg), contribuant à son rendement le plus élevé (0,80%).

Seconde Composante Principale (PC2)

PC2 pourrait différencier les sols en termes de qualité et d'autres caractéristiques du sol.

- **Humidité (H%) et Matière Organique (M.O)** : Ces variables influencent la santé des plantes et leur capacité à produire des huiles essentielles. OEB a le plus haut pourcentage d'humidité (39,51%) et le rendement le plus élevé, tandis que Khenchela a le pourcentage le plus bas (29,47%).
- **Conductivité Électrique (CE)** : Une conductivité électrique plus élevée à OEB (286 µS/cm) indique une plus grande concentration d'ions, ce qui peut également contribuer à une meilleure nutrition des plantes et à un rendement plus élevé.

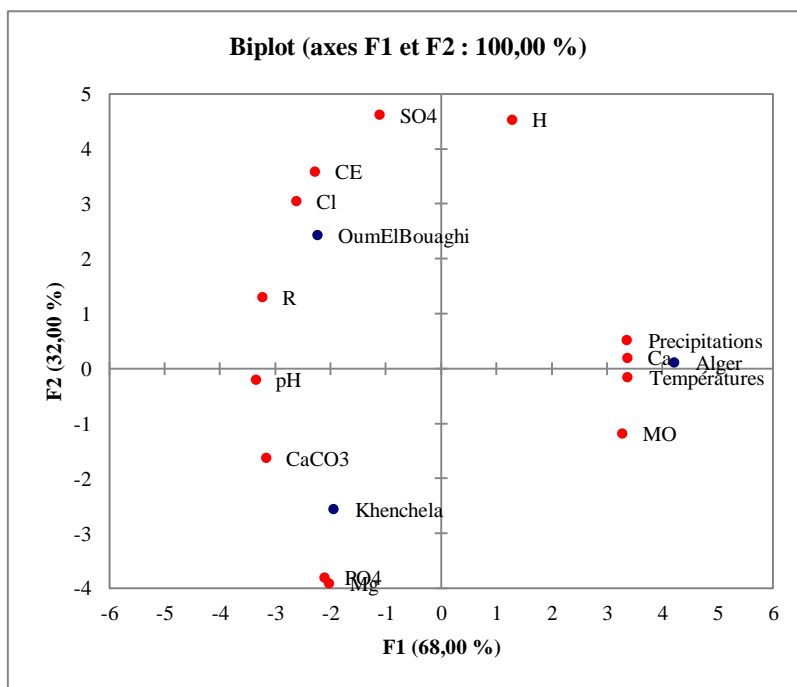


Figure24. : Projection des variables et individus sur le plan 1-2

Conclusion

L'ACP révèle que les rendements en huiles essentielles de romarin sont fortement influencés par une combinaison de facteurs climatiques et de la qualité du sol. Alger, avec des précipitations élevées et des températures moyennes plus élevées, ainsi que des niveaux plus bas de nutriments clés (Mg^{2+} , Ca^{2+}), montre un rendement inférieur. Khenchela et OEB, avec des niveaux plus élevés de ces nutriments et une meilleure qualité globale du sol, montrent des rendements plus élevés. Pour améliorer le rendement à Alger, il serait bénéfique de gérer les précipitations (irrigation) et d'enrichir le sol avec des nutriments essentiels tels que le magnésium et le calcium.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les éléments abiotiques, en particulier le climat et le sol, jouent un rôle crucial dans la production et la composition des métabolites secondaires chez les plantes. Dans le cadre de notre recherche, nous avons analysé en détail les données climatiques pour mieux comprendre leur influence sur les plantes étudiées. Cela nécessite l'utilisation d'indices climatiques tels que le diagramme pluvio-thermique et le diagramme ombrothermique. L'étude bioclimatique a montré un gradient pluviométrique décroissant du Nord au Sud et à l'Est, qui peut être considéré comme une condition de diversité floristique. Alger appartient à l'étage bioclimatique de végétation sub humide à hiver chaud, Khenchela appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi aride à hiver froid et Oum El Bouaghi appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver frais.

La distribution des métabolites secondaires ainsi que la production des composants bioactifs peuvent changer au cours du développement de la plante. Ceci est lié aux conditions climatiques (température, lumière, salinité), édaphiques (pH, texture du sol. . .), stimulant la biosynthèse de ces métabolites, tels que les polyphénols. Nous avons choisi les huiles essentielles pour mettre en valeur l'impact de ces conditions climatiques et édaphiques sur la plante de romarin (*Rosmarinus Officinalis*). Nous avons effectué des analyses physico-chimiques du sol de chaque région.

La première partie porte sur l'analyse granulométrique du sol des régions d'Alger, de Khenchela et d'Oum El Bouaghi. Nous avons constaté que la nature du sol de ces trois sites d'étude varie entre le sol sable-limoneux, le limon-argile-sableux et le limoneux. Le pH, un facteur déterminant influencent la disponibilité des nutriments nécessaires à la croissance, est légèrement alcalin dans les trois régions d'étude, entre 8,4 et 8,5, avec une conductivité électrique des sols peu salées, et ensuite riches en matière organique. Selon ces analyses, l'humidité dans la région d'Alger est de 38,48%, tandis que les régions de Khenchela et d'Oum El Bouaghi présentent une grande convergence et similitude dans le pourcentage d'humidité. Le taux de calcaire total est très élevé dans le sol des régions de Khenchela et d'Oum El Bouaghi, mais il n'a pas été trouvé dans le sol de la région d'Alger. Bien que les variations des quantités d'ions entre les régions soient similaires, nous observons de légères différences dans leurs concentrations, telles que le phosphore (P), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg), les chlorures. . . etc.

L'extraction de l'huile essentielle a été réalisée par hydrodistillation de Clevenger. La valeur du rendement en huile essentielle de la partie aérienne de *Rosmarinus officinalis* des

CONCLUSION GENERALE

trois régions d'étude, Alger, Khenchela et Oum El Bouaghi, est de 0,16%, 0,6% et 0,8%.

Les résultats significatifs de cette étude démontrent l'importance cruciale des conditions environnementales, notamment les variations climatiques et les propriétés du sol, sur la production d'huiles essentielles de romarin dans différentes régions d'Algérie.

La qualité et la quantité des huiles essentielles de plantes médicinales sont affectées par les conditions climatiques et les propriétés du sol. Le climat affecte la croissance des plantes et la concentration en éléments actifs dans l'huile, tandis que la composition du sol joue également un rôle. Rôle en apportant des nutriments essentiels et en favorisant la formation de composés Jouant un rôle vital, la production d'huiles essentielles est donc largement influencée par l'environnement.

Ces résultats mettent en lumière l'influence directe de la composition du sol et des facteurs climatiques sur la croissance des plantes et, par extension, sur la qualité et la quantité des huiles produites. Ces découvertes offrent de nouvelles perspectives pour améliorer la productivité des plantes médicinales de romarin en adoptant des pratiques agricoles adaptées à chaque région et en promouvant une gestion environnementale efficace. Ce faisant, nous pouvons encourager une agriculture durable tout en garantissant un approvisionnement adéquat en huiles essentielles de qualité supérieure, répondant ainsi aux besoins croissants dans les secteurs médicaux et industriels.

En conclusion, cette recherche contribue à l'avancement des connaissances scientifiques dans le domaine de la production végétale et favorise une agriculture respectueuse de l'environnement, répondant ainsi aux défis contemporains de la production agricole et de la demande croissante en huiles essentielles.



Bibliographie

Références bibliographiques

343615181, Juin 2016.

A. Sharma, B. Shahzad, A. Rehman, R. Bhardwaj, M. Landi, and B. Zheng, 2019, *Molecules* 24, 2452 (2019).

AFNOR, (2000). Association française de Normalisation. Norme Française : huiles essentielles. AFNOR, Paris.

AIY CHAUCHE Feriel Sabrina, (01/07/2018). "Composition chimique et activité antioxydante, antimicrobienne et insecticide des huiles essentielles et des extraits de deux Lamiaceae", Thèse en vue l'obtention de diplôme de Doctorat en sciences Agronomiques, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE (ENSA) EL-HARRACH – ALGER.

Aissaoui, Marwa & Moussa, Benhamza & Guettaf, Mohamed. (2017). Hydro chemical characteristics of the Seybouse river – Case study of the Guelma region Northeast of Algeria . Disponible sur https://www.researchgate.net/publication/322927222_Hydro_chemical_characteristics_of_the_Seybouse_river_-_Case_study_of_the_Guelma_region_Northeast_of_Algeria/citation/download

Akshay, K., Swathi, K., Bakshi, V., Boggula, N., 2019. *Rosmarinus officinalis L. : an update Review of its phytochemistry and biological activity. J. Drug. Deli.Thera.9 : 323-330.*

Amieur Okba & Gherbi Med El Madani, 2021, "Etude Géophysique par prospection géo-Électrique et sismique réfraction du futur Barrage de Mallagou (Wilaya de kenchela) " , Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master, Université Larbi Tébessi. Tébessa.

Bachioua, Y., 2017. L'estimation du bilan hydrologique en zones urbaines : Infiltration et Ruissellement à l'échelle de la ville d'Alger. Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur. Alger: Ecole Nationale Polytechnique.

BARBIERIC., BORSOTTO., (2018) "Essential Oils : Market and Legislation", dans H EL-SHEMY, *Potentiel of Essential Oils*, Intechopen, 2018.

BEKK Selma, 2021, "Amélioration De La Tolérance du Blé Tendre au stress hydrique par apport de la proline "Article, *Revue Agrobiologia*, Laboratoire de physiologie végétale, Université des science et de la technologie Houari Boumediene, Bab EZZouar, Alger , Algérie, 2021.

BENCHEIKJ Salah Eddine, (06/07/2017), "Étude de l'activité des huiles essentielles de la

plante *Teucrium Podium* sop *Aurasianum Labiatae*",Thèse de doctorat (LMd),spécialité Génie Des Procédés et Environnement, Université KASDI MERBAH-OUARGLA,le 06/07/2017.

Bensebia, O. ; Barth, D. ; Bensebia, B., Dahmani, A. 2009. Supercritical CO₂ extraction of Rosemary : Effect of extraction parameters and modelling. The Journal of super- critical fluids. 2009. Pp. 161-166. Vol. 49.

BERBACHE RAHMA ,NEKAA AMINA,AMEUR RACHA, 13/07/2022 ,"Évaluation et caractérisation biologique de la plante médicinale *Rosmarinus officinalis*, "Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master,Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1 .

Bettai EbR. . ..,Bourgoua S., SAID ANTOU NSIM., FAUCONNIER M.L., KSOURI Borrás.L, Arráez-Romána. D, Herreroc. M, Ibáñezc. E, Segura Carreteroa. A, Fernández-Gutiérrez.A. (2011). Comparison of different extraction procedures for the Comprehensive characterization of bioactive phenolic compounds in *Rosmarinus Officinalis* by reversed-phase high-performance liquid chromatography with diode Array detection coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 7682– 7690p.

Boumadjen Roufeida, Kimouche Sara, 2018. Etude phytochimique et Evaluation de activité antioxydante de Romarin (*Rosmarinus officinalis*). Memoire master. Université Frères Mentouri Constantine. Pp26 30.

Bousbia N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de Produits naturels et de co-produits agroalimentaires, 53-58.

Boyahya,A., Cabrini, J., Bakri, Y. et Dakka, N. (2018). Les huiles essentielles comme anticancéreux : actualité sur le mode d'action. Phytothérapie 16(5) :254-267.

Brunton ,J., 1999. Pharmacognosie : Photochimie et plantes médicinales. Tec Doc, Lavoisier, Paris,1120p.

Cassia, Damaris & Pires, Krul & Pedrassani, Daniela & Dallabrida, Valdir & Benedetti, Eliziane. (2016). A Erva-Mate no Planalto Norte Catarinense: os compostos bioativos como variável na determinação das especificidades necessárias ao reconhecimento como Indicação Geográfica. DRD – Desenvolvimento regional em debate. 6. 207-227. 10.24302/drd.v6i2.1212 .

Coste Hyppolite.1998. Flore descriptive illustrée de la France, de la corse et des contrées limitrophes, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard.Sd.

Dallel, Mohamed. (2010). Isolement et élucidation structurale d'une flavanone, d'un acide

phénolique et d'un hétéroside stéroïdique des fleurs de la plante *Anacyclus cyrtolpidioides* (Pomel). 10.13140/2.1.4260.0320 .Disponible sur https://www.researchgate.net/figure/Figure-n-3-Montage-dentrainement-a-la-vapeur-deau_fig3_265163661

DAMYEH, M., NIAKOUSARI, M., (2016)«Impact of ohmic-assisted Hydrodistillation on kinetics data, physicochemical and biological properties Of *Prangosferulacea* Lindle. Essential oil : Comparison with conventional Hydrodistillation». *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 33, (2016), 387-396.

De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., de Oliveira, L. D. (2019). *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of Biomedical Science*, 26(1), <https://doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8>

DJEBAILI Hind ,2012/2013, "L'effet des facteurs d'environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires chez deux espèces médicales : *Juniperus oxycedrus* L.(Cupressacées) et *Schumus molle* L (Anacardiacees) , Mémoire de Magister en biologie, Université Larbi Ben M'hidi – Oum EL Boughi.

EL- Tarabily , K.A., EL- Saadony,M.T.,Alagawany ,M., Arif,M.,Batiha,G.R.,Khafaga, A.F., Elwan,M.A.,Elness,S.S., AbdEL-Hak,M.E .(2021). Using oils overcome bacterial biofilm formation and their antimicrobial resistance. *Saudi Journal of Biological Science*,28(9),5145-5156.

F. Brahmi, N. Lounis, S. Mebarakou, N. Guendouze, D. Yalaoui-Guellal, K. Madani, L.2022 ,Boulekbatche-Makhlouf, and P. Duez, *Front. Pharmacol.*13, 1 (2022).

Fedjer, Z., Mazari, A., Blama, A., 2022. Etude ethnobotanique auprès de la population Riveraine de Souk-Ahras cas du Romarin à Taoura et du figuier de Barbarie à Sidi- Fredj. *Rech.Agr.*20 : 43-60.

FELLAH Ouroude, 2019/2020 ,"Effets des facteurs environnement sur la variation de quelques métabolites secondaires dans deux espèces médicinales : *Tamarix Gallica* L. (Tamaricaceae)et *Rosmarinus officinales* L.(Lamiaceae)", Thèse en présenté en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en science biologie végétale et environnement, Université Badj Mokhtar Annaba.

Festy, Danièle ,(2018).Ma bible des huiles essentielles.Éditions Leduc.S, 2018.

François Couic-Marinier, "Composition chimiques des huiles essentielles", Article, Professeur de Université 201 bis avenue du général -Leclerc,54000 Nancy, France ;2013.

Goudjil, Mohamed. (2016). Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de trois plantes aromatiques.. 10.13140/RG.2.2.11204.65926 .Disponible sur ([http : //www.researchgate.net](http://www.researchgate.net))

- Ghestem, A., Seguin, E., Paris, M., Orecchioni, A. M. (2001).** Le préparateur en Pharmacie, dossier 2. Botanique-pharmacognosie-phytothérapie-homéopathie. Edition TEC et DOC.
- González-Minero FJ, Bravo-Díaz L, Ayala-Gómez A.** Rosmarinus officinalis L. (Rosemary): an ancient plant with uses in personal healthcare and cosmetics. *Cosmetics*. 2020;7(4) <https://doi.org/10.3390/cosmetics7040077>.
- González-Trujano, M., Peña, E., Martínez, A., Moreno, J., Guevara-Fefer, P., Déciga-Campos, M., López-Muñoz, F. (2007).** Evaluation of the antinociceptive effect of Rosmarinus officinalis L. using three different experimental models in rodents. *Journal Of ethnopharmacology*, 111(3), 476-482.
- H. Rakotomalala ,2004 ,** "Étude des huiles essentielles de Cedrelopsis grevei. Caractérisation identification constituants, activités biologique ". Thèse de Doctorat. Université d'Antananarivo.
- Hamidpour, R., Hamidpour, S., Grant Elias, G., 2017.** Rosmarinus officinalis (rosemary) : a novel Therapeutic agent for antioxidant, antimicrobial, anticancer, anti-diabetic, Antidepressant, neuroprotective, anti-inflammatory, and anti-obesity treatment. *Bio. J. Sci.Tech. Res. 1* : 2574-1241.
- Hammiche.V.,(1988)** Systèmes et morphologie botanique, O.P.U.
<https://agronomie.info/fr/Rosmarinus-officinalis-l/>
<https://www.infoclimat.fr/>
<https://images.app.goo.gl/thss9o5FRGvYRmQ46>
<https://khenchela.mta.gov.dz/fr/notre-wilaya/>
- Hykel M,S et Omar A.A, 1993,** .Plants médicinales et aromatiques, leurs chimie , production et bienfaits , deuxième édition, édition El-maarif (Alexandrie) ;516 ;34-120pp.
- J. Radušienė, B. Karpavičienė, and Ž. Stanius, Bot. Lith. 18, 101 (2012).**
- J. Yang, X. Zhang, Q. Jin, L. Gu, X. Liu, J. Li, and Y. Ni, Nat. Prod. Res. 31, 1091 (2017).**
- Jonatas R. et al.,2019.** Rosmarinus officinalis as a therapeutic and prophylactic Agent. [Doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8](https://doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8).
- Karadag, A.E., Çaşkurlu, A., Demirci, F., Okur, M.E., Orake, D., Sipahi, H., Baser, K.H.C., 2019.** Evaluation antibactérienne, antioxydante, anti-inflammatoire et Analgésique in vitro des fractions d'extraits de fleurs de Rosmarinus officinalis L. *J. Sud Afr. Bot.* 125 : 214-220.
- KECIS Hadjer , 2022/2023,** "Comparaison de l'accumulation des métabolites secondaires sous l'effets climatiques et des photo hormones chez Mentharotundifolia L.", Thèse de Doctorat rat 3ème cycle.LMd- science biologique, Centre Universitaire Abdelhafid

BOUSSOUF MILA ,2022/2023.

KHABTHANE.H. (2010) , Contribution à l'étude du comportement écophysologique du Genre Tamarix dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela.

Mémoire Magister. Université de Constantine. 152 p.

Lassal F ,2020 . .Etude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles de l'ail (*Allium sativum*. L) (en ligne). Memoire de Master :Biotechnologie et Valorisation des plantes. Mostaganem :Université Abdelhamid Ibn Badis -p35 .

Leplat M.,2017. Romarin, *Rosmarinus officinalis* une Lamiacée médicinale de la Région de la garrigue provençale.Université de Aix- Marseille.

Lucchesi M. E. 2005. Extraction sans solvant assistée par les micro-ondes.Th. Doc. La Réunion.

M. S. Padda and D. H. Picha, Postharvest Biol. Technol. 47, 176 (2008).

M. Vilain, 1987 , La Production Végétale : La Maîtrise Technique de La Production. 2 (Tec doc.

Métrola ,2018. Bonnes Pratiques de domestication de plantes aromatiques et médicinales : romarin et lavande jaune. Association de défense du patrimoine de Métrola . P12-13 , 37- 38.

MORGANT, P., (2020), Le Petit guide des Plantes médicinales,1er Édition.

NADJMAOUI Hafsa, AMRANI Noura,MAHFOUDI Asma, 2022/2021 ,"Contribution à l'étude eth- botanique et caractérisation Phytochimique de deux plantes médicinales (*Rosmarinus Officinalis* L. et *Cotula cinerea*) cultivées dans la région D'Aougrou, Wilaya deTimimoun, "Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en science biologique,Universite d'Adrar Faculte des sciences et de la technologie.

Nazzaro., F., Fratianni,F., Coppola,R., De Feo,v. (2017). Essential oil and antifungal activity. Pharmaceuticals, 10(4),86.

Ncube N., Finnie J.F. et Van Staden J, 2012 .Quality from the filed :The impact of environmental factor quality déterminants in medicinal plants. South Afr. J. Bot.2012 ;82 ;11- 20.

OMS(Organisation Mondiale de la Santé),2002, Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. WHO/ EDM/ TRM/2002, Genève, Suisse,135p.

OSAMA ALNASER, 24 Janvier 2018, "Effet des conditions environnementales sur les caractéristiques morpho-physiologiques et la teneur en métabolites secondaires chez *Inula montana*, Thèse de doctorat en Biologie et Ecophysologie végétales , Université D'AVIGNON et de pays de Vaucluse.

OULD Beziou.W. MEVHTED, C.(2019). Contribution à l'étude phytochimique et

biologique de gêner Bupleurum,(Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf de M'SILA).

Piochon M. 2008.  tude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : Composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Th.Maîtrise. Québec.

R.,(2017).  tude de composition chimique de l'activité antioxydante des différents extraits de la lavande dentée (Lavande dentale). Journal of New Science, Agriculture and Biotechnology,Vol. 32 :2096-2105.

Ruissellement à l'échelle de la ville d'Alger. Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur. Alger: Ecole Nationale Polytechnique.

Rutkay.A, U AR. E, G RSOY.  . (2020).Investigation of Salt Stress in Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) with the Remote Sensing Technique. Türkiye Tarımsal Arařtırmalar Dergis.7(2). 120-127p

S. K. Yadav, Agron. Sustain. Dev. 30, 515 (2010).

Sahraoui.(2014/2015).Les huiles essentielles. UN1901. Laboratoire de pharmacognosie,Pp : 1-13.

Sriti EL-Hadi ,J., Bachrouch, O., Salem,N., Masada, K., Aouini ,J , Hammami, Boushah,E., Abdenaba,M, L'imam,F., Medioni Ben Jemaa . J., (2018).Chemical composition and insecticidal Activity of Essential Oil from coriander fruit against Tribolium castaneum, Sitophilus oryzae, and Lasioderma serricorne . International Journal of Food properties,p.p.1-13.

SLIMANI NourELhouda ,2018, Sur l'estimation du bilan hydrologique en zones

Urbaines : Evapotranspiration à l'échelle de la ville d'Alger, Mémoire de projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique,Ecole Nationale Polytechnique.

Svoboda, P.K., Svoboda, T.G., Syred, A. A closer look, (2000): Secretory structures of Aromatic And Medicinal Plants. American Botanical Council.2000, no.53, p.34-43.

Tongnuanchan, P.,Benjahil,S.2014 . Essential oils : Extraction, bioactivites, and their uses for Food preservation. Journal of food science,79(7),R(123).R1249.

T RKMENO GLUA.,  ZMEND.,(2021), "Allergenic components, biocides,and analysis technique of Some essential oils used in food products", Journal of food science, volume 86, n 6 p. 2225- 2241,2021.

USAID,A.A.P.I.D.I., (2008). Stratégie national de développement du secteur des plantes aromatiques et médicinales au Maroc. Haut-commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte contre la Désertification : Maroc,70p.

[www.researchgate.net/figure/Montage-d'extraction-par-Hydrodistillation fig3](http://www.researchgate.net/figure/Montage-d'extraction-par-Hydrodistillation_fig3)

BIBLIOGRAPHIE

Zélie TRIAUX, 2019 , "Développement de méthodes d'extraction et d'analyse de molécules terpéniques à activité anti-inflammatoires", Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg .



Annexes

ANNEXES**Annexe1 : Échelle de détermination de PH selon Baize .2000.**

PH inférieur à 3.5 hyper-acide.

PH entre 3.5 et 4.2 très acide.

PH entre 4.2 et 5.0 acide.

PH entre 5.0 et 6.5 peu acide.

PH entre 6.5 et 7.5 neutre.

PH entre 7.5 et 8.7 basique.

PH supérieur à 8.7 très basique

Annexe 2: Grille d'appréciation de la salinité des sols en fonction de la CE (SSDS, 1993)

CE	Classe
0 -2	Non saline
2-4	Salinité très faible
4-8	Salinité faible
8-16	Salinité modérée
>16	Salinité élevée

Annexe 3 : Echelle de détermination de la teneur pondérale en matière organique

Taux de matière organique	Quantité
<1	Très faible
1 à 2	Faible
2 à 3	Moyenne
3 à 5	Fort
>5	Très forte

Annexe 4 : Normes internationales de Henin et al (1969)

Valeur	Signification
Calcaire coco3 total	Signification
< 5%	Peu calcaire
5% - 15%	Moyennement calcaire
16% - 30%	Calcaire
>30%	Très calcaire
Phosphore Assimilabl ppm	Signification
<10	Pouvre
10 – 30	Moyen
30 – 56	Riche
>56	Excessivement Riche