

Licence Sciences et Techniques (LST)
Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité
« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

**L'effet des paramètres climatique sur la qualité
d'huile essentielle de Romarin
(*Rosmarinus officinalis L*)**

Présenté par :

◆ ANASS ABATOUY

Encadré par :

◆ Pr. MELIANI ABDESLAM (FST)

◆ Mme. BAHIRA MERYEM (Phytoprod)

Soutenu, Le 05 Juillet 2022 devant le jury composé de:

- Pr. MELIANI ABDESLAM

- Pr. ALILOU EL HOUSSINE

- Pr. TOUZANI HANANE

Stage effectué à la société phyto prod

Année Universitaire 2021 / 2022

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ Ligne Directe : 212 (0)535 61 16 86 – Standard : 212 (0)535 60 82 14

Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>

Dédicaces

Je dédie ce travail aux êtres qui me sont les plus chers, mes parents.

- ✓ *Ma mère, pour son affection, sa patience, sa compréhension, son écoute et son soutien.*
- ✓ *Mon père, pour être mon plus haut exemple de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.*
- ✓ *A mes frères, à que je souhaite beaucoup de succès.*
- ✓ *A tous les professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FSTF)*
- ✓ *A tous mes collègues de la promotion 2021/2022 de licence « Technique d'analyse et contrôle de qualité(TACQ)».*
- ✓ *A toute ma famille et amis.*
- ✓ *Et a toute autre personne que j'ai involontairement oubliée, de citer*

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Mon Dieu de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

J'adresse les grands remerciements à mes encadrants: Madame MERYEM BAHIRA, responsable de qualité à la même société qui m'ont accompagné de près durant tout ce travail, pour leur disponibilité, pour la confiance qu'ils ont su m'accorder et les conseils précieux qu'ils m'ont prodigués tout au long de la réalisation de ce projet.

Je souhaite exprimer ma gratitude à mon encadrant: Monsieur MELIANI ABDESLAM enseignant chercheur au Département de chimie à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour ses directives durant ce travail, Je ne trouverai jamais les mots les plus appropriés pour exprimer la reconnaissance que je lui porte pour tous ses conseils, et pour toutes les fois qu'il a trouvé le temps nécessaire pour m'écouter.

J'exprime mes grands remerciements à Monsieur ALILOU EL HOUSSINE et Madame TOUZANI HANANE professeurs chercheur au département de chimie à la FST de Fès, de m'avoir fait l'honneur de faire partie du jury.

J'exprime mes grands remerciements aussi à Madame oumayma qui m'aider beaucoup pour réaliser ce travail.

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1:Présentation de la société PhytoProd	
1. Généralités.....	3
2. Fiche technique	4
Chapitre 2: Etude bibliographique	
I. Plantes Aromatiques et Médicinales	6
1. Définition	6
2. Domaine d'application	6
3. PAM au Maroc.....	8
3.1 Présentation de secteur.....	8
3.2 Répartition géographiques des plantes cultivées et spontanées au Maroc.....	8
II. Principaux extraits des PAM.....	10
1. Concrète.....	10
2. Absolus.....	10
3. Eau florale	11
4. Huiles essentielle.....	11
4.1 Définition	11
4.2 Propriété des huiles essentielles.....	11
4.3 Composition chimique	11
4.4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	13
4.4.1 Extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau.....	13
4.4.2 Hydrodistillation.....	14
4.4.3 Extraction par CO2 supercritique	14
III. Etude de Romarin.....	15
1. Répartition.....	15
1.1 Dans le monde	15
1.2 Au Maroc.....	16
2. Conditions du sol et de climat	17
3. Composition chimique des HE.....	18

4. Activités biochimiques	19
5. Méthodes d'analyse et Contrôle qualité des HE.....	20

Chapitre 3 : L'effet des paramètres climatiques sur la composition chimique des HE

I. Procédé de production d'HE de Romarin.....	24
1. Préparation matières premières.....	24
2. Distillation, décantation et filtration.....	24
3. Détermination de rendement	25
4. Les analyses de contrôle de qualités effectuées	25
4.1 Analyses chromatographie	25
II. Comparaison d'HE de Maroc avec d'autres pays	26
Conclusion.....	32

Liste des abréviations

PAM : plants aromatiques et médicinaux

HE : Huile essentielle

DH: Dirham marocain

SA: Société Anonyme

OMS: organisation mondiale de la santé

AFNOR: Association Française de Normalisation

CT: Chémotype

IA: indice d'acide

IE: indice d'ester

h: heure

TMA: température moyenne annuelle

IUPAC : Union internationale de chimie pure et appliquée

Liste des figures

Figure 1 : L'usine et la ferme de PhytoProd.....	3
Figure 2 : Evolutions des exportations totales des PAM et des huiles essentielles (2002-2014).....	8
Figure 3 : Structure d'exportation des PAM.....	8
Figure 4 : Structure d'une unité isoprène.....	12
Figure 5 : Principe schématisé de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau.....	13
Figure 6 : Hydrodistillation ou distillation simple.....	14
Figure 7 : Schéma du procédé de l'extraction par CO2 supercritique.....	15
Figure 8 : Répartition du Romarin à l'échelle international	16
Figure 9 : Répartition de Romarin au Maroc.....	16
Figure 10 : pourcentages des faciès du romarin dans chaque région.....	17
Figure 11 : Caractéristiques du sol	17
Figure 12 : Caractéristiques climatiques	18
Figure 13 : 1.8 cinéol.....	19
Figure 14 : camphre	19
Figure 15 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction de la TMA.....	28
Figure 16 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction des précipitations annuelle.....	28
Figure 17 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction d'humidité annuelle.....	29
Figure 18 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction du sol.....	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : fiche technique de la société PhytoProd.....	4
Tableau 2 : Répartition géographique des plantes cultivées au Maroc.....	9
Tableau 3 : Répartition géographique des principales PAM naturelles exploitées au Maroc.....	10
Tableau 4 : Superficie des faciès de Romarin par région.....	16
Tableau 5 : Composition chimique d'HE de romarin.....	25
Tableau 6 : Composition chimique des HE de romarin de différents pays.....	26
Tableau 7 : Paramètres climatiques de chaque région	27

Introduction

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales (PAM) est associée à l'évolution des civilisations dans toutes les régions du monde. La Chine, l'Inde, le Moyen –Orient, notamment au cours de l'ère arabo-musulmane, l'Egypte, la Grèce, les romains, constituent des civilisations phares pendant lesquelles les plantes aromatiques et médicinales ont connu une place de premier plan. A l'exception de l'exploitation de certaines essences forestières, la culture des plantes aromatiques et médicinales reste traditionnelle. Elle se limite aux jardins familiaux et aux jardins d'agrément, notamment avec des espèces florales faisant l'objet de cultures de fleurs.

[1]

Récemment des projets de production de PAM ont vu le jour et sont essentiellement orientés vers l'exportation. L'importance de la demande manifestée vers la fin des années 70 par certaines industries de transformation a encouragé l'intensification et l'exploitation des PAM spontanées. Au Maroc, le romarin est la principale plante exploitée suivi du thym et de l'armoise; tandis que la menthe pouliot domine dans le cas des PAM cultivées. En 2016 le Maroc a exporté près de 10000 tonnes des extraits du romarin (plantes séchés, huile essentielle (HE)...) vers le monde d'une revue de 140 Millions DH. C-à-dire la qualité des extraits et des HE de romarin marocain est parmi premières dans le monde, cette bonne qualité est expliquée par la position géographique et le climat. [2]

Dans ce carte on a essayé de faire une étude comparative entre HE du romarin de Maroc avec des HE d'autres pays, pour but de déterminer l'effet des paramètres climatiques et du sol sur la qualité des HE.

Ce projet de fin d'études est subdivisé en 3 chapitres, commençant par présentation de la société PhytoProd puis une recherche bibliographique sur les PAM et le Romarin et enfin L'effet des paramètres climatiques sur la composition chimique des HE qui inclut un procédé de production d'HE et comparaison de compositions chimiques avec d'autre pays.

Présentation de la société phyto Prod

I. Généralités

- La société Phyto Prod est une société anonyme(SA) créée en 23 juillet 2014, son activité principale est la transformation et production des plantes aromatiques et médicinales, annuelles et vivaces, cultivés et sauvages. Ses produits sont destinés au marché international.


-L'entreprise possède une ferme biologique moderne de 620 hectares, les engrais utilisés sont 100% naturels. Elle dispose également d'une usine moderne conforme aux normes internationales et composée de deux unités de production : une unité de distillation d'huiles essentielles qui contient 6 alambics de 4200 litres et une unité d'extraction par solvant.

Figure 1 : L'usine et la ferme de PhytoProd



II. Fiche technique

Tableau 1 : fiche technique de la société PhytoProd

Logo	
Raison sociale	PHYTO PROD
Forme juridique	SA
Effectif du personnel	Une équipe industrielle permanente de 40 personnes. Une équipe agricole de 300 à 800 personnes selon les saisons
Date de création	23-juil-2014
Chiffre d'affaires	33 360 000,00 MAD
PDG	PAUL ERIC JARRY
Année de début de production	13/09/2017
Adresse complète de siège social	14, Avenue Mers Sultan Casablanca – Maroc
Adresse complète d'usine	Route d'Aïn Mediouna Aïn Aïcha –Maroc
Site web	www.phytoprod.bio
Téléphone	212 520 30 37 20
Secteur d'Activité	Agriculture et agroalimentaire Activité principale Production huiles essentielles et extraits végétaux

Etudes bibliographique

I. Plantes Médicinales et Aromatiques

1. Définition

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. [3]

Les plantes aromatiques sont des végétaux qui contiennent suffisamment des molécules aromatiques dans un ou plusieurs organes producteurs : feuilles, fleurs, tiges, fruits, écorces, racines etc. [4]

Il existe deux types des plantes aromatiques et médicinales :

-spontanées : romarin, armoise, thym ...

-Cultivées : citrus, rose, jasmin et géranium...

2. Domaine d'application

✓ Agricoles et alimentaires [4]

L'utilisation des plantes aromatiques et de leurs extraits dans les industries agricoles et alimentaires a connu une forte croissance depuis une vingtaine d'années. Plusieurs raisons expliquent cette situation :

- la demande du consommateur des arômes naturels appuyée par une législation qui oblige le fabricant à déclarer sur son emballage le caractère naturel ou non des arômes utilisés.

- le développement de préparations industrielles pour lesquelles la technologie induit une perte de goût que l'industriel cherche à compenser par une aromatisation appropriée.

- l'apparition de gammes de produits allégés en cholestérol (faible teneur en matière grasse), en sel, en sucre qui demandent une aromatisation adéquate pour qu'ils soient consommables.

✓ Cosmétique

Les PAM sont le squelette du domaine cosmétique, sont utilisées pour la fabrication de certains produits par exemple : les produits de soins de la peau et les huiles essentielles... Le parlement européen définit ces produits cosmétiques comme : « toute substance ou tout mélange destiné à être mis en contact avec les parties superficielles du corps humain (épiderme, systèmes pileux et capillaire, ongles, lèvres et organes génitaux externes) ou avec les dents et les muqueuses buccales en vue, exclusivement ou principalement, de les nettoyer, de les parfumer, d'en

modifier l'aspect, de les protéger, de les maintenir en bon état ou de corriger les odeurs corporelles »[5]

✓ **Parfumerie (Plantes à parfum) [4]**

Est l'un des secteurs qui consomme beaucoup des huiles essentielles. En parfumerie, on peut considérer trois domaines distincts : la parfumerie industrielle (détergents), la cosmétique et la parfumerie de bas de gamme et la parfumerie de haut de gamme.

✓ **Pharmaceutique**

Les plantes médicinales sont très importantes dans la recherche pharmacologique et la synthèse des médicaments et sont devenues de vraies matières premières sur lesquelles il a été rendu possible de modifier les principes actifs par synthèse chimique afin d'en diminuer les effets indésirables ou d'en potentialiser les effets. Le développement de la chimie organique nous a permis d'extraire plusieurs molécules qui ont un grand effet dans le domaine de la médecine.

Par exemple : la salicyline, molécule responsable de l'action anti-inflammatoire et antalgique.[6]

✓ **Phytothérapie**

La phytothérapie ou la thérapie est un mot d'origine Grec constitué de deux termes « *phuton* » qui signifie la plante et « *therapeia* » qui signifie traitement.

Donc phytothérapie peut être définie par une discipline allopathique destinée à traiter certaines maladies ou certains états pathologiques par les plantes ou préparation à base de plantes. [7]

Deux types de phytothérapie existent :

- Phytothérapie traditionnelle : Il y a environ 20000 espèces des plants sont utilisées principalement dans le domaine de médecine traditionnelle. Et selon OMS 80% de la population mondiale a recours aux médecines traditionnelles pour soigner et traiter leur maladies.

Exemple : les graines de chardon-marie utilisée pour traiter les troubles fonctionnels digestifs à une origine hépatique.

- Phytothérapie clinique : est une médecine de terrain basé sur un traitement à long terme agissant sur le système neuro-végétatif.

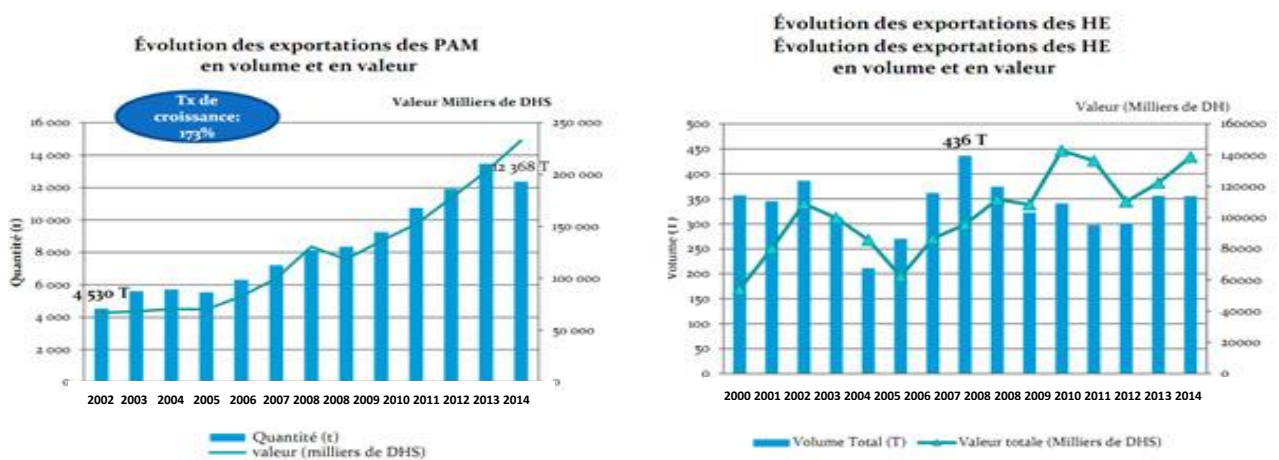
Exemples : la lavande utilisée comme anti-stress, calmant, et aussi contre les troubles du sommeil. [8]

3. PAM au Maroc

3.1 Présentation de secteur

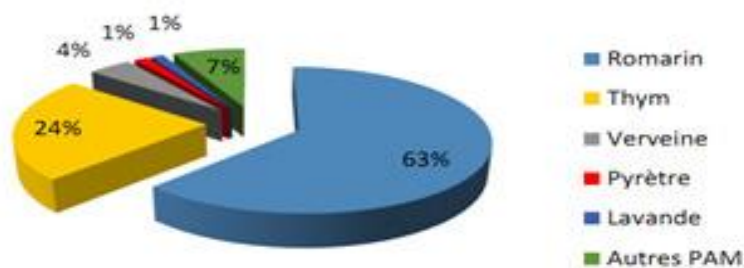
Le Maroc est un pays très riches en plantes aromatiques et médicinales ,4200 espèces dont 800 endémiques ce qui lui positionne le deuxième mondialement après la Turquie. 65 % de marocains consomment des plantes médicinales et leurs dérivés [9]. La production des produits aromatiques peut arriver jusqu'à 14.000 Tonnes, ce qui le positionne en 12ème exportateur mondial de ces plantes. Les recettes à l'exportation sont 615 Millions DH, en offrant 500.000 jours de travail par an. [10]

Figure 2 : Evolutions des exportations totales des PAM et des huiles essentielles (2002-2014)



Le Maroc est l'un des grands fournisseurs traditionnels du marché mondial en Plantes Aromatiques et Médicinales, il est classé 12 mondialement, les principaux PAM marocains exportées sont : Romarin, Thym...

Figure 3 : Structure d'exportation des PAM



3.2 Répartition géographiques des plantes cultivées et spontanées au Maroc

Les tableaux suivants montrent la répartition géographiques des plantes spontanées et les plantes cultivées au Maroc.

Tableau 2 : Répartition géographique des plantes cultivées au Maroc. [11]

ESPECES PRINCIPALES	REGION
Lavande	Khémisset- Oulmes
Menthe	Toutes les régions du Maroc
Rosier	Ouarzazate – Khémisset
Iris	Marrakech
Safran	Taroudant
Ail	Chefchaouen – Meknes – Oujda – Tetouan
Fenugrec	Gharb – Chefchaouen – Safi – Settat – Sidi Kacem – Taounate
Anis	Chefchaouen – El Hajeb – Taounate
Nigelle	Chefchaouen – Essaouira –
Cumin	Tafilalet – Chichaoua – Essaouira – Figuig
Basilic	Agadir
Origan	Chefchaouen – Taounate
Thym	Tafilalet – Marrakech – Taounate
Carthame	
Oranger	Khemisset
Jasmin	Khemisset
Caroubier	Chefchaouen – Marrakech – Nador – Sidi Kacem – Taounate
Menthe Pouliot	Taounate
Sauge	Tétouan

Tableau 3 : Répartition géographique des principales PAM naturelles exploitées au Maroc. [12]

PLANTES	ZONES
Rose aromatique	Drâa-Tafilalet, notamment dans la vallée de Dadès à Kelaât M'Gouna, est reconnue aux niveaux national et international pour son eau, son huile essentielle, sa concrète et tous ses produits dérivés.
Thym	Agadir, Azilal, Marrakech
Romarin	Oujda, Taza, Boulman, Khenifra
Caroubier	Azilal, Beni Mallal, Taza, Khenifra, Sefrou
Lichen	Beni Mallal, Khenifra, Ifran, Taounat
Armoise	Agadir, Errachidia, Ouarzazate, Oujda
Laurier sauce	Tétouan, Beni Mellal

II. Les principaux extraits des PAM

1. Concrètes

Pour obtenir la concrète, on fait circuler un solvant à travers la matière végétale dont la plupart sont des feuilles et des racines (riches en résines), ce solvant permet d'extraire les composants aromatiques ainsi que d'autres substances liposolubles. Le solvant le plus utilisé est le benzène qui sera éliminé par évaporation, aujourd'hui ce solvant est interdit pour ce type d'extraction en raison de ses effets nocifs sur la santé humaine. Il est essentiellement remplacé par l'hexane.

[13]

2. Absolues

Après la préparation de la concrète, une nouvelle extraction est effectuée à l'éthanol à température ambiante ou plus généralement par chauffe, puis par refroidissement afin de filtrer la partie claire qui est obtenue par décantation : c'est l'absolu. [14]

3. Eau florale

Un hydrolat aromatique est une eau distillée, séparée de l'HE à la sortie de l'alambic, plus ou moins aromatisée selon les plantes. Dans les magasins diététiques ou les pharmacies, des eaux

aromatisées n'ayant ni les vertus ni les indications des vraies eaux distillées sont souvent commercialisées.[15]

4. Huiles essentielles

4.1 Définition

Il est difficile de donner une définition précise, on peut définir HE en donnant la signification de chaque terme : Le terme « huile » souligne le caractère visqueux et hydrophobe de ces substances et le terme « essentielle » désigne la caractéristique principale de la plante à travers ses exhalaisons. [16]

Selon l'AFNOR une huile essentielle est : « un produit obtenu à partir d'une matière végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus, soit par distillation à sec ».

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés appartiennent à la famille des Lamiacée: thym, origan, lavande, menthe, romarin... [17]

4.2 Propriété des huiles essentielles

Les HE sont des composés volatiles de densité inférieure à celle de l'eau, Seules 3 huiles essentielles officinales ont une densité supérieure à celle de l'eau: il s'agit des huiles essentielles de cannelle, de girofle et de saffras. Elles sont liquides à la température ambiante, incolore ou légèrement colorés en jaune pâle. Mais, il existe des HE colorées: cannelle (orange) absinthe (vert) et camomille (bleu). [18]

Elles sont généralement solubles dans les solvants organiques comme : éther, hexane, pentane,... et très légèrement dans l'eau. Elles sont dissolvant les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et réduisent certains sels. [19]

4.3 Composition chimique [20]

Les HE sont des mélanges complexes contenant plus de 300 composés différents, on peut les classer comme suivant :

➤ **Composés terpéniques (terpènes)**

Sont des molécules volatiles dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée, ils sont des composés issus du couplage de plusieurs unités appelés « isoprène » (C_5H_8)

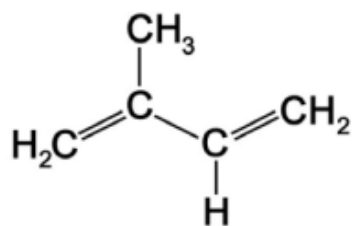


Figure 4 : Structure d'une unité isoprène

- Monoterpènes : $C_{10}H_{16}$ sont des composés constitués d'un couplage de deux unités d'isoprène, ils constituent plus de 90% des HE, par exemple α -pinène, sabinène, limonène ...
- Sesquiterpènes : $C_{15}H_{24}$ sont des composés constitués d'un couplage de trois unités d'isoprène. Par exemples le β -caryophyllène, germacrène...
- Les diterpènes : C_{20} Quatre unités d'isoprène forment ces diterpènes, qui en font des molécules assez rares dans les huiles essentielles et présentes en faible quantité.
- Les triterpènes : C_{30} Formés de six unités d'isoprène, leur présence est aléatoire dans les huiles essentielles.

➤ **Phénols**

Les phénols sont des molécules aromatiques possédant une fonction alcool, comme carvacrol, thymol, eugénol ...

➤ **Alcools**

Les alcools sont après, les terpènes, les constituants les plus abondants trouvés dans les HE, généralement formés lors de se fixer ou se rattacher d'un groupement hydroxyle sur les terpènes.

➤ **Aldéhydes**

Formés généralement par oxydation des alcools. Il existe deux types : Aldéhydes terpéniques sont des molécules très volatiles, et Aldéhydes aromatiques. Leurs propriétés se rapprochent de celles des phénols.

➤ **Esters**

Issus de la réaction d'un acide carboxylique avec un alcool.

➤ **Ethers**

➤ **Cétones**

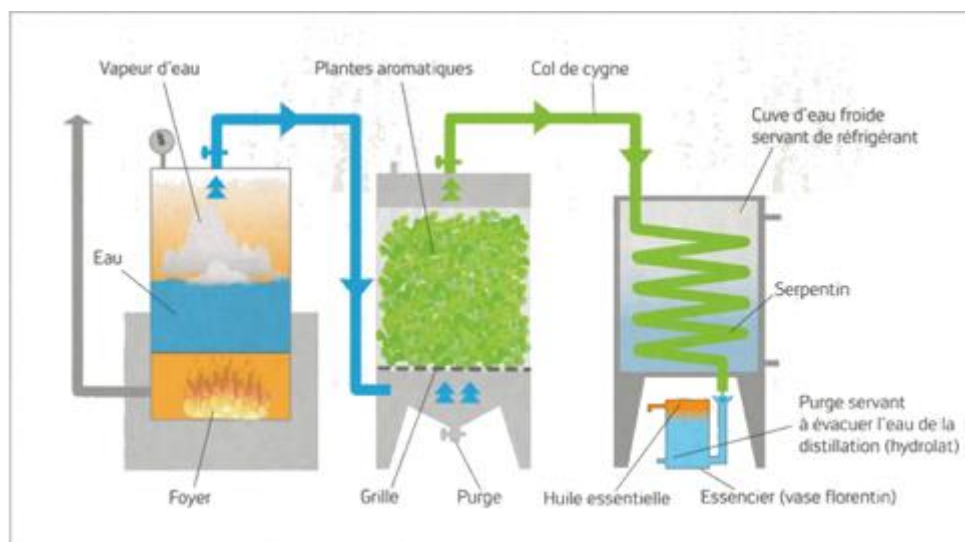
➤ Oxydes terpéniques

4.4 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

4.4.1 Extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau

C'est une technique qui consiste à récupérer l'huile essentielle contenue dans les cellules végétales au moyen de la vapeur d'eau. La matière végétale est soumise à l'action d'un courant de vapeur saturée en composés, qui sont condensés puis décantés avant de les séparer en phase aqueuse et en phase organique. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation qui peuvent affecter la qualité de l'huile. [21]

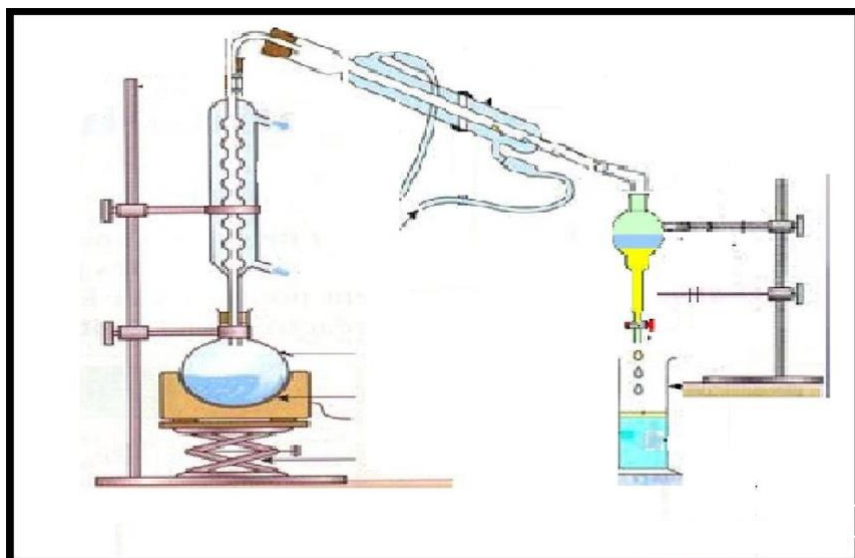
Figure 5 : Principe schématisé de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau



4.4.2 Hydrodistillation

C'est la méthode la plus utilisée et qui consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (exemple feuilles) dans un alambic rempli d'eau, dans ce cas le matériel végétal est en contact direct avec l'eau, qui est ensuite portée à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité. [21]

Figure 6: Hydrodistillation ou distillation simple



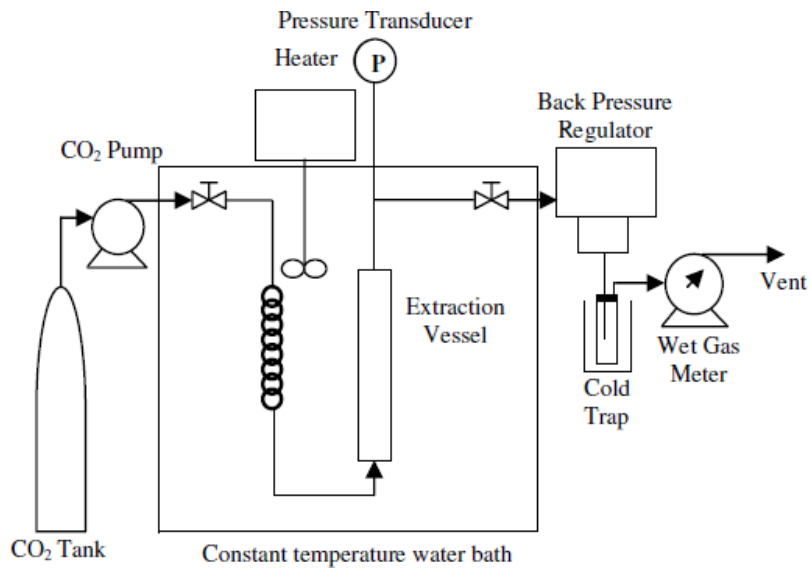
4.4.3 Extraction par CO₂ supercritique

Méthode basée sur l'utilisation d'un solvant dans son état supercritique, c'est-à-dire le solvant se trouve dans un état intermédiaire entre la phase liquide et la phase gazeuse. Dans 90% des cas le solvant utilisé est le CO₂ qui est à son point critique: $T = 31.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $P > 73.8\text{ bars}$. [21]

Le CO₂ supercritique est un solvant idéal puisqu'il présente d'incontournables avantages: il est naturel, inerte chimiquement, ininflammable, non toxique, sélectif, aisément disponible et peu coûteux. De plus il s'élimine facilement de l'extrait sans laisser de résidus, ce qui donne une qualité irréprochable de l'extrait. [22]

Le point faible de cette méthode est le coût élevé de son installation.

Figure 7 : Schéma du procédé de l'extraction par CO2 supercritique



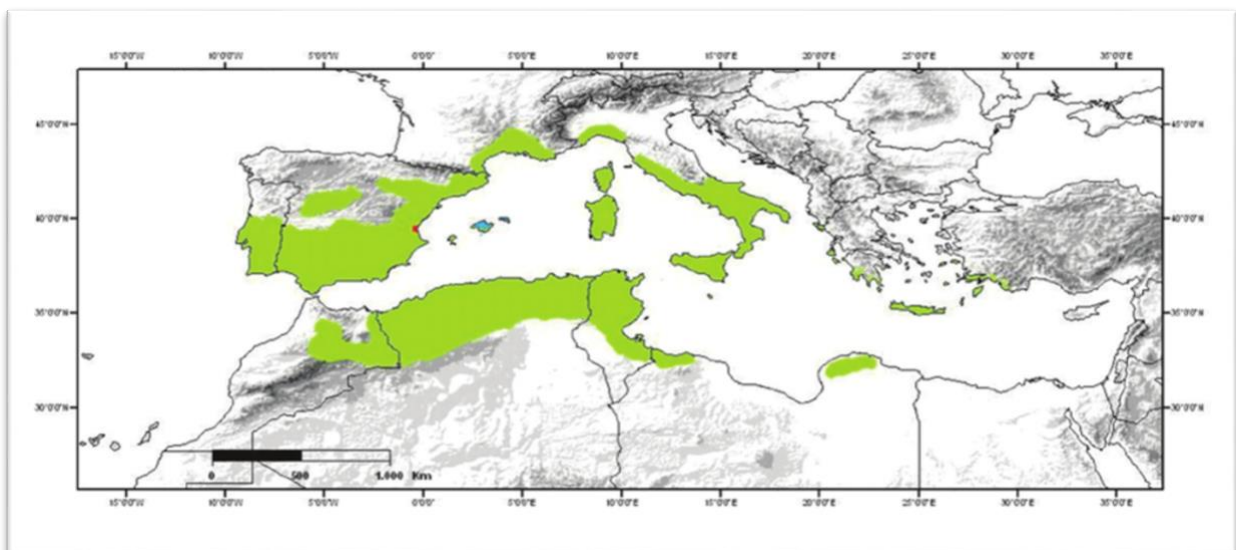
III. Étude de Romarin

1. Répartition

1.1 Dans le monde

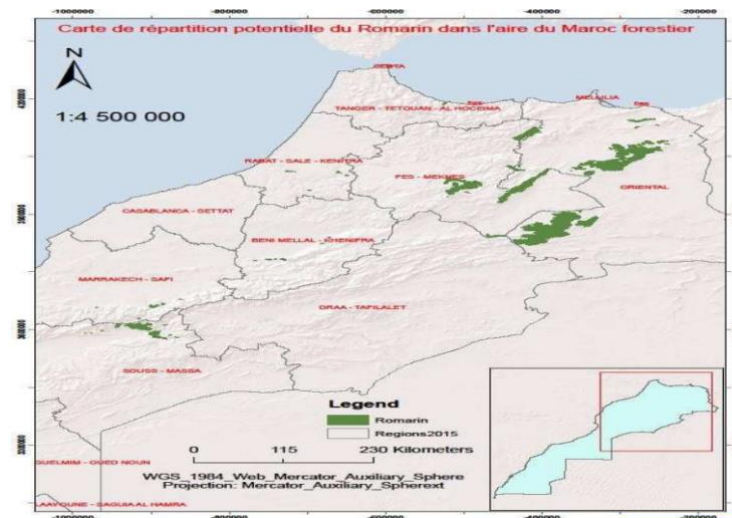
Le romarin est très répandu à l'Afrique : au Maroc, en Tunisie et en Algérie. En Europe, notamment dans la péninsule Ibérique, il est largement présent en Catalogne, en Andalousie, au sud du Portugal et en France. Il réapparaît aussi en Turquie et en Grèce, et abonde sur la côte Dalmate et surtout en Italie. [23]

Figure 8 : Répartition du Romarin à l'échelle international



1.2 Au Maroc

Figure 9 : Répartition de Romarin au Maroc



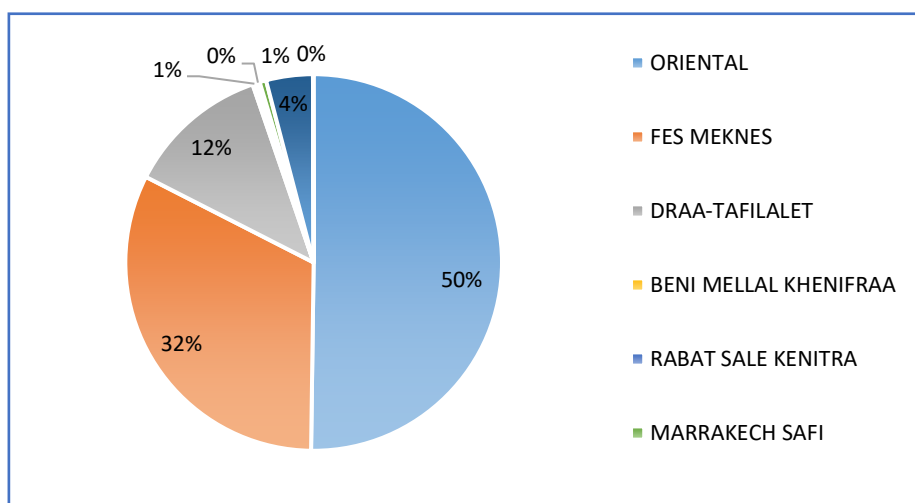
Le Romarin se localise sur les rives de la Moulouya, l'Atlas Rifain, le Moyen Atlas, le Grand Atlas et la région de l'Oriental. L'Oriental accapare la part du lion 50,22% et renferme les plus importantes nappes de romarin à l'échelle nationale. Il constitue le grenier du Maroc en matière de production de Romarin suivi par la région Fès-Meknès et ensuite la région de Drâa-Tafilale.

[24]

Tableau 4 : Superficie des faciès de Romarin par région [24]

Région	Superficie (Ha)	%
ORIENTAL	539853.43	50.22
FES MEKNES	347125.000	32.29
DRAA-TAFILALET	131513.00	12.23
BENIMELLAL KHENIFRAA	3584.37	0.33
RABAT SALE KENITRA	3180.92	0.30
MARRAKECH SAFI	6009.59	0.56
SOUSS-MASSA	43053.93	4.01
TANGER TETOUAN - AL HOCEIMA	629.37	0.06
Total	1074949.61	100

Figure 10 : pourcentages des faciès du romarin dans chaque région



2. Conditions de climat et du sol

Le romarin pousse spontanément sur les terrains calcaires et dans les zones arides, c'est la raison pour laquelle on le trouve essentiellement dans les maquis et garrigues, il affectionne les endroits secs et ensoleillés où la pluviométrie est parfois faible et aléatoire, il affectionne aussi le sol basique, sec et un peu pauvre en nutriments. Néanmoins, il supporte les climats extrêmes et résiste aussi bien au gel qu'à la sécheresse. [25]

Figure 11 : Caractéristiques du sol [26]

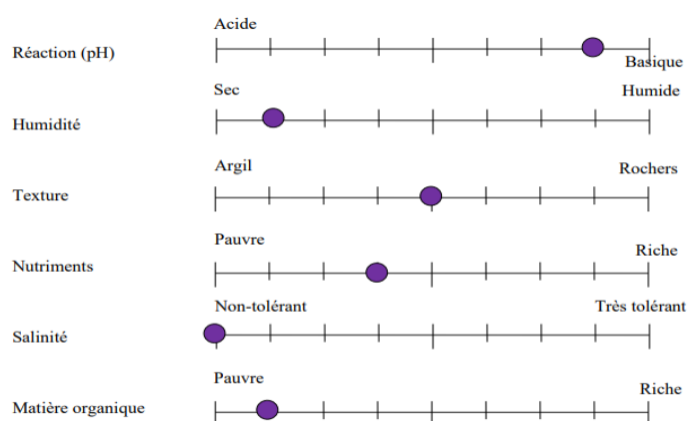
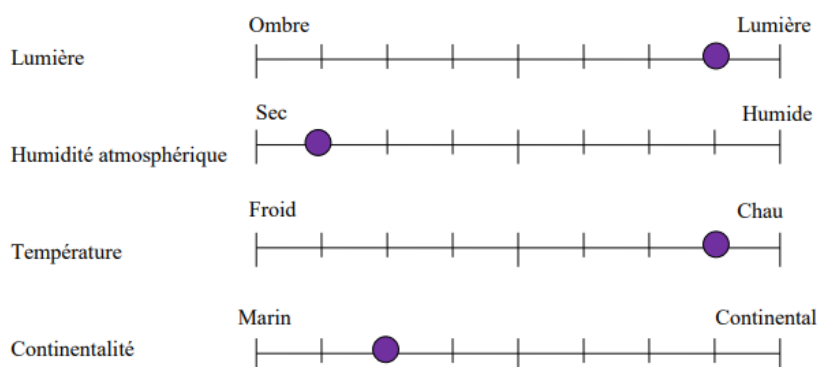


Figure 12 : Caractéristiques climatiques [26]



3. Composition chimique d'HE de Romarin

La composition chimique des HE de romarin (*Rosmarinus officinalis*) est différente selon le chémotype (CT). Le chémotype encore appelé chimiotype ou spécificité biochimique, permet de définir la ou les molécules biochimiquement actives majoritaires d'une HE. Les HE sont principalement constitués des composés suivant :

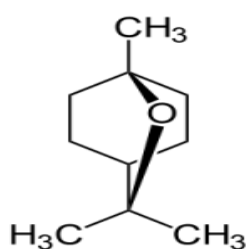
- **Monoterpènes** : α -pinène, β -pinène, Camphène, β -myrcène, α -terpinène, p-cymène, limonène.
- **Oxydes monoterpéniques** : 1,8 cinéol
- **Cétones** : Verbénone, bornéone = camphre
- **Esters monoterpéniques** : Acétate de bornyle
- **Sesquiterpènes** : β -caryophyllène
- **Monoterpénols** : bornéol, linalol, α -terpinéol [20]

➤ Les molécules 1,8 Cinéol et Camphre sont les molécules les plus importants dans l'HE de Romarin, et ceux qui définissent son qualité.

1,8 Cinéol : appelé anciennement « eucalyptol », est un composé naturel organique et incolore. Chimiquement, il fait partie de la famille des oxydes terpéniques, dont il est le principal représentant. C'est un monoterpène auquel s'est ajouté un atome d'oxygène. Son nom IUPAC est le suivant : 1,3,3-triméthyl-2-oxabicyclo [2,2,2] octane. Mais il porte également toute une série d'autres noms équivalents : Eucalyptol, Limonène-1,8-oxyde, 1,8- époxy-p-menthane, Cinéol, etc.

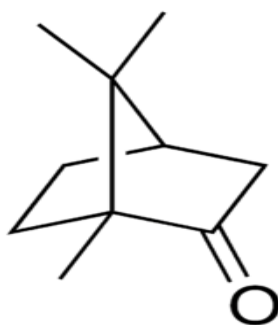
Le 1,8-cinéole possède une faible activité antibactérienne, et une forte activité anti-inflammatoire et antioxydant. [20]

Figure 13 : 1.8 cinéol



Camphre : C'est une cétone de formule $C_{10}H_{16}O$, se présente comme un solide cristallin blanc. Appelé aussi bornéone. Son nom IUPAC est le suivant : 1,7,7-triméthyl-bicyclo [2.2.1]heptan-2-one. Le camphre possède aussi activités antiinflammatoire, antioxydant et antidépresseur

Figure 14: camphre



4. Activités biologiques d'HE de romarin

4.1 Activité antimicrobienne

Les activités bactéricides des huiles essentielles dépendent directement de la nature des groupes fonctionnels portés par les composés majoritaires et à la proportion de ces différents composés. Autrement dit l'activité d'une huile essentielle réduit le plus souvent à l'activité de ses composés majoritaires. Les composés tels que : les phénols (thymol, carvacrol, eugénol), les alcools (α -terpineol, terpinen-4-ol, linalool), les aldéhydes, les cétones, et plus rarement les terpènes sont considérés comme les composés les plus efficaces et à plus large spectre. [27]

L'étude de l'effet des huiles essentielles sur les souches bactériennes (Gram-positives et Gram-négatives) a montré que les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* ont un effet antibactérien, notamment sur les souches bactériennes Gram-positives. Pour cette raison, les huiles essentielles de romarin peuvent être utilisées comme agent antimicrobien naturel. [28]

4.2 Activité antioxydant

Un antioxydant est une molécule qui inhibe l'oxydation d'autres molécules. C'est-à-dire qu'il protège chimiquement d'autres composés contre l'oxydation en améliorant ainsi la stabilité et prolongeant la durée de conservation. Pour l'HE de romarin, des études ont montré qu'elle possède une grande activité antioxydant, cette activité est liée à ses principaux composants (1,8-cinéole, α -pinène, β -pinène). Les huiles essentielles de romarin peuvent être utilisées comme conservateur naturel. [26]

5. Méthodes d'analyse et de contrôle de la qualité des HE

Le contrôle qualité peut être défini comme le maintien de certaines caractéristiques du produit fini à chaque fois que l'on fabrique, cela implique un contrôle efficace des matières premières et des procédés de fabrication.

Pour maintenir la qualité d'un produit, il ne doit pas y avoir beaucoup d'écart par rapport aux normes données par les organismes de normalisation.

5.1 Contrôles organoleptiques [26]

- **Couleur** : Elles sont généralement incolores, mais il en existe des colorées comme l'essence de camomille (bleue), l'essence d'absinthe (verte) ou encore l'essence de cannelle (rouge).
- **Aspect** : La plupart des huiles essentielles sont liquides à température ambiante.
- **Odeur** : Notes fleuries, épicées, vertes, orientales ou ambrées.
- **Saveur** : Test rarement réalisé à l'officine sauf en cas de doute sérieux.

5.2 Analyses physiques [26]

➤ **Densité relative**

La densité relative à 20 °C d'une HE est le rapport de la masse d'un volume d'HE à 20°C à la masse d'un volume égal d'eau distillée à 20°C

➤ **Indice de réfraction**

L'indice de réfraction est une grandeur sans dimension caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans celui-ci. Elle dépend de la longueur d'onde de mesure mais aussi des caractéristiques de l'environnement dans lequel elle se propage.

➤ **Pouvoir rotatoire**

Le pouvoir rotatoire est la propriété qu'ont certains milieux de faire tourner le vecteur d'un faisceau lumineux les traversant. Les composés induisant une déviation du vecteur vers la droite (face à la lumière) sont dits dextrogyres. Les composés induisant une déviation du vecteur vers la gauche (face à la lumière) sont dits lévogyres.

5.3 Analyses chimiques [26]

➤ **Indice d'acide**

L'acidité correspond à la teneur en acides gras libres. L'IA (indice d'acide) est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides (libres) contenus dans 1 gramme d'HE. La teneur en acides libres augmente avec le temps. L'indice d'acide permet de juger l'état de détérioration d'une HE.

➤ **Indice d'ester**

L'IE (indice d'ester) correspond au nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires à la neutralisation des acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans 1 gramme d'HE.

➤ **Indice de peroxyde**

L'indice de peroxyde est un indicateur du degré d'oxydation des huiles essentielles (plus celui-ci est élevé, plus l'huile essentielle est oxydée). Il correspond au nombre de milliéquivalents de peroxyde par kilogramme d'échantillon.

➤ **Indice d'iode**

L'indice d'iode peut être défini comme le nombre de grammes d'iode absorbés par 100 g d'échantillon. Il permet d'avoir une information sur la proportion de composés insaturés dans le mélange. Plus il y a de composés insaturés, plus la quantité d'iode absorbée est importante et plus l'indice sera élevé.

5.4 Analyses chromatographiques [29]

L'analyse par chromatographie, permet de connaître la composition de l'extrait et permet ainsi la quantification de ses composés. Quatre types de chromatographie existent :

- Chromatographie en phase gazeuse (CPG)
- Chromatographie sur couche mince (CCM)

- High-performance liquid chromatography (HPLC)
- Chromatographie liquide couplée avec le spectromètre de masse (CL/MS)

L'effet des paramètres
climatiques sur la
composition chimique d'HE
du Romarin

I. Production d'HE de Romarin (*Rosmarinus officinalis* L)

Le procédé de production d'HE de romarin est résumé par les étapes suivantes :

1. Préparation Matières premières

- La plante de romarin récoltée dans la région d'Ain Aicha Taounate au mois de mai a été séchée à température ambiante pendant 6 à 7 jours puis stockée.
- L'eau du puits passe par plusieurs étapes pour le traiter avant son utilisation.

2. Distillation, décantation et filtration

2.1 Distillation

La distillation peut être résumée comme suit :

- Nettoyer la zone, l'équipement et le matériel de travail, suivant les règles internes de nettoyages.
- Charger l'alambic proprement dit avec le matériel végétal, manuellement à l'aide de fourches. Le tassement est réalisé par les ouvriers qui montent régulièrement dans l'alambic au-dessus du matériel végétal (fouillage au pied).
- Une fois le chargement est terminé, on ferme l'alambic avec son couvercle et on essaie d'assurer autant que possible l'étanchéité avec des agrafes métalliques et de l'argile sous forme de boue.
- On met en marche la vapeur nécessaire à l'entraînement de l'huile essentielle.
- Après 3 à 4 h, on arrête le chauffage et on ouvre l'alambic. On laisse refroidir un certain temps.
- On procède alors au déchargement manuel de l'alambic (à l'aide d'une fourche).
- On recharge l'alambic en matériel végétal et l'opération recommence.

2.2 Décantation

La différence de densité entre l'eau et les composés aromatiques entraîne la formation d'une phase aqueuse, composée essentiellement d'hydrolat et d'une phase organique, composée essentiellement de l'huile essentielle (HE). Cette dernière est séparée, physiquement, de la première phase aqueuse, à l'aide d'une simple ampoule à décanter en verre sans utiliser d'autre substance ou solvant chimique de séparation.

2.3 Filtration

Le but de la filtration est d'éliminer les impuretés restant dans HE en utilisant un filtre en acier inoxydable avec un papier filtre spécifique.

3. Détermination du rendement

Le rendement en huiles essentielles est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante traitée. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$\text{Le rendement} = \frac{m(HE)}{m(p)} \times 100$$

$m(HE)$: Poids de l'huile essentielle.

$m(p)$: Poids sec de la plante traitée

4. Analyse et de contrôle qualité effectuée

Les analyses sont réalisées dans des laboratoires spécialisés.

Les résultats des analyses chromatographiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5: Composition chimique d'HE de romarin

Molécules	Pourcentage %
1,8 cinéol	46.20
Camphre	10.67
α -pinène	12.30
Bornéol	2.80
Acétate de bornyle	1.02
Verbénone	0.11
p-cymène	0.51
Myrcène	1.94
Camphène	4.27
Limonène	-
β -pinène	0.10
α -terpinéol	5.04

II. Comparaison des compositions chimiques d'HE de Maroc avec des HE d'autres pays

On a essayé de comparer les molécules majoritaires d'HE de romarin dans plusieurs pays en respectant les paramètres suivants :

- HE est extrait de la même espèce *Rosmarinus officinalis L*
- HE est obtenu par la même méthode d'hydrodistillation
- Différentes périodes de récolte

Tableau 6: Composition chimique des HE de romarin de différents pays

MOLECULES	POURCENTAGE %					Maroc
	Turquie [30]	Algérie		Vietnam [33]	Sardaigne [34]	
		Youkous [31]	Bouira [32]			
1,8 cinéol	33.15	72.91	45	20.9	13.26	46.20
Camphre	10.31	17.16	10	-	7.19	10.67
α -pinène	8.11	-	11	35.54	30.89	12.30
Bornéol	7.16	4.18	3.5	4.14	3.80	2.80
Acétate de bornyle	5.66	0.01	0.8	4.04	8.94	1.02
Verbénone	-	-	0.3	7.79	2.78	0.11
p-cymène	1.04	-	1.5	-	1.78	0.51
Myrcène	1.48	-	1.5	1.01	1.79	1.94
Camphène	4.22	-	4	4.38	6.76	4.27
Limonène	-	-	2.5	0.58	4.19	-
β -pinène	3.60	-	6	-	2.61	0.10
α -terpinéol	4.92	0.96	2	2.48	0.61	5.04

-Les composés majoritaires d'HE de Maroc sont : 1,8 cinéol (46.20%), camphre (10.30%), α -pinène (12.30%).

-Les composés majoritaires d'HE de Turquie sont : 1,8 cinéol (33.15%), Camphre (10.31%), α -pinène (8.11%)

-Les composés majoritaires d'HE de Youkous sont : 1,8 cinéol (72.91%), Camphre (17.16%), Bornéol (4.18%)

-Les composés majoritaires d'HE de Bouira sont : 1,8 cinéol (45%), α -pinène (11%), Camphre (10%), et β -pinène (6%).

-Les composés majoritaires d'HE de Vietnam sont : α -pinène (35.54%), 1,8 cinéol (20.9%), Verbénone (9.79%), et Camphène (4.38%).

-Les composés majoritaires d'HE de Sardaigne sont : α -pinène (30.89%), 1,8 cinéol (13.26%), Acétate de bornyle (8.94%) et Camphre (7.19%).

Tableau 7 : Paramètres climatiques et sol de chaque région [35]

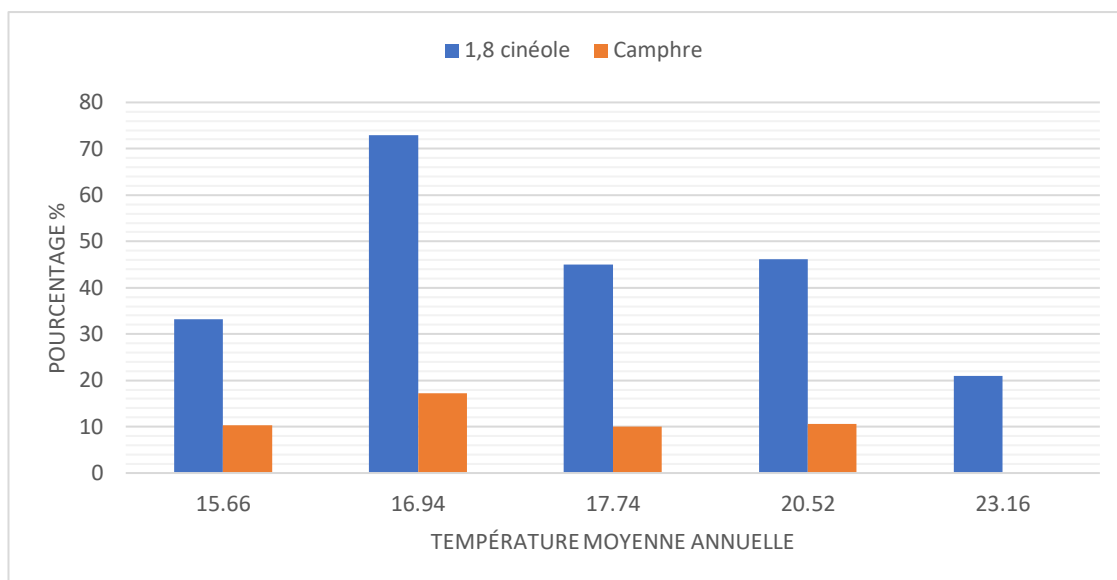
Paramètres climatiques et de sol	Turque (Mersin) 2020	Algérie		Vietnam (Lam dong) 2019	Sardaigne 2015	Maroc (Ain Aicha) 2020
		Youkous 2014	Bouira 2017			
Température Moyenne Annuelle de la région °C	15.66	16.94	17.74	23.16	-	20.52
Précipitations mm	-	200.39	622.27	1429.1	-	611.72
Humidité %	47.44	53.69	64.62	83.5	70.25	59.44
Sol	Calcaire	Calcaire	Calcaire	Argilo-sableux	Calcaire, sabieux	Calcaire

Définissant les types des sols trouvés :

- **Sol calcaire** : se reconnaît à sa couleur blanchâtre car il contient de la craie, une roche composée principalement de calcaire (ou carbonate de calcium [CaCO₃]). Et plus un sol contient de calcaire, plus il est basique. Les terrains calcaires retiennent généralement moins l'eau, ils sont plus drainants que les autres.
- **Sol sableux**: contient au moins 60 % de sable, parfois plus. Il est assez peu fertile car il ne retient ni l'eau ni les éléments nutritifs
- **Sol argileux** : Ce type de sol est très fertile et retient bien l'eau et les minéraux nécessaires aux plantes. Mais il est souvent très compact.

✚ Effet de la température moyenne annuelle (TMA) sur les compositions chimiques des HE

Figure 15: Pourcentage des composés majoritaires en fonction de la TMA de différents pays

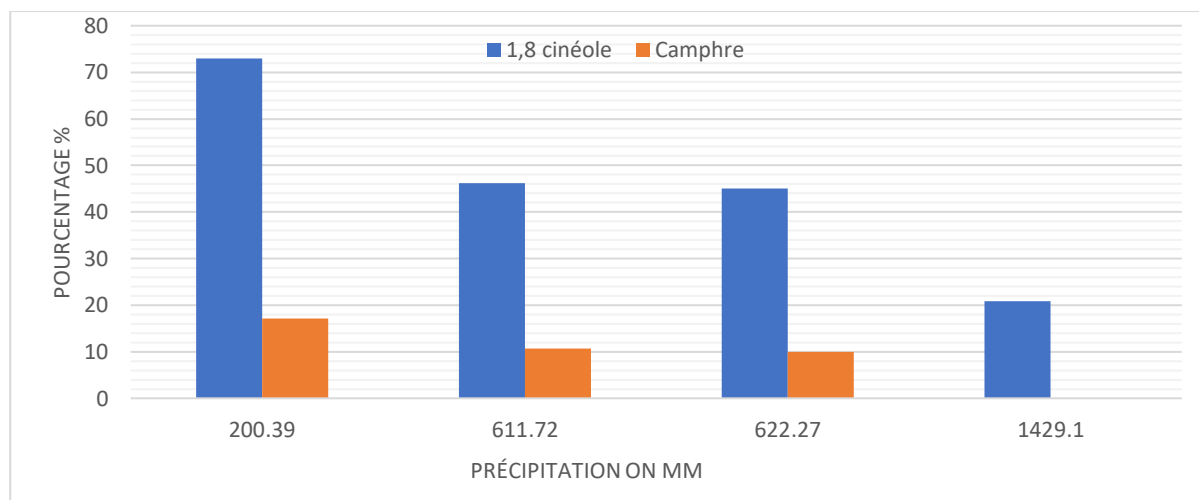


D'après les résultats, on note que l'HE des régions dont la TMA varie entre 15.66°C et 20.52°C sont les plus riches en 1,8 cinéol et en camphre.

Lorsque la TMA est de 23.16°C les pourcentages des composés 1,8 cinéol et camphre dans les HE sont faible et nulle successivement.

✚ Effet des précipitations annuelle sur les compositions chimiques des HE

Figure 16 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction des précipitations annuelle de différents pays



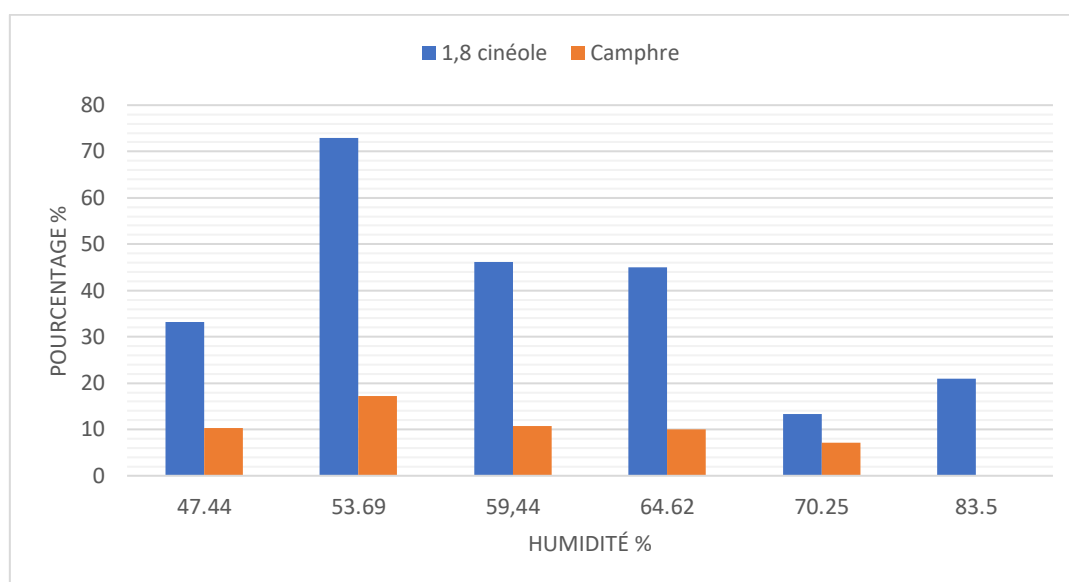
L'analyse de ces résultats a révélé que L'HE dans les régions les moins pluvieuses est la plus riche en 1,8 cinéol et en Camphre, par contre dans la région la plus pluvieuse elle est plus pauvre en 1,8 cinéol en camphre.

On note aussi que l'HE des régions dont la précipitation annuelle varie entre 200.39 mm et 622.27 sont les plus riches en 1,8 cinéol et en camphre.

Ceci, nous permet de souligner que les précipitations annuelles ont un effet très important sur la composition chimique des HE.

Effet d'humidité sur les compositions chimiques sur les HE

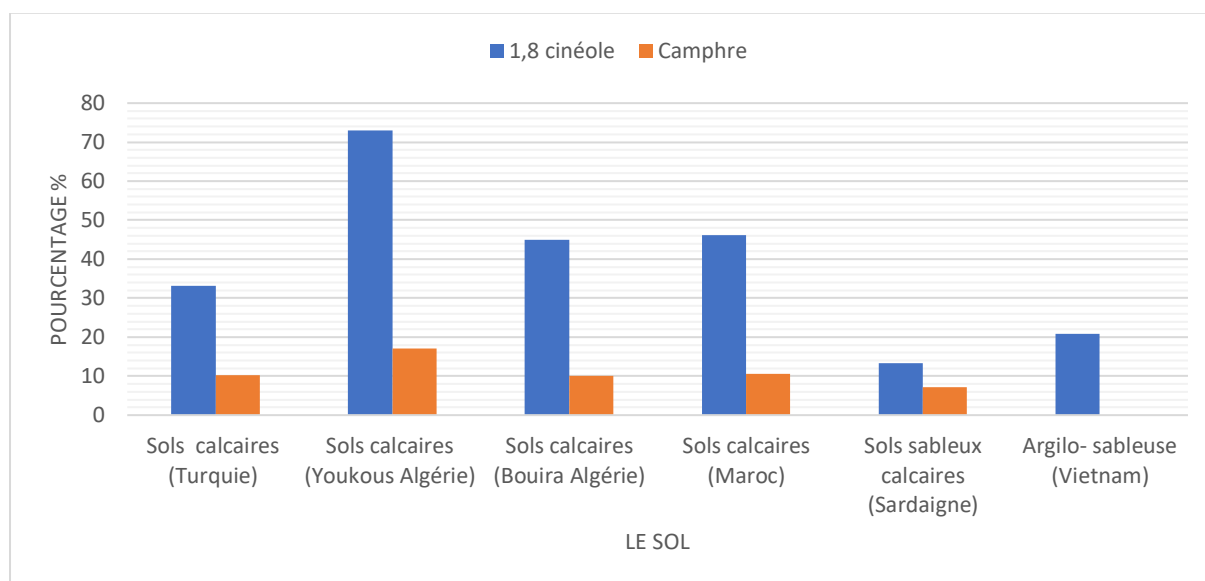
Figure 17 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction d'humidité annuelle de différents pays



L'analyse des résultats montre que les régions dont l'humidité annuelle varie entre 47.44% et 64,62% sont les plus riches en 1,8 cinéol et en camphre. En revanche, dans les régions à très forte humidité (>70.25%), les pourcentages de 1,8 cinéol et camphre sont faible à très faible.

Effet du sol sur les compositions chimiques des HE

Figure 18 : Pourcentage des composés majoritaires en fonction du sol de chaque pays



Nos résultats montrent que les HE des régions à sol calcaire sont les plus riches en 1,8 cinéol et camphre, par contre dans les régions à sol sablo-calcaire et argilo-sableux, les HE sont les plus pauvres en 1,8 cinéol et camphre.

Conclusion Générale

Cette étude comparative de la composition chimique d'HE de Maroc et les HE d'autres pays, en respectant que l'HE était obtenu par la même méthode d'extraction (hydrodistillation) et que le Romarin est de même espèce (*rosmarinus officinalis*), montre une grande différence. Cette différence de la composition expliquée par la différence de climat (Température moyenne annuelle, précipitation, humidité) et du sol.

L'étude de l'effet des paramètres climatiques et du sol sur la qualité des HE révèle que ces dernières seront de bonne qualité (dans le cas de notre étude) lorsque :

-TMA : varie entre 15.66°C et 20.52°C

-Précipitation annuelle : varie entre 200.39 mm et 622.27 mm

-Humidité annuelle : varie entre 47.44% et 64.62 %

-Type de sol : calcaire

Références bibliographiques

- [1]: jean-marie polese. La culture des plantes aromatiques 2006. P8
- [2]: Driss Alami et soukaina bouslihim. les cooperatives de romarin : situation actuelle et perspectives de développement.2017
- [3] : jean-yves chabrier. Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. 2010
- [4]: neffati m. et sghaier m. developpement et valorisation des plantes aromatiques et medicinales (pam) au niveau des zones desertiques de la région mena (algérie, egypte, jordanie, maroc et tunisie). 2014
- [5] : hortense plainfosse. recherche et développement d'ingrédients cosmétiques innovants favorisant la réparation cutanée à partir de matières premières naturelles d'origine méditerranéenne. 2020
- [6] : plantes médicinales et formes plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie. jean-yves chabrier.2010
- [7] : plantes médicinales et formes plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie d'utilisation en phytothérapie tothérapie. t h e s e jean-yves chabrier 2010
- [8] : la phytothérapie de demain : les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. melle anne-sophie limonier 2018
- [9] : plantes aromatiques et médicinales et dérivés : etat des lieux et stratégie d'amélioration cas expérimental : stabilité de l'huile essentielle dethymus satureioides. m. imad-eddine elkacimi
- [10] : onca (selon l'agence nationale des plantes médicinales et aromatiques, 2021).
- [11] : plantes aromatiques et médicinales et dérivés : etat des lieux et stratégie d'amélioration cas expérimental : stabilité de l'huile essentielle dethymus satureioides. m. imad-eddine elkacimi
- [12] : zrira,s. benjilali,b. elamrani,a. (1968). the distillation of essential oils, tropical products institutes, 10(1),p 136-149
- [13] :developpement et valorisation des plantes aromatiques et medicinales (pam) au niveau des zones desertiques de la région mena (algérie, egypte, jordanie, maroc et tunisie). neffati m. et sghaier m. 2014
- [14] : developpement et valorisation des plantes aromatiques et medicinales (pam) au niveau des zones desertiques de la région mena (algérie, egypte, jordanie, maroc et tunisie). neffati m. et sghaier m. 2014
- [15]: Charie , T. (2019). Se soigner par les huiles essentielles. Pourquoi et comment ça marche Editions du Rocher, 526p
- [16] : etude de la composition chimique et de l'activité biologique des huiles essentielles et d'extraits non volatils de sarriette (satureja calamintha scheele), d'origan (origanumfloribundum munby), de germandrée (teucrium polium briq.) et de khella (ammi visnaga lamk). mme kerbouche-hammoum lamia 2015

- [17] : bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'hibiscus sabdarifja l. et à l'artemisia annua. abraham end rias 2006
- [18] :valorisation des plantes aromatiques et médicinales: étude du potentiel chimique et antibactérien des huiles essentielles de rosmarinus officinalis (sauvage et domestiqué). hicham riyaha 2012
- [19] : l'effet de méthode d'extraction sur la production d'huiles essentielles à partir de citrus aurantium (région de ghardaïa). ben seddik khedidja zohra et ben seddik mustapha oussama 2020
- [20] :huiles essentielles et 1,8-cinéole .virginie laguerre 2014
- [21] : méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : revue de littérature. 2019
- [22] : l'effet de méthode d'extraction sur la production d'huiles essentielles à partir de citrus aurantium (région de ghardaïa). ben seddik khedidja zohra et ben seddik mustapha oussama 2020
- [23] :extraction de la concrète de romarin par circulation continue de solvant.mlle schéhérazade krim
- [24] : les coopératives de romarin : situation actuelle et perspectives de développement. driss alami
- [25] : extraction de la concrète de romarin par circulation continue de solvant.mlle schéhérazade krim
- [26] :le romarin, rosmarinus officinalis l., une lamiacée médicinale de lagarrigue provençale.mlle leplat marion 2017
- [27] : huiles essentielles et extraits de romarin : composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne
- [28]:valorisation des plantes aromatiques et médicinales: étude du potentiel chimique et antibactérien des huiles essentielles de rosmarinus officinalis (sauvage et domestiqué)
- [29]: plantes aromatiques et médicinales utilisé pour soigner les maladies settini khalid. 2020
- [30]:the essential oil compositions of rosmarinus officinalis l. leaves growing in mersin,turkey
- [31]: composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de rosmarinus officinalis l. de la région de hammamet (tébessa-algérie)
- [32]:extraction et caractérisation des huiles essentielles de rosmarinus officinalis et l'étude de quelques activités biologiques.
- [33]:physico-chemical characteristics of rosmarinus officinalis l. essential oils grown in lam dong province, vietnam tran thi kim ngan^{1,2}, nguyen cam huong^{3,4}, xuan tien le⁵, pham quoc long^{4,6}, tran quoc toan^{4,6}, do minh hoang vo⁷, vo thanh danh⁸, le nguyen yen trung⁸ and tuan anh trieu⁹
- [34]:rosmarinus officinalis l. and myrtus communis l. essential oils treatments by vapor contact to control penicillium digitatum.
- [35]:power.larc.nasa.gov